"PREVENCIÓN DE RIESGOS NATURALES Y TECNOLÓGICOS EN LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL Y URBANISTICA"

RIESGOMAP

DESARROLLO DE DIVERSAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO RIESGOMAP

PROGRAMA DE COOPERACIÓN TRANSLACIONAL MADEIRA-AZORES-CANARIAS (MAC 2007-2013)

OCTUBRE 2013

RIESGOMAP

GRAFCAN
cartográfica de canarias, s.a.

Gobierno de Canarias
un solo pueblo

PROGRAMA MAC 2007 - 2013
Cooperación Transnacional

Unión Europea
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Invertimos en su futuro

INDICE

1. INTRODUCCIÓN 8

1.1 ANTECEDENTES 8

1.2 OBJETIVOS 10

1.3 METODOLOGÍA A LLEVAR A CABO 11

1.4 RIESGOS Y SUS COMPONENTES 17

1.4.1 Introducción 17

1.4.2 Componentes que definen el riesgo 17

1.4.2.1 Peligrosidad o Amenaza *(Hazard)* 22

1.4.2.2 Exposición (Exposure) 23

1.4.2.3 Vulnerabilidad *(Vulnerability)* 23

1.4.3 Definición de riesgo (Risk) 25

1.4.4 Clasificación de los riesgos 26

1.4.5 Medidas que reducen el riesgo 27

1.5 PLANIFICACIÓN TERRITORIAL Y URBANÍSTICA 28

1.5.1 Planificación territorial y urbanística 28

1.5.1.1 Ordenación territorial 28

1.5.1.2 Ordenación o planificación urbanística 29

1.5.1.3 Otros instrumentos de planificación 30

1.5.2 Instrumentos de planeamiento u ordenación territorial y urbanística en las Islas Canarias 30

1.5.2.1 Instrumentos de ordenación de los recursos naturales y el territorio en Canarias 31

1.5.2.2 Instrumentos de ordenación urbanística en Canarias 33

1.5.3 Contexto de los riesgos en el desarrollo del planeamiento territorial 35

1.5.3.1 Marco de Acción de Hyogo (2005-2015) 36

1.5.3.2 Unión Europea 39

1.5.3.3 España 40

1.5.4 Instrumentos de planificación y ordenación existentes en relación con los riesgos 42

1.5.4.1 Planificación de los riesgos a nivel estatal 42

1.5.4.2 Planificación de los riesgos en Canarias 44

2. FASE I INICIAL 48

2.1 RIESGOS ASOCIADOS A LA ORDENACIÓN TERRITORIAL Y URBANÍSTICA EN CANARIAS 48

2.1.1 Tipos de riesgos identificados en las Islas Canarias 48

2.1.2 Tipo de riesgos asociados a la ordenación territorial y urbanística en las Islas Canarias 50

2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS RIESGOS NATURALES EN LAS ISLAS CANARIAS 52

2.2.1 Riesgo Sísmico 52

2.2.1.1 Consideraciones generales 52

2.2.1.1 Riesgo, Planes y legislación 55

2.2.2 Riesgo Volcánico 58

2.2.2.1 Consideraciones generales 58

2.2.2.2 Riesgo, Planes y legislación 61
2.2.3 Riesgo de inundación 65
2.2.3.1 Consideraciones generales 65
2.2.3.2 Riesgos, Planes y legislación 76
2.2.4 Riesgo de incendios forestales 80
2.2.4.1 Consideraciones generales 80
2.2.4.2 Riesgos, planes y legislación 83
2.2.5 Riesgo de Dinámica de vertientes 86
2.2.5.1 Consideraciones generales 86
2.2.5.2 Riesgos, planes y legislación 89

3. FASE II: IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS RIESGOS Y SUS COMPONENTES ... 91

3.1 PELIGROSIDAD (HAZARD) 91
3.1.1 Introducción 91
3.1.1.1 Peligrosidad vs Susceptibilidad 91
3.1.2 Peligrosidad sísmica 92
3.1.2.1 Sistemas disponibles de identificación (Sistemas de vigilancia, observación y/o alerta temprana) de amenazas o peligros 92
3.1.2.2 Fuentes principales de información existente 95
3.1.2.3 Inventario de los sistemas de registro de eventos 96
3.1.2.4 Carencias de información 101
3.1.2.5 Propuesta de un Inventario de Eventos Históricos en las Islas Canarias 102
3.1.2.6 Parámetros generales necesarios para la identificación de los peligros o amenazas por riesgo sísmico 105
3.1.2.7 Metodologías existentes de estimación de la peligrosidad sísmica 109
3.1.2.8 Estimación de la peligrosidad sísmica en Canarias 121
3.1.3 Peligrosidad por riesgo volcánico 126
3.1.3.1 Sistemas disponibles de identificación (Sistemas de vigilancia, observación y/o alerta temprana) de amenazas o peligros 126
3.1.3.2 Inventario de los sistemas de registro de eventos volcánicos 137
3.1.3.3 Carencias de información 138
3.1.3.4 Propuesta de un Inventario de eventos históricos en Canarias 138
3.1.3.5 Parámetros generales necesarios para la identificación de los peligros o amenazas por riesgo volcánico 139
3.1.3.6 Metodologías existentes de estimación de la peligrosidad volcánica 141
3.1.3.7 Estimación de la peligrosidad volcánica en Canarias 152
3.1.4 Peligrosidad de inundación 157
3.1.4.1 Sistemas disponibles de identificación (Sistemas de observación y/o alerta temprana) de amenazas o peligros 157
3.1.4.2 Fuentes de información existente 169
3.1.4.3 Inventario de los sistemas de registro de datos históricos 170
3.1.4.4 Carencias de información 174
3.1.4.5 Propuesta de inventario de eventos históricos en Canarias 175

3.1.4.6 Parámetros generales necesarios para la identificación de los peligros o amenazas por riesgo de inundación ... 177
3.1.4.7 Metodologías existentes de estimación de la peligrosidad por inundación fluvial ... 183
3.1.4.8 Estimación de la peligrosidad por inundación fluvial en Canarias ... 192
3.1.4.9 Metodologías existentes de estimación de la peligrosidad por inundación costera ... 192
3.1.4.1 Estimación de la peligrosidad por inundación litoral en Canarias ... 198
3.1.5 Peligrosidad de riesgo de incendios forestales ... 206
3.1.5.1 Sistemas disponibles de identificación (Sistemas de observación y/o Alerta temprana) de amenazas o peligros por riesgo de incendio forestal ... 206
3.1.5.2 Fuentes de información existentes ... 209
3.1.5.3 Inventario de los sistemas de registro de datos históricos ... 210
3.1.5.4 Carencias de información ... 212
3.1.5.5 Propuesta de inventario de eventos históricos en Canarias ... 212
3.1.5.6 Parámetros generales necesarios para la identificación de los peligros o amenazas por incendios forestales ... 213
3.1.5.7 Metodologías existentes de estimación de la peligrosidad por incendio forestal ... 217
3.1.5.8 Estimación de la peligrosidad por incendios forestales en Canarias ... 224
3.1.6 Peligrosidad de riesgo por dinámica de vertientes ... 230
3.1.6.1 Sistemas disponibles de identificación (sistemas de observación y/o alerta temprana) de amenazas o peligros ... 230
3.1.6.2 Fuentes de información existente ... 230
3.1.6.3 Inventario de los sistemas de registro de datos históricos ... 231
3.1.6.4 Carencias de información ... 232
3.1.6.5 Propuesta de inventario de eventos históricos en Canarias ... 233
3.1.6.6 Parámetros generales necesarios para la identificación de los peligros o amenazas por riesgo de movimientos de ladera ... 234
3.1.6.7 Metodologías existentes de estimación de la peligrosidad de dinámica de laderas ... 236
3.1.6.8 Estimación de peligrosidad por dinámica de vertientes en Canarias ... 248
3.2 EXPOSICIÓN (EXPOSURE) ... 253
3.2.1 Introducción ... 253
3.2.2 Aspectos generales ... 253
3.2.3 Fuentes de datos e información existente en Canarias ... 254
3.2.3.1 Usos del suelo e información territorial ... 254
3.2.4 Inventario de Elementos Expuestos ... 255
3.2.4.1 Introducción ... 255
3.2.4.2 Fuentes utilizadas ... 255
3.2.4.3 Sistemática general y estructura ... 257
3.2.5 Tipos de exposición: Exposición social ... 258
3.2.5.1 Introducción ... 258
3.2.5.2 Objetivo ... 258
3.2.5.3 Metodología existente ... 259
3.2.5.4 Desarrollo de metodologías ... 260
3.2.5.5 Metodología aplicada ... 270

3.2.6 Tipos de exposición: Exposición económica ... 274
3.2.6.1 Introducción ... 274
3.2.6.2 Objetivo ... 274
3.2.6.3 Metodología existente ... 274
3.2.6.4 Metodología, valoración y zonificación ... 277
3.2.6.5 Resumen metodológico ... 281
3.3 VULNERABILIDAD (VULNERABILITY) ... 282
3.3.1 Introducción ... 282
3.3.2 Aspectos generales ... 282
3.3.3 Vulnerabilidad social ... 283
3.3.3.1 Introducción ... 283
3.3.3.2 Objetivo ... 283
3.3.3.3 Metodologías existentes ... 284
3.3.3.4 Desarrollo de metodologías ... 287
3.3.3.5 Metodología a aplicar, zonificación y valoración ... 292
3.3.4 Vulnerabilidad económica ... 298
3.3.4.1 Introducción ... 298
3.3.4.2 Objetivo ... 298
3.3.4.3 Vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo sísmico ... 299
3.3.4.4 Metodología a aplicar en la estimación de la vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo sísmico, valoración y zonificación ... 306
3.3.4.5 Vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo volcánico ... 308
3.3.4.6 Metodología a aplicar en la estimación de la vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo volcánico, valoración y zonificación ... 312
3.3.4.7 Vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo de inundación fluvial ... 314
3.3.4.8 Metodología a aplicar en la estimación de la vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo de inundación fluvial, valoración y zonificación ... 317
3.3.4.9 Vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo de inundación costera ... 318
3.3.4.10 Metodología a aplicar en la estimación de la vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo de inundación litoral, valoración y zonificación ... 328
3.3.4.11 Vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo de incendio forestal ... 331
3.3.4.12 Metodología a aplicar en la estimación de la vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo de incendio forestal, valoración y zonificación ... 336
3.3.4.13 Vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo de dinámica de laderas ... 338
3.3.4.14 Metodología a aplicar en la estimación de la vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo de dinámica de laderas, valoración y zonificación ... 344
3.3.4.15 Metodología a aplicar en la estimación de la vulnerabilidad económica del resto de usos, valoración y zonificación ... 345

4. FASE III: MÉTODOS PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE PELIGROSIDAD, EXPOSICIÓN Y VULNERABILIDAD ... 349

4.1 INTRODUCCIÓN ... 349
4.2 DIRECTIVA INSPIRE ... 351

4.3 MAPAS DE PELIGROSIDAD 352
4.3.1 Peligrosidad sísmica 354
4.3.1.1 Determinación de los criterios generales 354
4.3.1.2 Sistema de representación 355
4.3.2 Peligrosidad volcánica 357
4.3.2.1 Determinación de los criterios generales 357
4.3.2.2 Sistema de representación 360
4.3.3 Peligrosidad de inundación fluvial 361
4.3.3.1 Determinación de los criterios generales 361
4.3.3.2 Sistema de representación 362
4.3.4 Peligrosidad inundación litoral 367
4.3.4.1 Determinación de los criterios generales 367
4.3.4.2 Sistemas de representación 368
4.3.5 Peligrosidad de incendio forestal 370
4.3.5.1 Determinación de los criterios generales 370
4.3.5.2 Sistema de representación 371
4.3.6 Peligrosidad por dinámica de vertientes 373
4.3.6.1 Determinación de los criterios generales 373
4.3.6.2 Mapa inventario 375
4.3.6.3 Mapa de susceptibilidad (potencial y definitivo) 378
4.3.6.4 Mapa de peligrosidad 382
4.4 MAPAS DE EXPOSICIÓN 383
4.4.2 Exposición económica 383
4.4.3 Exposición social 384
4.5 MAPAS DE VULNERABILIDAD 385
4.5.1 Vulnerabilidad económica 385
4.5.2 Vulnerabilidad social 385

5. FASE IV: ESTIMACIÓN DEL RIESGO 387

5.1 EVALUACIÓN DEL RIESGO 387
5.1.1 Introducción 387
5.1.2 Aspectos generales 387
5.1.3 Riesgo Sísmico 388
5.1.3.1 Riesgo sísmico económico 389
5.1.3.2 Riesgo sísmico social 399
5.1.3.3 Riesgo sísmico total 405
5.1.4 Riesgo Volcánico 406
5.1.4.1 Riesgo volcánico económico 406
5.1.4.2 Riesgo volcánico social 407
5.1.5 Riesgo de Inundación 409
5.1.5.1 Riesgo de inundación fluvial 409
5.1.5.2 Riesgo de inundación costera o litoral 415

5.1.6 Riesgo de Incendios forestales ... 422
5.1.6.1 Riesgo económico por incendios forestales ... 423
5.1.6.2 Riesgo social por incendio forestal ... 424
5.1.6.3 Riesgo de incendio forestal total ... 424
5.1.7 Riesgo por Dinámica de Vertientes ... 425
5.1.7.1 Riesgo económico de dinámica de vertientes ... 426
5.1.7.2 Riesgo social de dinámica de ladera ... 427
5.1.7.3 Riesgo de dinámica de ladera total ... 427
5.2 ELABORACIÓN Y REPRESENTACIÓN DE LOS MAPAS DE RIESGO ... 429
5.2.1 Introducción ... 429
5.2.2 Representación del riesgo ... 429
5.2.3 Riesgo sísmico ... 432
5.2.4 Riesgo volcánico ... 432
5.2.5 Riesgo inundación fluvial ... 433
5.2.6 Riesgo inundación costera ... 434
5.2.7 Riesgo por incendios forestales ... 434
5.2.8 Riesgo de movimientos de ladera ... 434
5.3 DISEÑO DE UN SIG DE RIESGOS EN CANARIAS ... 435
6. FASE V: MEDIDAS A CONSIDERAR EN LA PLANIFICACIÓN ... 439
6.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS DETERMINACIONES A INCORPORAR EN LA PLANIFICACIÓN ... 439
6.1.1 Documento de Evaluación inicial del avance del plan: Evaluación preliminar de riesgos ... 439
6.1.2 Informe de sostenibilidad ambiental: Mapa de Peligrosidad y mapas de Riesgos ... 440
6.1.3 Memoria Ambiental de la aprobación definitiva del plan: Evaluación y gestión de los riesgos 441
6.2 LIMITACIONES DE USO ... 442
6.3 PROPOSICIÓN DE MEDIDAS PARA REDUCIR LOS RIESGOS ... 443
6.3.1 Introducción ... 443
6.3.2 Aspectos generales ... 443
6.3.2.1 Clasificación de los tipos de medidas ... 445
6.3.2.2 Pautas a tener en cuenta para llevar a cabo el planteamiento de las medidas ... 446
6.3.3 Medidas según el tipo de riesgo ... 447
6.3.3.1 Riesgo sísmico ... 447
6.3.3.2 Riesgo volcánico ... 453
6.3.3.3 Riesgo de inundación fluvial ... 458
6.3.3.4 Riesgo de inundación litoral o costera ... 475
6.3.3.5 Riesgo de incendios forestales ... 478
6.3.3.6 Riesgo de dinámica de vertientes o movimientos de ladera ... 487

ANEXOS 491

ANEXO I: BIBLIOGRAFÍA 492

ANEXO II: GLOSARIO 532

ANEXO III: PARÁMETROS DE IDENTIFICACIÓN DE LA PELIGROSIDAD 546

ANEXO IV: METODOLOGÍAS EXISTENTES DE ESTIMACIÓN DE LA PELIGROSIDAD 582

ANEXO V: MODELO DE DATOS DE RIESGOMAP 647

ANEXO VI: MODELO DE DATOS DE PROTECCIÓN CIVIL 768

ANEXO VII: EVENTOS HISTÓRICOS 787

ANEXO VIII: CATALOGO DE EVENTOS NATURALES HISTÓRICOS QUE HAN PROVOCADO DAÑOS EN CANARIAS 796

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El presente proyecto denominado "Prevención de Riesgos Naturales y Tecnológicos en la Planificación Territorial y Urbanística – RIESGOMAP" (MAC/3/C171) pertenece al Programa de Cooperación Transnacional Madeira-Azores-Canarias (MAC 2007-2013).

Los riesgos naturales han representado una amenaza para el ser humano desde épocas históricas, desencadenando desastres catastróficos, influyendo en el desarrollo de las sociedades y las culturas. En la actualidad, debido al crecimiento de la población y a la interacción de ésta con el medio físico, los riesgos naturales están representando una mayor relevancia, habiéndose incrementado su frecuencia. Son frecuentes las catástrofes ocasionadas por fenómenos naturales repartidos por todo el mundo, que generan grandes pérdidas económicas y de vidas humanas, como el tsunami que asoló las costas de Indonesia en 2004, el terremoto de Haití en 2010, la erupción del Eyjafjallajökull de 2010 en Islandia, el terremoto/tsunami de Japón de 2011 o las numerosas inundaciones (Tailandia 2011, Pakistán 2010, Filipinas y Turquía 2009).

Estos sucesos también tienen lugar en España, donde los riegos naturales dan lugar a importantes pérdidas económicas y daños sociales (erupción del volcán submarino de El Hierro 2011, terremoto de Lorca 2011, las inundaciones Andalucía, Murcia o Valencia de 2012). Los efectos directos que implican los riesgos sobre la población o las infraestructuras, entre otros sectores, llevan asociados elevados costes de reconstrucción y reparación de los bienes afectados. Según un estudio del Instituto Geológico y Minero, suponen unos costes de entre el 0,5 y el 1 % del PIB. La ocupación de zonas de riesgo, la falta de medidas o de estrategias de mitigación, la inexistencia de sistemas de vigilancia, una limitada legislación, etc.., todo ello implica unos costes evitables y en muchos casos gratuitos.

La falta de conocimiento del comportamiento de estos fenómenos naturales y la escasez de estudios y datos contrastados sobre los efectos de los mismos en España, ha ayudado a que, hasta hace pocos años, el interés prestado por las instituciones técnicas, administrativas y políticas en esta materia, haya sido escasa.

La necesidad de contar con estudios actualizados que permitan analizar e identificar las amenazas o riesgos naturales, y evaluar su implicación con la ordenación territorial y las infraestructuras u obras públicas, las compañías de seguros, Protección Civil, etc., es cada vez más importante, dado el nivel de seguridad que exige el desarrollo de una sociedad moderna.

El primer paso, para intentar rebajar la repercusión, tanto económica y social como en vidas humanas de los riesgos naturales, consiste en conocer la tipología, magnitud y distribución de los peligros asociados a los mismos y evaluar la exposición y vulnerabilidad a la que están sometidos tanto la población como los elementos del territorio. A partir de estos componentes del riesgo, poder establecer mapas de riesgos que supongan una herramienta básica para la predicción, estudio y solución de estos problemas y que pueden ser utilizados en la ordenación del territorio y la gestión de emergencias.

1.2 Objetivos

El proyecto RIESGOMAP tiene como objetivo principal, la identificación de los riesgos existentes en las Islas Canarias, llevando a cabo el análisis de las metodologías actuales que permitan estimar cada uno de los componentes del riesgo y la configuración de mapas de riesgos que sirvan de aplicación en la ordenación territorial. Los objetivos específicos son los siguientes:

- Evaluar metodologías que permitan estimar cada uno de los componentes de los riesgos naturales existentes en las Islas Canarias.
- Desarrollar una metodología para la elaboración de mapas tanto de amenazas y elementos vulnerables, como de riesgos y su representación cartográfica en SIG (Sistemas de Información Geográfica).
- Utilización de estos mapas como herramientas para su aplicación en la planificación territorial o urbanística.
- El establecimiento de medidas a incorporar en los instrumentos de ordenación para minimizar estos riesgos y que sirvan como herramientas para el planificador para realizar un análisis de los riesgos, adecuado a la escala y alcance de cada instrumento de ordenación.
- Realización de un visor cartográfico que permita la fácil visualización de los mapas de riesgos y de toda la información cartografiable del proyecto.

Para llevar a cabo el proyecto se prevén actuaciones como:

- Identificación de los peligros existentes en las Islas Canarias que tengan influencia sobre la planificación del territorio o urbanística y el estudio de sus características.
- Análisis de los sistemas de identificación de estos peligros e inventariación de los registros o eventos históricos ocurridos en las Islas Canarias.
- Recopilación de los elementos expuestos en el territorio y evaluación de la vulnerabilidad de los mismos.
- Establecimiento de metodologías para la elaboración de los mapas de riesgo, identificando la peligrosidad y vulnerabilidad de cada tipo de riesgo y su representación cartográfica en un Sistema de Información Geográfica.
- Evaluación del riesgo y su presentación gráfica generando los Mapas de Riesgos.
- Establecimiento de pautas para la ordenación territorial y urbanística, especialmente para determinar la aptitud ambiental de posibles zonas de expansión urbana o localización de nuevas infraestructuras, a través de un mapa de Riesgos.

1.3 Metodología a llevar a cabo

Con la finalidad de facilitar su compresión, el proyecto quedará estructurado en seis fases, de tal forma que incluya como mínimo todas las actuaciones previstas detalladas con anterioridad. Estas seis fases, junto a la Introducción son las que se incluyen en el siguiente diagrama, siendo analizadas posteriormente de forma pormenorizada cada una de las fases a considerar.

INTRODUCCIÓN	•Introducción y objeto del proyecto •Conceptos generales de Riesgo y de los intrumentos de ordenación
FASE I INICIAL	•Identifiación de los riesgos en Canarias
FASE II	•Identificación y descripción de los componentes del riesgo
FASE III	•Elaboración de los mapas de Peligrosidad, Vulnerabilidad (Social) y Vulnerabilidad (Económica)
FASE IV	•Estimación del riesgo y elaboración de los Mapas de Riesgos •Creación de GIS de Riesgo
FASE V	•Determinaciones de mitigación de riesgos en la planificación
FASE VI	•Resultados y evaluación del riesgo •Mapas en formato papel y digital

INTRODUCCIÓN

En la introducción se detallarán tanto los antecedentes como los objetivos del proyecto a llevar a cabo. Así como la metodología a emplear en el mismo.

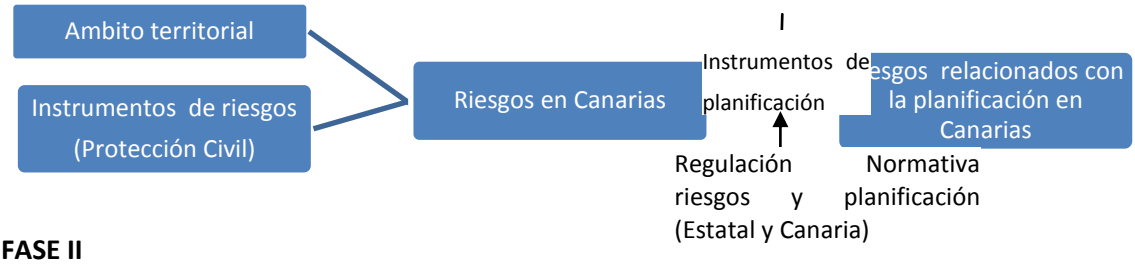
Se identificarán los riesgos estableciendo su definición y los componentes que lo constituyen.

Se analizará la Regulación Normativa del territorio mediante la planificación de la ordenación territorial y urbanística, puesto que la finalidad del proyecto es el análisis de los riesgos existentes y su posterior aplicación en la planificación del territorio. Se identificarán todos aquellos instrumentos de planificación existentes actualmente en Canarias, que están relacionados con los riesgos a nivel archipiélago, nivel insular e incluso municipal. En este análisis se incluyen los instrumentos existentes elaborados por Protección Civil en referencia a los riesgos, ya que los Planes de Protección Civil, son los que históricamente, incluyen la identificación, análisis y la gestión preventiva de los riesgos.

FASE I O INICIAL

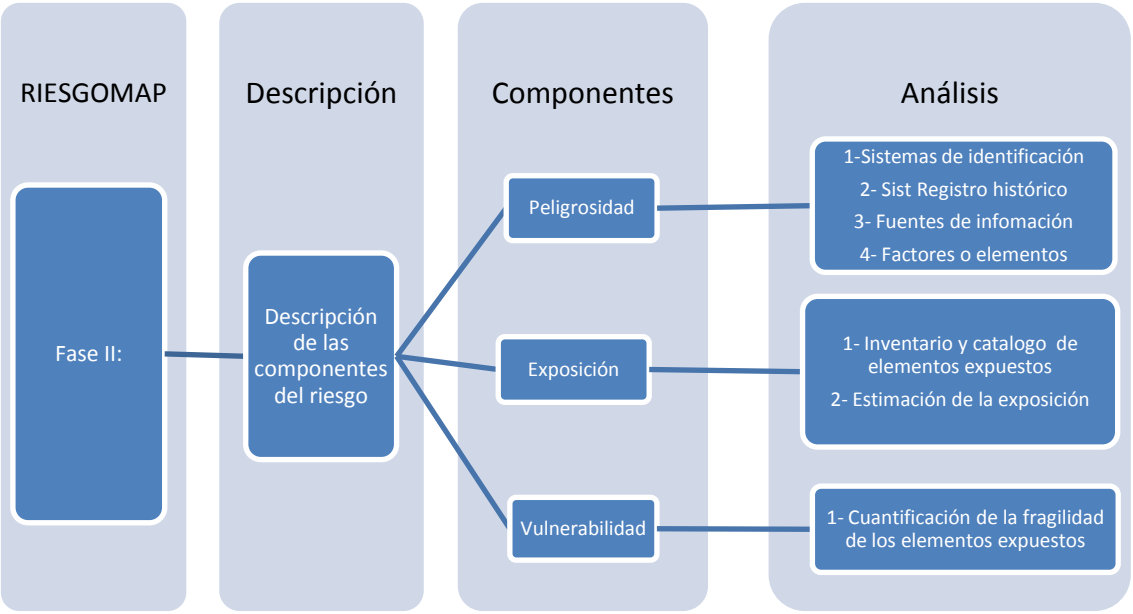
Establecida la definición de riesgo y descritos los instrumentos de ordenación existentes en el Archipiélago, se pasará a identificar cada uno de los riesgos que se pueden originar en las Islas Canarias.

De estos riesgos identificados, con la aplicación de los instrumentos de planificación de la ordenación de Canarias y la Normativa con relación a los mismos y a los riesgos (tanto estatal y Canaria), correspondiente al RD 2/2008 Texto Refundido de la Ley del Suelo y la Directriz 50 de la Ley 19/2003, se establecerán cuales son los riesgos a considerar en el proyecto, puesto que van a ser aquellos riesgos existentes en Canarias que quedan recogidos en la normativa correspondiente y que guarden relación con la planificación y ordenación del territorio.



FASE II

La fase II se corresponde con la identificación y establecimiento de un inventario detallado de cada uno de los componentes del riesgo relacionados con la planificación en las Islas Canarias. La metodología a seguir en esta fase es la siguiente:



El primer paso de esta fase es la descripción general de cada tipo de riesgo identificado, analizando sus características o consideraciones generales (Respondiendo a preguntas como ¿Qué son?, ¿Porqué se producen?) y aquellas particulares referentes a las Islas Canarias. Además, se tendrán en cuenta las conexiones que existen entre unos riesgos y otros.

Posteriormente, una vez que se tiene una idea general de cada tipo de riesgo, es necesario realizar un análisis detallado en mayor profundidad, para lo cual se pasa a analizar cada uno de los componentes que constituyen el riesgo (peligrosidad, exposición y vulnerabilidad):

Peligrosidad

Respecto a la peligrosidad de un riesgo, se proponen varias tareas para poder realizar su análisis:

- Identificación de los sistemas existentes que permitan identificar la peligrosidad de un determinado riesgo en las Islas Canarias. Evaluando para ello, la existencia o carencia de sistemas de identificación, la entidad que gestiona el sistema, la disponibilidad de la información y la forma que se utiliza para su representación espacial.
- Realizar un inventario de los registros históricos de desastres, eventos y emergencias, que actualmente se están llevando a cabo en las Islas Canarias. S
- Recopilación de la información y cartografía existente respecto a cada riesgo en las Islas Canarias.
- Identificar los factores o elementos que definen la peligrosidad para cada tipo de riesgo.
- Proponer metodologías existentes para estimar el riesgo en las Islas Canarias.

Exposición

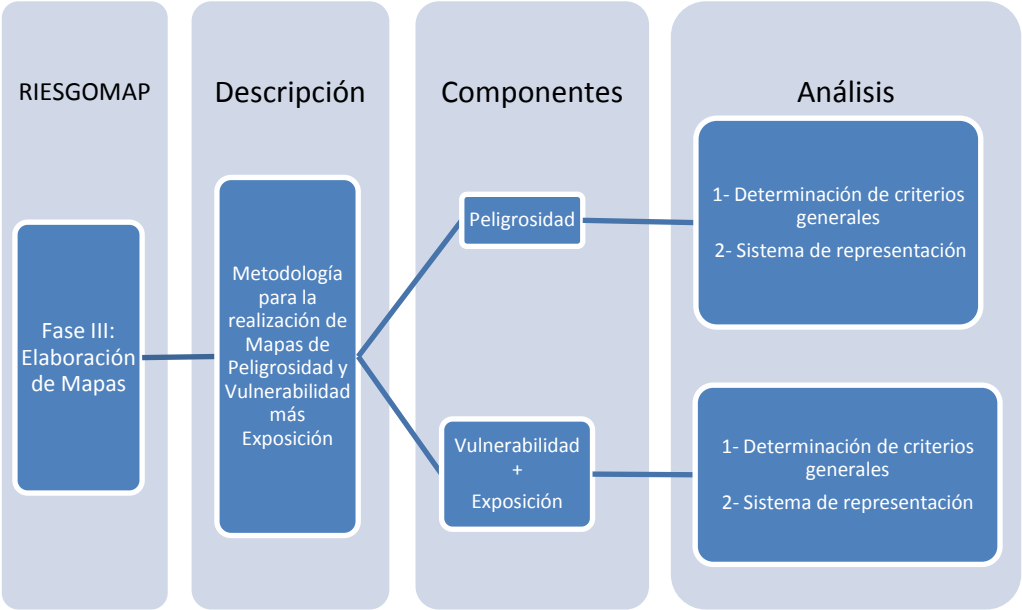
Se identificarán los elementos expuestos a los peligros. Para ello se desarrollará un catalogo de los elementos expuestos, en función de los elementos afectados: población, bienes y servicios. Se evaluarán las metodologías existentes que permiten estimar la exposición y se establecerán aquellas cuya aplicación se puede llevar a cabo en las Islas Canarias.

Vulnerabilidad

Se identificará el grado fragilidad de la población, bienes y servicios ante cada uno de los peligros identificados. Además, se evaluarán las metodologías existentes que permiten estimar la vulnerabilidad y se establecerán aquellas cuya aplicación se puede llevar a cabo en Canarias.

FASE III

En esta fase se elaborará la metodología para realizar los Mapas de Peligrosidad, Exposición y Vulnerabilidad.



Peligrosidad

En el caso de la peligrosidad se propondrá un sistema o metodología para su representación cartográfica espacial a través de un mapa y su posterior utilización en Sistemas de Información Geográfica. Las tareas a llevar a cabo serán las siguientes:

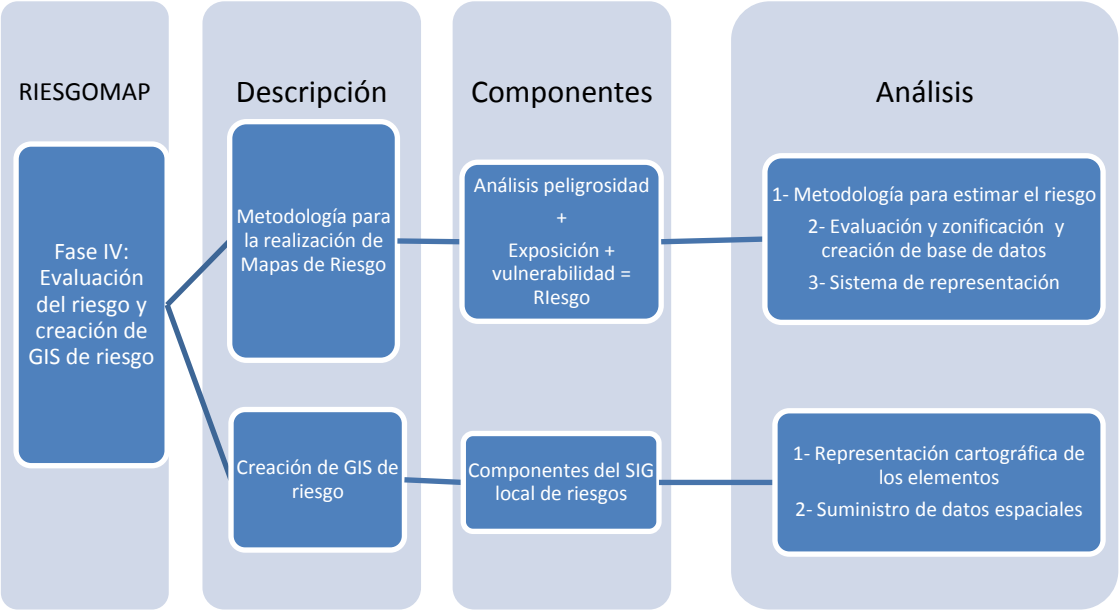
- Se estandarizarán los elementos a representar, diseñando una metodología o forma homogénea de representación y tratamiento a través de bases de datos. Se detallarán las características semiológicas de representación (tramas, colores, símbolos) más adecuadas para una fácil y rápida interpretación de lo que se está representando y de la leyenda (podrá incluir los grados o niveles de peligrosidad y la descripción de los diferentes factores o elementos utilizados para definir la peligrosidad).

Vulnerabilidad y Exposición

De forma similar a lo realizado para la peligrosidad, se propondrá un sistema para la representación cartográfica a través de un mapa, en este caso de exposición y otro de la vulnerabilidad.

FASE IV

En esta fase del proyecto se estimara el riesgo generalizado a partir de la combinación de los elementos que lo componen, estableciendo métodos para su evaluación y posterior representación cartográfica mediante un mapa. Además, se propondrá la realización de una metodología para llevar a cabo un visor de los riesgos.



Riesgo

La evaluación de los riesgos deberá tener muy en cuenta el concepto de peligrosidad, vulnerabilidad y exposición. Las tareas propuestas a llevar a cabo para la estimación del riesgo son:

- Se planteará una metodología para la combinación de los componentes que constituyen el riesgo.
- Se establecerán unos niveles o grados de riesgos estandarizados en función de la combinación de los valores de sus componentes.
- Toda esta información se incorporara a una base de datos geográfica de riesgos a nivel insular, que se diseñará expresamente para el proyecto.
- Diseño de una metodología y homogenización de los criterios y métodos para la representación espacial del riesgo.

GIS local de riesgos

Se propone la representación de todos los componentes de los tipos de riesgos evaluados, así como los valores obtenidos de riesgo para cada isla, mediante un visor de un Sistema de Información Geográfica para su visualización.

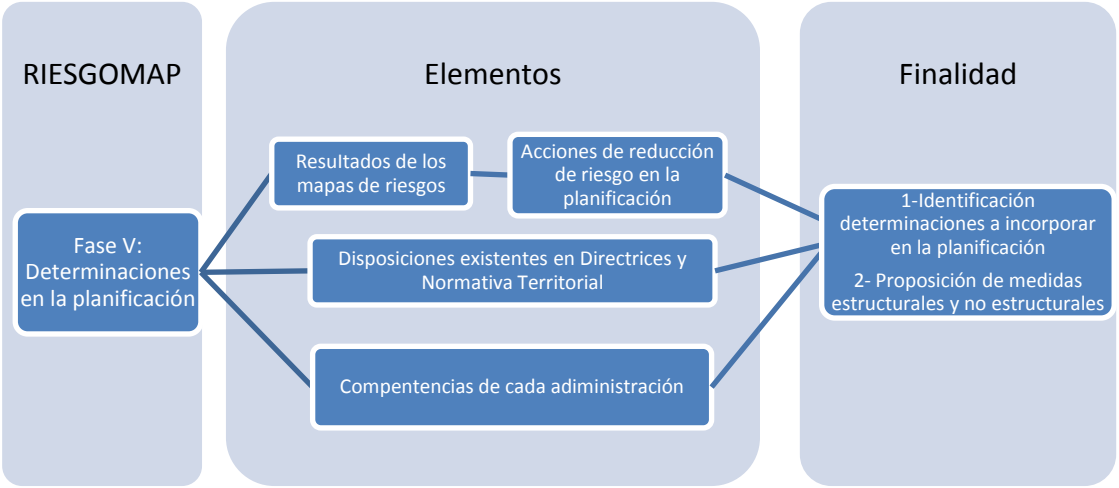
Para ello se diseñará la metodología de representación de los componentes del SIG local de riesgos. Las tareas a llevar a cabo serán las siguientes:

- Identificación de los elementos que se pueden representar en el visor.
- Metodología y estructuración de la representación de esos elementos que se proponen a representar en el visor.

- Determinación de los criterios generales de diseño para la elaboración de la cartografía y su representación aplicados al visor.
- Supervisión del visor y del resultado final obtenido.

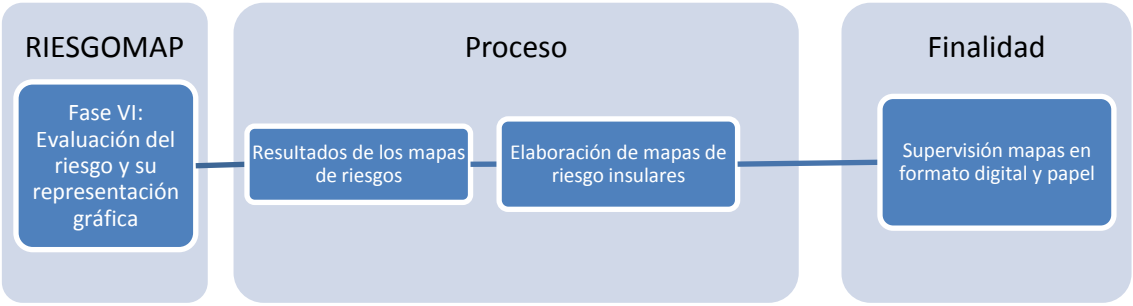
FASE V

En esta fase se llevará a cabo un primer análisis de los resultados obtenidos de los mapas generalizados de riesgos realizados en el presente proyecto. A partir de este análisis y teniendo en cuenta las disposiciones existentes en la Directrices y Normativa Territorial respecto a la planificación, se propondrán e identificarán determinaciones a incorporar en los instrumentos de planificación para considerar las zonas de riesgo, con el fin de reducir, mitigar o gestionar de la forma más efectiva posible los riesgos existente en Canarias desde la planificación territorial. De esta forma se propondrán tanto medidas estructurales, como medidas no estructurales con el fin de reducir el riesgo.



FASE VI

Por último, en esta fase VI lo que se realizará es la evaluación de los resultados de los mapas generalizados de riesgos y su aplicación a cada una de las islas del Archipiélago, señalando las consecuencias adversas potenciales existentes. Además, se supervisará la producción de los mapas en papel y digital (actividad 6).



1.4 Riesgos y sus componentes

1.4.1 *Introducción*

De acuerdo a la Real Academia Española (RAE), la palabra Riesgo significa "Contingencia o proximidad de algún daño", se entiende como una situación de pérdida potencial de bienes y materiales y/o servicios, o de amenaza potencial a la integridad humana.

Se puede afirmar que, a lo largo del día a día, surgen continuamente situaciones que implican algún tipo de riesgo cotidiano: al coger un coche se asume el riesgo de sufrir un accidente; al suscribir un préstamo hipotecario, el banco estudia el riesgo que tiene no hacer frente al pago de las letras; en el trabajo existen riesgos laborales, etc.

Una vez que el riesgo se produce, pasando de ser potencial a una cosa que ha ocurrido, se cambia la terminología y pasa a denominarse como desastre o catástrofe, en función de la gravedad de las pérdidas que se hayan producido en ese evento. Situaciones como las avenidas en los barrancos próximos a Santa Cruz de Tenerife, denominada desastre o catástrofe; podía ser una situación de riesgo antes de haberse producido.

1.4.2 *Componentes que definen el riesgo*

Para poder estudiar, identificar y analizar el riesgo es necesario establecer su definición y los factores que lo constituyen, ya que normalmente suele existir confusión entre los conceptos de riesgo, peligrosidad, exposición y vulnerabilidad. Una de las razones para la dificultad en la terminología es que el lenguaje del riesgo se ha desarrollado a través de una amplia gama de disciplinas, riesgo financiero, gestión de desastres, seguros, etc.

En 1972 el Grupo de Trabajo para el Estudio Estadístico de los Peligros Naturales de la UNESCO definió un estándar para el asesoramiento cuantitativo del riesgo, identificando el concepto de riesgo con la posibilidad de que se produzca una pérdida, sea esta en forma de vidas humanas, de propiedades, capacidad productiva, etc. que depende de tres factores expresados de la siguiente forma:

$$Riesgo = (Valor) \times (Vulnerabilidad) \times (Peligro)$$

Las consecuencias de que se genere un riesgo depende de:

- La magnitud y la distribución de un fenómeno natural a lo largo del tiempo *(peligrosidad)*.
- *La vulnerabilidad* de las personas y los bienes frente a este fenómeno natural.

Debido a la presencia de la variable "tiempo", el concepto de riesgo y de sus componentes, se puede expresar teniendo en cuenta la probabilidad.

- ***Riesgo***: Probabilidad de que se produzcan pérdidas, debido a la ocurrencia de un fenómeno, en un intervalo de tiempo determinado.
- ***Peligrosidad***: Probabilidad de ocurrencia de un proceso de un nivel de intensidad o severidad determinada, dentro de un periodo de tiempo dado y dentro de un área específica *(Varnes, 1984).*
- ***Vulnerabilidad:*** Probabilidad de daño sobre los elementos existentes, que puede generar un fenómeno en un intervalo de tiempo. Depende de las características del elemento considerado y de la intensidad del fenómeno; suele evaluarse entre 0 (sin daño) y 1 (pérdida o destrucción total del elemento) o entre 0% y 100% de daños.
- **Valor:** Representa la cuantificación, en términos de vidas humanas, de coste, ... etc., de los elementos susceptibles de ser afectados por el peligro considerado.

Posteriormente, incluida en el informe de *Natural Disaster and Vulnerability Analysis*, la Organización de las Naciones Unidades para la Coordinación de Desastres (UNDRO, 1979), propuso las siguientes definiciones:

- *Amenaza, peligro o peligrosidad (Hazard - H): Probabilidad de ocurrencia de un suceso potencialmente desastroso durante cierto periodo de tiempo en un sitio dado.*
- *Vulnerabilidad (Vulnerability - V) Grado de pérdida de un elemento o grupo d elementos bajo riesgo resultado de la probable ocurrencia de un suceso desastroso, expresada en una escala de 0 sin daño a 1 o pérdida total.*
- *El riesgo especifico (Specific Risk - Rs): Grado de pérdida esperadas debido a la ocurrencia de un suceso particular y como una función de la amenaza o peligro (H) y la vulnerabilidad (V).*
- *Los elementos en riesgo (Elements at Risk - E), los cuales engloban a la población, propiedades, actividades económicas, servicios públicos, etc, que se encuentran bajo la amenaza de sufrir un desastre en un área determinada.*
- *El riesgo total (Total Risk - Rt): Número de pérdidas humanas, heridos o daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de un desastre, es decir el producto del riesgo específico Rs, y los elementos en riesgo E.*

De esta manera la evaluación del riesgo puede llevarse a cabo mediante la siguiente formulación general:

$$Rt = (E) \times (Rs) = (E) \times (H \times V)$$

En los últimos años, las compañías de seguros se han introducido también en el campo de la evaluación de los riesgos, con la finalidad de estimar las cuotas a pagar en aquellas áreas

expuestas a desastres o catástrofes. Desde su particular punto de vista, introducen un factor en la ecuación del riesgo como es la percepción del fenómeno por parte de la población, siendo la expresión la siguiente:

$$R = Cp \times Ca \times P(E)$$

- Cp es un factor relacionado con la percepción del fenómeno.
- Ca caracteriza las causas del riesgo
- P(E) indica la probabilidad de que ocurra el evento en un lugar y momento determinado.

En la actualidad, Naciones Unidas a través del programa de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastre de las Naciones Unidades (UNISDR, 2009), establece la siguiente terminología:

Amenaza o peligro (Hazard): Fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales. Se describen las amenazas de forma cuantitativa mediante la posible frecuencia de la ocurrencia de los diversos grados de intensidad en diferentes zonas, según se determinan a partir de datos históricos o análisis científicos.

Amenaza natural (Natural hazard): Un proceso o fenómeno natural que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales. Las amenazas naturales se pueden caracterizar por su magnitud o intensidad, su velocidad en un principio la duración y el área que abarcan. Tales amenazas surgen de una gran variedad de fuentes: geológicas, meteorológicas, hidrológicas, oceánicas, biológicas y tecnológicas que algunas veces actúan de forma combinada.

Amenaza tecnológica (Technological hazard): Una amenaza que se origina a raíz de las condiciones tecnológicas o industriales, lo que incluye accidentes, procedimientos peligrosos, fallas en la infraestructura o actividades humanas específicas que pueden ocasionar la muerte, lesiones, enfermedades u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales o económicos, o daños ambientales.

Exposición (Exposure): Las personas, los bienes, sistemas u otros elementos presentes en las zonas de riesgo que son por ello sujeto a pérdidas potenciales.

Grado de exposición (Exposure): La población, las propiedades, los sistemas u otros elementos presentes en las zonas donde existen amenazas y, por consiguiente, están expuestos a experimentar pérdidas potenciales. Las medidas del grado de exposición

pueden incluir la cantidad de personas o los tipos de bienes en una zona. Estos pueden combinarse con la vulnerabilidad específica de los elementos expuestos a una amenaza en particular con el fin de calcular los riesgos cuantitativos relacionados con esa amenaza en la zona bajo estudio.

Vulnerabilidad (Vulnerability) Las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza. Existen diversos aspectos de la vulnerabilidad que surgen de varios factores físicos, sociales, económicos y ambientales. Entre los ejemplos se incluyen el diseño inadecuado y la construcción deficiente de los edificios, la protección inadecuada de los bienes, la falta de información y de concientización pública, un reconocimiento oficial limitado del riesgo y de las medidas de preparación y la desatención a una gestión ambiental sensata o prudente. La vulnerabilidad varía considerablemente dentro de una comunidad y en el transcurso del tiempo. Esta definición identifica la vulnerabilidad como una característica de los elementos de interés (comunidad, sistema o bien) que es independiente de su exposición.

Riesgo (Risk): Combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas.

Riesgo de desastres (Disaster Risk): Las posibles pérdidas que ocasionaría un desastre en términos de vidas, las condiciones de salud, los medios de sustento, los bienes y los servicios, y que podrían ocurrir en una comunidad o sociedad particular en un período específico de tiempo en el futuro.

Evaluación del riesgo (Risk assessment): Metodología para determinar la naturaleza y el grado de riesgo a través del análisis de posibles amenazas y la evaluación de las condiciones existentes de vulnerabilidad que conjuntamente podrían dañar potencialmente a la población, la propiedad, los servicios y los medios de sustento expuestos, al igual que el entorno del cual dependen.

Para que exista riesgo (R) tienen que converger las tres componentes simultáneamente, en cuanto no exista una de ellas, el riesgo será nulo. Se observa que el riesgo es mayor cuanto mayor es la peligrosidad, la vulnerabilidad o la exposición. En algunos casos de aplicación y estimación del riesgo se puede considerar la vulnerabilidad y la exposición de forma conjunta.

Definición

De forma concreta, el riesgo es el resultado de la combinación de tres componentes complejas:

$$Riesgo = Peligrosidad \times Exposición \times Vulnerabilidad$$

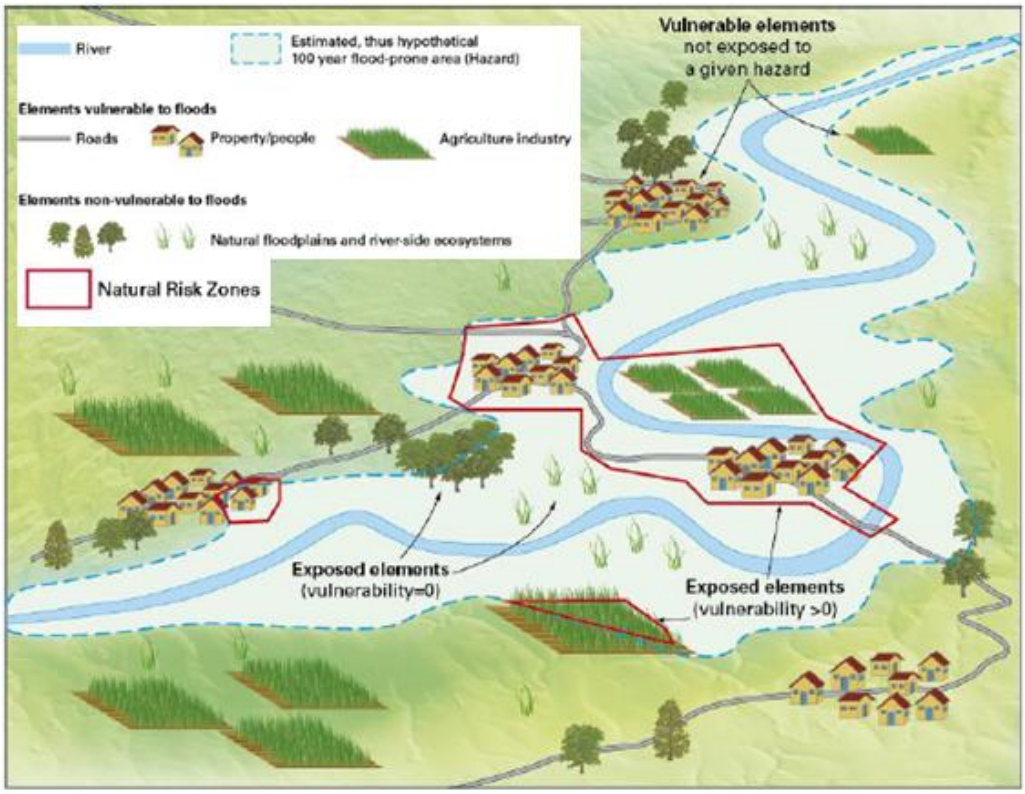
Peligrosidad (P) de un proceso o fenómeno.

Exposición (E), de los elementos vulnerables al peligro concreto.

Vulnerabilidad (V), es la fragilidad intrínseca de los elementos vulnerables (personas, bienes, servicios, medio ambiente) al peligro.

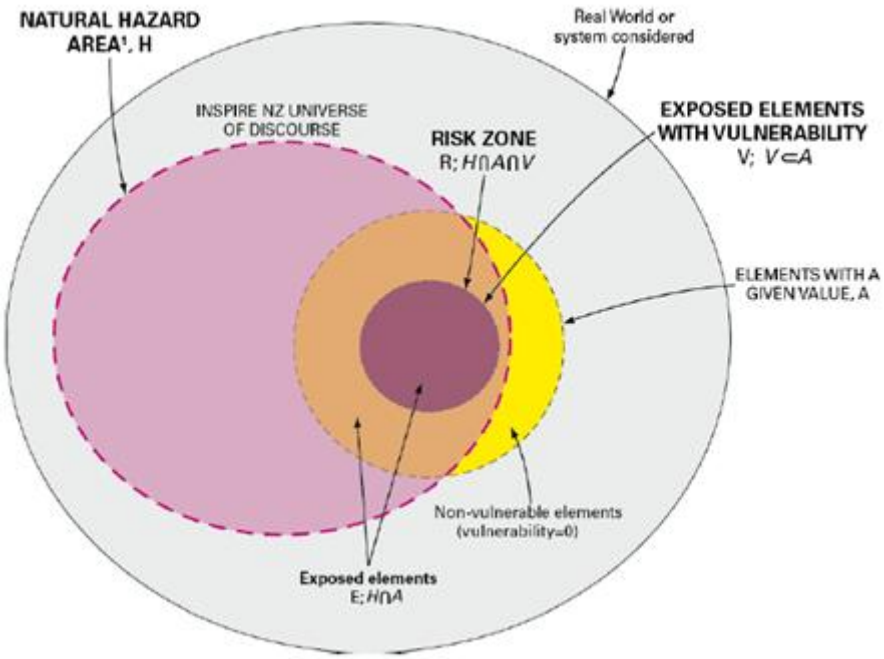
En este proyecto, las definiciones y modelos utilizados van a ser los desarrollados por la UNISDR 2009, y recientemente descritos en la "Evaluación de Riesgo y Directrices de correlación para la gestión de desastres" documento del Consejo de la Unión Europea.

Figura: Muestra de la relación de los diferentes conceptos del modelo espacial de los riesgos naturales según UNISDR



Fuente: INSPIRE, 2013

Figura: Muestra de la relación de los diferentes conceptos del modelo conceptual de los riesgos naturales según UNISDR



Fuente: INSPIRE, 2013

1.4.2.1 **Peligrosidad o Amenaza *(Hazard)***

La RAE (Real Academia Española) define la peligrosidad como la *"calidad de peligro",* en términos técnicos se expresa como " amenaza impuesta por ciertos fenómenos naturales, que pueden causar consecuencias adversas a la actividad humana, impacto social negativo y pérdidas humanas y económicas severas" (Souter, 1996).

A la hora de valorar el riesgo, se entiende por peligrosidad de un factor determinado:

Definición de Peligrosidad o Amenaza *(Hazard)*

Fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales. Se describen las amenazas de forma cuantitativa mediante la posible frecuencia de la ocurrencia de los diversos grados de intensidad en diferentes zonas, según se determinan a partir de datos históricos o análisis científicos. (UNISDR, 2009).

La peligrosidad es la capacidad de un proceso de causar daño, bien por su magnitud, dimensión espacio - temporal (área afectada y durante cuánto tiempo), y/o por su frecuencia

de ocurrencia (periodicidad). Peligrosidad y amenaza son sinónimos de peligro en el contexto de los riesgos.

Al estimar la peligrosidad es importante considerar las características de la distribución temporal (frecuencia) y territorial (zonificación) del proceso que genera el peligro. Además, para su correcta estimación conviene diferenciar entre los términos de magnitud e intensidad. La magnitud de un fenómeno mide el daño del fenómeno en origen, es decir, la capacidad potencial de producir efectos destructivos o perjudiciales. La intensidad refleja cómo afecta, en la práctica, un fenómeno de una determinada magnitud.

Pueden existir fenómenos con magnitudes elevadas e intensidades moderadas, por ejemplo, en el caso de un sismo, la magnitud se determina en función de la energía liberada, mientras que la intensidad del sismo se calcula identificando si el sismo será o no percibido y si provoca o no efectos sobre las edificaciones.

1.4.2.2 **Exposición (Exposure)**

La RAE (Real Academia Española) define la exposición como la *"acción de exponer a los efectos de otros agentes, como el sol, los rayos X, etc"*. Entendiendo como exponer, *"colocar algo para que reciba la acción de un agente"*. En su aplicación a los riesgos se define como:

Definición de Exposición *(Exposure)*

Las personas, los bienes, sistemas u otros elementos presentes en las zonas de riesgo que son por ello sujeto a pérdidas potenciales. (UNISDR, 2009).

La exposición se entiende como la cuantificación de los bienes materiales o personas mostradas al peligro, susceptibles de verse afectadas por sus efectos; puede ser exposición social (personas) o económica (bienes materiales o vías de servicio).

La exposición se puede determinar a través del número de elementos vulnerables de diferentes tipologías expuestos a un cierto peligro y del tiempo que estarán expuestos al mismo.

1.4.2.3 **Vulnerabilidad *(Vulnerability)***

La vulnerabilidad en ciertos ámbitos y aspectos, se ha venido confundiendo con la exposición, si bien su definición y aplicación es muy diferente.

Según la RAE (Real Academia Española) se entiende por vulnerabilidad a la *"cualidad de ser vulnerable"*. Entendiendo como vulnerable*, "que puede ser herido o recibir lesión, física o moralmente".*

La vulnerabilidad o fragilidad intrínseca de los bienes o personas expuestos, se entiende como:

Definición de vulnerabilidad *(Vulnerability)*

Las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza. Existen diversos aspectos de la vulnerabilidad que surgen de varios factores físicos, sociales, económicos y ambientales. Entre los ejemplos se incluyen el diseño inadecuado y la construcción deficiente de los edificios, la protección inadecuada de los bienes, la falta de información y de concientización pública, un reconocimiento oficial limitado del riesgo y de las medidas de preparación y la desatención a una gestión ambiental sensata o prudente. La vulnerabilidad varía considerablemente dentro de una comunidad y en el transcurso del tiempo. Esta definición identifica la vulnerabilidad como una característica de los elementos de interés (comunidad, sistema o bien) que es independiente de su exposición. (UNISDR, 2009).

La vulnerabilidad puede ser social o económica, y se mide en escalas de 0 a 1, de pérdida nula a total respectivamente.

Un aspecto importante que hay que considerar en la vulnerabilidad es la resilencia. Según Villalba Quesada (2004), la resilencia es un concepto interdisciplinar y postmoderno que emerge en lo social para la identificación, evaluación, reconocimiento y fortalecimiento de capacidades en individuos, grupos, familias y comunidades, y esa interdisciplinariedad permite explorar y profundizar enfoques alternativos en los procesos de ayuda y de intervención social. Siguiendo a Fraser, Richman y Galinsky (1999), la resiliencia implicaría:

- Sobreponerse a las dificultades y tener éxito a pesar de estar expuestos a situaciones de alto riesgo
- Mantener la competencia bajo presión, esto quiere decir saber adaptarse con éxito al alto riesgo
- Y recuperarse de un trauma ajustándose de forma exitosa a los acontecimientos negativos de la vida.

Por tanto, se puede entender como resiliencia, a la capacidad de recuperación o de regeneración que tienen los elementos vulnerables para volver al estado inicial o inmediatamente anterior a la afección por el proceso o fenómeno que ha generado el peligro.

Se entiende como elementos vulnerables a cualquier elemento o sistema (construcción, instalación, organización, servicio, persona o territorio) que, expuesto a un nivel o a un peligro concreto, es susceptible intrínsecamente de tener daños.

1.4.3 *Definición de riesgo (Risk)*

Una vez descritos los parámetros que componen el riesgo, es posible establecer una definición más completa del concepto de riesgo.

Definición de riesgo *(Risk)*

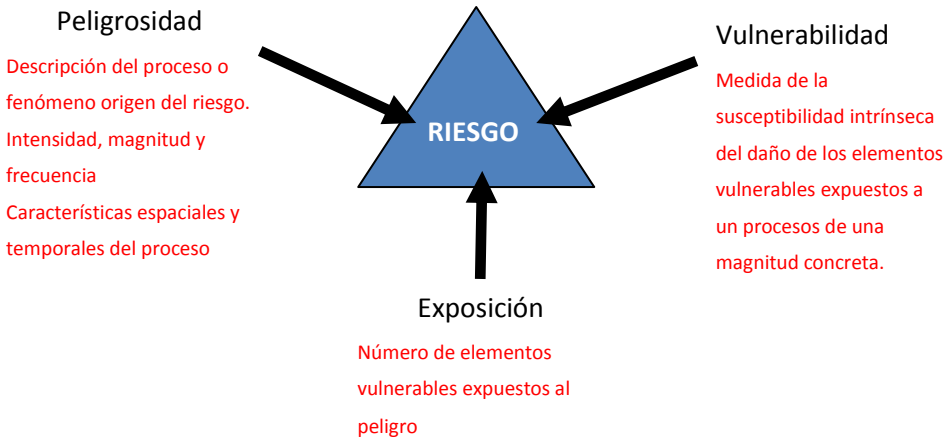
Combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas. (UNISDR, 2009).

El riesgo es el conjunto de daños o perdidas que se pueden esperar (muertos, heridos graves, daños a la propiedad, pérdidas económicas etc.) como consecuencia de producirse un fenómeno o un proceso que puede afectar a las personas, los bienes o el medio ambiente, en una zona determinada y en un intervalo de tiempo concreto.

Se pueden considerar riesgos sociales o riesgos económicos en función de sí los elementos expuestos se refieren a personas (exposición social) o a pérdida de valor económico de bienes, servicios o suelo (exposición económica).

Hay que tener en cuenta que mientras la peligrosidad es función del intervalo de tiempo, la exposición y vulnerabilidad solo son función del punto considerado y de la actividad humana que se desarrolla en ella, por lo que puede estar sujeta a normas tendentes que contribuyan a disminuir el riesgo, lo que se consigue mediante la ordenación.

Figura: Triangulo del riesgo



Fuente: Dirección General de Protección Civil

1.4.4 *Clasificación de los riesgos*

Existen muchos tipos de riesgos distintos, y diferentes clasificaciones para organizarlos, pero la clasificación más utilizada, depende del origen del riesgo, lo que permite diferenciar dos grandes grupos:

Clasificación de los riesgos

Riesgos naturales: el riesgo se produce por la acción de los procesos y elementos de la naturaleza.

Riesgos antrópicos: el riesgo se produce por la acción humana directa, (los riesgos de transporte de mercancías peligrosas, riesgo como consecuencia de las instalaciones nucleares). Dentro de este grupo se encuentran los **Riesgos tecnológicos,** riesgos antrópicos derivados por el desarrollo tecnológico y la aplicación y uso significativo de las tecnologías.

Una mezcla de ambos tipos de riesgos, son los **riesgos inducidos**, aquellos que teniendo origen natural, pueden ser desencadenados por la acción humana.

Considerando únicamente los riesgos naturales y siguiendo las pautas de la Guía Metodológica para la elaboración de cartografías en España de Riesgos Naturales (Ministerio de Vivienda y el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos), estos se pueden dividir en función del gran sistema natural en el que se producen, dando lugar a los siguientes subtipos:

Riesgos extrafluviales, comprenden los riesgos originados por variaciones en las tasas de radiación solar, tormentas solares, viento solar, e impactos meteorititos.

Riesgos atmosféricos, comprenden los riesgos meteorológicos (heladas, olas de calor, granizadas, ozono troposférico...) y climáticos (variación del cambio climático).

Riesgos hidrológicos, riesgos por exceso de agua (inundaciones) o déficit de la misma (sequías).

Riesgos geológicos, tanto de origen interno en la Tierra (endógenos), o externo en su superficie (exógenos).

Riesgos biológicos, que comprenden plagas, epidemias, e incendios forestales.

A su vez los riesgo naturales geológicos, se suelen dividir según el origen del proceso geológico potencialmente desencadenante del riesgo, en:

Riesgos geológicos internos o endógenos, con origen en el interior de la Tierra: volcánicos, sísmicos (terremotos y tsunamis) y halocinesis.....

Riesgos geológicos externos o exógenos, con origen en la superficie fluvial o sus proximidades: movimientos de ladera, crecidas o inundaciones, aludes de nieve....

Riesgos geológicos litológicos, asociados no a un proceso, sino a la existencia de un determinado tipo de roca y/o mineral: cársticos, expansividad de arcillas...

Riesgos geológicos inducidos: subsidencias, ignición de turbas, sufusión...

1.4.5 *Medidas que reducen el riesgo*

Con el fin de evitar que las situaciones de riesgo potencial se transformen en desastres o catástrofe, o bien minimizar los efectos que se pueden generar en estos desastres, existen una serie de medidas agrupadas en tres grandes grupos de técnicas a adoptar:

Medidas

Predictivas: Son medidas que se aplican con el fin de saber dónde y cuándo se va a producir el desastre; por ejemplo, las redes de alerta temprana de inundación desarrolladas por las confederaciones hidrográficas, con instrumental que detecta el inicio del fenómeno, radares meteorológicos, etc.

Preventivas: Son medidas cuya finalidad es detectar dónde se suele producir un riesgo, y/o actuar allí sobre las componentes del mismo. Las medidas preventivas se suelen diferenciar entre medidas estructurales o ingenieriles (actuaciones, construcción de obras o movimientos de tierras) y medidas no estructurales (ordenación del territorio, protección civil y sistemas de aseguramiento).

Correctoras o post-desastre: Son medidas que persiguen minimizar los efectos una vez que ha ocurrido el evento o desastre. Comprenden las actuaciones de protección civil en emergencias y los sistemas de indemnizaciones y ayudas (declaración de zonas catastróficas).

1.5 Planificación territorial y urbanística

La planificación territorial y urbanística ha adquirido una especial relevancia en la gestión de los riesgos en los últimos años, siendo un nuevo campo a tener en cuenta ,ya que es posible reducir el riesgo mediante la planificación territorial y urbanística y la aplicación de medidas al respecto. En las Islas Canarias, la integración de estas políticas sobre la planificación urbanística municipal permite que el planeamiento territorial pueda tener un papel significativo sobre los riesgos existentes.

1.5.1 *Planificación territorial y urbanística*

Actualmente, todos los planes territoriales de ordenación que se están elaborando y algunos de los recientemente aprobados, tienen como marco de referencia el documento de Estrategia Territorial Europea (ETE), suscrito en Postdam en mayo de 1999. En este documento se establece que los instrumentos de ordenación del territorio de la Unión Europea deben promover entre sus objetivos el fomento de la cohesión económica y social, el desarrollo sostenible y el equilibrio entre las zonas urbanas y rurales, para así obtener un territorio más competitivo a escala europea. En la práctica se circunscribe el concepto de ordenación territorial a la planificación territorial: la cual es la planificación física de los elementos estructurantes del territorio de ámbito regional, provincial o comarcal, que establece unas directrices y criterios de armonización de los usos del suelo existentes, zonificando el territorio a partir de criterios de homogeneidad, funcionalidad y protección ambiental.

1.5.1.1 **Ordenación territorial**

En España, la ordenación territorial está basada en los planes territoriales. Los planes territoriales regionales se corresponden a instrumentos de carácter normativo. Jerárquicamente, sus determinaciones se imponen a los planes de ordenación territorial inferiores (planes comarcales o metropolitanos) y al planeamiento urbanístico general. La finalidad de los planes territoriales es la ordenación no estrictamente urbanística del ámbito supramunicipal, provincial, regional o insular. Los planes territoriales se pueden sistematizar en tres grupos:

Ordenación territorial (PLANES TERRITORIALES)

- Directrices o planes que afectan a todo el territorio de la Comunidad Autónoma.
- Planes o instrumentos que afectan a parte del territorio de la Comunidad, como son los Planes Insulares de Canarias.
- Planes de carácter sectorial, como por ejemplo el Plan de Acción Territorial de Carácter Sectorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA).

1.5.1.2 **Ordenación o planificación urbanística**

A nivel nacional, el concepto de planificación urbanística se relaciona con el planeamiento urbano de los términos municipales, distinguiéndose tradicionalmente dos grupos de planes urbanísticos municipales:

Ordenación urbanística (PLANES URBANÍSTICOS)

Planeamiento general, comprende los siguientes instrumentos:

1º Planes Generales y Normas Subsidiarias de Planeamiento: Estas últimas aplicadas para los municipios con poca capacidad de gestión, por ser un núcleo muy pequeño y con un crecimiento prácticamente nulo.

2º Planes de Sectorización, que pueden tener incluido o no la ordenación pormenorizada del ámbito.

Planeamiento de desarrollo, comprende los siguientes instrumentos:

1º Planes Parciales

2º Planes Especiales

3º Estudios de Detalle (no se someten a Evaluación Ambiental Estratégica)

La planificación urbanística se utiliza con el fin de llevar a cabo la ordenación de la totalidad del municipio, llegando a definir de forma pormenorizada los usos asignados o permitidos en cada parcela del mismo, clasificando y calificando el suelo.

El Plan General no es la última etapa del proceso de ordenación; mediante el planeamiento de desarrollo (Planes Parciales) se ordena el suelo urbanizable sectorizado.

Estos instrumentos de ordenación urbanística establecen unas determinaciones entre las cuales se pueden diferenciar en estructurantes o pormenorizadas. Las determinaciones

denominadas estructurantes son las establecidas y alteradas por los instrumentos del planeamiento general. Las determinaciones pormenorizadas habrán de desarrollar las determinaciones estructurantes que correspondan sin contradecirlas.

Finalmente, en la última escala de la jerarquía del planeamiento urbanístico, están los proyectos de urbanización, los proyectos de infraestructuras y los proyectos de edificación que se corresponden a los instrumentos de ejecución del planeamiento.

1.5.1.3 **Otros instrumentos de planificación**

Además, existen otros planes o figuras, que no se corresponden a planes territoriales o urbanísticos, y que tienen cierta relevancia para el análisis y la identificación de determinados riesgos, como son:

Otros instrumentos de ordenación que guardan relación con los riesgos

- Planes de Protección Civil (de gran importancia en la identificación, prevención y gestión de los riesgos).
- Planes Hidrológicos de Cuenca (necesarios para evaluar el riesgo de inundación).
- Planes de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN) y Planes Rectores de Uso y Gestión de los Espacios Naturales Protegidos (PRUG).
- Planes Directores de Infraestructuras, como son los proyectos de planificación de carreteras, puertos y aeropuertos, Planes de Ordenación Turística (relacionados con la estimación de los elementos vulnerables).
- Planes Forestales (tienen una especial importancia en la prevención de inundaciones e incendios forestales).

1.5.2 *Instrumentos de planeamiento u ordenación territorial y urbanística en las Islas Canarias*

En las Islas Canarias, el marco normativo de la ordenación territorial, urbanística y de los Espacios Naturales Protegidos (ENP) viene dado por el Decreto Legislativo 1/2000, de 8 de mayo, donde se aprueba el Texto Refundido de las Leyes de Ordenación del Territorio de Canarias y de los Espacios Naturales de las Islas Canarias. Se corresponde a una ley cuyo objetivo es definir el régimen jurídico urbanístico de la propiedad del suelo y del vuelo y de acuerdo con su función social, establecer el régimen jurídico general de los Espacios Naturales del Archipiélago definiendo y delimitando la Red Canaria de Espacios Naturales Protegidos. También regula la actividad administrativa en materia de ordenación de los recursos naturales, territorial y urbanística.

1.5.2.1 Instrumentos de ordenación de los recursos naturales y el territorio en Canarias

Instrumentos de ordenación general:

- Directrices de Ordenación
- Planes Insulares de Ordenación

- Instrumentos de ordenación de los ENP:
  - Planes
  - Normas de los mismos
- Instrumentos de ordenación territorial:
  - Planes Territoriales de Ordenación
  - Proyectos de Actuación Territorial y Calificaciones Territoriales

1.5.2.1.1 *Instrumentos de ordenación general*

El instrumento de mayor jerarquía en la ordenación del territorio y de los recursos naturales son las Directrices Generales de Ordenación que tiene por objeto definir los criterios generales de ordenación. Constituyen el instrumento de planeamiento propio del Gobierno de Canarias.

Los planes insulares (art 17. DL 1/2000), son un nivel jerárquico inferior a las Directrices Generales de Ordenación de las que dependen. Son los *"instrumentos de ordenación de los recursos naturales, territorial y urbanística de la islas y definen el modelo de organización y utilización del territorio para garantizar su desarrollo sostenible"*. Su función es delimitar los usos y limitaciones del suelo y articular las distintas políticas sectoriales con incidencia territorial en el marco de cada isla. Su redacción y gestión es competencia de los Cabildos Insulares. Sus determinaciones se establecen en el marco de las Directrices de Ordenación presentando, a su vez, carácter vinculante sobre los instrumentos de ordenación de espacios naturales, territorial de ámbito inferior al insular y los planes de ordenación urbanística. Además, incluyen de manera especial la ordenación de aquellas actividades que, como el turismo o los recursos extractivos, han de ser manifiestamente objeto de una política insular.

1.5.2.1.2 *Instrumentos de ordenación de los ENP*

Los instrumentos de ordenación de los Espacios Naturales Protegidos (ENP) establecen los usos del territorio en toda la extensión que comprende el ENP, la gestión de los mismos y una ordenación pormenorizada a través de los Planes y Normas de los Espacios Naturales Protegidos. En este caso es el Gobierno de Canarias el encargado de su redacción y los Cabildos Insulares son los encargados de su gestión. Podrán adoptar la forma de:

- Planes Rectores de Uso y Gestión de Parques Nacionales, Naturales y Rurales
- Planes Directores de Reservas Naturales integrales y especiales
- Planes Especiales de los Paisajes Protegidos.
- Normas de Conservación de Monumentos Naturales y Sitios de Interés Científico

1.5.2.1.3 *Instrumentos de ordenación territorial*

Los Planes Territoriales de Ordenación, constituyen instrumentos de desarrollo de los Planes Insulares de Ordenación y comprenden el desarrollo de infraestructuras o sectores territoriales que trascienden el ámbito competencial municipal sin necesidad de modificar el planeamiento insular. Comprenden los:

- Planes Territoriales Parciales
- Planes Territoriales Especiales
- Proyectos de Actuación Territorial
- Calificaciones Territoriales

Los Planes Territoriales Parciales: Tendrán por objeto la ordenación integrada de partes concretas del territorio diferenciadas por sus características naturales o funcionales. Sólo podrán formularse en desarrollo de Planes Insulares de Ordenación. Comprenden: Espacios litorales, Sistemas insulares, comarcales o supramunicipales para sectores o usos estratégicos o turísticos, Áreas metropolitanas y comarcas y/o cualquier otro ámbito definido por el planeamiento insular.

Los Planes Territoriales Especiales: que podrán tener ámbito regional, insular o comarcal, tendrán por objeto la ordenación de las infraestructuras, los equipamientos y otras actuaciones o actividades de carácter económico y social.

Los Proyectos de Actuación Territorial y las Calificaciones Territoriales. Los primeros son instrumentos de carácter excepcional que puede iniciar cualquier administración o particular que legitiman obras, construcciones e instalaciones precisas para la implantación, en suelo rustico no clasificado como de protección ambiental, de dotaciones, equipamientos y actividades industriales o turísticas que tengan que situarse en este suelo o sean incompatibles con el urbano y urbanizable. La Calificación Territorial constituye el instrumento de ordenación que ultimará, en un terreno concreto y para un proyecto de edificación o uso no prohibido en el suelo rústico, el régimen urbanístico de ese suelo que estará definido por el planeamiento de los recursos naturales, territorial y urbanístico aplicable

1.5.2.2 **Instrumentos de ordenación urbanística en Canarias**

Tipos:

Los instrumentos de ordenación urbanística se establecen en el marco del Texto Refundido (Decreto Legislativo 1/2000), así como en su caso por los planes de ordenación territorial por los siguientes instrumentos:

- Las Normas y las Instrucciones Técnicas del Planeamiento Urbanístico.
- Los Planes urbanísticos y los Catálogos

Las Ordenanzas Municipales de Edificación y Urbanización.

1.5.2.2.1 *Normas Técnicas del Planeamiento Urbanístico*

Las Normas Técnicas del Planeamiento Urbanístico, son elaboradas por el Gobierno de Canarias y tendrán por objeto:

- La determinación de los requisitos mínimos de calidad, sustantivos y documentales, de los distintos instrumentos de planeamiento de ordenación urbanística, así como de las normas específicas que deban ser observadas por éstos en la ordenación del espacio litoral y el uso turístico.
- La precisión de los conceptos de consolidación por la urbanización y por la edificación y de perímetro urbano, y sus requisitos mínimos, a efectos de la clasificación de suelo urbano por el planeamiento.
- La definición de criterios con arreglo a los que el planeamiento de ordenación general habrá de determinar la dimensión, idoneidad y condiciones de contigüidad o extensión que deban cumplir los sectores de suelo urbanizable precisos para absorber los crecimientos previsibles de carácter residencial, turístico, industrial y terciario.
- La concreción y, en su caso, la elevación de los estándares mínimos de suelo para equipamientos y dotaciones.
- La definición de los elementos de la ordenación estructural del planeamiento de ordenación general, en defecto de su determinación por éste.
- La definición enunciativa o taxativa de los tipos y las condiciones de establecimientos susceptibles de ser implantados en suelo rústico mediante Proyectos de Actuación Territorial y particularmente de los industriales.
- La determinación de los criterios para la apreciación de la inadecuación objetiva de los terrenos para servir de soporte a aprovechamientos urbanos, por razones económicas, geotécnicas o morfológicas.

1.5.2.2.2 *Planes urbanísticos*

La ordenación urbanística en el ámbito municipal se establecerá y desarrollará mediante los siguientes instrumentos de planeamiento urbanístico:

- *Planes Generales de Ordenación:* (art 32) definirán, para la totalidad del correspondiente término municipal, la ordenación urbanística, organizando la gestión de su ejecución, dentro del marco de la utilización racional de los recursos naturales establecido en las Directrices de Ordenación, los Planes Insulares y el resto del planeamiento de ordenación territorial.
- *Planes de desarrollo:*

  Planes Parciales de Ordenación (art 35): Tendrán por objeto el establecimiento, en desarrollo del Plan General, de la ordenación pormenorizada precisa para la ejecución, incluso de operaciones de reforma interior o renovación urbanas, en ámbitos de suelo urbano no consolidado y sectores de suelo urbanizable.

  Planes Especiales de Ordenación (art 37): desarrollarán o complementarán las determinaciones de los Planes Generales, ordenando elementos o aspectos específicos de un ámbito territorial determinado.

  Estudios de Detalle (art 38): Tendrán por objeto , en el marco de los Planes Generales y los Planes Parciales y Especiales de Ordenación, completar o reajustar, para manzanas o unidades urbanas equivalentes.

Los instrumentos de ordenación urbanísticos deberán ajustarse a las determinaciones de los instrumentos de ordenación de los recursos naturales y del territorio.

1.5.2.2.3 *Catálogos*

Los Ayuntamientos de Canarias deberán aprobar y mantener actualizado un catálogo municipal, en el que recojan aquellos bienes tales como monumentos, inmuebles o espacios de interés histórico, artístico, arquitectónico, paleontológico, arqueológico, etnográfico, ecológico, científico o técnico que por sus características singulares o según la normativa del Patrimonio Histórico de Canarias deban ser objeto de preservación, estableciéndose el grado de protección que les corresponda y los tipos de intervención permitidos en cada supuesto.

1.5.2.2.4 *Ordenanzas municipales*

Las Ordenanzas Municipales de Edificación tendrán por objeto la regulación de todos los aspectos morfológicos, incluidos los estéticos, y cuantas otras condiciones, no definitorias directamente de la edificabilidad y destino del suelo, sean exigibles para la autorización de los actos de construcción y edificación, incluidas las actividades susceptibles de autorización en los

inmuebles. Deberán ajustarse a las disposiciones relativas a la seguridad, salubridad, habitabilidad y calidad de las construcciones y edificaciones y ser compatibles con los instrumentos de planeamiento de ordenación urbanística y las medidas de protección del medio ambiente urbano y el patrimonio.

Las Ordenanzas Municipales de Urbanización tienen por objeto la regulación de todos los aspectos relativos a la proyección, ejecución material, recepción y mantenimiento de las obras y los servicios de urbanización. Incluirán igualmente, los criterios morfológicos y estéticos que deban respetarse en los proyectos. Deberán ajustarse a las disposiciones sectoriales reguladoras de los distintos servicios públicos y, en su caso, a las Normas e Instrucciones Técnicas del Planeamiento Urbanístico. arquitectónico e histórico-artístico.

Finalmente, a modo resumen se adjunta el siguiente cuadro donde se señalan los instrumentos de ordenación territorial, urbanística y de los recursos naturales de Canarias y la entidad que los desarrolla.

Tabla: Instrumentos de ordenación territorial, urbanística y de los recursos naturales de Canarias

Entidad que los desarrolla	*Ordenación Territorial*	*Ordenación de Espacios Naturales*	*Planeamiento Urbanístico*
Comunidad Autónoma	Directrices Generales Planes Territoriales Especiales	Redacción Planes y Normas de Espacios Naturales Protegidos	Normas e Instrucciones Técnicas de Planeamiento Urbanístico
Cabildos Insulares	Planes Insulares de Ordenación Planes Territoriales Especiales Planes Territoriales Parciales	Gestión Planes y Normas de Espacios Naturales Protegidos	
Ayuntamientos	Proyectos de Actuación Territorial Calificaciones Territoriales		Planes urbanísticos Catálogos Ordenanzas Municipales

Fuente: DL 1/2000 Texto Refundido. Elaboración propia.

1.5.3 *Contexto de los riesgos en el desarrollo del planeamiento territorial*

En los últimos años, la preocupación por el desarrollo territorial y su planeamiento se ha ido incrementando, incluyendo conceptos y criterios como el desarrollo sostenible desde la perspectiva ambiental. La sostenibilidad, y las políticas urbanas y locales de planificación territorial, tienen gran importancia en un desarrollo territorial equilibrado y están vinculadas a las políticas de desarrollo espacial a nivel mundial.

La Organización de Naciones Unidas (ONU), por medio de la Resolución 2816, en 1971 crea la Oficina de la Organización de Naciones Unidas para Ayuda al Desastre (UNDRO), con la finalidad de:

- Promover el estudio, prevención, control y predicción de los desastres naturales.

- Suministrar a los Gobiernos información adecuada para la planificación pre-desastre.
- Promover el desarrollo y mejora de los sistemas de alerta de cada país.

En 1990, la ONU pone en práctica el Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales (DIRDN), llevando a cabo en 1994 la primera Conferencia Mundial sobre la reducción de Desastres Naturales en Yokohama, de la que formaron parte representantes de los Estados Miembros, ONG´s, organizaciones internacionales, círculos comerciales e industriales y medios de comunicación de 155 países. Se establecieron varios pilares básicos relacionados con la prevención de desastres, la mitigación de sus efectos, y la preparación y socorro (PMPS), todos ellos considerados puntos esenciales en la consecución de un desarrollo sostenible.

En junio de 2001, ve la luz la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD, UNISDR en inglés), como consecuencia de un progresivo cambio conceptual en la atención a los desastres, en concreto, al aumento de la importancia de reducción de los mismos, contrastando con el enfoque preponderante previamente establecido, que gravitaba sobre la importancia de la atención inmediata. Este cambio incluye una nueva definición del concepto de desastres, la importancia de la concienciación pública, el compromiso de las autoridades, la formación de sociedades y redes multidisciplinares y una serie de acuerdos institucionales para la aplicación de la EIRD.

Del 18 al 22 de enero de 2005 se lleva a cabo la segunda conferencia Mundial sobre la reducción de desastres en Hyogo, donde se establece **El Marco de Acción de Hyogo (MAH) 2005-2015**. Vigente actualmente, se corresponde a un tratado firmado y aprobado por 168 estados miembros de las Naciones Unidas.

1.5.3.1 **Marco de Acción de Hyogo (2005-2015)**

Constituye el principal instrumento global de gestión de Reducción de Riesgos de Desastres. Los países se comprometieron a introducir en las políticas públicas los conceptos de prevención y evaluación de riesgos, así como la manera de enfrentar los desastres o los modos de actuación tras una crisis. En definitiva, comprende una serie de principios que debería respetar toda la comunidad internacional con el fin de, en consonancia con la Estrategia Internacional de Reducción de Desastres, hacer presión para que estos principios se respeten.

Su objetivo principal es aumentar la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres al lograr, para el año 2015, una reducción considerable de las pérdidas que ocasionan los desastres, tanto en términos de vidas humanas como en cuanto a los bienes sociales, económicos y ambientales de las comunidades y los países. El MAH ofrece 3 objetivos estratégicos y cinco áreas prioritarias para la toma de acciones, al igual que principios rectores

y medios prácticos para aumentar la resiliencia de las comunidades vulnerables a los desastres, en el contexto del desarrollo sostenible.

Los objetivos estratégicos que se persiguen para lograr dicha reducción de pérdidas son:

- La integración más efectiva de la consideración de los riesgos de desastre en las políticas, los planes y los programas de desarrollo sostenible a todo nivel, con acento especial en la prevención y mitigación de los desastres, la preparación para casos de desastre y la reducción de la vulnerabilidad.
- La creación y el fortalecimiento de instituciones, mecanismos y medios a todo nivel, en particular a nivel de la comunidad, que puedan contribuir de manera sistemática a aumentar la resiliencia ante las amenazas.
- La incorporación sistemática de los enfoques de la reducción del riesgo en la implementación de programas de preparación, atención y recuperación de emergencias.

Las prioridades de acción son:

- Garantizar que la RRD (Reducción de Riesgo de Desastres, DRR en ingles) sea una prioridad nacional y local con una solida base institucional para su aplicación.
- Identificar, evaluar y monitorear los riesgos de desastres mejorar las alertas tempranas.
- Utilizar el conocimiento, la innovación y la educación para crear una cultura de seguridad y resilencia a todo nivel.
- Reducir los factores de riesgo subyacentes.
- Fortalecer la preparación en caso de desastre a fin de asegurar una respuesta eficaz a todo nivel.

En definitiva, el Marco de Acción de Hyogo, marca un hito en la RRD al establecer un programa ambicioso y estructurado para disminuir la pérdida de vidas y bienes, pasando a ocupar un lugar prioritario en la agenda internacional.

A este respecto, España, en la IV Reunión de la plataforma global para la Reducción de Riesgos de Desastre (Ginebra 21-23 de mayo de 2013), donde se evalúa el estado del Marco de Acción de Hyogo, avanzó que está preparando un proyecto de Ley de Protección Civil, en el que la prevención ocupa un lugar muy importante, dando así un paso más sobre lo que hasta ahora contempla la normativa en vigor. Además, se considera que es necesario impulsar las plataformas de carácter regional de manera que puedan actuar como impulsoras de la acción intergubernamental.

A dos años de terminarse esta década iniciada en la Conferencia de Hyogo, algunos puntos del Plan de Acción en España no se han desarrollado plenamente o han encontrado obstáculos

que necesitan una atención específica, debido a la prolongación de la crisis económica. De cara a la reflexión sobre el nuevo marco de acción post-2015, se señalan los siguientes puntos:

- Es esencial mantener las prioridades de Hyogo y consolidar los avances, hay que seguir haciendo mucha "pedagogía" para que se integren de forma natural los análisis de RRD a las políticas de desarrollo y concretamente a las inversiones públicas. Hay que avanzar de forma más clara hacia enfoques integrados entre gestión de riesgos, adaptación al cambio climático y desarrollo sostenible.
- Hay que seguir trabajando en el desarrollo de sistemas de información que permitan una mejor identificación y seguimiento de los riesgos de desastres en cada uno de los contextos de forma a mejorar las medidas de preparación para la respuesta.
- El gran reto de cara al futuro es avanzar en la reducción de las causas subyacentes que producen la vulnerabilidad de las poblaciones, pero esto tiene que ver con la solución a los grandes problemas que asolan el mundo, con la resolución de los conflictos armados y el incremento de la seguridad, con un reparto más equitativo de la riqueza a nivel mundial, con la implantación de redes de protección social que alcancen a todos, y con el fomento de un comercio internacional más justo que no permita la especulación sobre los precios de los alimentos.

Como última iniciativa propuesta por el Marco de Acción de Hyogo, con la finalidad de construir ciudades seguras frente a los desastres, se lanza la campaña ***"Construyendo ciudades resilientes"*** . Campaña que propone crear y aumentar la resiliencia de las ciudades, ya que las autoridades locales son el nivel ejecutivo más cercano a la comunidad y los ciudadanos, por lo que constituyen el primer nivel de acción en la respuesta ante emergencias, a nivel temporal y geográfico. Es necesario hacer que los servicios básicos a los ciudadanos (sanidad, educación, transporte, suministro energético,...) sean resilientes. Y es necesario implicar y comprometer a las asociaciones locales, sector privado, académico y a cada ciudadano, dándolas la oportunidad de opinar, ser conscientes de su papel y contribuir al aumento de la resiliencia.

Esta invitación global a la resiliencia asciende a 1.047 ciudades de todo el mundo. En España sólo Madrid, Barcelona, Lugo y Bullas (Murcia) tienen esta distinción. Santa Cruz de Tenerife, está en la fase de revisión del plan Municipal de Emergencias, lo que podría permitir que entrará en el programa.

Los requisitos para crear o aumentar la resiliencia de una ciudad, son diez:

1. Establecer una organización y coordinación para comprender la RRD, basada en la participación de asociaciones ciudadanas y de la sociedad civil. Creación de alianzas locales. Asegurarse de que todas y cada una de las organizaciones implicadas conozcan su papel respecto a la preparación y reducción del riesgo.

2. Asignar un presupuesto para la RRD e incentivos a propietarios, familias con escasos ingresos, comunidades, negocios y al sector público para que pueda invertir contra los riesgos a los que se enfrentan.
3. Crear una base de datos actualizada de peligros y vulnerabilidad, realizar evaluaciones sobre riesgos y emplearlas para una adecuada planificación urbanística. La población debe tener pleno acceso a la información disponible a los planes resultantes, y estar de acuerdo con los mismos.
4. Invertir y mantener las infraestructuras que contribuyen a la RRD.
5. Evaluar el grado de seguridad que ofrecen escuelas y hospitales, mejorándolo si es necesario.
6. Aplicar y fortalecer medidas realistas para la adecuada ordenación del territorio y de la resistencia estructural de los edificios. Identificar zonas seguras para poder desplazar a la población con menores recursos y crear asentamientos seguros.
7. Confirmar la implantación y efectividad de enseñanzas sobre RRD en los programas educativos escolares y comunitarios.
8. Proteger los ecosistemas y los recursos naturales que ayudan a mitigar inundaciones o tormentas (bosques, manglares, dunas…). Adaptarse al cambio climático con las construcción de viviendas eficientes en lugares adecuados.
9. Instalar sistemas locales de alerta temprana y gestión de la emergencia, con simulacros frecuentes.
10. Tras cada desastre, asegurar que las necesidades de los supervivientes tengan una prioridad absoluta en las labores de reconstrucción, apoyándole en la tarea de auxilio y en el diseño e implementación de viviendas y medios de subsistencia.

1.5.3.2 **Unión Europea**

A parte de las iniciativas promovidas por Naciones Unidas, en la Unión Europea se han llevado a cabo programas que incluyen el concepto de riesgo, como son:

- Europa 2000 (1991).
- Europa 2000+ (1995).
- La Estrategia Territorial Europea (1999)
- Principios Directores para el Desarrollo Territorial Sostenible del Continente Europeo (2000).
- Estrategia Temática para el Medio Ambiente Urbano.
- Programas de la Comisión Europea: Iniciativa INTERREG III B (promover un mayor grado de integración territorial en el seno de grandes agrupaciones de regiones en Europa, con el fin de lograr un desarrollo sostenible, armonioso y equilibrado)

Uno de los puntos relevantes dentro de la protección general del medio ambiente desarrollados por estos programas, es el de evitar o reducir los Riesgos, y concretamente se especifica que en el sudoeste europeo (Francia, España y Portugal) deben ser mejor conocidos para poder prevenirlos, con un refuerzo de los conocimientos en procesos como las crecidas torrenciales e inundaciones, seísmos y vulcanismo.

La preocupación por los riesgos desde las instituciones comunitarias, ha llevado a la aprobación de la Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación.

1.5.3.3 **España**

En España, la introducción de los riesgos en el escenario de la Planificación Territorial y Urbanística se produjo tras la Ley 6/98, considerándose hasta entonces exclusivamente en la Planificación Territorial de Emergencias de Protección Civil y en la Planificación Sectorial principalmente de aguas. La Ley 8/2007 de Suelo, de 28 de Mayo (Ley de Suelo), posteriormente derogada por el RD Legislativo 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Suelo, orienta las políticas públicas territoriales y urbanísticas hacia el principio jurídico del desarrollo territorial y urbano sostenible, en consonancia con las nuevas tendencias de la Unión Europea.

1.5.3.3.1 *Ley 8/2007 y Real Decreto Legislativo 2/2008 por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Suelo*

La ley de suelo estatal establece que todo suelo se encuentra en una de las situaciones básicas de suelo rural o de suelo urbanizado. Se considera que estará en la situación de suelo rural, el suelo preservado por la ordenación territorial y urbanística de su transformación mediante la urbanización, donde están incluidos los suelos que presenten riesgos naturales o tecnológicos, incluidos los de inundación o de otros accidentes graves, y cuantos otros prevea la legislación de ordenación territorial o urbanística.

Posteriormente, la ley considera que el suelo que sea rural o esté vacante de edificación, se debe conservar manteniendo los terrenos y su masa vegetal en condiciones de evitar riesgos de erosión, incendio, inundación, para la seguridad o salud públicas, daño o perjuicio a terceros o al interés general; incluido el ambiental; prevenir la contaminación del suelo, el agua o el aire y las inmisiones contaminantes indebidas en otros bienes.

De tal foma, que en las zonas afectadas por algún riesgo natural catastrófico, se desaconseja la transformación urbanística de un suelo rural, mientras persista el riesgo, como resulta del artículo 12.2.a) de la Ley.

Respecto a la cartografía de riesgos, el Texto Refundido de la Ley del Suelo, en el art. 15.2, obliga a incorporar los Mapas de Riesgos Naturales del ámbito objeto de ordenación territorial para su consideración en el Informe de Sostenibilidad Ambiental (ISA) de los instrumentos de planificación. El ISA es el instrumento a través del cual se identifican, describen y evalúan los probables efectos significativos sobre el medio ambiente que pueden derivarse de la aplicación del plan o programa, así como las alternativas razonables, incluida entre otras la alternativa cero, que podría suponer la no realización de dicho plan o programa. El ISA se elabora durante el proceso de Evaluación Ambiental Estratégica y forma parte de la Memoria Ambiental del Plan, la cual es preceptiva y vinculante antes de la aprobación definitiva.

Tabla. Referencias a la cartografía de riesgos naturales en la legislación del suelo

Texto Refundido de la Ley de Suelo	
Artículo 15 Evaluación y seguimiento de la sostenibilidad del desarrollo urbano	1. Los instrumentos de ordenación territorial y urbanística están sometidos a evaluación ambiental de conformidad con lo previsto en la legislación de evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente y en este artículo, sin perjuicio de la evaluación de impacto ambiental de los proyectos que se requieran para su ejecución, en su caso.
	2. El informe de sostenibilidad ambiental de los instrumentos de ordenación de actuaciones de urbanización deberá incluir un mapa de riesgos naturales del ámbito objeto de ordenación.

Fuente: RD 2/2008 Texto Refundido de la Ley del Suelo

1.5.3.3.2 *Directriz 50, de la Ley 19/2003, por la que se aprueban las Directrices de Ordenación General y las Directrices de Ordenación del Turismo de Canarias*

En las Islas Canarias, la Directriz 50, de la Ley 19/2003, por la que se aprueban las Directrices de Ordenación General y las Directrices de Ordenación del Turismo de Canarias, es la que previamente y dentro del marco autonómico, especificaba la necesidad de establecer, por parte del planeamiento, un apartado específico a la prevención de riesgos sísmicos, geológicos, meteorológicos u otros, incluyendo los incendios forestales, junto con la definición de las áreas que queden excluidas del proceso de urbanización y edificación, por razones de riesgo, los criterios a seguir en el trazado y diseño de la infraestructuras, por tal causa, así como recoger las determinaciones sobre las edificaciones e infraestructuras de cara a la minimización de riesgos.

1.5.4 *Instrumentos de planificación y ordenación existentes en relación con los riesgos*

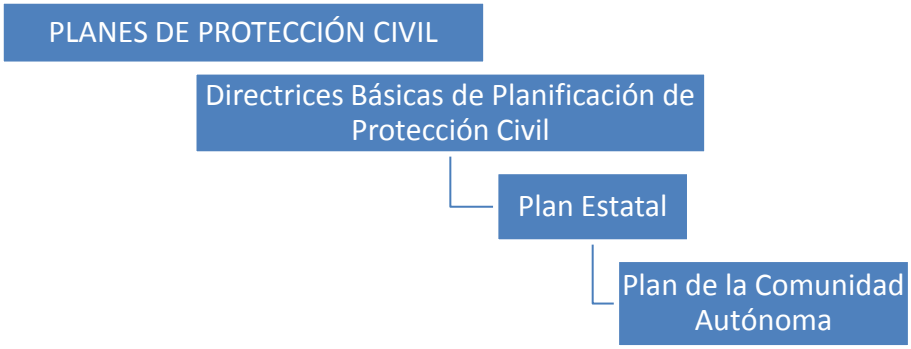
1.5.4.1 **Planificación de los riesgos a nivel estatal**

Dentro de la planificación territorial y sectorial en España, son los Planes de Protección Civil, los que históricamente, incluyen la identificación, análisis y la gestión preventiva de los riesgos en mayor profundidad, presentando competencias en las tres administraciones (local, autonómica y estatal). La ordenación territorial y la planificación urbanística son los usuarios finales de la información sobre los riesgos que proporcionan estos planes territoriales y sectoriales.

La Ley 2/1985 de 21 de enero, define en su artículo 1 el concepto de Protección Civil como: *Servicio Público, que a través de la colaboración entre las diversas Administraciones Públicas y la participación ciudadana (voluntaria y/o obligatoria) tiene como objeto conseguir, de la forma más eficiente posible, la protección física de las personas y bienes en caso de grave riesgo colectivo y calamidad pública en que la vida de las personas puede peligrar y sucumbir masivamente.* La acción permanente de los poderes públicos, en materia de protección civil, se orientará al estudio y prevención de las situaciones de grave riesgo, catástrofe o calamidad pública, entre otros objetivos. Esta Ley establece el marco institucional adecuado para poner en funcionamiento el Sistema Nacional de Protección Civil.

Complementariamente, el Real Decreto 407/1992 de 24 de abril, por el que se aprueba la Norma Básica de Protección Civil, dispone la identificación y análisis del riesgo, la evaluación de sus consecuencias y la zonificación en la planificación especial de protección civil.

Estos Planes de Protección Civil, se desarrollan a partir de unas Directrices Básicas de Planificación de Protección Civil, en las cuales ante cualquier riesgo, se consideran dos niveles de planificación: el estatal y el de la Comunidad Autónoma, incluyendo en este último los Planes de Actuación.



1.5.4.1.1 *Directrices Básicas de Planificación*

Las Directrices Básicas de Planificación de Protección Civil que se han publicado sobre riesgos naturales y tecnológicos (incendios forestales, inundaciones, químico, mercancías peligrosas, etc.) son las siguientes:

- Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el **Riesgo Radiológico**: RD 1564/2010, de 19 de noviembre (Ref. BOE-A-2010-17808).
- Directriz Básica ante el riesgo de accidentes en los **Transportes de Mercancías Peligrosas** por carretera y ferrocarril: RD 387/1996, de 1 de marzo (Ref. BOE-A-1996-6475).
- Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el **Riesgo Volcánico**: Resolución de 21 de febrero de 1996 (Ref. BOE-A-1996-4996).
- Directriz Básica de Planificación ante el **Riesgo Sísmico**: Resolución de 5 de mayo de 1995 (Ref. BOE-A-1995-12364).
- Directriz Básica de Planificación ante el **Riesgo de Inundaciones**: Resolución de 31 de enero de 1995 (Ref. BOE-A-1995-3865).
- Directrices Básicas para casos de emergencia por **Incendios Forestales**: Orden de 2 de abril de 1993 (Ref. BOE-A-1993-9779).

Estas directrices consideran la concreción del riesgo en el territorio como elemento fundamental de la prevención y la planificación.

1.5.4.1.2 *Planes Estatales*

Los Planes Estatales de Protección Civil ante algún riesgo, establecerán la organización y los procedimientos de actuación de aquellos recursos y servicios del Estado, que sean necesarios para asegurar una respuesta eficaz del conjunto de las Administraciones Públicas, ante situaciones de emergencia por riesgo, en las que esté presente el interés nacional, así como los mecanismos de apoyo a los Planes de Comunidad Autónoma, en el supuesto de que éstos requieran o no dispongan de capacidad suficiente de respuesta.

Actualmente se encuentran aprobados los siguientes Planes Estales:

- Plan Estatal de Protección Civil ante el **Riesgo de Inundaciones.** Resolución 2 de agosto de 2011. (BOE nº 210, de 1 de septiembre de 2011).
- Plan Estatal de Protección Civil ante el **Riesgo Sísmico**. Resolución de 29 de marzo de 2010 (BOE nº 86, de 9 de abril de 2010).
- Plan Estatal de Protección Civil de emergencia por **Incendios Forestales**. Orden 2 de abril de 1993. (BOE nº 90, de 15 de abril de 1993).
- Plan Estatal de Protección Civil ante el **Riesgo Volcánico**. Resolución de 30 enero de 2013. (BOE nº 36, de 11 de febrero de 2013).

1.5.4.1.3 *Plan de la Comunidad Autónoma*

El Plan de Comunidad Autónoma ante algún riesgo establecerá la organización y procedimientos de actuación de los recursos y servicios cuya titularidad corresponda a la Comunidad Autónoma de que se trate y los que puedan ser asignados al mismo por otras Administraciones Públicas y de otros pertenecientes a entidades públicas o privadas, al objeto de hacer frente a las emergencias por riesgo, dentro del ámbito territorial de aquélla.

1.5.4.2 **Planificación de los riesgos en Canarias**

En la Comunidad Autónoma de Canarias, como elemento de planificación de los riesgos a nivel autonómico aparece el Plan Territorial de Emergencias de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de Canaria (PLATECA) aprobado por el Gobierno de Canarias, el 12 de noviembre de 1997, siendo homologado por la Comisión Nacional de Protección Civil, el 19 de diciembre de ese mismo año; actualizado según el D.1/2005 de 18 de enero de 2005. Según lo especificado en las Directrices y en este plan, dentro de la Comunidad Autónoma de Canarias, la organización de los planes de Protección Civil es la siguiente:

Planes de Protección Civil en Canarias

- Planes Territoriales
- Planes Especiales
- Planes de Autoprotección

1.5.4.2.1 *Planes Territoriales*

Los Planes Territoriales se elaboran para hacer frente a las emergencias generales que se puedan presentar en cada ámbito territorial y establecen la organización de los recursos necesarios. Según su ámbito geográfico pueden ser: Municipales, Supramunicipales, Insulares, Autonómicos.

En Canarias, todas las islas del Archipiélago, deben implantar su respectivo Plan de Emergencia Insular (PEIN).

Los municipios en función de su población, de sus características y de los riesgos por los que estén afectados han de elaborar los Planes de Protección Civil siguientes:

- Los municipios de población de más de 20.000 habitantes, los que puedan llegar a tener esta población por ser municipios turísticos o los que sean considerados de riesgo especial por su situación geográfica o actividad industrial, según la Comisión Autonómica de Protección Civil y Atención de Emergencias de Canarias, debe prestar el servicio de

protección civil a través de la aprobación y la efectiva implantación del respectivo Plan de Emergencia Municipal (PEMU).

- Los municipios en cuyo territorio se aplican planes especiales deben incorporar en sus Planes de Actuación Municipal (PAM), las previsiones derivada del plan especial en aquello que les afecte.
- El Contenido mínimo de estos planes se ajustará a lo establecido en el Capítulo 8 PLATECA "Directrices para la Planificación a Nivel Local"

1.5.4.2.2 *Planes Especiales o Específicos*

Para hacer frente a los riesgos especiales cuya naturaleza requiera unos métodos técnicos y científicos adecuados para su evaluación y tratamiento, se elaborarán los correspondientes Planes Especiales. Según las características del so riesgos de dividen en:

- Planes Básicos: De competencia estatal y cuya aplicación viene exigida siempre por su interés nacional (Riesgos pro emergencias nucleares, situaciones bélicas).
- Planes Especiales: Riesgo de inundación, sismos, químicos, transporte de Mercancías Peligrosas, Incendios forestales o Riesgos Volcánicos.

Los Planes Especiales se rigen por las Directrices Básicas y las Directrices Complementarias establecidas por la legislación vigente.

1.5.4.2.3 *Planes de Autoprotección*

La autoprotección tiene como objetivo el procurar que los ciudadanos estén preparados para alcanzar por sí mismo la protección a la que aspira todo sistema de Protección Civil. Deberán contar con planes de Autoprotección las actividades, establecimientos o instalaciones ubicados en el territorio de la Comunidad Autónoma de Canarias, con independencia de su titularidad y de acuerdo con los criterios que estable la normativa y son los siguientes: Centros docentes, puertos y aeropuertos, presas y embalses, túneles, centros hospitalarios, edificios públicos de la CCAA de Canarias, hoteles, residencias y Centros geriátricos, Instalaciones deportivas u grandes superficies comerciales, así como las actividades que originen gran afluencia de personas y que precisen de una autorización administrativa para su celebración.

Los Planes de Autoprotección se integrarán en los planes territoriales del municipio en el que se ubique la actividad, establecimiento o instalación de referencia.

A continuación se adjunta un listado de todos los planes existentes en las Islas Canarias que guardan relación con los riesgos naturales:

NIVEL	TIPO	PLANES		ISLA	ESTADO
Comunidad autónoma	EMERGENCIAS	PLATECA	Plan Territorial de Emergencias de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de Canarias	Canarias	Aprobado
	R. METEOROLÓGICOS	PEFMA	Plan Específico de Protección Civil y Atención de Emergencias de la Comunidad Autónoma de Canarias por riesgos de fenómenos meteorológicos adversos		Aprobado
	R. INCENDIOS	INFOCA	Plan Territorial de Emergencias de Protección Civil y atención de emergencias por incendios forestales		Aprobado
	R. VOLCÁNICO	PEVOLCA	Plan Especial de Protección Civil y atención de emergencias por riesgo volcánico en la comunidad autónoma de Canarias		Aprobado
	R. SISMICO	PESICAN	Plan Especial de Protección Civil y atención de emergencias por riesgo sísmico en la Comunidad Autónoma de Canarias		Aprobado
Insular	RIESGOS	PTOPRT	Plan Territorial Especial de Ordenación para la prevención de riesgos en la isla de Tenerife	TF	Aprobado
	R. INCENDIOS		Plan de prevención de incendios forestales de Gran Canaria	GC	En tramitación
		INFOPAL	Plan Especial de Coordinación de Emergencias por Incendios Forestales	LP	Aprobado
		INFOTEN	Plan de prevención y extinción de incendios forestales de la isla de Tenerife	TF	Aprobado
	R. AVENIDAS	PDA	Plan de defensa frente a Avenidas		Inicial
	EMERGENCIAS	PEIN	Plan Territorial Insular de Emergencias de Tenerife	TF	Aprobado
			Plan Insular de Protección Civil de Gran Canaria	GC	Aprobado
			Plan Insular de La Gomera	LG	Aprobado
			Plan de Emergencias Insular de El Hierro	EH	Aprobado
			Plan de Emergencias Insular de Lanzarote	LZ	Aprobado
			Plan de Emergencias Insular de Fuerteventura	FV	Aprobado
			Plan de Emergencias Insular de La Palma	LP	Aprobado
Municipal	EMERGENCIAS	PEMU	Plan de Emergencias Municipal de Las Palmas de Gran Canaria	GC	Aprobado
			Plan de Emergencias Municipal de San Bartolomé de Tirajana		Aprobado
			Plan de Emergencias Municipal de Santa Lucía de Tirajana		Aprobado
			Plan de Emergencias Municipal de Telde		Aprobado
			Plan de Emergencias Municipal de Ingenio		Aprobado
			Plan de Emergencias Municipal de Mogán		Aprobado
			Plan de Emergencias Municipal de Santa María de Guía		Aprobado

NIVEL	TIPO	PLANES		ISLA	ESTADO
			Plan de Emergencias Municipal de Santa Cruz de Tenerife	TF	Aprobado
			Plan de Emergencias Municipal de La Laguna		Aprobado
			Plan de Emergencias Municipal de El Rosario		Aprobado
			Plan de Emergencias Municipal de Candelaria		Aprobado
			Plan de Emergencias Municipal de Adeje		Aprobado
			Plan de Emergencias Municipal de Arico		Aprobado
			Plan de Emergencias Municipal de Icod de los Vinos		Aprobado
			Plan de Emergencias Municipal de El Tanque		Aprobado
			Plan de Emergencias Municipal de Puerto de la Cruz		Aprobado
			Plan de Emergencias Municipal de Tacoronte		Aprobado
			Plan de Emergencias Municipal de San Miguel de Abona		Aprobado
			Plan de Emergencias Municipal de Granadilla de Abona		Aprobado

Fuente: Elaboración propia

2. FASE I INICIAL

2.1 Riesgos asociados a la ordenación territorial y urbanística en Canarias

En las Islas Canarias, debido a la peculiar situación y geografía de las mismas y a la densidad de población que presentan, la identificación de los riesgos y la definición de medidas para su mejor prevención, ha supuesto y sigue suponiendo, un trabajo continuado que conlleva la participación activa de todas las Administraciones públicas y entidades privadas localizadas en este territorio.

Los recientes acontecimientos, como el incendio forestal de La Gomera o la erupción del volcán submarino en la isla de El Hierro, han puesto de manifiesto que el Archipiélago es muy sensible a determinados riesgos como las inundaciones, incendios forestales, los terremotos o el riesgo volcánico, entre otros. Es imprescindible una caracterización y delimitación de estos riesgos, para posibilitar una buena gestión y la aplicación de medidas que permitan reducir, en la medida de lo posible, sus efectos.

En los últimos 10 años, la sociedad y las instituciones han mejorado la percepción del peligro y del riesgo. Se vienen tomado medidas adecuadas que permiten aumentar el conocimiento de los riesgos existentes en las islas y mejorar su evaluación y gestión.

Al analizar los riesgos, es importante llevar a cabo una identificación y valoración, no solamente de cada uno de los riesgos identificados, sino contemplando las distintas interacciones que existen entre los mismos, ya que pueden ser, a su vez, origen de nuevos riesgos.

Se puede afirmar que el riesgo más peligroso es aquel que existe pero no está identificado y por tanto se desconoce.

2.1.1 *Tipos de riesgos identificados en las Islas Canarias*

Los tipos de riesgos que potencialmente pueden producir situaciones de emergencia en el Archipiélago, según las disposiciones existentes en el Plan Territorial de Emergencias de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de Canaria (PLATECA), son:

Tabla: Riesgos identificados en las Islas Canarias

RIESGOS NATURALES	**Inundaciones**	Crecidas o avenidas
		Acumulaciones pluviométricas
		Rotura o daños graves en obras
		De infraestructura hidráulica
	Movimientos sísmicos	Terremotos
		Maremotos

	Erupciones volcánicas	
	Asociados a fenómenos atmosféricos	Nevadas
		Lluvias torrenciales
		Olas de Frío
		Granizadas, heladas
		Vientos fuertes
		Vientos y Oleaje en el mar
		Olas de calor
		Sequía extrema
		Calimas y Polvo en suspensión
	Movimientos Gravitatorios	Desprendimientos
		Avalanchas
		Deslizamientos del Terreno
		Erosión Costera
		Hundimientos del terreno
	Incendios Forestales	
	Caídas de meteoritos	
	Plagas de Langosta	
RIESGOS ANTROPICOS	**Desplome de estructuras**	
	Incendios	Urbanos
		Industriales
	Riesgos en actividades deportivas especializadas	Espeleología
		Montaña
		Deportes náuticos
		Rallyes
		Aéreos
	Anomalías en el suministro de servicios básicos	
	Riesgos sanitarios	Contaminación bacteriológica
		Intoxicaciones alimentarias
		Epidemias
	Riesgos debidos a concentraciones humanas	Locales de pública concurrencia
		Grandes concentraciones humanas
		Colapso y bloqueo de servicios
	Intencionados	Actos vandálicos
		Terrorismo
RIESGOS TECNOLÓGICOS	**Agresiones de origen industrial**	Contaminación ambiental y químico biológica.
		Explosión y deflagración
		Colapso de grandes estructuras
		Accidentes en centrales energéticas y/o plantas potabilizadores
		Radioactivos: nuclear, instalaciones radioactivas, transporte radioactivo
	Accidentes de Transporte	Accidentes de carretera
		Accidentes aéreos
		Accidentes marítimos
		Transporte de mercancías peligrosas

Fuente: Riesgos analizados en el PLATECA.

Los riesgos descritos pueden sucederse varios a la vez, es decir, la aparición de un riesgo fundamentalmente natural, suele implicar o puede ser el detonante, en múltiples ocasiones, de la generación de otros riesgos asociados o interconexionados. Estos procesos complejos aumentan la dificultad de planificar las actuaciones a llevar a cabo para reducir el riesgo o desastre, puesto que suponen la conjunción de las medidas a aplicar a varios tipos de riesgo

diferentes del original, siendo necesario llevar a cabo una identificación de los riesgos y una evaluación de sus consecuencias.

Para poder proceder a la identificación de los riesgos es necesario realizar un trabajo previo de recopilación de toda la información disponible: datos históricos, estudios de las características del tipo de riesgo, información de los sistemas de identificación, instrumentos de medición u otros informes que faciliten la elaboración de un estudio exhaustivo de ese riesgo.

La evaluación de los riesgos es un proceso dirigido a estimar la magnitud y valoración de aquellos riesgos que no puedan evitarse, obteniendo toda la información necesaria para que se adopten las decisiones apropiadas sobre la necesidad de aplicar medidas para cada tipo de riesgo identificado. Para ello se evalúan las posibles consecuencias que pueden originarse a partir de un riesgo, con especial atención a los bienes, servicios y personas que puedan verse afectados. Esta evaluación deberá tener muy en cuenta los conceptos de exposición y vulnerabilidad, recogiendo las zonas permanentes y ocasionales de concentración de personas (zonas de acampada, dotaciones y equipamientos, zonas comerciales, etc) que puedan ser afectadas por una situación de riesgo, señalando estas zonas como aquellas que presentan una mayor vulnerabilidad. Además, se deberá elaborar un catalogo descriptivo y cuantitativo de bienes posiblemente afectados.

2.1.2 *Tipo de riesgos asociados a la ordenación territorial y urbanística en las Islas Canarias*

Los tipos de riesgos a tener en cuenta y que afectan al planeamiento territorial y urbanístico de Canarias, son aquellos que quedan recogidos expresamente en la normativa. En el RD 2/2008 y en la Directriz 50, únicamente se hace alusión a los riesgos naturales y concretamente a los riesgos siguientes: *"sísmicos, geológicos, meteorológicos u otros, incluyendo los incendios forestales en su caso".* Teniendo en cuenta estas pautas, los únicos riesgos considerados en el presente proyecto y que se han considerado que están relacionados con la planificación en las Islas Canarias son los riesgos naturales existentes en las mismas.

De todos los riesgos naturales identificados para Canarias por el PLATECA (incluidos en el apartado anterior), puesto que el presente proyecto "Prevención de riesgos naturales y tecnológicos en la planificación territorial y urbanística", tiene como objetivo analizar únicamente aquellos riesgos que tienen incidencia sobre la planificación territorial y urbanística, se han considerado solo los riesgos naturales (según las directrices), con mayor relevancia en Canarias (según los desarrollados por el PLATECA) y que puedan incidir, de forma significativa, sobre la planificación territorial urbanística. Estos son los riesgos considerados:

- Riesgo sísmico: Riesgo existente en Canarias, que se encuentra Incluido en las directrices y en el PLATECA, y que puede incidir sobre la ordenación.
- Riesgo Volcánico: Las Islas Canarias son de origen volcánico por lo que es un riesgo existente a considerar, Incluido en el PLATECA con la denominación de erupciones volcánicas.
- Riesgo de avenidas e inundación: Riesgo incluido en el PLATECA; asociado a las condiciones meteorológicas de las Islas Canarias (episodios de lluvias torrenciales) y que influye sobre la ordenación territorial.
- Riesgo de incendios forestales: Riesgo especificado en la Directriz 50 e incluido en el PLATECA, de especial relevancia en algunas islas por las características de la vegetación de las mismas.
- Riesgos de dinámica de vertientes: Correspondiente a los riesgos recogidos en el PLATECA como movimientos gravitatorios.

Los riesgos asociados a fenómenos atmosféricos desarrollados en el PLATECA (nevadas, vientos y aludes), se considera que no influyen sobre la planificación territorial urbanística, salvo los ya considerados como las lluvias torrenciales (incluido en el riesgo de avenidas e inundación o los aludes en el Riesgo de dinámica de vertientes).

De forma similar ocurre con las plagas de langosta, cuya incidencia sobre la planificación es nula.

Por último, el riesgo de caída de meteoritos se considera muy improbable e inevitable por lo que no se ha tenido en cuenta en el presente proyecto.

2.2 Descripción general de los Riesgos Naturales en las Islas Canarias

2.2.1 *Riesgo Sísmico*

2.2.1.1 **Consideraciones generales**

Definición

Un terremoto, seismo o movimiento sísmico se puede definir como la liberación de la energía acumulada originada por el desplazamiento o fricción de materiales o masas de rocas, y la consecuente transmisión de esta energía liberada a la superficie produciendo efectos físicos sobre el suelo, principalmente vibraciones sobre las estructuras implantadas en ese suelo.

La génesis del sismo está basada en la elasticidad de los materiales que componen la litosfera y el manto.

La Litosfera y gran parte del manto superficial están formados por grandes bloques denominados placas tectónicas, que flotan sobre el magma y se dividen en grandes porciones que están moviéndose y chocando entre sí .

Debido a estos choques y fricciones en los bordes de las placas, se producen numerosas fracturas y movimientos que conforman las zonas denominadas “fallas”. Estas fallas y los bordes de las placas tectónicas son zonas de concentración de terremotos o movimientos sísmicos. Estos movimientos sísmicos también presentan cierta actividad en zonas concretas del interior de las placas, generalmente asociadas a archipiélagos volcánicos y sus inmediaciones. En este tipo de islas la sismicidad está, de una forma u otra, asociada a los procesos magmáticos y eruptivos que han originado las islas, las han hecho crecer y continúan actuando en aquellas que aun son activas. La sismicidad en las islas oceánicas en entornos intraplaca suele estar asociado a varios procesos:

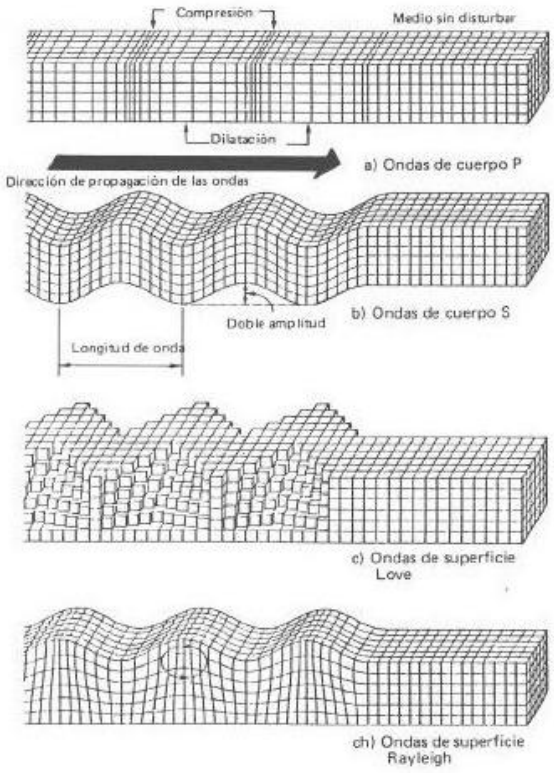
- La fracturación hidráulica producida por la inyección de magma (diques y otras inyecciones subvolcánicas.
- Procesos de asentamiento de los edificios volcánicos, generalmente resueltos en fallas normales.
- La generación de fallas inversas.

Los terremotos son movimientos del terreno perceptibles, originados por el choque o rotura de grandes bloques de roca, que se mueven entre sí desplazándose uno contra el otro

liberando gran cantidad de energía, convirtiéndose esta energía en calor que se propaga en forma de ondas.

Las ondas sísmicas no son más que la energía producida en el sismo que ocasiona una deformación y viaja a través de un medio elástico (las rocas).

El punto de ruptura o fricción donde se origina el terremoto se denomina foco o **hipocentro** y generalmente se produce a gran profundidad. Desde este punto, se irradian las ondas hasta llegar a la superficie, donde al punto de la superficie situado por encima del hipocentro se le denomina **epicentro**. A partir de este punto, la intensidad del terremoto disminuirá en función de la distancia al epicentro, por un efecto de atenuación que dependerá de los materiales del suelo.



El tamaño del terremoto depende de la energía liberada en forma de ondas sísmicas en el foco. Hay tres tipos principales de ondas sísmicas: P, S y L. Las dos primeras solo se propagan por el interior de la Tierra; las P son las que los sismógrafos registran primero (velocidad de propagación, entre 8 y 13 km/s), las S son más lentas que las anteriores (velocidad de propagación de entre 4 y 8 km/s) y las ondas L son superficiales y causan la mayor parte de los daños a las infraestructuras y, por tanto, a las personas; son las que los aparatos registran en último lugar (velocidad de propagación, 3,5 km/s). La medida objetiva del terremoto se basa en esta energía liberada y se expresa por un parámetro que es la magnitud. La magnitud se mide por la amplitud de las ondas registradas y se calcula como el logaritmo de la amplitud máxima o para una determinada frecuencia. Para terremotos próximos, a menos de 500 kilómetros, se toma una escala de magnitud local o de Richter (ML) con valores que van del 1 al 9 como máximo registrado, mientras que para terremotos lejanos se utiliza una escala mb.

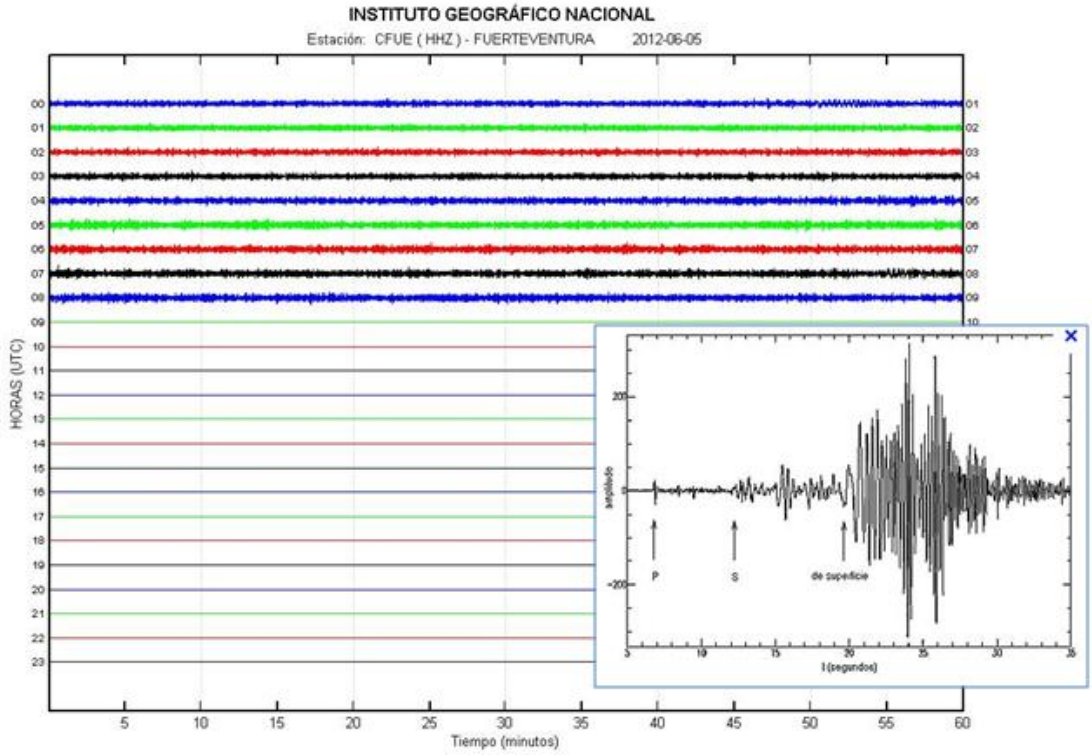
Otra medida del tamaño de los terremotos es la intensidad, función de los efectos de un terremoto sobre el terreno, que depende no solo de la energía liberada sino también de las condiciones del mismo. Los efectos se describen según escalas, en España se utiliza la Escala Macrosísmica Europea (EMS) 1998, a partir de la MSK, que expresa en números discretos y

romanos la intensidad existente en función de las consecuencias que puede generar un terremoto en las estructuras construidas y va de una escala del I al XII.

Los aparatos que se utilizan para medir los terremotos son el sismógrafo, aparato de medición que mide la intensidad y los acelerógrafos, que es un instrumento que se utiliza para realizar las mediciones de vibraciones.

El sismograma es lo que se obtiene del sismógrafo que se corresponde a un registro del movimiento del suelo.

Figura: Sismogramas de la Estación de Fuerteventura.



Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)

Los movimientos sísmicos pueden dar lugar a varios fenómenos o efectos inducidos indirectos, que provocan la pérdida de capacidad portante del terreno. Los efectos más frecuentes son:

Licuefacción: Se produce en suelos no cohesivos poco densos, saturados o semi-saturados, donde la rigidez y la resistencia de los suelos se reducen o se pierden como consecuencia de movimientos dinámicos producidos en los terremotos.

Inestabilidad de laderas y taludes: Los terremotos pueden inducir a que se produzcan deslizamientos del terreno, que pueden llegar a movilizar gran cantidad de material.

Tsunamis: Ondas de gran proporción producidas por un sismo que ocurre en el mar donde la liberación de la energía y las vibraciones provoca la formación de ondas, que se trasmiten a gran velocidad en un liquido y pueden viajar muchos kilómetros desde

el epicentro. Si bien en Canarias, según los estudios existentes, los tsunamis están ocasionados por grandes deslizamientos y se analizarán en el apartado de riesgo de dinámica de vertientes.

Los movimientos sísmicos no pueden ni predecirse (es decir anunciar antes de que ocurran, el lugar, fecha y magnitud) ni detectarse con cierta antelación (alarma temprana).

2.2.1.1 **Riesgo, Planes y legislación**

2.2.1.1.1 *Riesgo sísmico en España*

En España la sismicidad tiene su punto más activo en la zona del mediterráneo (zona de convergencia de la placa Euroasiática y Africana), donde existe un grado relativamente importante de actividad (con una frecuencia de 100 a 150 años se da un terremoto destructivo con intensidades de IX a X). Los puntos principales de sismicidad se concentran entre Andalucía y Murcia, la región del pirineo y la zona costera de Cataluña. Los últimos terremotos destructivos que se han producido han sido en la región de Granada (Granada y Málaga) 1984 produciéndose entre 750 y 900 víctimas mortales y en Lorca (Murcia), en 2010 con 9 víctimas mortales y numerosos daños materiales. La mayoría de los terremotos en España son superficiales excepto algunos terremotos profundos en la región de Granada.

A nivel estatal existe diferentes planes que guardan relación con este tipo de riesgo, a nivel nacional.

Directriz Básica de Protección Civil ante el Riesgo Sísmico aprobada el 7 de abril de 1995, se modifica según lo publicado en el B.O.E. nº 238, el 2 de octubre de 2004, donde se describe la nueva Norma Sismoresistente 2002.

La Norma de Construcción Sismorresistente (NCSR-02), elaborada por La Comisión Permanente de Normas Sismorresistentes, órgano colegiado de carácter interministerial, creada por el Decreto 3209/1974, de 30 de agosto, adscrita al Ministerio de Fomento y radicada en la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, establece las condiciones técnicas que han de cumplir las estructuras de edificación, a fin de que su comportamiento, ante fenómenos sísmicos, evite consecuencias graves para la salud y seguridad de las personas, evite pérdidas económicas y propicie la conservación de servicios básicos para la sociedad en casos de terremotos de intensidad elevada.

Plan Estatal de Protección Civil ante el Riesgo Sísmico, (Resolución de 29 de marzo de 2010, publicado en el BOE nº 86, de 9 de abril de 2010), cuyo objetivo es establecer la organización y los procedimientos de actuación de aquellos servicios del Estado y, en su caso, de otras entidades públicas y privadas, que sean necesarios para asegurar una respuesta eficaz ante las diferentes situaciones sísmicas que puedan afectar al estado español.

Planes especiales ante el riesgo sísmico: Son planes elaborados por aquellas Comunidades Autónomas en cuyo territorio existen áreas donde son previsibles sismos de intensidad igual o superior a los de grado VI, delimitados por la correspondiente isosista del mapa de peligrosidad sísmica para un periodo de retorno de 500 años del IGN, de acuerdo a lo establecido en la Directriz Básica de Protección Civil ante el Riesgo Sísmico. Todas las Comunidades Autónomas obligadas a elaborar su Plan Especial ante el Riesgo Sísmico disponen del mismo homologado por la Comisión Nacional de Protección Civil:

Tabla: Planes de Protección Civil ante el riesgo de inundación

COMUNIDAD AUTONOMA	FECHA DE HOMOLOGACIÓN
CATALUÑA	05.06.2002
BALEARES	01.12.2004
MURCIA	19.07.2006
PAÍS VASCO	10.07.2007
ANDALUCIA	16.12.2008
EXTREMADURA	28.04.2009
CANARIAS	03.12.2009
ARAGÓN	03.12.2009
GALICIA	03.12.2009
VALENCIA	01.03.2011
NAVARRA	21.07.2011

Fuente: Protección Civil

2.2.1.1.2 *Riesgo sísmico en Canarias*

Actualmente, en Canarias está aprobado el **Plan Especial de Protección Civil y Atención de Emergencias por riesgo sísmico en la Comunidad Autónoma de Canarias (PESICAN)** (Decreto 72/2010, publicado en el BOC nº 139 de 16 de julio de 2010), documento del cual se han extraído las consideraciones generales sobre el riesgo sísmico en Canarias.

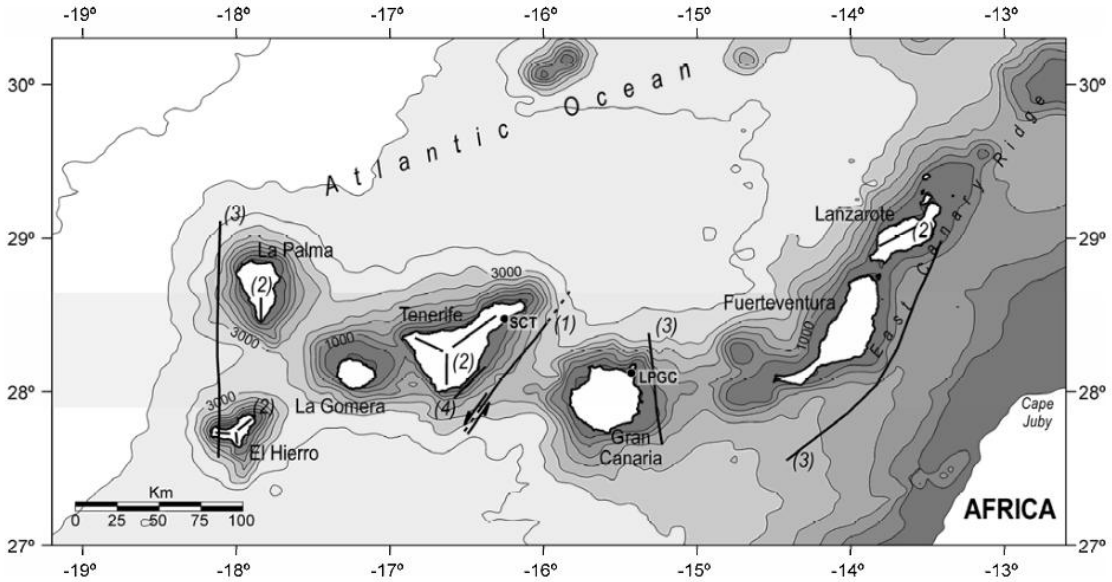
El riesgo sísmico en la Comunidad Autónoma de Canarias constituye un riesgo natural cuya probabilidad de ocurrencia no es muy elevada, si se compara con otras regiones del mundo. Esto es debido a que las islas se encuentran en una posición intraplaca dentro de la placa africana, de carácter pasivo (tectónicamente estable). Recientes observaciones geofísicas y paleoseismologicas han demostrado claramente la ocurrencia de sismos tectónicos en las islas lo que evidencia la existencia de fracturas de la placa sobre la que se asienta el Archipiélago Canario, y que son las siguientes (Mezcua et al, 1992; González de Vallejo et *al, 2003.).*

- Dos en dirección NE
- La primera abarca las islas de Lanzarote y Fuerteventura,
- La segunda, en las islas de Tenerife y Gran Canaria
- Otra de dirección NW-SE sobre la que se asienta la isla de Gran Canaria
- Otra en dirección N-S próxima a La Palma y que atraviesa El Hierro.

En las Islas Canarias, el origen de los movimientos sísmicos pueden ser dos totalmente diferentes: la sismicidad de origen tectónico (Mezcua et al., 1992), de mayor intensidad y que

señala la posibilidad de ocurrencia de grandes terremotos tectónicos (M> 6,0) [González de Vallejo et al., 2003], el origen de esta sismicidad tectónica se cree que está relacionado con la africana y la euroasiática colisión placas, que han estado activos desde hace 23 Ma hasta el presente; y la sismicidad de origen volcánico (Monge, 1981), más frecuente y asociada a los movimientos subterráneos del magma en su camino a la superficie, procesos volcánicos que se correspondieron con el origen de las islas. La identificación de los mismos se hace por el tipo de sismograma que presentan.

Figura: Principales características tectovolcánicas y alineaciones de las Islas Canarias:



Fuente: Seismotectonics and Seismic Hazard of the Canary Islands L.i. González de Vallejo, j. García-Mayordomo, and J.M. Insua, Universidad Complutense de Madrid, Departamento de Geodinámica: (1). Bosshard y McFarlane, 1970; Mezcua et al, 1992, (2), Navarro, 1974, (3) Carbó et al, 2003, (4) González. de Vallejo et al, 2003. Isolíneas mostrar la batimetría. Las ciudades capitales del archipiélago se muestran: Santa Cruz de Tenerife (SCT) y Las Palmas de Gran Canaria (LPGC).

Los movimientos sísmicos de placas tienen su origen en las fallas geológicas presentes en el lecho marino, en Canarias se concentran en el volcán de Enmedio, un volcán submarino de 500 m de altura que se localiza equidistante entre Tenerife y Gran Canaria. Los terremotos que se producen en esa zona son muy frecuentes y están asociados a una falla existente entre ambas islas. Pueden llegar a magnitudes de hasta 5 grados (9 de mayo de 1989 (mb (Lg) = 5,2), el mayor terremoto registrado instrumentado en el archipiélago) y, en ocasiones, son sentidos por la población.

La otra zona de concentración preferente de sismos, es la banda que va desde Icod de los Vinos hasta Vilaflor; son sismos de baja magnitud y profundidad que la población no los siente. Todos son de naturaleza volcánica.

El resto de terremotos se dispersan por otros lugares de la islas tanto interiores como en el entorno marino más cercano (predominando estos últimos) y son de origen volcánico. Los sismos en regiones volcánicas se caracterizan por ser en forma de "enjambre sísmico" una secuencia de numerosos terremotos agrupados en el tiempo, de tamaño similar y compartiendo una misma zona epicentral.

El primer gran evento sísmico de las islas que se registró tuvo lugar en La Palma en 1677 (IMSK = VII-VIII). Sin embargo, el terremoto más intenso en el archipiélago tuvo lugar cerca de Yaiza (Lanzarote) en 1730 (IMSK = X) en relación con la erupción Lanzarote (1730-1736) del volcán Timanfaya. Otros terremotos notables se registraron en 1920 y 1949 en la Cumbre Vieja (La Palma) (IMSK = VII), en Ingenio (Gran Canaria) en 1913 (IMSK = VII) y en Fuerteventura en 1915 y 1917 (ambos IMSK = VII) (Gonzales de Vallejo et al. 2003). La primera red sísmica en la región comenzó a operar en 1975 y a partir de entonces la red se ha ampliado hasta la actualidad.

Según la Directriz Básica del 2004, el archipiélago Canario presenta valores de intensidad de VI. Esta intensidad es la que se considera de referencia en el PESICAN.

2.2.2 *Riesgo Volcánico*

2.2.2.1 **Consideraciones generales**

De todos los desastres naturales existente en el mundo, las erupciones volcánicas provocan el 2% de las pérdidas totales. Aproximadamente, un 12 % de la población mundial vive expuesta a este peligro geológico, y la cifra va creciendo año tras año.

Definición

Una erupción volcánica es una emisión de materiales sólidos, viscosos y gaseosos que surge en la superficie a través de grietas de la corteza fluvial. Dependiendo de la temperatura de los magmas, de la cantidad de productos volátiles que acompañan a las lavas y de su fluidez o viscosidad, el tipo de erupción puede ser diferente.

Para explicar la complejidad que envuelve una erupción volcánica, se pueden definir seis comportamientos diferentes fundamentales, que en muchos casos se pueden presentar de forma mixta:

Erupción efusiva: Es una erupción volcánica relativamente tranquila y poco explosiva que expulsa lava con pocos gases y piroclastos. El magma no se rompe y sale sin dificultad presentándose generalmente con bajo contenido de gases y baja densidad. Este tipo de erupción es más propio de magmas basálticos. La lava tiene una naturaleza fluida y se denominan hawaianas.

Erupción explosiva: Dramática erupción volcánica que lanza por el aire material a distintas distancias según el grado de explosividad. De menor a mayor explosividad se distingue entre:

Estromboliano: Es de baja explosividad a pequeños pulsos de magmas basálticos, menos viscosos y pobres en gases que aquellos más evolucionados, el magma al ser poco denso facilita la migración de las burbujas de gases y se facilita su ascenso a la superficie. Los productos que se emiten corresponden a bombas, lapilli (picón) y cenizas que se van acumulando cerca del centro emisor dando lugar a un edificio cónico característico de este tipo de erupción generalmente de dimensiones pequeñas, las erupciones estrombolianas de mayor intensidad pueden generar columnas explosivas de algunos kilómetros de altura. La tendencia a formar fisuras y la orientación de la fractura puede generar emisiones laterales del magma que puede formar un cono asimétrico. El volcanismo estromboliano es el más frecuente en las islas.

Vulcanianas: Es una erupción explosiva de gran violencia y se produce en zonas relativamente superficiales del conducto volcánico en un punto donde la subida del material magmático es impedida por la presencia de un tapón de roca de magma solidificado o por la propia roca encajante, cuando la presión de los gases o del vapor de un acuífero es superior al tapón se produce la explosión, este tipo de erupción presenta columnas eruptivas inferiores a las Plinianas.

Plinianas: Son las explosiones de mayor potencia de materiales magmáticas evolucionados y viscosos, son los responsables de la generación de los mayores peligros por la elevada energía que se transmite a sus piroclastos generando todo tipo de condiciones desde salida de piroclastos con proyección balística y que son dominados por efectos de la gravedad, una columna eruptiva de gran proyección vertical con alta propensión a formar flujos piroclásticos y alta densidad de cenizas finas. Este fenómeno se produce por una gran fragmentación y alteración del magma a través del conducto que arrastra parte de la pared acompañando a los materiales magmáticas (líticos).

Erupción hidrovolcánicas o freatomagmáticas: Son producidas por la interacción del magma o de un foco de su calor generado con el agua, ya sea superficial (lago, río o mar) o subterránea (nivel freático). Se produce con cualquier clase de magma y las consecuencias son altamente explosivas debido a la transferencia rápida de la energía térmica del magma al agua evaporándola y generando una expansión que genera el máximo trabajo mecánico siendo su mayor efectividad cuando la interacción agua-magma se produce por encima del nivel de fragmentación del magma (punto en el cual se ha formado la mezcla de piroclastos y gases).

Los eventos volcánicos pueden producir un serie de fenómenos que generan peligro:

Sismos volcánicos: Como se ha explicado en el apartado anterior, pueden existir terremotos de origen volcánico, debido al ascenso de diques de magma, siendo la mayoría sismos de poca intensidad. Si eventualmente los focos son cada vez más superficiales y de intensidad creciente, preludian una erupción. La fuerza de los sismos también está asociada a la naturaleza explosiva de las erupción, siendo mayor en los pliniamos.

Proyección de piroclastos: Las características de la proyección de los piroclastos varía en función de las características del magma y la fragmentación que se produce a lo largo de su salida a través del conducto o cráter. En las erupciones basálticas, la boca eruptiva arroja al aire fragmentos de lava que se acumulan formando un cráter. Los fragmentos de mayor tamaño (escorias y bombas volcánicas), pueden alcanzar cientos de metros de altura y esparcirse a grandes distancias. En las erupciones fonolíticas, el material se fragmenta y el producto es su mayoría está constituido por pómez y cenizas, lo que genera una mayor explosividad y mayor dispersión. No son tan peligrosas para la población fuera del área próxima al volcán, pero pueden generar incidencia sobre infraestructura al verse colapsadas. En las erupciones hidrovolcánicas, el aumento de la explosividad es enorme, generando embudos explosivos y dispersando grandes bloques, e incluso en algunos casos, provocando ondas de choque.

Cenizas volcánicas: La densidad de la ceniza varía entre 0,5 y 2 g/cm^3, dependiendo del contenido de agua y la compactación que experimente. Esto supone un peso de 20 kg/m^2 por cada cm de ceniza, acumulándose en los tejados de pendiente inferior al 20%. La ceniza colapsa tejados, barrancos, daña los equipos electrónicos, provoca daños sobre la salud (enfermedades pulmonares, intestinales, conjuntivitis y abrasión de la cornea), reduce la visibilidad etc.

Flujo piroclástico: Son masas incandescentes formadas por ceniza, gases y fragmentos de roca que se desplazan pendiente abajo a altas velocidades y elevadas temperaturas. Los flujos de mayor desarrollo se producen durante las erupciones explosivas por el colapso de las columnas eruptivas cuando está se vuelve más pesada que la atmósfera. Las coladas de piroclastos son de menor magnitud y volumen, originadas por el colapso de un domo de lava o flujos menores con alto contenido de gases. Pueden cubrir grandes extensiones siendo flujos muy rápidos y de alta temperatura.

Flujos de coladas de lavas: Los flujos de lava son corrientes de roca fundida, que salen del cráter por sus flancos. Estos flujos tienden a seguir las zonas de drenajes y pueden viajar ladera abajo hasta varias decenas de kilómetros. La velocidad depende de la viscosidad, ritmo de emisión y topografía de la zona. Son el peligro volcánico más común en Canarias. Se puede

hablar de coladas basálticas (comportamiento como un fluido y altas temperaturas) y fonolíticas (más viscosas y de menor temperatura).

Colapsos estructurales: Fenómeno que ocurre debido al movimiento de masas de un edificio volcánico por la inestabilidad generada por un fenómeno tectónico o volcánico, provocando un derrumbe. Este fenómeno quedó recogido en el análisis del riesgo sísmico y explica la interconexión que existe de un riesgo entre unos procesos naturales y otros.

Lahares: Corrientes de materiales volcánicos transportados por el agua a través de la pendiente del terreno, que se pueden originar por el arrastre de materiales piroclásticos sueltos, asociado a una erupción y acción directa de la lava sobre presas o balsas.

Gases volcánicos: En las zonas volcánicas activas existe una emisión difusa de gases volcánicos, asociados fundamentalmente a las proximidades de las coladas de lava, que en el caso de Canarias se corresponde a vapor de agua, $C0_2$, metano CH_4, hidrógeno H_2, nitrógeno N_2 y acido sulfhídrico H_2S.

En la sociedad actual, las erupciones volcánicas representan un problema de preocupación creciente, especialmente debido a la progresiva densificación de áreas urbanas localizadas en zonas de alto peligro. Son procesos relativamente rápidos y violentos, que generan cambios importantes en el entorno y relativamente fáciles de observar y registrar (sismicidad creciente en intensidad, frecuencia y proximidad a la superficie, deformaciones y agrietamiento del terreno, cambios en la temperatura y el nivel del suelo, de la composición y volumen de las emanaciones gaseosas, etc.). Por esa razón, en muchas ocasiones, sí pueden detectarse con cierta anticipación, al menos en aquellas zonas de peligro que están instrumentalizadas. La aparición de sus principales precursores, permiten una detección o alerta temprana que da un margen de tiempo muy importante para la adopción de medidas preventivas y de mitigación de daños.

2.2.2.2 **Riesgo, Planes y legislación**

2.2.2.2.1 *Riesgo volcánico en España*

En España hay cuatro zonas volcánicas principales (Archipiélago Canario, Ciudad Real-Campo de Calatrava, Gerona comarca de la Garrotxa y Murcia-Cabo de Gata), con mayor o menor riesgo volcánico, y otras tres muy puntuales y de pequeño tamaño (Pitón de Cofrentes en Valencia, Islas Columbretes e Islas Chafarinas). De todo el conjunto de zonas volcánicas, solamente en las Islas Canarias y la comarca de La Garrotxa han tenido lugar erupciones durante los últimos 10.000 años.

La **Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo Volcánico en España**, aprobada por el Consejo de Ministros el 19 enero de 1996, describe y delimita que la única

zona del territorio nacional expuesta a la amenaza o el peligro volcánico es la Comunidad Autónoma de Canarias. El fundamento de esta manifestación es muy claro: Canarias es la única parte del territorio español que ha registrado erupciones volcánicas durante los últimos 500 años; tres de ellas ocurridas durante los últimos 100 años (Chinyero, 1909; San Juan 1949 y Teneguía 1971).

Actualmente, se ha aprobado el **Plan Estatal de Protección Civil ante el Riesgo Volcánico,** (Resolución de 30 enero de 2013, BOE nº 36, de 11 de febrero de 2013), cuyo objetivo es establecer la organización y los procedimientos de actuación de aquellos servicios del Estado y, en su caso, de otras entidades públicas y privadas, que sean necesarios para asegurar una respuesta eficaz ante las diferentes situaciones de erupciones volcánicas que puedan afectar al estado español.

2.2.2.2.2 *Riesgo volcánico en Canarias*

En las Islas Canarias actualmente existe un plan aprobado relacionado con el riesgo volcánico el **Plan Especial de Protección Civil y Atención de Emergencias por riesgo volcánico en la Comunidad Autónoma de Canarias (PEVOLCA)** (Decreto 73/2010, publicado en el BOC nº 140 de 19 de julio de 2010), documento del cual se han extraído las consideraciones generales sobre el riesgo volcánico en Canarias.

El Archipiélago Canario está formado por un conjunto de islas de carácter volcánico. El paisaje canario es el resultado de la interacción de materiales de origen magmático y la acción de los agentes de meteorización que se establecen por las condiciones de clima y el propio relieve que se va formando, esa dinámica donde diversas capas se superponen y son transformadas se traduce en una alta complejidad para lograr descifrar la dinámica de los distintos tipos de erupción.

Aunque a lo largo de la historia volcánica de Canarias se han producido erupciones de todo tipo e intensidad, en los últimos 2.000 años solo ha habido erupciones de tipo estromboliano de baja-media peligrosidad.

Según los periodos de retorno de las erupciones históricas, lo más probable es que en los próximos años se produzca una erupción en las Islas Canarias de carácter estromboliano de poca peligrosidad. Si bien el riesgo volcánico en las islas no está aumentando porque aumente la actividad magmática en el subsuelo del archipiélago, sino por la fuerte presión que sobre el uso y la planificación del territorio está ocasionando el incremento poblacional y desarrollo socio-económico que ha experimentado Canarias durante los últimos años. Si a esta circunstancia se le suma la baja percepción que la sociedad española en su conjunto (administradores y administrados) posee sobre el riesgo volcánico en España, su efecto sobre

el incremento del riesgo volcánico en Canarias es multiplicador. Esta baja percepción contribuye significativamente a magnificar este riesgo natural en las islas debido a la carencia de un grado mínimo de conciencia sobre los peligros asociados a las erupciones, lo que está afectando a la capacidad de materializar un diagnóstico real sobre el riesgo volcánico y garantizar un avance de la reducción del mismo.

Las razones de esta baja percepción sobre el riesgo volcánico en Canarias puede deberse a:

- La frágil memoria de la sociedad española sobre este tipo de fenómenos naturales en nuestro territorio dada la relativa baja frecuencia de las erupciones volcánicas respecto a otros peligros naturales
- El error de creer y transmitir a la sociedad que las erupciones históricas en Canarias ha ocasionado la pérdida de pocas vidas humanas.
- El pensar que el escenario volcánico más probable en Canarias, erupciones basálticas fisurales, no representa un importante riesgo para la población dado que en el pasado este tipo de fenómeno natural no causó un importante número de pérdidas humanas, olvidándose que en la actualidad la densidad de población y el aumento de infraestructura básicas.
- El creer que las erupciones volcánicas en Canarias son y serán tranquilas, olvidándose que este término no puede ni debe aplicarse a ningún fenómeno natural adverso por muy pequeña que sea su magnitud y los efectos que pudiera llegar a generar. No se considera que durante los últimos 500 años, se han registrado en las islas erupciones con un mayor índice de explosividad; y por ende, de una mayor peligrosidad volcánica.

2.2.2.2.2.1 El vulcanismo histórico canario

En el archipiélago canario se han producido 16 erupciones históricas. Desde la primera erupción del siglo XVI acaecida en La Palma (volcán Tahuya, 1585) todas están documentadas, aunque son varios los casos en que las descripciones realizadas por los testigos visuales no son lo precisas y completas que se quisieran.

Con certeza, se han producido erupciones históricas en tres islas: Tenerife, Lanzarote y La Palma. La única que se supone en la isla de El Hierro, fechada en 1793, está en duda, tanto en el lugar como en el tipo de erupción. Todas fueron de tipo estromboliano más efusivas que explosivas, y emitieron coladas basálticas de corto o medio recorrido.

Se caracterizaron por una duración pequeña, entre una semana y tres meses, a excepción de la gran erupción de los volcanes del Timanfaya, en Lanzarote, que duró intermitentemente seis años, con muchos intervalos de pausa. Comenzó en 1730 y concluyó en 1736; sepultó once pueblos, cubrió de cenizas el 80% de la isla y destruyó los mejores campos de cultivo. La erupción supuso la emigración de un tercio de su población a otras islas y a América. Hoy, una gran parte de las coladas y conos de esta erupción histórica, constituyen el Parque Nacional de Timanfaya.

Erupciones históricas en las Islas Canarias

Según los últimos datos el volcanismo histórico de las islas Canarias se han producido 16 erupciones históricas documentadas

Siglo XV

1441- (LP) *Volcán de Tacande.*
1490 a 1492- (LP) *¿Volcán de Montaña Quemada?*
1492- (TF) *Boca Cangrejo*

Siglo XVI

1585- (LP) *Volcán Tahuya o Tacande*

Siglo XVII

1646- (LP) *Volcán Martín*
1677 a 1678- (LP) *Volcán de San Antonio*

Siglo XVIII

1704 a 1705- (TF) *Volcanes de Siete Fuentes - Fasnia - Güimar (o Arafo)*
1706- (TF) *Volcán de Montaña Negra o Garachico*
1712- (LP) *Volcán de El Charco*
1730 a 1736- (LZ) *Volcanes de Timanfaya*
1793- (HI) *Volcán de Lomo Negro o una erupción submarina en El Golfo*
1798- (TF) *Volcán Chahorra o Narices del Teide*

El volcanismo más activo en Canarias está localizado en la parte occidental del archipiélago, en consonancia con el proceso de "punto caliente" (Teoría del punto caliente, teoría del origen de las Islas Canarias más aceptada, Carracedo, 1994, 1999; Carracedo et al., 1998a, b; Carracedo y Pérez Torrado, 2001; Carracedo et al., 2002; Carracedo y Tilling, 2003; Guillou et al., 1996, 1998, 2004a, b) que ha originado escalonadamente en el tiempo las diferentes islas. En consecuencia, es posible (y necesario) concentrar el estudio y vigilancia del peligro eruptivo principalmente en las islas de La Palma, El Hierro y Tenerife ya que han tenido un número muy elevado de erupciones volcánicas en los últimos 20.000 años (> 100 erupciones). Sin embargo, incluso en estas islas, la actividad eruptiva no se localiza en toda su superficie, sino que está asociada a estructuras volcánicas específicas denominadas rift o dorsales activas.

Observando la cartografía geológica de detalle de las islas de Tenerife y La Palma, se aprecia fácilmente que la actividad eruptiva reciente (últimos miles de años) y prácticamente casi toda la histórica de las islas se ha concentrado en unas bandas estrechas (las zonas de rift o dorsales activas). La intensa actividad efusiva controlada estructuralmente por estos ejes ha generado crestas montañosas alargadas con configuración en tejado a dos aguas, sobre las que han surgido multitud de conos estrombolianos de diferentes tamaños. El análisis de la distribución en superficie de los centros eruptivos y de la disposición profunda de estas estructuras a través

de galerías subterráneas ha puesto de manifiesto que esta especial distribución, con una geometría habitual de estrella de tres puntas a 120^0, podría estar relacionada con campos alineados de esfuerzos distensivos iniciados como fracturas a 120^0 en respuesta a empujes

2.2.3 *Riesgo de inundación*

2.2.3.1 **Consideraciones generales**

Definición

Una inundación es un aumento del caudal de agua (avenida) que genera la sumersión de zonas normalmente secas como consecuencia de la aportación inusual de agua superior a la que es habitual en una zona determinada. La Directiva Europea de gestión del riesgo de inundación la define como el "anegamiento temporal de terrenos que no están normalmente cubiertos por agua", es decir que se refieren a zonas que a escala humana, pasan más tiempo emergidas que sumergidas bajo el agua.

Existen varios tipos de inundaciones en función del criterio que se considere (Díez Herrero *et al.,* 2009):

- Según el lugar geográfico donde se producen: fluviales, interiores frente a litorales o costeras; urbanas frente a rurales.
- Según la causa general que produce la inundación: Naturales, antrópicas, inducidas, agravadas, aceleradas...
- Según el tipo de agua que produce la inundación: marinas o de agua dulce.
- Según el origen o tipología de las precipitaciones que causan la inundación (Camarasa, 2002) frontales, convectivas, orográficas..
- Según la época o estación del año en la que se producen: estivales, otoñales, invernales, primaverales, monzonicas...
- Según su relación o no con la red de drenaje: riadas (se asocian a ríos, arroyos o torrentes) o arreicas (sin vinculación con redes fluviales); fluviales (asociadas a ríos), torrenciales (asociada a torrentes) y ramblazos (en ramblas o rieras).
- Teniendo en cuenta únicamente los riesgos naturales (inundaciones naturales) y sin considerar el origen antrópico: fluviales (aguas dulces anegan territorios continentales) o litorales o costeras (aguas marinas invaden sectores limítrofes con el dominio fluvial).

En el presente proyecto puesto que son los riesgos naturales los que se tiene en cuenta, se estudiarán únicamente dos tipos de riesgo de inundación: las inundaciones fluviales (asociadas a avenidas) y las inundaciones costeras, apareciendo ambas en las Islas Canarias.

2.2.3.1.1 *Inundaciones fluviales*

El origen de las inundaciones fluviales puede deberse al desbordamiento de redes fluviales (ríos, arroyos, torrentes, etc..) o bien el encharcamiento de zonas llanas o endorreicas.

En el primer caso, están originadas debido al aumento del caudal por encima de la capacidad del cauce para albergarlo. Generan el desbordamiento y la ocupación de los márgenes o riberas. Estos aumentos de caudal se pueden producir durante crecidas, relacionadas con precipitaciones generalizadas y de larga duración o deshielo (poco común en España) o durante avenidas, debido a precipitaciones intensas concentradas o bien a roturas de presas naturales o artificiales o obras hidráulicas.

En el segundo caso, están provocadas por el crecimiento del nivel freático o surgencias y/o a la acumulación de las precipitaciones en una zona llana e impermeable. Estos procesos se generan a consecuencia de episodios de precipitaciones muy intensas concentradas en el tiempo que impiden la infiltración en el terreno, por precipitaciones continuadas en el tiempo que han anegado la capa freática e impiden la infiltración o bien por la descarga de acuíferos como ocurre en las depresiones cársticas.

Además, en la generación de las inundaciones fluviales, se pueden mencionar otros factores que potencian o intensifican estos fenómenos. Como son la pendiente, tamaño o forma de la cuenca de drenaje, el tipo de suelo o la cubierta vegetal existente.

2.2.3.1.2 *Inundaciones litorales o costeras*

El origen de las inundaciones costeras puede relacionarse con aumentos del nivel del agua de mar durante tormentas y temporales (olas de tormenta o *storm surges*, galernas, etc.), fenómenos ciclónicos atípicos (huracanes, tifones, tormentas tropicales, ciclones, tornados, etc..), fuertes variaciones mareales (mareas vivas y muertas, corrientes de marea...) y barométricas (rizagas), o tras maremotos, grandes desprendimientos o actividad volcánica (tsunamis).

Las causas de las sobreelevaciones del nivel del mar son debidas a:

Marea astronómica (astronomical tilde): La marea astronómica se produce por la atracción que ejercen los astros (fundamentalmente la Luna, porque está cerca, y el Sol, porque tiene una gran masa) sobre los océanos. El efecto combinado de esta atracción con la rotación de la Tierra hace que en latitudes medias como las de España se manifieste como una sucesión de oscilaciones del nivel del mar con un máximo (pleamar) y un mínimo (bajamar) en cada ciclo. El período medio de oscilación es de aproximadamente doce horas y media. La carrera de marea (diferencia de cotas entre una pleamar y una bajamar sucesivas) en una localización determinada es mayor cuando los tres astros están alineados (Luna Nueva y Luna Llena), lo

que se denomina marea viva. En Cuarto Creciente y en Cuarto Menguante las fuerzas atractivas son perpendiculares entre sí y como consecuencia, las carreras de marea son menores (marea muerta). En la costa atlántica las mareas vivas son del orden de 3,5 metros, con pequeñas variaciones locales que dependen de la forma de la costa. La evolución de los niveles de la marea astronómica en un emplazamiento concreto puede expresarse como suma de un conjunto de varias decenas de componentes senoidales;

$$\eta = \sum_m A_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_m} - \varphi_m\right)$$

donde η es el nivel del agua, Tm es el período de la componente de orden m.

La amplitud Am y la fase ϕm de cada componente se determinan a partir de un análisis de los niveles registrados durante largos períodos de tiempo, usualmente un año. Una vez calculadas se pueden hacer predicciones muy exactas para decenas de años y a partir de estos datos, se pueden realizar análisis estadísticos de niveles con gran precisión.

Depresión barométrica (barometric surge): Cuando entre dos puntos del mar existe una diferencia de presión barométrica, se produce una fuerza que tiende a mover la masa de agua desde el punto de mayor presión hasta el de menor presión hasta que el desnivel compensa la diferencia de presión ejercida por la atmósfera. Matemáticamente se expresa de la siguiente forma:

$$\frac{\partial \eta}{\partial x} = -\frac{1}{\rho g}\frac{\partial p}{\partial x}$$

siendo p la presión barométrica, ρ la densidad del agua de mar y g la aceleración de la gravedad.

El resultado es que las depresiones barométricas producen una sobreelevación del nivel del mar de una magnitud que es aproximadamente igual a 1 cm por cada hectopascal.

Viento del mar a tierra (wind setup): Cuando se da la situación de Canarias (vientos alisios), donde el viento sopla en dirección a tierra sobre una gran extensión de superficie marina, se produce una acumulación de agua en la costa hasta que se alcance una contrapendiente que contrarreste la fuerza que el viento ejerce sobre las aguas.

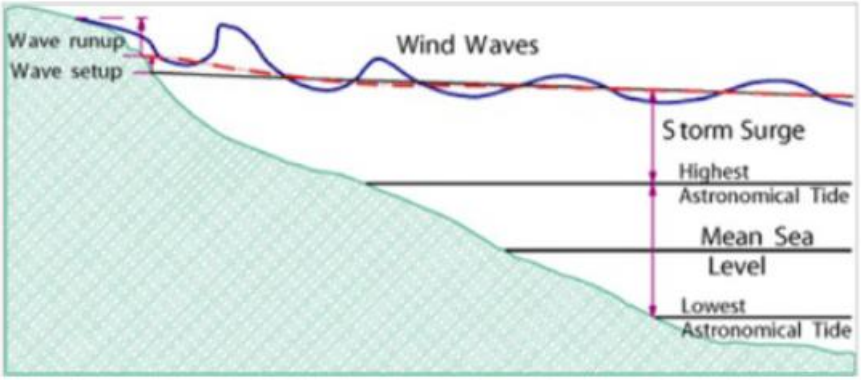
$$\frac{\partial \eta}{\partial x} = \frac{C\rho_{aire} W_x^2}{\rho g H} \approx 10^{-7}\frac{W_x^2}{H} \qquad (S.I.)$$

donde Wx es la velocidad del viento y H la profundidad del agua.

La marea meteorológica está formada por estas dos últimas variables, depresión barométrica y acción del viento.

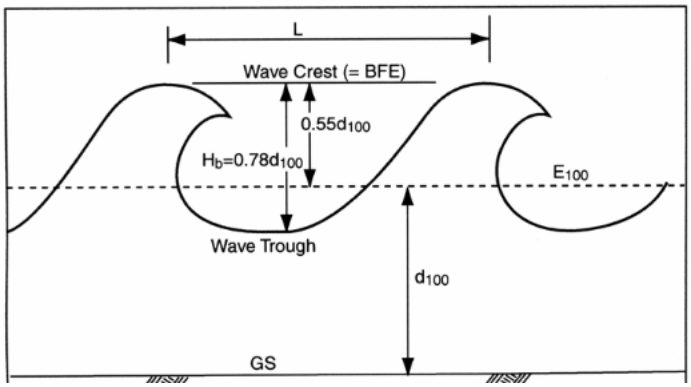
Oleaje (wave setup and wave runup): El tamaño y la intensidad de las olas generadas por una tormenta dependerá de la magnitud de la tormenta, los vientos (a mayor velocidad del viento, mayor olas) y la duración de la tormenta (las tormentas de mayor duración tiene más tiempo para impartir energía al agua, produciendo grandes olas). En general, la altura máxima de ruptura de ola en cualquier punto, a lo largo de la costa, es una función de la profundidad del agua en ese lugar particular (en las zonas próximas a la costa y de poca profundidad, la altura de la ola aumenta considerablemente). Cuando una onda alcanza una altura igual a las tres cuartas partes de la profundidad del agua, la ola romperá. Durante el buen tiempo, las olas grandes suelen romper a varios metros de la costa. En condiciones de tormenta, sin embargo, los niveles de agua elevados generados por la marejada permita que las olas penetren mucho más cerca de la costa, dejando al descubierto las estructuras costeras al ataque directo de la ola (ola remontante o wave runup y erosión).

Figura: Contribuciones a las sobreelevaciones del nivel del mar



Fuente: McInnes et al, Australia 2007

Figura: Nivel de la ola



Hb: Altura de la ola (distancia entre el nivel más bajo y la cresta de la ola)

GS: Terreno

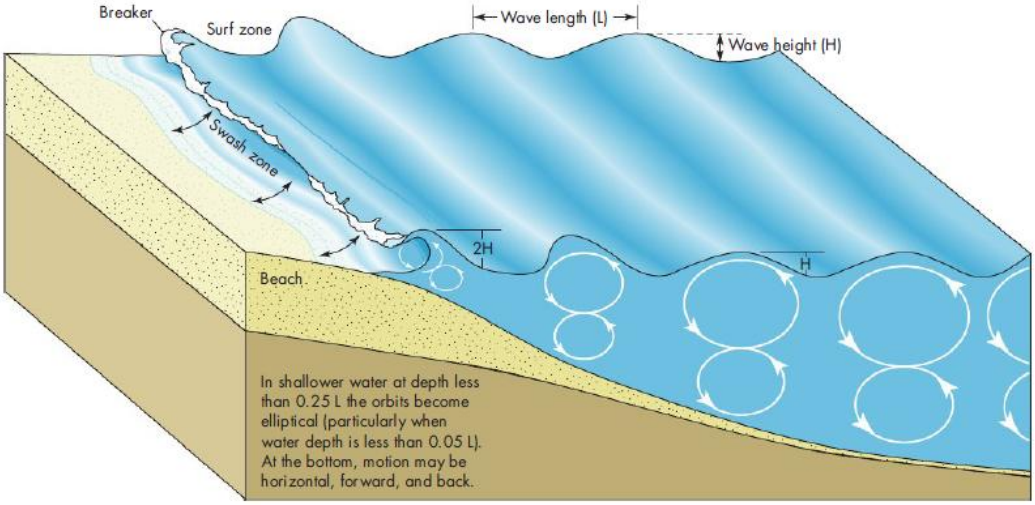
d100: Altura del nivel del agua a los 100 años

E100: Nivel del agua para un periodo de retorno de 100 años.

L: Longitud de la ola

T: Periodo de la ola.

Fuente: Coastal Construcción Manual FEMA, 2000)



Fuente: Coastal Construcción Manual FEMA, 2000)

La presencia de oleaje representa un flujo de energía que se dirige hacia la costa. Cuando ésta es abrupta y el mar tiene suficiente calado (acantilados, diques verticales), las olas se reflejan sin romper pero su amplitud se duplica. En caso contrario, las olas rompen y tras la rotura, la lámina de agua, que posee una cierta energía cinética, se desplaza sobre la playa hasta alcanzar un nivel máximo. Después retrocede debido a la pendiente de la playa hasta que se encuentra con la ola siguiente. La cota R del nivel máximo que alcanza la lámina de agua sobre el talud de la playa o la costa, debido a la rotura de una ola determinada tomando como referencia el nivel medio del mar se llama remonte o ola remontante (*run-up)*. La ola remontante varía de forma aleatoria, indicando la altura máxima de inundación, puesto que cualquier cota inferior a la ola remontante, implica que el agua lo supere y se inunde. Su valor medio $\bar{R}$ se denomina remonte medio (setup) y es siempre positivo debido a que la energía que lleva la ola cuando remonta es superior a la que trae cuando retrocede.

Existen diversas ecuaciones de predicción de la altura de la ola, el periodo y la velocidad, basadas en la velocidad del viento y la longitud de tiempo que el viento sopla sobre el agua y otras que estiman la ola remontante.

El CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas) propone las siguientes expresiones para estimar el remonte medio $\overline{R}$ y el remonte significante R_s (promedio del tercio de los remontes más altos) (Guza y Thornton, 1981 y 1982):

$$\overline{R} = 0{,}17 H_0 \qquad R_s = 3{,}48 + 0{,}71 H_0 \quad (en\ cm)$$

siendo H0 la altura de ola significante en aguas profundas.

De estas expresiones se deduce que el remonte medio es aproximadamente igual a la cuarta parte del remonte significante. Estudios posteriores (Holman, 1984; Ruggiero, Holman y Beach,

2004; Stockdon y otros, 2006) sugieren que la relación entre remonte y altura de ola significante es una función lineal del parámetro de Iribarren:

$$\frac{R_{2\%}}{H_0} = \gamma \cdot \xi \qquad \xi = \frac{tg\ \beta}{\sqrt{H_0/L_0}}$$

donde tg β es la pendiente de la playa, L_0 la longitud de onda en aguas profundas correspondiente al período de pico, $R_{2\%}$ el valor del remonte que solo es superado por el 2% de las olas y γ una constante que varía según los autores. Una expresión de este tipo fue propuesta ya por Hunt en 1959. De esta expresión se deduce que el alcance horizontal máximo de la lámina de agua respecto a la posición de la línea de costa cuando no existe oleaje es independiente de la pendiente de la playa. En efecto, la segunda de dichas expresiones puede escribirse de la siguiente forma:

$$A_{2\%} = \frac{R_{2\%}}{tg\ \beta} = \gamma\sqrt{H_0 L_0}$$

siendo A2% el alcance horizontal.

Si se supone que la distribución de probabilidad para el conjunto de todas las olas correspondientes a un determinado estado de mar se ajusta a una distribución de Rayleigh, cuya densidad de probabilidad es:

$$f(R) = \frac{R \cdot exp\{-R^2/(2\sigma^2\}}{\sigma^2}$$

La relación entre el remonte razonablemente máximo $R_{2\%}$ y el remonte significante R_s es

$$R_{2\%} = 1{,}4\, R_s$$

Otras causas: Otras causas de sobreelevación del nivel del mar son los tsunamis.

2.2.3.1.2.1 Tsunamis

Tsunami

Ola o serie de olas que se producen en una masa de agua empujada violentamente por una fuerza que la desplaza verticalmente.

Un tsunami necesita para producirse desplazamientos de grandes masas dentro del agua. Estos desplazamientos pueden ser producidos por diferentes causas: terremotos, volcanes,

derrumbes costeros o subterráneos, explosiones de gran magnitud o incluso meteoritos. Estas olas se propagan rápidamente en todas las direcciones desde su lugar de origen.

- Terremotos: Para que se origine un tsunami, el fondo marino debe moverse abruptamente en sentido vertical, de modo que el océano es impulsado fuera de su equilibrio normal. Cuando esta inmensa masa de agua trata de recuperar su equilibrio, se generan las olas. El tamaño del tsunami estará determinado por la magnitud de la deformación vertical del fondo marino. Hay que tener en cuenta que no todos los terremotos generan tsunamis, sino sólo aquellos de magnitud considerable, que ocurren bajo el lecho marino y que son capaces de deformarlo. Los tsunamis más devastadores son ocasionados por terremotos que dependiendo de la localización de su epicentro serán más o menos dañinos. Cuanto más cerca esté el epicentro de la costa el tsunami tardará menos en alcanzar la costa, dando lugar a un mayor daño ya que se dispone de menos tiempo para evacuar la zona.
- Volcanes: Un volcán submarino produce la aparición de forma brusca de gran cantidad de material en el fondo marino pudiendo originar el desplazamiento de grandes masas de agua y formando una gran ola. Los volcanes continentales, terrestres, aéreos,… también pueden originar tsunamis al precipitarse desde gran altura, enormes cantidades de materia de diverso tipo que al entrar en contacto con la superficie marina generen la correspondiente ola. Además, debido a la pendiente de los conos volcánicos y su relativa inestabilidad, el inicio de una erupción puede provocar deslizamientos importantes de terreno que al hundirse en el agua generen el tsunami.
- Deslizamientos: Grandes deslizamientos de terreno, tanto subaéreos, costeros, como submarinos, provocados o no por los fenómenos descritos, pueden provocar grandes olas muy dañinas, si la masa desplazada y la velocidad con que se desplaza es suficiente.

Características físicas de un tsunami

El brusco movimiento del agua desde la profundidad genera un efecto de "latigazo" hacia la superficie, que es capaz de lograr olas de magnitud impensable conocidas como tsunami. Los análisis matemáticos indican que la velocidad es igual a la raíz cuadrada del producto entre la fuerza de gravedad (g=9,8m/s2) y la profundidad, d, a la que se produce el sismo.

Al llegar a la costa y disminuir la profundidad del océano, la altura de las olas, que en mar abierto pasan desapercibidas, puede incrementarse hasta superar los 30 m.

La energía de los tsunamis se mantiene más o menos constante durante su desplazamiento, de modo que al llegar a zonas de menor profundidad, por haber menos agua que desplazar, la altura de la ola se incrementa de manera formidable.

Un tsunami, que mar adentro se sintió como una ola grande, al llegar a la costa puede destruir hasta kilómetros mar adentro. Las turbulencias que produce en el fondo del mar arrastran rocas y arena que provocan un daño erosivo en las playas, llegando a alterar la morfología costera durante muchos años.

La longitud de las olas de los tsunamis, es mucho mayor que la profundidad de las aguas oceánicas por las que viajan. Esta propiedad (denominada "de onda superficial") hace que su velocidad de propagación dependa, en primera aproximación, exclusivamente de la profundidad. Esto permite determinar la velocidad de propagación para todos los puntos del océano en que se conozca la profundidad, y a su vez determinar el tiempo de viaje del tsunami entre dos lugares (en particular el de origen y el de llegada a la costa), a lo largo de una trayectoria que pase por esos puntos. La trayectoria de propagación más cercana a la realidad es el arco de gran círculo que pasa por ambos puntos.

En el desarrollo de un tsunami, desde su aparición, se distinguen tres etapas (Voit, 1987):

- Formación de la onda debido a la causa inicial, y a su propagación cerca de la fuente.
- Propagación libre de la onda en el océano abierto, a grandes profundidades.
- Propagación de la onda en la región de la plataforma continental, donde, como resultado de la menor profundidad del agua, tiene lugar una gran deformación del perfil de la onda, hasta su rotura e inundación sobre la playa.

Clasificación de los tsunamis

Los tsunamis se pueden clasificar en:

Clasificación en función de la distancia: Los tsunamis se clasifican según la distancia (o el tiempo de viaje) desde su lugar de origen, en:

- Tsunamis Locales si el lugar de llegada a la costa está muy cercano o dentro de la zona de generación (delimitada por el área de dislocación del fondo marino) del tsunami, o a menos de una hora de tiempo de viaje desde su origen.
- Tsunamis Regionales si el lugar de llegada a la costa está a no más de 1000 km. de distancia de la zona de generación, o a pocas horas de tiempo de viaje desde esa zona.
- Tsunamis Lejanos (o Remotos) si el lugar de llegada está en costas opuestas a través del Océano, a más de 1000 km. de distancia de la zona de generación, y a aproximadamente medio día o más de tiempo de viaje del tsunami desde esa zona.

Clasificación en función de la intensidad: Esta clasificación se estableció en 1962 y se conoce como ”Escala de Ambraseys 1962”

Intensidad	Descripción
I - Muy ligero	Ola tan débil que sólo es perceptible por mareógrafos
II - Ligero	Ola advertida por personas que viven cerca de la playa y están familiarizadas con el mar. En general observado en playas muy planas
III - Bastante fuerte	Advertido por todos. Inundación de costas con pendiente suave. Pequeños veleros arrastrados a la playa. Pequeños daños en estructuras ligeras situadas cerca de la costa. En los estuarios inversión de la corriente de los ríos cierta distancia aguas arriba
IV - Fuerte	Inundación de la playa hasta cierta altura. Ligera erosión de terrenos de relleno. Daños en malecones y diques. Daños en estructuras ligeras próximas a la playa. Pequeños daños en estructuras sólidas de la costa. Grandes veleros y pequeños barcos arrastrados tierra o mar adentro. Detritos flotantes en las costas
V - Muy fuerte	Inundación general de las playas hasta cierta altura. Daños en muelles y estructuras sólidas próximas a la playa. Destrucción de estructuras ligeras. Gran erosión de tierras cultivadas y objetos flotantes y animales marinos esparcidos por la costa. Exceptuando los barcos grandes, todos los demás tipos de embarcaciones son arrastrados tierra o mar adentro. Gran oleaje en los estuarios de los ríos. Daños en las construcciones portuarias. Personas ahogadas. Ola acompañada de un fuerte ruido
VI - Desastroso	Destrucción completa o parcial de construcciones hasta una cierta distancia de la playa. Inundación de las costas hasta gran altura. Fuertes daños en barcos grandes. Árboles arrancados o rotos. Muchas víctimas

Fuente: AMBRASEYS, N.N. (1962): Data for investigation of seismic sea waves in the Eastern Mediterranean. Bull. Seim. Soc. Am., 52, 895-913.

2.2.3.1.2.2 Erosión de la costa

Como se ha comentado, las olas de mayor tamaño son generadas por tormentas que gastan su energía en la costa. Las irregularidades en el litoral surgen por las diferencias locales en la erosión de las olas y son en gran parte, responsables de determinar la forma de la costa.

Se entiende como playa a un accidente geográfico constituido por acumulación de materiales sueltos, tales como arena o grava, que se depositan en la costa y que son moldeadas por acción de las olas. La extensión terrestre de la playa termina en un accidente topográfico natural y morfológico, como un acantilado, una línea de dunas de arena o a una infraestructura creada por el hombre. La arena que conforma la playa no es estática, la acción del oleaje mantiene la arena en movimiento a lo largo de la playa. Las olas entrantes en la costa generan una corriente litoral, debido a que las olas entran en la costa con un determinado ángulo (función de la pendiente de la playa), un componente de la energía de las olas es dirigida a lo largo de la orilla lo que genera el movimiento de la arena en esa dirección. El proceso que transporta la arena a lo largo de la playa, llamada transporte de sedimentos litoral, tiene dos componentes: (1) La arena se transporta a lo largo de la costa con la corriente litoral (corriente de agua que fluye en paralelo a la costa en la zona de rompientes, la corriente se mueve a lo largo de la costa) en la zona de oleaje, y (2) el movimiento hacia arriba y hacia atrás de arena de la playa en la zona de resaca hace que la arena para moverse a lo largo de la playa, en una trayectoria en zigzag. Si bien, la mayor parte de la arena es transportado en la zona de rompientes por la corriente litoral y durante las tormentas, por las olas de mayor tamaño. Estos movimientos genera que la costa sea dinámica.

La evolución a largo plazo de la línea de costa, en respuesta a décadas y siglos de eventos y tormentas, cambios en el aporte de sedimentos, fluctuaciones en el nivel del mar etc.. Los

cambios acumulativos impuestos en la playa por estas fuerzas puede tener un efecto dramático en la costa durante la vida útil años 50 y 100 de la mayoría de las estructuras costeras. En contraste, los cambios en la costa generados por olas de tormenta pueden transformar rápidamente la costa moviendo un gran volumen de arena durante un período relativamente corto.

Debido a estas periodicidades diferentes, los riesgos de erosión a largo plazo y a corto plazo suelen ser evaluados de forma independiente. La erosión a largo plazo se define como la recesión gradual de la costa durante un periodo de décadas. A corto plazo la erosión se define como una recesión rápida de la línea de costa, en respuesta a las tormentas costeras y las inundaciones. Los factores que contribuyen a la erosión costera son: el represamiento del río, tormentas, el aumento del nivel del mar y la interferencia humana con los procesos costeros naturales, que genera un aumento de esta erosión costera.

Erosión a corto plazo

La tormenta genera rangos de erosión durante períodos que van desde horas a varios días. Aunque las tormentas son de corta duración, la erosión resultante puede ser equivalente a décadas de erosión a largo plazo. La cantidad real de sedimento erosionado de la costa es función de la elevación de la marea generada en la tormenta, la duración de la tormenta y las características de las olas de la tormenta. En tormentas severas, no es raro que la berma (playa seca por encima de la línea de marea alta normal) y parte de la duna sea retirada de la playa. La cantidad de la erosión también depende de la anchura pre-tormenta y la elevación de la playa. Si la playa se ha dejado vulnerable a la erosión debido a los efectos de tormentas recientes, el aumento de la erosión es más probable

El agua de olas que generan una inundación busca el camino de menor resistencia para volver al mar, este proceso de vuelta es uno de los peligros de erosión más destructivos a corto plazo, debido a las rápidas corrientes generadas que socavan todo a su paso.

A corto plazo la erosión relacionada con las tormentas costeras también pueden ocurrir a lo largo de las costas estabilizadas por estructuras de protección en tierra: espigones, rompeolas y muelles, diseñados para reducir el movimiento de la arena a lo largo de la playa. Cuando se produce un cambio en la dirección habitual de transporte de arena (debido a los eventos hidrodinámicos), puede conducir a la erosión de la zona adyacente a la estructura de protección. Estos efectos son generalmente de corta duración, sin embargo, las inversiones prolongadas en las costas erosionadas pueden generar un peligro de erosión muy significativo.

Erosión a largo plazo

Es una manifestación de los impactos acumulativos de las tormentas, la subida del nivel del mar, el hundimiento del suelo, los impactos provocados por el hombre, y el suministro de sedimentos. Como las tormentas rehacen el paisaje costero, una parte de la arena de la playa está depositada en alta mar en profundidades de agua lo suficientemente profundas. En las últimas décadas, la pérdida neta de arena debido a los resultados de tormentas esta generando una recesión de la costa. El aumento del nivel del mar y el hundimiento de la tierra se combinan para producir una recesión de la costa más gradual (*National Research Council, 1987*). Debido al cambio climático global, el nivel medio de los océanos ha aumentado en aproximadamente 2 mm / año.

La costa se desarrolla mediante la redistribución de grandes volúmenes de arena de las regiones de ola de alta energía a zonas de baja energía, enmascarando la recesión a largo plazo debido a la subida del nivel del mar.

La migración en la entrada de las mareas también puede afectar significativamente a largo plazo a las tasas de erosión de la costa. Si las olas transportan los sedimentos en una dirección a lo largo de la costa, el lado del canal de entrada se llena, desplazando la entrada hacia la playa corriente abajo.

Aunque es difícil de cuantificar, la reducción acumulada en el aporte de sedimentos de las actividades humanas pueden contribuir también, de forma sustancial, a la tasa de erosión de la costa a largo plazo. Costas sometidas a déficit de sedimentos, si la cantidad de sedimento suministrado a la costa es menor quela que se perdió ante tormentas, conlleva la recesión del litoral a largo plazo.

Cuando los acantilados (risco escarpado) están presentes a lo largo de un costa, pueden surgir problemas adicionales de erosión porque el acantilado está expuesto a la acción del oleaje y otros procesos relacionados con la erosión del suelo. Estos procesos pueden trabajar juntos para erosionar el acantilado a mayor velocidad que cualquier proceso solo. El problema es aún más grave cuando además a esto se suma la acción antrópica. Pueden aparecer deslizamientos de tierra a lo largo del acantilado como resultado de la erosión de las olas, en la base del mismo, generando la pérdida potencial de las estructuras en la parte superior del acantilado provocando deslizamientos de forma irregular. La tasa de erosión depende de la resistencia de las rocas y la altura de la mar.

Las estimaciones de las futuras tasas de erosión se basan en cambios en el litoral histórico o el análisis estadístico de la ambiente oceanográfico, tales como las olas, el viento, y el suministro de sedimentos que afectan a la costa erosión. La costa es un ambiente dinámico donde

cualquier interferencia con los procesos naturales produce cambios, muchos de los cuales pueden tener consecuencias adversas. De hecho, el desarrollo de la zona costera no es el problema, sino que el problema radica en el desarrollo inadecuado en las zonas de riesgo.

En esencia, la erosión actúa desplazando la zona de peligro de inundación, de modo que una zona que no presenta una elevada peligrosidad, puede variar y ser cada vez más susceptible.

Las inundaciones costeras forman parte de la gestión unitaria del riesgo de inundación, no solo teniendo en cuenta la normativa vigente, sino también porque la fenomenología muestra una clara similitud y paralelismo con las inundaciones fluviales, siendo necesaria llevar a cabo una planificación adecuada en las zonas de peligrosidad y riesgo.

2.2.3.2 **Riesgos, Planes y legislación**

2.2.3.2.1 *Riesgo de inundación en Europa*

A nivel Europeo aparece como legislación básica respecto a las inundaciones, la ***Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación.*** Entrada en vigor 26 de noviembre de 2007. La Directiva tiene por objeto gestionar y reducir el riesgo de inundaciones, especialmente en las riberas y en las zonas costeras. Consiste en reducir y gestionar los riesgos derivados de las inundaciones para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica. Para ello, prevé cartografiar la peligrosidad y el riesgo de inundación en todas las regiones donde este riesgo es elevado, acometer actuaciones coordinadas en las cuencas hidrográficas compartidas por varios países y elaborar planes de gestión de los riesgos de inundación que sean el resultado de una cooperación y una participación lo más amplias posible de los Estados miembros.

2.2.3.2.2 *Riesgo de inundación en España*

ORDEN de 12 de marzo de 1996, de aprobación del Reglamento técnico sobre seguridad de presas y embalses. (BOE de 30 de marzo de1996, núm. 78). Además, existen diversos planes de emergencia de presas (ninguno referido a las presas de las Islas Canarias).

Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. (BOE de 24 de julio de 2001, núm. 176).

Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones (Resolución de 31 de enero de 1995, de la Secretaría de Estado de interior, BOE de 14 de febrero de 1995). Se establecen los requisitos mínimos que deben cumplir los planes Especiales de Protección Civil relacionados con el riesgo de inundación. En esta Directriz se

establecen las definiciones de los conceptos principales a tener en cuenta para analizar el riesgo de inundación.

> *Elementos en riesgo: Población, edificaciones, obras de ingeniería civil, actividades económicas, servicios públicos, elementos medio ambientales y otros usos del territorio que se encuentren en peligro en un área determinada.*
>
> *Inundaciones: Sumersión temporal de terrenos normalmente secos, como consecuencia de la aportación inusual y más o menos repentina de una cantidad de agua superior a la que es habitual en una zona determinada.*
>
> *Peligrosidad: Probabilidad de ocurrencia de una inundación, dentro de un período de tiempo determinado y en un área dada.*
>
> *Período estadístico de retorno: Inverso de la probabilidad de que en un año se presente una avenida superior a un valor dado.*
>
> *Riesgo: Número esperado de víctimas, daños materiales y desorganización de la actividad económica, subsiguientes a una inundación.*
>
> *Vulnerabilidad: Grado de probabilidad de pérdida de un elemento en riesgo dado, expresado en una escala de 0 (sin daño) a 1 (pérdida total), que resulta de una inundación de características determinadas.*

Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril. (BOE de 16 de enero de 2008, núm. 14).

Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación (Transposición de la Directiva de Inundaciones 2007/60/CE) públicada en el BOE nº 171 de 15 de julio de 2010**.** Este decreto establece nuevos criterios a tenr en cuenta paral a protección del dominio público hidráulico y paral a gstión del riesgo de inundaciones para la protección de personas y bienes.

Regula los procedimientos para realizar la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI), la elaboración de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo y los Planes de Gestión de los riesgos de inundación en todo el territorio nacional. Para ello establece que se lleven a cabo los siguientes pasos a lo largo del tiempo:

- Evaluación Preliminar del riesgo de inundación (2011)
- Mapas de peligrosidad y de riesgo de inundación (2013)
- Planes de gestión del riesgo de inundación (2015)

El RD tiene en cuenta las definiciones y criterios establecidos por la Directriz Básica y la Directiva 2007/60/CE definiendo el riesgo de inundación como:

> *Riesgo de inundación: Combinación de la probabilidad de que se produzca una inundación y de sus posibles consecuencias negativas para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural, la actividad económica y las infraestructuras.*

A nivel estatal, esta publicado el **Plan Estatal de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones** (B.O.E. nº 210, de 1 de septiembre de 2011).

El Plan establece:

a. Los mecanismos de apoyo, mediante la aportación de medios estatales, a los Planes de Comunidades Autónomas, en el supuesto de que estas lo requieran.
b. La estructura organizativa que permita la dirección y coordinación del conjunto de las Administraciones públicas en situaciones de emergencia por inundaciones declaradas de interés nacional.
c. Los mecanismos y procedimientos de coordinación con las Comunidades Autónomas no directamente afectadas por la catástrofe, para la aportación de medios de intervención.
d. Los sistemas y los procedimientos de alertas meteorológica e hidrológica.
e. Los mecanismos de solicitud y recepción de ayuda internacional

Existen además, diversos Planes Específicos, a nivel autonómico, de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones. Las planes existentes son los que se describen a continuación:

Tabla: Planes de Protección Civil ante el riesgo de inundación

COMUNIDAD AUTONOMA	FECHA DE HOMOLOGACIÓN
PAÍS VASCO	23.03.1999
COMUNIDAD VALENCIANA	23.03.1999
NAVARRA	21.02.2002
GALICIA	21.02.2002
ANDALUCÍA	01.12.2004
BALEARES	01.12.2004
ARAGÓN	19.07.2006
CATALUÑA (INUNCAT)	19.07.2006
EXTREMADURA (INUNCAEX)	10.07.2007
MURCIA (INUNMUR)	10.07.2007
CASTILLA-LA MANCHA (PRICAM)	24.03.2010
CASTILLA Y LEÓN (INUNcyl)	24.03.2010
ASTURIAS (PLANINPA)	24.03.2010
CANTABRIA (INUNCANT)	24.03.2010

Fuente: Protección Civil

Actualmente, las inundaciones constituyen el fenómeno natural que mayor incidencia tiene en la sociedad española. Según el Consorcio de Compensación de Seguros y el Instituto Geológico y Minero de España, en nuestro país, los daños por inundaciones se estiman en total, en una

media en 800 millones de euros anuales. En el período 1971-2009, según las estadísticas del Consorcio, las inundaciones se corresponden el 62,80 % de la siniestralidad total, seguido de un 19,29 a tempestades ciclónicas y un 7,44% al terrorismo, pagando el Consorcio, de media, más de 100 millones de euros al año en indemnizaciones a bienes asegurados por los daños causados por las inundaciones.

Las inundaciones son unos de los riesgos que están incluidos dentro del Catálogo Nacional de Riesgos Geológicos, que incluye también a los terremotos y a los movimientos de ladera. Este catalogo se inició en 1987 desarrollado como una base de datos de los Riesgos Geológicos por el IGME. Actualizada tras el estudio *"Análisis del impacto de los riesgos geológicos en España. Evaluación de pérdidas pro terremotos e inundaciones en el periodo 1987-2001 y estimación para el periodo 2004-2033"* elaborado por el IGME junto al Consorcio de Compensación de Seguros.

Además, desde el año 1995, la Dirección General de Protección Civil está llevando a cabo, la elaboración del Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas (CNIH), con el objetivo de sistematizar y homogeneizar la recopilación de datos sobre inundaciones históricas (tanto fluviales como litorales o costeras) a nivel nacional, así como de facilitar y asegurar su inmediata actualización ante la ocurrencia de nuevos episodios de inundación.

Respecto a los tsunamis, existe un catalogo de tsunamis históricos en España, elaborado por el Instituto Geográfico Nacional.

2.2.3.2.3 *Riesgo de inundación en Canarias*

En las Islas Canarias no existe ninguna legislación ni ningún plan específico respecto al riesgo de inundación.

Las inundaciones en las Islas Canarias son habitualmente fluviales, pero también pueden ser costeras. El Archipiélago Canario se caracteriza por presentar en algunas islas (fundamentalmente las islas occidentales) un relieve muy acusado, lo que influye en la intensidad de las precipitaciones, existiendo diferencias locales muy acusadas. Como se explicó en el apartado de climatología, las precipitaciones que suelen producirse de forma torrencial y que pueden originar inundaciones, van ligadas al desarrollo de los denominados “temporales de Canarias”, que tienen lugar en los meses de invierno (noviembre a febrero) cuando el régimen de los alisios es sustituido por la llegada de advecciones frías de origen polar. En estas jornadas los barrancos que descienden por los relieves volcánicos se convierten en cursos de agua violentos. Se ha comprobado que el 72,5 % de las veces que desde 1950-1980 se recogieron más de 50 l/m^2, se ha desarrollado en estos meses invernales. Por tanto, en las Islas Canarias, las inundaciones que se producen son de tipo rápidas (*flash floods*). Estos temporales

también generan la alteración del mar, lo que puede provocar inundaciones litorales en las zonas costeras.

A lo largo de los años se han ido sucediendo episodios históricos de lluvias torrenciales con intensidades máximas en 24 horas de más de 200 mm. Como el temporal declarado en La Palma en noviembre de 2001, donde 3 personas murieron y 300 fueron afectadas, originando cuantiosos daños materiales y afectando también al sur de Gran Canaria. En Santa Cruz de Tenerife, el 31 de marzo de 2002, en 10 minutos 162,7 l/h, provocando 8 muertos y 500 personas afectadas.

Aunque desde siempre, las Islas Canarias han sufrido lluvias torrenciales y grandes avenidas (sólo hay que ver la magnitud y cantidad de depósitos de avenidas en muchos de sus barrancos), la consideración del riesgo no ha sido uno de los factores que se hayan tenido en cuenta a la hora de planificar la ordenación territorial en cuanto al asentamiento de edificaciones o infraestructuras, siendo muchos los episodios catastróficos que han vivido las islas en los últimos años, en los que se ha puesto de manifiesto.

2.2.4 *Riesgo de incendios forestales*

2.2.4.1 **Consideraciones generales**

Definición

Se define un incendio como un fuego grande que abrasa lo que no está destinado a arder. El fuego es producto de la reacción química exotérmica de oxidación-reducción, con liberación súbita de energía, emisión de gases inflamados (nitrógeno, anhídrido carbónico) y de nutrientes en forma de cenizas.

El fuego necesita tres elementos para generarse, es lo que se conoce como triangulo de fuego o combustión. Un combustible, un comburente (un agente oxidante como el oxigeno) y energía de activación. Cuando estos factores se combinan en la proporción adecuada, el fuego se desencadena. Es igualmente posible prevenir o atacar un fuego eliminando uno de ellos:

- Sin el calor suficiente, el fuego no puede ni comenzar ni propagarse. Puede eliminarse introduciendo un compuesto que tome una parte del calor disponible para la reacción. Habitualmente se emplea agua, que toma la energía para pasar a estado gaseoso. También son efectivos polvos o gases con la misma función.
- Sin el combustible, el fuego se detiene. Puede eliminarse naturalmente, consumido por las llamas, o artificialmente, mediante procesos químicos y físicos que impiden al fuego

acceder al combustible. Este aspecto es muy importante en la extinción de incendios forestales (por ejemplo, mediante cortafuegos, así como en los incendios controlados).

- La insuficiencia de oxígeno impide al fuego comenzar y propagarse.

Los efectos destructores o renovadores de un incendio dependen de unos factores intrínsecos (frecuencia, intensidad, tamaño, forma del incendio y momento en el que se produce) y otros propios de la estación y vegetación (factores climáticos, geomorfológicos, topográficos, edáficos, estructurales, florísticos y fenológicos).

Los incendios forestales, son fuegos que se extienden por terreno forestal, afectando a vegetación que no estaba destinada a arder. Según el Plan Forestal Canario, se entiende por "terreno forestal" o "propiedad forestal": *"Tierra en que vegetan especies arbóreas, arbustivas, de matorral o herbáceas, sea espontáneamente o procedan de siembra o plantación, siempre que no sean características del cultivo agrícola o fueren objeto del mismo. No obstante se exceptúan de los comprendidos en dicho concepto, los terrenos que formando parte de una finca fundamentalmente agrícola y sin estar cubiertos apreciablemente con especies arbóreas o arbustivas de carácter forestal, resultaren convenientes para atender al sostenimiento del ganado de la propia explotación agrícola y, asimismo, los prados desprovistos sensiblemente de arbolado de dicha naturaleza.".*

El incendio forestal depende de tres grandes factores:

- Los factores climáticos, pueden condicionar la posibilidad de incendios y modificar la duración e intensidad de sus efectos:
    - El ritmo de las precipitaciones, más que la cantidad, determina la aparición de incendios y el tamaño de las superficies recorridas por el fuego.
    - La temperatura influye directamente en la humedad relativa del aire. Con el tiempo cálido y seco, el riesgo de incendios y la magnitud de sus efectos son máximos. Los combustibles más verdes y húmedos no se queman fácilmente, pero cuando se encuentran más secos es más fácil que se inflamen. Normalmente, el aire está más seco durante el día que por la noche. Esto provoca que sea más normal que los incendios se propaguen más lentamente por la noche, los combustibles más ligeros absorben humedad del aire saturado de la noche.
    - El viento, contribuye a la desecación del combustible y proporciona oxigeno, uno de los tres elementos esenciales que constituyen el denominado triangulo del fuego. El viento tiene un triple efecto:
        - Aportan oxígeno en forma de aire que alimenta la combustión.

- Extienden las llamas a los combustibles inmediatamente por delante del frente de avance (al inclinarlas calienta y enciende estos materiales).
- Transportan las cenizas a distancia, generándose la posibilidad de focos secundarios a distancias muy lejanas del foco principal o inicial

- La topografía influyen en los factores anteriores y en la progresión e intensidad local del fuego, determinando corrientes de aire y modificando su dirección y velocidad.
    - La pendiente es un factor determinante en la propagación de un incendio. El fuego se extiende más rápidamente a lo largo de fuertes pendientes ya que los combustibles están más cerca de las llamas, su precalentamiento es más rápido, la velocidad del viento aumenta y se desarrolla rápidamente la columna de convención. Estas circunstancias generan efectos que hacen al incendio más devastador y difícil de combatir.
    - La configuración del terreno y su rugosidad, afectan a los patrones del viento, las precipitaciones, la orientación y en definitiva, a todos los factores que determinan la propagación del incendio. Así por tanto, un valle cerrado, o un barranco, pueden facilitar un itinerario del viento diferente al del viento predominante. La forma del territorio puede afectar al itinerario de la propagación del fuego, velocidad e intensidad de los incendios. En un barranco, los fuegos reaccionan como una chimenea; el aire es absorbido hacia el interior o fondo del barranco creando fuertes ráfagas vertiente arriba, facilitando una rápida propagación del fuego. Este efecto puede desencadenar un comportamiento extremo del fuego y puede ser muy peligroso.
    - La exposición es un factor determinante en las variaciones del tiempo atmosférico en el transcurso del día. Al cambiar la posición del sol varía la temperatura, viéndose afectadas también la humedad relativa, el contenido de humedad de los combustibles y la velocidad y dirección de los vientos locales. Las laderas con orientación a solana están más expuestas a la radiación solar, tienen mayor temperatura y como consecuencia menor humedad relativa y menos cantidad de agua que las de umbría y generalmente, menos cantidad de combustible que éstas.
- La estructura de la vegetación y el combustible (el numero y distribución de sus estratos y disposición de las ramas y del follaje) influye directamente en la cantidad y calidad del combustible que rige el comportamiento del fuego. También la composición florística puede ser decisiva en la progresión del fuego y determinar los efectos que este produce en la vegetación y la regeneración subsiguiente. Las características físicas y químicas de los

combustibles determinan la posibilidad de iniciar un fuego, el comportamiento posterior, la energía liberada por él y por tanto, la dificultad de controlarlo. Los modelos de combustible se definen en función de la estructura de una formación vegetal, la cantidad de material vivo y muerto de diverso tamaño presente y de la manera en la que se propagaría un fuego si se produjera. Una vez definidos y cartografiados se pueden utilizar para realizar simulaciones de comportamiento del fuego donde se tienen en cuenta también otras variables ya mencionadas como pendiente, temperatura, humedad relativa y viento. En estas simulaciones se calcula la longitud de llama, la actividad de fuego en copas y la velocidad de propagación en el territorio por lo que son muy importantes a la hora de evaluar el riesgo de incendio.

En cuanto a los factores que se conocen que pueden ser origen del inicio de un incendio, excepto los provocados por causas naturales, el resto tienen un origen antrópico más o menos conocido.

Los incendios producen graves daños ecológicos, al destruir la flora y fauna silvestre, degradar el valor paisajístico y recreativo del monte, etc. Pero el daño más grave se produce por la alteración del ciclo hidrológico, al aumentar la erosión y arrastre del suelo fértil del bosque y la falta temporal de cubierta vegetal que capte la precipitación horizontal. También suponen una importante emisión de gases de efecto invernadero. Estos daños se recuperan en un plazo corto de tiempo en los pinares, con gran capacidad de regeneración, pero son mucho más duraderos en las zonas de cumbre (retamares y escobonales) o en la vegetación termófila, donde la regeneración es mucho más difícil. Además, los incendios ocasionan graves daños económicos en viviendas, cultivos y ganados, problema en auge por la importante interfase forestal - agrícola - urbana de la isla.

2.2.4.2 **Riesgos, planes y legislación**

2.2.4.2.1 *Riesgo de incendios forestales en España*

A nivel estatal, respecto a los incendios forestales aparece la **Directriz Básica para casos de emergencia por incendios forestales** (Orden de 2 de abril de 1993, Ref. BOE-A-1993-9779).

Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes (BOE núm. 280, de 22 de noviembre de 2003) y **Ley 10/2006** que modifica la anterior.

Además, está aprobado el **Plan Estatal de Protección Civil de emergencia por incendios forestales,** (Resolución de 30 enero de 2013. (BOE nº 36, de 11 de febrero de 2013), cuyo objetivo es establecer la organización y los procedimientos de actuación de aquellos servicios del Estado y, en su caso, de otras entidades públicas y privadas, que sean necesarios para

asegurar una respuesta eficaz ante las diferentes situaciones por incendios forestales que puedan afectar al estado español.

2.2.4.2.2 *Riesgo de incendios forestales en Canarias*

En las Islas Canarias se encuentra aprobado el **Plan Territorial de Emergencias de Protección Civil y atención de emergencias por incendios forestales (INFOCA)** (aprobado en el D 100/2002 y publicado en el BOC nº 106, de 7 de agosto de 2002). El objetivo del plan es que la respuesta ante incendios forestales en Canarias sea eficaz, ágil y coordinada. Prevé la estructura organizativa y los procedimientos de intervención y coordinación en emergencias ante incendios. Zonifica el territorio según el riesgo y las previsibles consecuencias de los incendios y establece las épocas del año de mayor peligro, especifica los procedimientos de información a la población y cataloga los medios y recursos específicos a disposición de las actuaciones previstas.

En definitiva, establece la organización y procedimiento de actuaciones de los recursos y servicios cuya titularidad corresponde a la Comunidad Autónoma de Canarias, y los que puedan ser asignados al mismo por otras Administraciones Públicas o por otras entidades públicas o privadas, con el objeto de hacer frente a tales emergencias dentro de ámbito territorial autonómico. El INFOCA se integra en el PLAN TERRITORIAL de EMERGENCIAS de la Comunidad Autónoma de Canarias (PLATECA), al que hace referencia el R.D. 407/1992 del 24 de abril, por el que se aprueban las Normas Básicas de Protección Civil.

Además, a nivel insular se encuentran aprobados o en tramitación, los Planes de prevención de incendios forestales, para cada una de las islas que conforman el Archipiélago. En estos planes se concretan todas los objetivos planteados en el INFOCA y los mecanismos de coordinación entre las distintas organizaciones que intervienen ante un incendio forestal.

El Archipiélago canario se encuentra sometido por su situación geográfica a un régimen de vientos alisios húmedos que le confieren un clima más húmedo y fresco que el del Sáhara, que es el que le corresponde por latitud. Está afectado por una fuerte sequía estival, y por episodios periódicos de vientos del desierto que agravan considerablemente el riesgo y peligro de incendio forestal. Además, el uso cultural del fuego, el abandono de las actividades tradicionales, el creciente uso recreativo y el aumento de zonas de interfaz agravan la problemática de incendios.

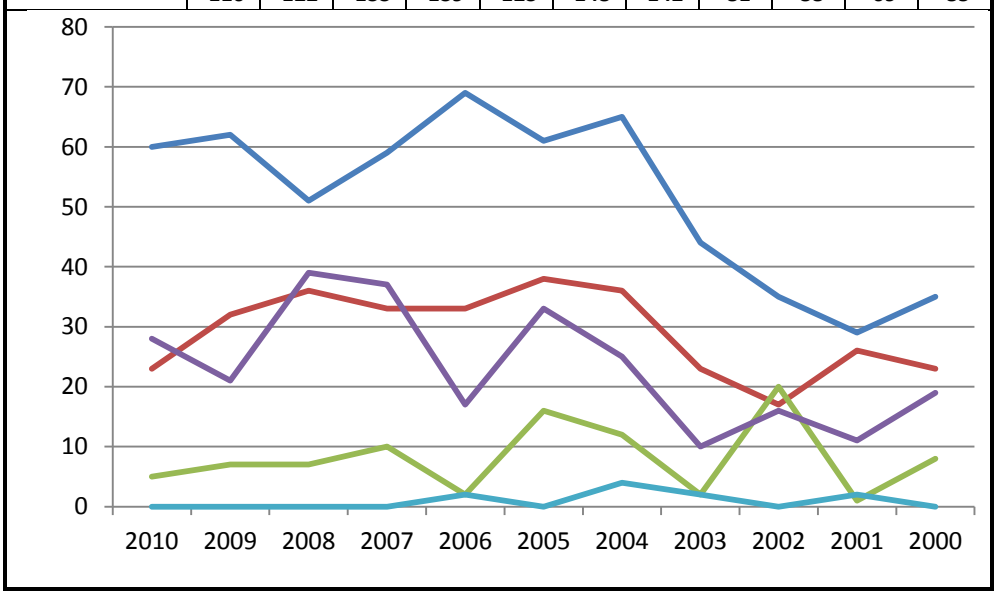
En las Islas Canarias, los incendios forestales son los siniestros más frecuentes. Hay un promedio de 75 incendios anuales, con unas 2.000 ha afectadas. Las islas con mayor nº de incendios son Tenerife y Gran Canaria, y en menor medida La Palma, La Gomera y El Hierro. En cuanto a superficie afectada, La Palma es la isla con mayores daños por incendio, seguida de

Tenerife y en menor medida Gran Canaria, La Gomera y El Hierro. Son las 5 islas occidentales del archipiélago donde se han producido los incendios forestales, debido a la ausencia de masa forestal, susceptible de ser quemada en las islas de Lanzarote y Fuerteventura, y la excesiva explotación ganadera caprina que sufre esta última.

El número de incendios en los últimos años tiene tendencia a aumentar, mientras que la superficie afectada tenía una tendencia progresiva a disminuir, hasta los grandes incendios de 2007, que han dado una nueva punta que rompe la tendencia a la baja desde 1984. El 93% de la superficie quemada en la última década se ha producido en 10 grandes incendios (mayores de 100 ha).

Tabla: Incendios en Canarias

Nº incendios	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000
Gran Canaria	60	62	51	59	69	61	65	44	35	29	35
Tenerife	23	32	36	33	33	38	36	23	17	26	23
La Gomera	5	7	7	10	2	16	12	2	20	1	8
La Palma	28	21	39	37	17	33	25	10	16	11	19
El Hierro	0	0	0	0	2	0	4	2	0	2	0
Total Canarias	**116**	**122**	**133**	**139**	**123**	**148**	**142**	**81**	**88**	**69**	**85**



Fuente: Gobierno de Canarias

Respecto a las causas desencadenantes de los incendios, resulta muy difícil saber el verdadero origen de la mayoría de los incendios en Canarias, predominando en las estadísticas, la indicación de "causas desconocidas".

Son los bosques de *Pinus canariensis* (Pino canario), la vegetación forestal más afectada en los incendios, si bien esta especie tiene la peculiaridad de rebrotar tras el paso del fuego, no es un mecanismo suficiente para evitar las graves repercusiones que genera el fuego sobre el medio físico canario. Además, la perdida de cubierta vegetal junto a las lluvias en los meses de

invierno, genera un aumento de la erosión y pérdida de suelo, contribuyendo a la degradación del medio natural y los ecosistemas canarios.

Mediante las labores de extinción de incendios, llevadas a cabo por los medios operativos de prevención y extinción de incendios forestales, se consigue reducir en la medida de lo posible, una vez que el incendio está controlado, el ámbito de destrucción del mismo, de modo que se evita su propagación, dándose por finalizando el incendio una vez que esta extinguido.

2.2.5 *Riesgo de Dinámica de vertientes*

2.2.5.1 **Consideraciones generales**

Definición

Los riesgos de dinámica de vertientes son cambios en la forma geométrica externa de la superficie fluvial en zonas localizadas, debido a las fuerzas o movimientos gravitatorias. Según *Varnes, 1984* es "un movimiento de una masa de roca, tierra o derrubios hacia debajo de una ladera bajo la influencia de la gravedad".

Normalmente, el riesgo de dinámica de vertientes está asociado a los movimientos de ladera y se encuentran acompañados de otras fuerzas de la naturaleza, como los movimientos sísmicos, procesos volcánicos o fuertes precipitaciones. Estos fenómenos son el tercer riesgo natural en el mundo por numero de víctimas después de los terremotos e inundaciones (Ayala-Carcedo, 2002).

La clasificación de los riesgos por dinámica de vertientes es compleja, la metodología más utilizada para su clasificación y descrita por varios autores es en función del tipo de movimiento y la naturaleza de los materiales.

El tipo de movimiento se refiere a los mecanismos internos que generan el desplazamiento, vertiente abajo, de la masa inestabilizada. Los tipos de mecanismos principales son: desprendimientos, deslizamientos, flujos, colapsos y la combinación de varios de estos mecanismos (movimiento complejo o mixto). A continuación se detalla cada uno de los mismos:

- Desprendimientos: Masa rocosa o de tierra que se separa de una vertiente casi vertical y cae libremente. En este proceso la roca se fragmenta en bloques más pequeños acumulándose en las zonas bajas.
- Vuelcos: Los vuelcos son columnas rocosas, o de tierras, que muestran un movimiento de rotación hacia delante y hacia el exterior de una ladera alrededor de un eje situado por debajo de su centro de gravedad. Los vuelcos se producen principalmente en

escarpes en donde existen fracturas verticales en el terreno que son las causantes de separar las columnas rocosas, o de tierras, susceptibles al vuelco. Los efectos destructivos son similares a los desprendimientos.

- Deslizamientos: Un deslizamiento es el movimiento de una porción de terreno a través de una superficie de rotura neta con la preservación general de la estructura interna original. Se pueden diferenciar dos tipos de deslizamientos: los deslizamientos rotacionales en donde la superficie de rotura es circular, a modo de cuchara y los deslizamientos translacionales donde la superficie de rotura es totalmente plana. Los deslizamientos son especialmente frecuentes en laderas inclinadas, entre 20 y 50 grados, y con formaciones geológicas poco resistentes y cohesivas (lutitas arcillosas, margas, etc.)
- Flujos o coladas: Un flujo es un movimiento de masa de suelo (flujo de barro o tierra) o derrubios (coladas de derrubios) donde el material se comporta como un fluido viscoso, sufriendo una deformación continua y sin presentar superficies de rotura definidas. El agua es el principal agente desencadenante, por la pérdida de resistencia a que da lugar en materiales poco cohesivos. Principalmente afectan a materiales arcillosos susceptibles que sufren una considerable pérdida de resistencia al ser movilizados., estos tipos de movimientos, poco profundos en relación a su extensión, presentan una morfología tipo glaciar y pueden tener lugar en laderas de bajas pendientes, incluso menores de 10º. Los más habituales en España son las coladas fangosas, las corrientes de derrubios y la reptación superficial. La colada fangosa tiene lugar en materiales finos y cohesivos como son los limos y las arcillas. La corriente de derrubios habitualmente es un flujo “turbulento” formado por un material fangoso con bloques rocosos La reptación superficial es la inestabilidad de la parte más superficial del terreno (de decímetros a pocos metros de grosor) y que se desplaza mediante velocidades muy lentas (del orden de mm/año a dm/año).
- Hundimiento del terreno: Se corresponden a procesos de subsidencia (hundimiento lento) o colapsos (hundimientos bruscos).

Para que exista un proceso de dinámica de vertientes es necesaria la presencia de un conjunto de factores condicionantes a la inestabilidad. Uno de ellos son los factores “intrínsecos” que corresponden a los existentes en la propia ladera como son las características litológicas (composición, granulometría, grado de consolidación y cementación) del substrato geológico, estructurales (discontinuidades tectónicas o estratigráficas), hidrogeológicos (permeabilidad) y morfológicos (la pendiente), éstos son la causa de que los movimientos de ladera se manifiesten en un determinado sector del territorio. Otros factores son los desencadenantes como los ambientales, (precipitaciones, hielo-deshielo, humedad-sequedad o erosión)

caracterizados por la saturación del terreno por el agua, sísmicos y las acciones antrópicas (los usos del suelo por parte del ser humano).

Tabla: Factores condicionantes y desencadenantes de los movimientos de ladera y su influencia en las condiciones de los materiales y de las laderas

	Factores	Influencias y efectos
Condicionantes	Relieve (pendientes)	Distribución del peso del terreno
	Litología (composición)	Densidad, resistencia Comportamiento hidrogeológico
	Estratigrafía	Comportamiento discontinuo y heterogéneo
	Estructura geológica y estado tensional	Resistencia, deformabilidad Comportamiento discontinuo y anisótropo Zonas de debilidad
	Propiedades geomecánicas de los materiales	Resistencia, deformabilidad
	Propiedades hidrogeológicas del terreno	Comportamiento hidrogeológico Generación de presiones intersticiales
	Deforestación	Modificaciones en el balance hídrico Erosión
	Meteorización	Cambios físicos y químicos, erosión externa e interna, generación de zonas de debilidad
Desencadenantes	Precipitaciones y aporte de agua	Variación de las presiones intersticiales y del peso del terreno Saturación en suelos Erosión
	Cambio en las condiciones hidrogeológicas	
	Aplicación de cargas estáticas o dinámicas	Cambio en la distribución del peso de los materiales y en el estado tensional de la ladera Incremento de presiones intersticiales
	Cambio morfológicos y de la geometría de las laderas	Variación de las fuerzas debidas al peso Cambio en el estado tensional
	Erosión o socavación del pie	Cambios geométricos Cambios en la distribución del peso de los materiales y en el estado tensional de la ladera
	Acciones climáticas (procesos de deshielo, heladas, sequías)	Cambio en el contenido de agua Generación de grietas y planos de debilidad Disminución de las propiedades resistentes

Fuente: Guía mapas inventario y susceptibilidad de movimientos de ladera, escala 1:50.000. IGME, 2008.

Los daños por movimientos de ladera dependen de:

- Velocidad y magnitud del proceso
- La posibilidad de prevención y predicción, que depende del tipo de movimiento, su velocidad, magnitud o volumen
- Posibilidad de actuar sobre el procesos y controlarlo
- Medidas de protección de los elementos expuestos a sus efectos.

2.2.5.2 **Riesgos, planes y legislación**

2.2.5.2.1 *Riesgo de dinámica de vertientes en Canarias*

A nivel autonómico no existe ningún plan específico del riesgo de dinámica de vertientes. aparece incluido dentro del Plan Territorial de Emergencias de Canarias (PLATECA), como un riesgo a tener en cuenta y en los planes municipales existentes, se lleva a cabo su valoración según las condiciones locales.

En las Islas Canarias, según los datos históricos y la morfología del terreno, con pendientes elevadas presentes en algunos enclaves del mismo, se dan diferentes tipos de riesgos de dinámica de vertientes (deslizamientos, desprendimientos, colapsos). Las lluvias son la causa de casi todos los desprendimientos que se producen en el interior de las islas.

Tabla: Precipitación que satura el suelo y puede provocar movimientos de ladera

Tipo de movimiento	**Precipitación anual (mm)**		**Precipitación en los 3-4 meses previos (mm)**		
	Total en el año previo	Media anual de la serie*	Total en los meses previos	% de la P total del año previo	% de la P media anual de la serie
Deslizamientos	500 a 1000	500 a 800	300 a 500	50 – 60%	≤ 30%
Flujos de tierra	500 a 800	600 a 700	300 a 400	50 – 80%	50 – 60%
Flujos de derrubios	≥ 1300	1100 a 1200	350 a 650	30 – 50%	50 – 120%
Desprendimientos	250 a 700	220 a 450	100 a 250	≤ 30%	50 – 130%

Fuente: Series analizadas entre 30-70 años. Ferrer y Ayala (1997[1])

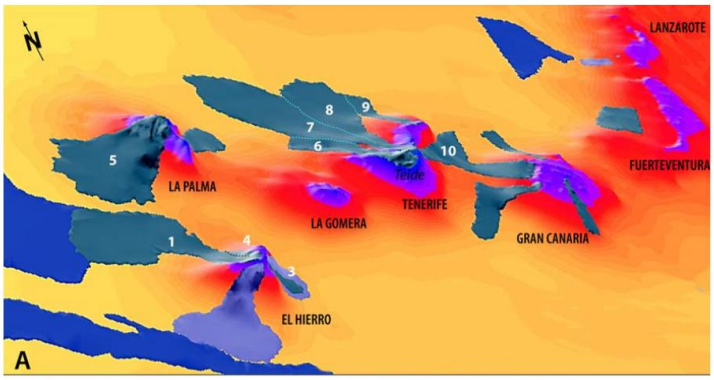
Históricamente, se han documentado un buen número de deslizamientos gravitatorios gigantes en la historia geológica de las islas del archipiélago, que han generado tsunamis y mega-tsunamis (con olas de más de 30 metros de altura). Estos deslizamientos están originados por el rápido crecimiento de los macroedificios (grandes edificios volcánicos de las islas) que provoca fuertes desequilibrios. Cuando un edificio volcánico ha crecido tanto que supera el nivel crítico de estabilidad, forma un sistema crítico, en el que cualquier proceso adicional (desencadenante), como una nueva intrusión, una erupción, un terremoto o la saturación del terreno, puede provocar el derrumbe parcial del edificio volcánico. De esta forma queda restaurado el equilibrio y el edificio puede seguir creciendo.

Hay estudios que avalan que al menos se han producido 10 eventos históricos correspondientes a grandes deslizamientos hacia el mar en las Islas Canarias, que han generado mega-tsunamis. Los más representativos son:

1 Ferrer , M. y Ayala, F. 1997. Relaciones entre desencadenamiento de movimientos y condiciones meteorológicas para algunos deslizamientos en España. IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. Vol I. pp. 185-198.

- **Tenerife.** La Caldera de Las Cañadas (varios deslizamientos de Icod), los valles de El Palmar, La Orotava, Güimar y el arco norte de Anaga.
- **El Hierro.** El Golfo, El Julán y las Playas.
- **La Palma.** El valle de Aridane.
- **Fuerteventura.** El arco de Jandía.
- **Gran Canaria**. El arco del Andén Verde.

Figura: Deslizamientos en el archipiélago canario



Fuente: Mega-deslizamientos en las Islas Canarias. Carracedo et al. 2009

Además , también hay constancia de que se han producido deslizamientos interiores, mezcla de desprendimientos y deslizamientos, si bien el volumen de materiales desplazados en muy inferior a los anteriores, su origen se debe fundamentalmente a la saturación del terreno.

Respecto a los colapsos, en Canarias, al corresponderse a terrenos volcánicos, existen zonas en las que se presentan los colapsos del suelo; son los asociados con los tubos volcánicos. Los tubos volcánicos no son fácilmente identificables, utilizando como criterio el tipo de colada y su edad. El mayor número de tubos volcánicos de Canarias se encuentran en coladas fluidas de tipo “pahoehoe” de edades recientes (menores de 100.000 años).

3. FASE II: IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS RIESGOS Y SUS COMPONENTES

En este epígrafe se lleva a cabo el estudio de las metodologías que permiten la identificación y estimación de cada uno de los componentes que forman parte del riesgo (Peligrosidad, Exposición y Vulnerabilidad).

Para poder llevar a cabo una identificación de los riesgos naturales existentes actualmente en las Islas Canarias, es necesario realizar un análisis exhaustivo de los mismos, desagregando el riesgo en sus tres componentes (Peligrosidad, Exposición y Vulnerabilidad) para posteriormente proceder a integrar los mismos y tener una visión unificada del riesgo. Como punto de partida se evaluará la peligrosidad de los riesgos naturales considerados (Riesgo Sísmico, Riesgo Volcánico, Riesgo de Inundación, Riesgo de Incendios Forestales y Riesgo de Dinámica de vertientes).

3.1 Peligrosidad (Hazard)

3.1.1 *Introducción*

Para determinar la peligrosidad de cada uno de los riesgos identificados, primero se describirán los sistemas disponibles o existentes en las Islas Canarias que se utilizan para identificar las amenazas o fenómenos peligrosos (*hazard*, peligrosidad).

Posteriormente, se enumerarán las fuentes existentes relacionadas con la peligrosidad de ese tipo de riesgo y se evaluaran los tipos de registros de datos históricos o eventos extraordinarios que se han producido en las islas o a nivel estatal.

Por último, se identificarán los factores que pueden ser utilizados para caracterizar la peligrosidad y se analizaran las metodologías existentes que se utilizan para estimar, valorar y elaborar los mapas de peligrosidad, con la finalidad de establecer la mejor metodología existente para representar la peligrosidad de un determinado riesgo en Canarias.

Antes de analizar la peligrosidad, es necesario aclarar la diferencia entre los conceptos de peligrosidad y susceptibilidad.

3.1.1.1 **Peligrosidad vs Susceptibilidad**

La peligrosidad puede definirse como la probabilidad de que ocurra un fenómeno de una intensidad y características determinadas en una zona específica y en un periodo de tiempo dado. Para su evaluación es necesario conocer dónde y cuando ocurrieron los procesos en el pasado, la intensidad y magnitud que tuvieron estos procesos, las zonas en que pueden ocurrir

los procesos futuros y la frecuencia con que ocurrirán. Es decir, la peligrosidad incorpora una predicción temporal, cuya evaluación es compleja y difícil, siendo necesario disponer de un gran número de datos de eventos pasados para que su estimación sea lo más fiable posible.

La mayoría de los estudios en los que se estima la peligrosidad de un fenómeno o el riesgo, se corresponden a estudios de susceptibilidad, en los que se muestra la distribución espacial de los procesos esperables y/o las zonas que pueden verse afectadas, pero no se indican sus pautas temporales de ocurrencia (periodos de retorno).

Peligrosidad

$$\boldsymbol{Peligrosidad = Susceptibilidad\ x\ Frecuencia}$$

3.1.2 *Peligrosidad sísmica*

3.1.2.1 Sistemas disponibles de identificación (Sistemas de vigilancia, observación y/o alerta temprana) de amenazas o peligros

En el archipiélago Canario, debido a su ubicación intraplaca, la peligrosidad sísmica esta asociada fundamentalmente a procesos o fenómenos volcánicos. Únicamente existe una zona entre las islas de Gran Canaria y Tenerife donde los sismos parecen estar asociados a movimientos tectónicos como consecuencia de una fisura dirección N40ºE en la zona del volcán submarino de Enmedio.

Actualmente, la metodología llevada a cabo para identificar la peligrosidad sísmica consiste en la monitorización de los movimientos del terreno que se producen en cada una de las islas. Este proceso se pone en práctica a través de los sistemas de vigilancia. En las islas existen dos sistemas de vigilancia de eventos sísmicos que pueden ser utilizados como medios para estimar la peligrosidad sísmica.

El primer sistema es la Red Sísmica Nacional (R.S.N.) de la que forma parte la Red Sísmica Canaria, constituida con un primer sismógrafo en 1952 (Blanco Sanchez, 1992) ubicado en la isla de Tenerife, siendo en 1975 cuando empezó a operar como red al disponer de tres estaciones ubicadas en Tenerife, La Palma y El Hierro ([Mezcua et al., 1990]. Durante los años 80, la red se amplió a otras islas y desde 1990 la mayoría de las estaciones se han actualizado en grabación digital de banda ancha instrumentos [IGN, 2004]. En la actualidad, existen un total de 14 estaciones repartidas por todas las islas del Archipiélago. (En: Pérez, 2008)

El segundo sistema es un sistema desarrollado por la Estación Volcanológica de Canarias (CSIC) e INVOLCAN (Instituto Volcanológico de Canarias) que dispone también de una red sísmica compuesta por 9 estaciones.

3.1.2.1.1 *Servicio de Información Sísmica*

Entidad: El Servicio de Información Sísmico es un servicio web del Instituto Geográfico Nacional (IGN), donde se detalla toda la información referente a los sismos y a la Red Sísmica Nacional gestionada por el (IGN) y financiada por la Administración Estatal.

http://www.ign.es/ign/layout/sismo.do

3.1.2.1.1.1 Red Sísmica Nacional en Canarias (IGN)

Objetivo: La red tiene como objetivo la vigilancia sísmica en España y en sus áreas de influencia, cubriendo el territorio nacional de estaciones sísmicas que registran el movimiento del suelo.

Instalaciones y situación espacial: Actualmente en Canarias, esta Red dispone de un total de 14 estaciones sísmicas instaladas y operativas, de varios tipos diferentes:

Red analógica de Corto Periodo: Red conformada por siete estaciones sísmicas analógicas de corto periodo y componente vertical que realizan el envío de datos mediante líneas telefónicas dedicadas (utilizando algunas un enlace de radio), al Centro de Recepción y Análisis de Datos (CRAD) de Madrid y al Centro Geofísico de Canarias.

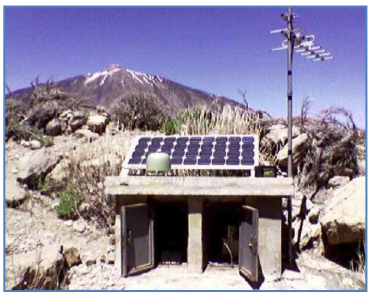
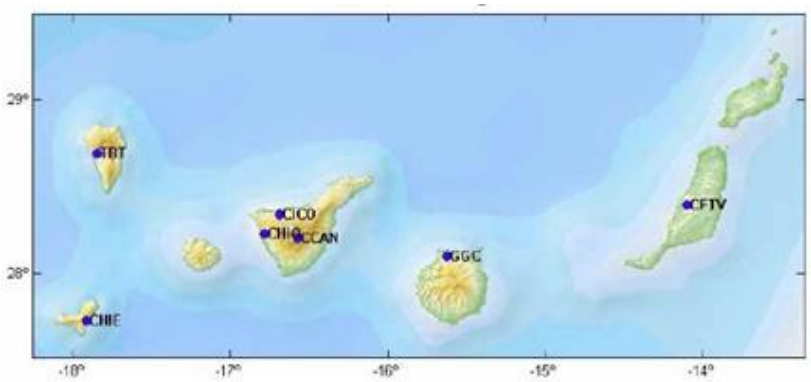


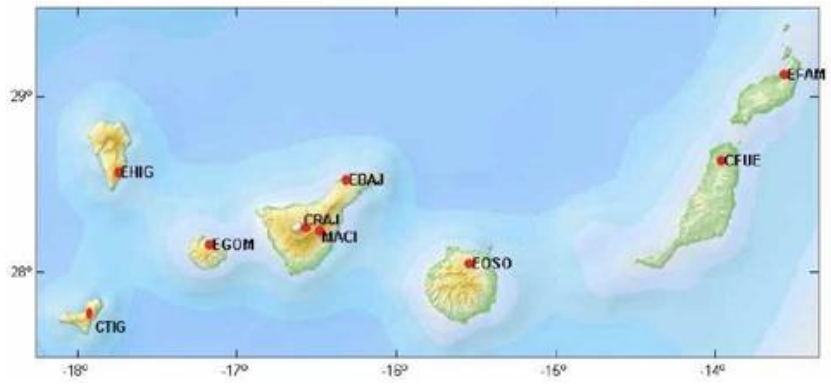
Figura: Red Sísmica Analógica del IGN



Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)

Red VSAT de Banda Ancha: La Red VSAT se corresponde a una red Digital de banda ancha de 3 componentes y transmisión vía satélite Hispasat. Cuenta con un total de siete estaciones repartidas por todas las islas que componen el Archipiélago y en que envían sus datos al Centro de Recepción y Análisis de Datos (CRAD) de Madrid y al Centro Geofísico de Canarias ubicado en Tenerife (CGC).

Figura: Red Sísmica VSAT del IGN



Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)

Red sísmica GPRS: La estación CCAN (Las Cañadas del Teide) de la isla de Tenerife cuenta con transmisión digital GPRS/UMTS.

A parte de las estaciones sísmicas, la RSN dispone en Canarias de dos acelerógrafos permanentes y tres estaciones temporales ubicadas en la isla de El Hierro (con motivo de la crisis sísmica de El Hierro 2011-2012).

Figura: Red de acelerógrafos del IGN

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)

- **Operatividad:** Las estaciones ubicadas en canarias registran el movimiento del suelo y envían los cálculos del evento sísmico de forma rápida y fiable registrando la localización, fecha, hora, mecanismo y magnitud ocurrido, al Centro de Recepción y Análisis de Datos (CRAD) de Madrid y al Centro Geofísico de Canarias ubicado en Tenerife (CGC). En ambos centros existe un sistema automático de procesamiento y análisis a tiempo real que recibe los datos, procesándolos y almacenándolos en una Base de Datos, generándose como resultado del procesado, las alertas sísmicas correspondientes. En caso de alerta sísmica, desde el CRAD se informa a los servicios de Protección Civil y a las autoridades pertinentes para que gestionen el riesgo sísmico.

- **Sistema de representación:** En la web del IGN existe un visualizador de información geográfica de la situación de las estaciones sísmicas de la Red. Además, esta disponible la descarga del Mapa de las Estaciones en formato kmz.

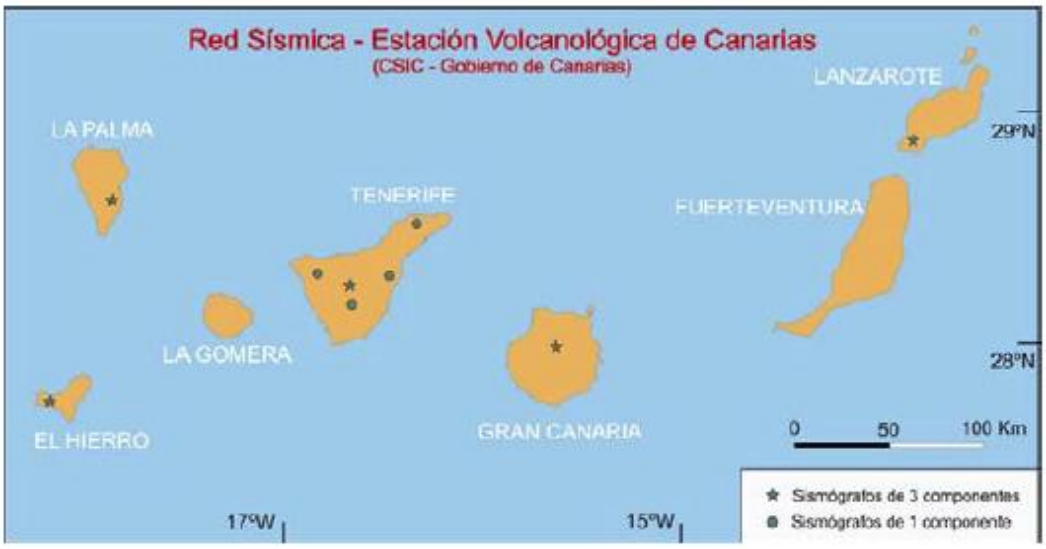
3.1.2.1.1.2 Red Sísmica de la Estación Volcanológica de Canarias (CSIC)

Entidad: La Red Sísmica de la Estación Volcanológica de Canarias está gestionada por el Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y financiada por el Gobierno de Canarias.

Objetivos: La red tiene como objetivo la vigilancia sísmica de todo el archipiélago Canario a excepción de las islas menos activas (más antiguas) La Gomera y Fuerteventura.

Instalaciones y situación espacial: La red del Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) presenta 9 estaciones sísmicas: cinco ubicadas en la isla de Tenerife, compuesta por cuatro sismógrafos de 1 componentes y uno de 3 componentes, el resto se ubican en las islas de La Palma, El Hierro, Gran Canaria y Lanzarote, ubicándose en todas ellas un sismógrafo con 3 componentes. La ubicación concreta de las 9 estaciones es la que se detalla en la imagen:

Figura: Red de estaciones sísmicas del CSIC



Fuente: "La vigilancia volcánica en España: una apuesta crucial para la reducción del riesgo volcánico". N. M. Pérez y P.A. Hernández. 2008. ITER

3.1.2.2 **Fuentes principales de información existente**

3.1.2.2.1 *Principales organismos e instituciones Internacionales, Estatales y Canarios que trabajan en la peligrosidad sísmica*

Los organismos e instituciones que han trabajo o trabajan en el campo de la sismología en Canarias son:

Organismos internacionales

European-Mediterranean Seismologial Centre: http://www.emsc-csem.org/#2

U.S. Geological Survey. Earthquakes Hazard: http://earthquake.usgs.gov/

Organismos Estatales

Dirección General de Protección Civil. Riesgos Naturales Geológicos. Terremotos http://www.proteccioncivil.org/terremotos

Instituto Geográfico Nacional. Servicio de Información Sísmica: http://www.ign.es/ign/layout/sismologiaEstacionesSismicas.do

Consorcio de Compensación de Seguros.Riesgos extraordinarios. http://www.consorseguros.es/web/guest/ad_re

Instituto Geológico y Minero de España. Riesgos geológicos.

http://www.igme.es/internet/actividadesIGME/lineas/RiesGeo.htm

Instituto Geológico de Cataluña (IGC).Sismología

http://www.igc.cat/web/es/sismologia.html

Centro de Investigaciones Científicas. Websismo

http://www.websismo.csic.es/

Organismos Canarios

Instituto Volcanológico de Canarias

Centro Geofísico de Canarias-IGN : http://www.geo.ign.es/ign/main/index.do

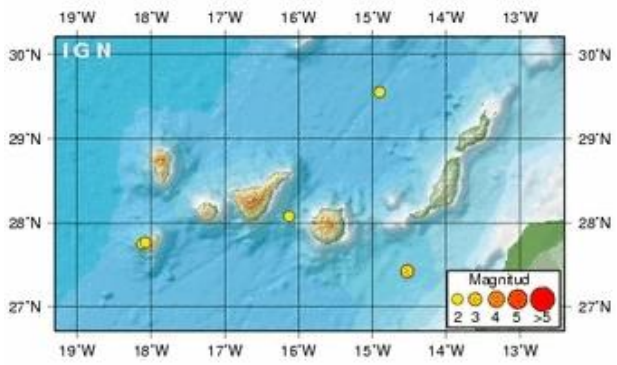
3.1.2.3 **Inventario de los sistemas de registro de eventos**

3.1.2.3.1 *Registro estatal de sismos*

La fuente de datos pública y disponible actualmente de eventos sísmicos en Canarias es el Catalogo de eventos sísmicos elaborado por el Instituto Geográfico Nacional. Servicio incluido dentro de la web del Servicio de Información Sísmica del IGN.

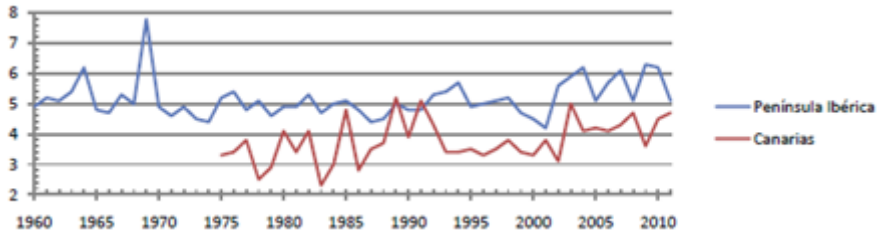
Todos los datos de eventos sísmicos que han tenido lugar en las Islas Canarias, registrados por la Red Sísmica Nacional (RSN), que incluye a la Red Sísmica de Canarias, quedan recogidos en el catálogo de eventos sísmicos. Este catálogo esta gestionado por el IGN y está disponible en el Servicio de Información Sísmica del IGN, donde se recoge la Base de Datos del Catalogo de Terremotos (Catálogo de datos sísmicos).

Figura: Últimos sismos desarrollados en Canarias (Mayo 2012)



Fuente: Catalogo sísmico, IGN

Figura: Magnitud máxima de los sismos en España 1960-2011



Fuente: IGN

3.1.2.3.1.1 Servicio de Información Sísmica del IGN

El Servicio de Información Sísmica es un servicio disponible en la web del IGN (http://www.ign.es/ign/layout/sismo.do), que permite la consulta vía internet de toda la información de eventos sísmicos tanto en la Península como en las Islas Canarias registrados por la RSN. Este servicio de información dispone de las siguientes entradas:

- El último terremoto ocurrido en España: Recoge a tiempo real el registro del último evento que se ha producido en España.
- Ultimo tensor de momento sísmico: Recoge información del último tensor de momento sísmico.
- Listado terremotos de los últimos 10 días: Recoge un listado de los últimos 10 terremotos sentidos y registrados por la RSN en España.
- Terremotos sentidos en los últimos treinta días: Recoge un listado de los últimos 30 terremotos sentidos y registrados.
- Terremotos más significativos del año: Recoge un listado de los terremotos más significativos del último año.
- Terremotos mundiales
- Estaciones sísmicas: Recoge información relacionada con la RSN y la ubicación de las estaciones sísmicas.

- Publicaciones y boletines sísmicos
- Estadísticas y cartografía sísmica
- Obtención de datos sísmicos: Dispone de un Catalogo de eventos sísmicos o terremotos y una base de datos de eventos históricos (base de datos macrosismica).

3.1.2.3.1.2 Catálogo de terremotos

El Catalogo de datos Sísmicos, consiste en una base de datos donde se recogen todos los sismos que se producen en España, (Península y Archipiélago Canario), tanto actuales como históricos (más antiguo registrado en Canarias en la base de datos del IGN 01/09/1730 en Timanfaya). Estos eventos sísmicos históricos quedan almacenados en una base de datos en función de varias variables: Localización (Latitud y longitud), fecha y hora, intensidad del evento, magnitud y profundidad.

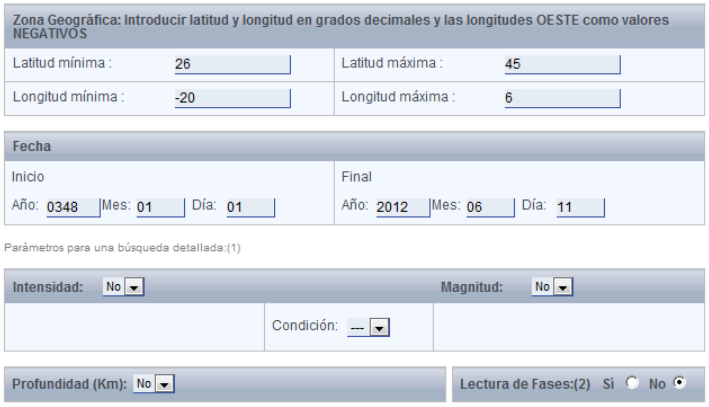
Figura: Base de datos del Catalogo de eventos sísmicos

Evento	Fecha	Hora (GMT)*	Latitud	Longitud	Prof. (km)	Mag.	Tipo Mag. (**)	Int. Máx.	Localización	info
1147372	07/06/2012	10:27:32	37.3547	-2.0780		3.3	mbLg	III	NW ARBOLEAS.AL	+ info
1146799	05/06/2012	07:29:12	37.1064	-2.7331	11	2.0	mbLg	Sentido	SW DOÑA MARÍA OCAÑA.AL	+ info
1146696	04/06/2012	12:45:35	27.7579	-18.0494	17	2.9	mbLg	II	W FRONTERA.IHI	+ info
1146140	02/06/2012	07:10:36	37.9886	-0.6178		1.6	mbLg	III	E TORREVIEJA.A	+ info
1144640	23/05/2012	15:15:46	37.9378	-0.6781		1.2	mbLg	II	S TORREVIEJA.A	+ info
1144160	22/05/2012	08:29:11	42.3794	1.0966	3	3.3	mbLg	III	SW SORT.L	+ info
1143186	15/05/2012	17:31:40	28.0641	-16.1806	29	3.4	mbLg	II	ATLÁNTICO-CANARIAS	+ info
1143083	14/05/2012	16:31:00	37.1871	-3.7589		2.9	mbLg	III	SE CHAUCHINA.GR	+ info
1142946	13/05/2012	17:38:42	38.7845	-0.6376	9	2.1	mbLg	II	NW BOCAIRENT.V	+ info

Fuente: Instituto Geográfico Nacional

La explotación de la base de datos se realiza a través de búsquedas en función de las variables recogidas para cada evento. Siendo posible ver los datos a través de la web o exportado a un txt.

Figura: Metodología de búsqueda de información en la base de datos de eventos sísmicos



Fuente: Instituto Geográfico Nacional

En Canarias, los terremotos más grandes se registraron en 1989 y 1991. El primero (mb (Lg) = 5,2) se encuentra en la zona de la fisura entre las islas de Tenerife y Gran Canaria, que dio lugar a una serie de réplicas. El segundo (mb (Lg) = 5,1) tuvo lugar a 60 km al suroeste de La Palma y no se registraron réplicas, probablemente debido a la gran distancia a la red sísmica. En el anexo VII queda recogido un listado de todos los terremotos que han tenido lugar en las Islas Canarias.

3.1.2.3.1.3 Base de datos macrosismica

La base de datos macrosismica, contiene los eventos históricos producidos únicamente en la Península Ibérica. Los datos disponibles están enmarcados dentro del módulo *"a Distributed Archive of Historical Earthquake Data*" (NA4) del proyecto europeo NERIES (2006–2010).

Gran parte de estos datos macrosísmicos publicados aparecen recopilados en el libro "Catálogo sísmico de la Península Ibérica (880 a.C. – 1900)" (2002) de los autores José Manuel Martínez Solares y Julio Mezcua Rodríguez. Para la publicación y posibilidad de adquisición de la información macrosísmica contenida se ha utilizado la aplicación MIDOP (*Macroseismic Intensity Data Online Publisher*).

Existen otras instituciones no nacionales que poseen información de eventos sísmicos como son el *International Seismological Center* y el *Nacional Geophysical Data Center*, entre otros.

3.1.2.3.2 *Base de datos del Catálogo Nacional de Riesgos Geológicos*

Los terremotos son unos de los riesgos que están incluidos dentro del Catálogo Nacional de Riesgos Geológicos que incluye también las inundaciones y los movimientos de ladera.

Este catalogo se inició en 1987 desarrollado como una base de datos de los Riesgos Geológicos por el IGME. Actualizada tras el estudio *"Análisis del impacto de los riesgos geológicos en España. Evaluación de pérdidas pro terremotos e inundaciones en el periodo 1987-2001 y estimación para el periodo 2004-2033"* elaborado por el IGME junto al Consorcio de Compensación de Seguros.

Recoge los eventos sísmicos de mayores magnitudes y que han generado ciertos daños a nivel estatal.

Estructura de la base de datos

En este caso, a cada evento se le asigna un código de identificación. Hasta 2001, existen un total de 537 registros de terremotos.

Cada evento tiene asociado una serie de tablas y campos que recoge sus características principales:

- Localización geográfica y temporal
- Características físicas de¡ evento, por ejemplo intensidad en terremotos o precipitación máxima en inundaciones
- Zonas y elementos afectados
- Daños y pérdidas ocasionados por cada evento.

Por ejemplo en la tabla de daños se recoge:

- Pérdidas sociales (personas), edificios afectados, infraestructuras, vehículos, usos del suelo en las zonas afectadas, animales afectados, efectos indirectos, pérdidas económicas, etc.
- Daños a edificios: tipo de edificio (comercio, vivienda, hospital, centro de enseñanza, etc.), tipo de daño (inundación, hundimiento, rotura, colapso, etc.), ~p valoración económica, etc.
- Daños a infraestructuras: tipo (puente, carretera, línea de ferrocarril, autovía o autopista, conducto de gas, agua potable, etc.), longitud de tramo afectado, tipo de daño (rotura, corte, daño estructura¡, hundimiento, agrietamiento, colapso, etc.), etc.
- Provincia y municipios afectados, número de muertos, heridos, personas desplazadas, evacuadas, desaparecidas, etc.
- Daños en función del uso del suelo urbano, agrícola, espacio natural, zona costera, etc., valoración económica, etc.
- Fuentes de información de los datos anteriores: tipo de fuente (ministerios, compañías de seguros, prensa, revistas técnicas o científicas, congresos, empresas privadas, agencias de noticias, etc.), nombre, dirección, ciudad, persona de contacto, etc.

Con respecto a los terremotos, de los datos sobre eventos, están incluidos en el catálogo aquellos fenómenos que por su baja intensidad o magnitud no han generado daños; por tanto, sólo se consideran en la base aquellos eventos con intensidad mayor o igual a Vi (I_{MSK} >VI) y/0 magnitud mayor o igual a 4.0 (M > 4.0). Por este motivo, la base de datos sólo incluye una pequeña parte del total de sismos históricos ocurridos en España (el total del catálogo sísmico contiene más de 22.000 registros).

En el catálogo se consideran como daños económicos aquellos valorados y declarados por organismos oficiales (Ayuntamientos, Diputaciones, Consejerías, Ministerios, etc.) y las cuantías pagadas por el Consorcio de Compensación de Seguros como indemnizaciones por los daños producidos.

Se consideran daños sociales, cuantificando el número de muertos, desaparecidos, heridos, desplazados y evacuados tras los eventos.

3.1.2.3.3 *Noticias de prensa a nivel estatal*

La agencia EFE, dispone de una base de datos EFE-data, de páginas Web de medios de comunicación y de noticias de periódicos, donde se recogen noticias sobre los eventos o desastres por riesgos naturales ocurridos en España.

3.1.2.3.4 *Listado de terremotos o sismos históricos registrados en Canarias*

A nivel de Canarias, no se ha constatado la existencia de un sistema de recopilación de eventos o desastres originados por sismos.

3.1.2.4 **Carencias de información**

A continuación se enumeran algunas de las carencias de información identificadas, referentes al riesgo sísmico tanto en Canarias como a nivel estatal.

- En la mayor parte de las noticias de prensa no se aportan detalles sobre la naturaleza de los eventos y su severidad, por lo que resulta difícil clasificarlos.
- Existe una carencia de disponibilidad de la información a nivel insular en Canarias.
- Se ha comprobado una falta de continuidad temporal de los registros y trabajos de recopilación y clasificación de información científica a nivel estatal. Si bien hay trabajos reseñables por la calidad de los datos contenidos, éstos se limitan a determinados periodos de tiempo, siendo muchas veces prácticamente imposible encontrar datos referentes a eventos ocurridos en un determinado periodo de tiempo, tanto antiguo como reciente.
- En España no hay un registro oficial de pérdidas declaradas por catástrofes naturales, ni un organismo que contraste o tase las valoraciones.
- Con respecto a los datos sobre los daños declarados y los daños reales correspondientes a eventos concretos, en general, los primeros son muy elevados y no se corresponden con la realidad. Esto se corrobora en el hecho de que en muchos casos ocurre que los daños declarados no han sido producidos por el evento en cuestión. Existe además una gran disparidad entre valoraciones efectuadas por entes públicos y privados.
- Los datos de los costes reales ocasionados por riesgos se encuentran dispersos entre distintos ministerios; su consulta completa resulta muy complicada, excepto en el caso de la información disponible en la Dirección General de Protección Civil.
- Salvo que los daños sean importantes y sea necesaria la intervención del Estado para mitigar sus efectos no ha sido posible obtener datos de valoraciones. En estos casos el Estado ofrece y gestiona, mediante figuras legales como la declaración de zona catastrófica entre otras, el pago de ayudas económicas, créditos a bajo interés, indemnizaciones, exenciones o aplazamientos de pagos de impuestos, etc. que son

reguladas en Reales Decretos y órdenes. Una vez realizada la disposición de gasto, éste se distribuye entre los distintos ministerios que lo gestionan en función de sus competencias, no existiendo un seguimiento centralizado de los costes reales invertidos en paliar los daños por catástrofes naturales.

- Las valoraciones que se hacen de pérdidas por eventos en algunos de los trabajos e información consultados, han sido realizadas con muy diversos criterios y a partir de datos muy dispares.

3.1.2.5 **Propuesta de un Inventario de Eventos Históricos en las Islas Canarias**

Puesto que ya se dispone de una base de datos por eventos sísmicos a nivel estatal, recogida en el Catalogo de Riesgos Geológicos, se propone la realización de una base similar recogiendo únicamente los eventos ocasionados en Canarias.

Esta base de datos se denominará Catalogo de Riesgos Naturales en Canarias, será similar a la desarrollada en el Catalogo Nacional de Riesgos Geológicos y recogerá la información correspondiente a los eventos sísmicos ocurridos en el Archipiélago. Su estructura general será a partir de una base de datos constituida por tablas relacionadas entre sí, que recojan la información más relevante de cada evento en este caso sísmico. Para ello, a cada evento se le asignará un código de identificación, consistente en un número de 6 cifras (de forma similar al Catalogo de Riesgos Geológicos). Cada evento tendrá asociado una serie de tablas y campos en las que se recogerán sus características principales. Todas las tablas estarán conectadas entre sí a partir del código de identificación del evento, por lo que se podrán realizar múltiples consultas a partir de los diferentes parámetros considerados. La información incluida en la base de datos será posteriormente tratada gráficamente mediante un Sistema de Información Geográfica, lo que permitirá la representación cartográfica en mapas a distintas escalas y el tratamiento estadístico de la información.

Para cumplimentar la base de datos, la información referente a los eventos históricos en Canarias, será obtenida de diversas fuentes:

- Catálogo Nacional de Riesgos Geológicos
- Notas de prensa
- Valoraciones oficiales de daños
- Información del Consorcio de Compensación de Seguros
- Datos recopilados por la Dirección General de Protección Civil
- Información recogida por los Cabildos Insulares y el Gobierno de Canarias.

Los datos necesarios para cumplimentar cada una de las tablas objeto de la base de datos, como la caracterización temporal, espacial y física de los fenómenos estudiados (terremotos,

inundaciones y movimientos de ladera) daños o costes, serán seleccionados en base a su disponibilidad, calidad, grado de detalle, homogeneidad, fiabilidad y validez para los objetivos del estudio.

La exhaustiva recopilación de la información en Canarias y de los futuros eventos, ayudará en la investigación y estimación de la peligrosidad de cada uno de los riesgos analizados, puesto que para estimar la frecuencia de los procesos, en gran medida en función de cálculos estadísticos, se requerirá una muestra de datos suficientemente grande y representativa para ser fiables.

Los datos socioeconómicos serán obtenidos fundamentalmente del Instituto Canario de Estadística (ISTAC), del Instituto Nacional de Estadística (INE) y de los Anuarios de La Caixa y Caja España.

Con respecto a la cartografía digital necesaria para la representación y tratamiento de los datos obtenidos a nivel de municipios, islas o provincias, se empleará la cartografía temática de GRAFCAN S.A..

Todos los eventos incluidos en la base de datos tendrán el mismo tipo de información, en cuanto a datos de las tablas principales correspondientes a: la distribución espacial y temporal, los municipios afectados, los daños producidos, los costes y/o pérdidas y los metadatos. Los únicos datos diferentes adaptados a las peculiaridades de cada tipo de peligro serán los que caracterizan la tabla de características físicas de los eventos. En concreto, se plantean 6 grupos de tablas principales:

Datos temporales y espaciales: Estos datos son comunes para cualquier tipo de evento. Debe recogerse:

- el ID del evento:
- Fecha
- Situación (coordenadas X Y, en UTM 28 del lugar donde se ha producido el evento, denominación del lugar)

Datos de caracterización física del evento:

- Municipio epicentro
- Registro
- Intensidad (MSK)
- Profundidad focal (km)
- Magnitud (MR)
- Duración (s)
- Réplicas
- Tipo : Tectónico o Volcánico
- Mecanismo focal
- Zonas afectadas
- Observaciones
- Fotografías disponibles

Datos de municipios afectados:

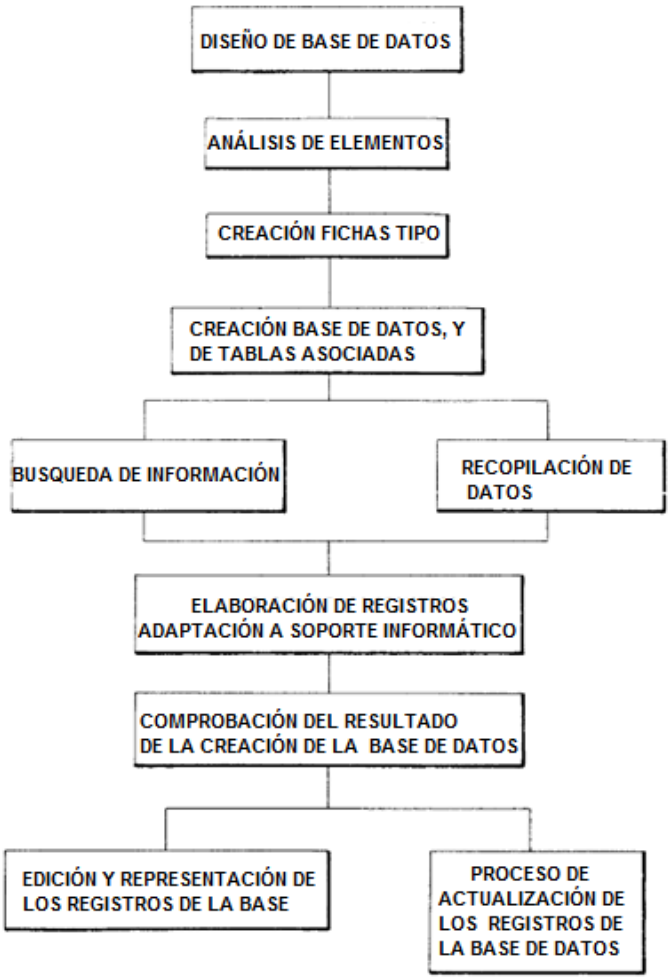
- Municipios donde se ha producido el evento y en los que se han declarado daños

Datos de daños: Descripción general cualitativa de los daños producidos por el evento.

Datos de pérdidas o costes: Valoraciones económicas de los daños ocasionados mediante las pérdidas y/o los costes que ha supuesto ese evento. Se diferenciará entre daños económicos (aquellos valorados y declarados por organismos oficiales como Ayuntamientos, Consejerías, Cabildos etc..). Daños sociales, referente a la afección a la población (pérdida de vidas, nº de heridos, etc..).

Metadatos: Incluirá las fuentes de la información y la fecha de realización y/o modificación.

El esquema de cada uno de los pasos a seguir en la realización de la base de datos:



En el anexo VIII aparece descrito con detalle la metodología para la realización del catálogo propuesto.

3.1.2.6 Parámetros generales necesarios para la identificación de los peligros o amenazas por riesgo sísmico

A continuación, se identificarán los parámetros o elementos generales que sirven de información base, para llevar a cabo la identificación de la peligrosidad sísmica. Según las experiencias llevadas a cabo, el primer paso es utilizar la información existente respecto a los eventos sísmicos, por lo que se parte del Catalogo de terremotos o eventos sísmicos (Banco de datos sismológico del Instituto Geográfico Nacional).

Para caracterizar la peligrosidad sísmica es necesario primero identificar las fuentes potenciales de los terremotos en un determinado lugar y evaluar las propiedades físicas de los materiales que constituyen el terreno bajo el lugar especifico (Efecto Local), calcular los efectos que pueden producir y la probabilidad de que ocurran.

3.1.2.6.1 *Catalogo de terremotos o eventos sísmicos*

Este catalogo permite identificar las zonas donde se han registrado eventos sísmicos a partir de las coordenadas (latitud y longitud) del punto donde se produce el terremoto. Es decir, lo que se obtiene son los puntos del epicentro donde se ha producido el seísmo.

Serán extraídos del catálogo aquellos eventos cuya magnitud sea superior a 2,5 puesto que únicamente los terremotos de intensidad (EMS-98) superior a III, son los sentidos por la mayor parte de la población, indicando las coordenadas del evento. Otros datos que son relevantes del catalogo y es necesario extraer son:

- *La fecha en la que se produce el terremoto,* con el fin de poder estimar la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los sismos. Esta fecha quedara recogida con la hora exacta en la que se produce el evento. En formato día/mes/año.
- La *magnitud:* medida objetiva de la potencia del sismo medida a través de los sismógrafos y expresada en forma de la energía liberada. La escala establecida por Richter o la escala de magnitud local (ML) es una escala logarítmica expresada en valores decimales.
- La *intensidad macrosismica del terremoto*: estimación subjetiva de los efectos que produce el sismo en un punto y que dependen de diversos factores como son la magnitud del sismo, la profundidad, la distancia al epicentro y las características de vulnerabilidad del suelo, de las estructuras y de los elementos vulnerables. El valor de la intensidad depende del método subjetivo utilizado, al contrario de la magnitud que es objetiva y medible. Una misma magnitud puede originar diferentes intensidades en función de diferentes parámetros como el tipo de terreno y los elementos vulnerables. Existen diferentes escalas en Europa, pero la más utilizada es la Medvedev-Sponheuer-Karnik (MSK), siendo la EMS-92 la nueva versión de escala de intensidades (que completa la definición de la escala de

intensidad MSK) y que es la utilizada en España, que presenta valores de I al XII. La estimación de la intensidad permite estimar el daño que puede generar un terremoto.

Dado que las escalas de magnitud e intensidad son diferentes, es posible establecer una correspondencia aproximada entre la magnitud de un sismo (Richter) y la intensidad percibida (EMS-92/MSK). (Anexo III)

Tabla: Relación entre la escala de intensidades (EMS-92) y la escala de magnitudes de Richter.

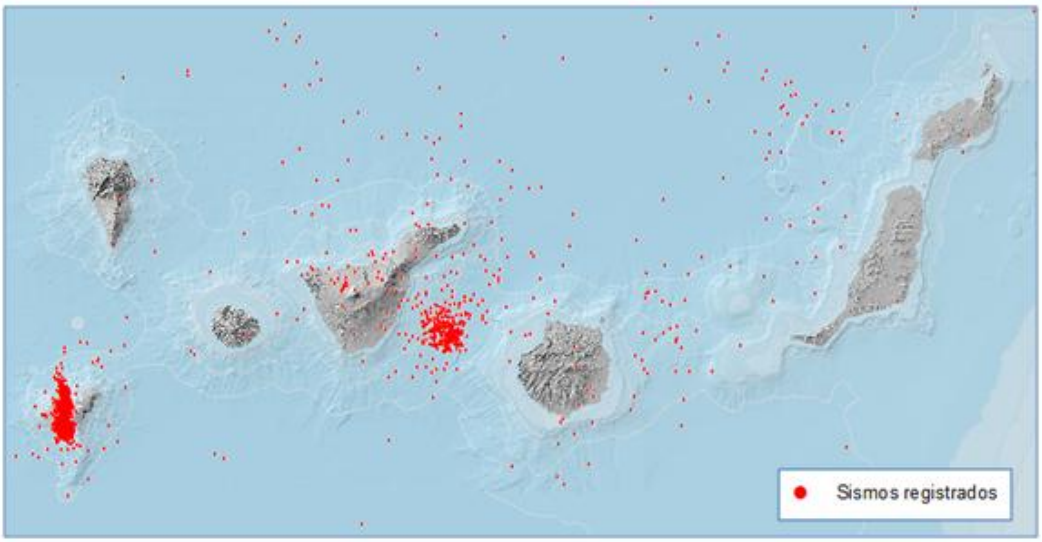
Magnitud (Escala Richter)	Intensidad MSK
3-3,9	Grado IV
4,0	Grado V-VI
4,1-4,3	Grado VI
4,4	Grado VI-VII
4,5-4,8	Grado VI
4,9	Grado VII-VIII
5,0-5,3	Grado VII
5,4-5,5	Grado VIII - IX
5,6-5,9	Grado IX
6,0-6,1	Grado IX - X
6,2-6,5	Grado X
7,0	Grado XI
7,5	Grado XI-XII

Fuente: Instituto Geológico Catalán

Considerando estos criterios y la información obtenida, el catalogo de eventos sísmicos será uno de los elementos base para estimar la peligrosidad sísmica.

La información extraída del catálogo de eventos sísmicos, será almacenada en una tabla Excel (TCatsismos) y formará parte de la geodatabase de RIESGOMAP. Se representará mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG), a través de un feature class denominado Cat_sismos. La metodología para obtener y organizar los datos del catálogo de eventos sísmicos, almacenándolos en una tabla Excel y representándolos mediante una feature class, aparece detallada en el anexo V.

Figura: Registro de eventos sísmicos que han tenido lugar en Canarias



Fuente: Instituto Geográfico Nacional

3.1.2.6.2 *Centros eruptivos, dorsales y fisuras tectónicas*

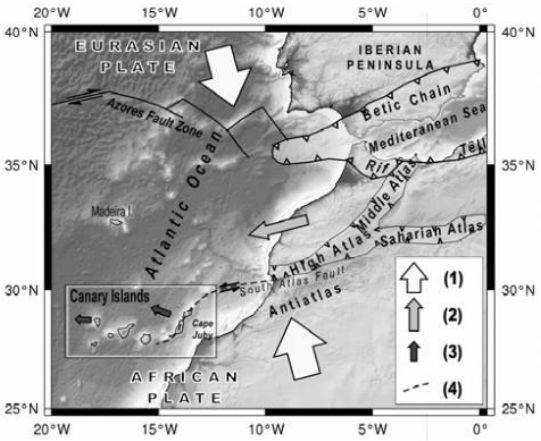
Las Islas Canarias son de origen volcánico. La mayor parte de sismos registrados en las mismas, están ocasionados por procesos volcánicos, siendo su magnitud baja. Los seísmos de mayor magnitud tiene origen en las fisuras tectónicas identificadas entre las islas, si bien el numero de eventos vinculado a procesos tectónicos es mucho más reducido que los anteriores.

Observando la cartografía geológica de detalle de las islas (MAPA DIGITAL CONTINUO DE CANARIAS), se pueden obtener los centros eruptivos.

En las islas de Tenerife, El Hierro, Lanzarote y La Palma, la ubicación de los centros eruptivos y concentración de los eventos sísmicos registrados, permite identificar unas bandas estrechas correspondientes a las zonas de rift o dorsales activas (Carracedo, 1994), zonas de debilidad cortical donde el magma es más proclive a ascender. La intensa actividad efusiva controlada estructuralmente por estos ejes ha generado en estas zonas crestas montañosas alargadas, sobre las que han surgido multitud de conos estrombolianos de diferentes tamaños.

La información de estas zonas de dorsales o rift es información que se encuentra implícita en la distribución de los centros emisores eruptivos, puesto que cuando la erupción ha tenido lugar a través de fisuras, se produce una fuerte y significativa alineación de los conos volcánicos y concentración de los mismos.

Respecto a las fisuras tectónicas existentes, Canarias se ubica en una zona intraplaca, si bien recientes observaciones geofísicas y paleoseismologicas también han demostrado claramente la ocurrencia de sismos tectónicos [Mezcua et al, 1992; González de Vallejo et al, 2003.].

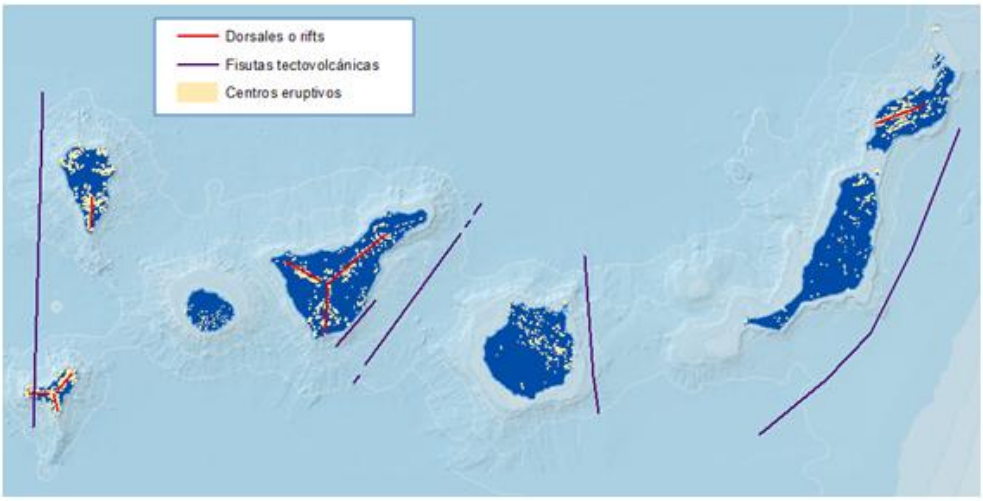


Marco tectónico regional de las Islas Canarias. (1): Dirección General de la colisión entre Eurasia y las placas africanas. (2): Escape de África del Norte hacia el Océano Atlántico (Gómez et al, 1996). (3): dirección extensional en el este de Canary Islands y La Palma (Fernández et al, 2002). (4): Supone la prolongación mar adentro de la Falla del Sur Atlas (Emery & Uchupi, 1984).

A partir de los estudios llevados a cabo de las estructuras tectovolcanicas existentes en Canarias, la principal fisura tectónica del archipiélago y la más activa, se encuentra entre las islas de Tenerife y Gran Canaria. En este ámbito, aparece una falla NE-SO que fue descrita por primera vez por Bosshard y McFarlane (1970) y más tarde por Mezcua et al. (1992). El resto de fisuras conocidas actualmente, han sido descritas posteriormente por Carbó et al, 2003 y González de Vallejo et al, 2003.

Esta información será extraída y representada en un Sistema Información Geográfica (SIG) mediante un feature class denominado Fis_dor. En el anexo V se describe la metodología para obtener la información.

Figura: Ubicación de los centros eruptivos, dorsales o rifts y fisuras tectónicas.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información del Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias (GRAFCAN) y de las dorsales y fallas descritas por Bosshard and McFarlane, 1970; Mezcua et al., 1992, Navarro, 1974, Carbó et al., 2003, González de Vallejo et al, 2003.

3.1.2.6.3 *Litologías geológicas*

Las Islas Canarias son de origen volcánico y presentan diferentes tipos de litología, según la isla. Estas litologías están caracterizadas en los Mapas Geológicos de cada una de las islas. De esta forma se pueden conocer y caracterizar las propiedades físicas de cada uno de los

materiales existentes en el terreno y evaluar cómo pueden transmitir las ondas sísmicas generadas por un terremoto.

Esta información de las litologías será obtenida del Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias.

3.1.2.7 **Metodologías existentes de estimación de la peligrosidad sísmica**

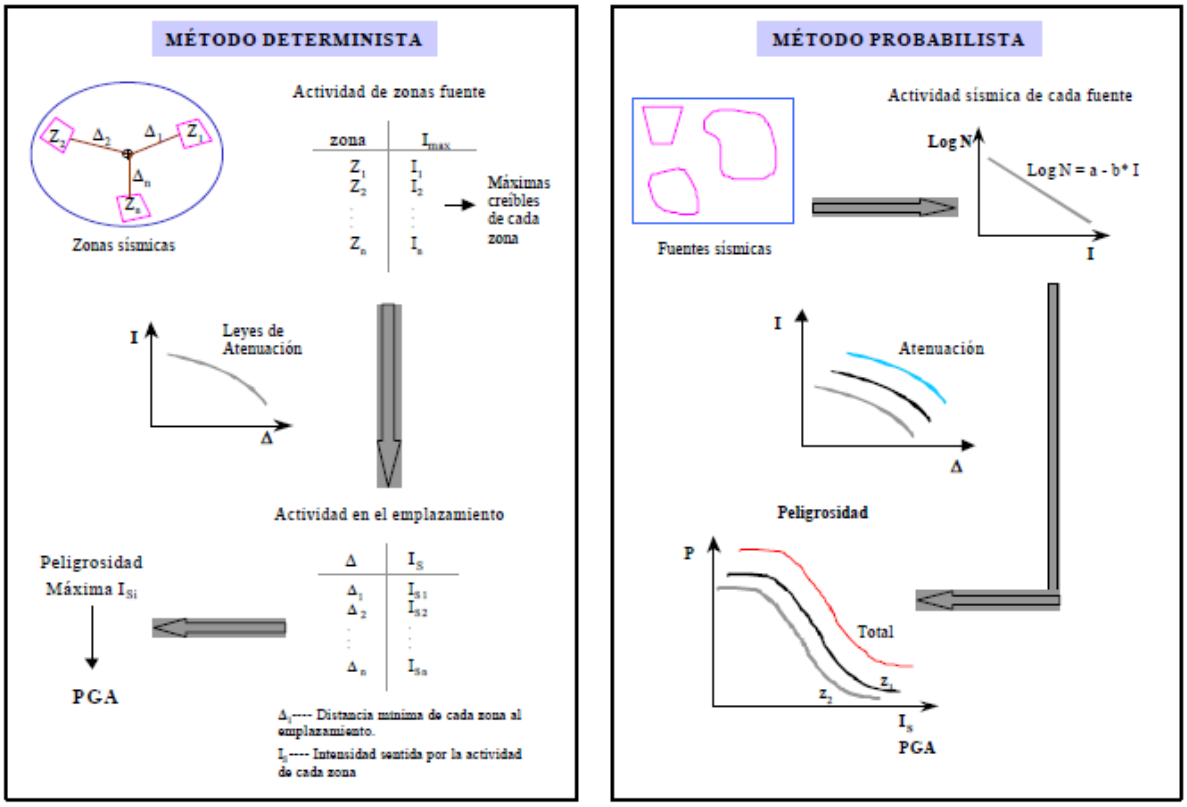
3.1.2.7.1 *Introducción*

Para estimar la peligrosidad sísmica existen varios métodos, que difieren entre ellos en la manera de considerar la sismicidad del área de influencia.

Los primeros métodos son de **tipo determinista**, que toman fundamentalmente como parámetro de estimación, la aceleración pico del suelo (*peak ground acceleration* o PGA), valor máximo que toma la aceleración en el acelerograma, en la transmisión por el terreno de la energía originada por un sismo. Aunque frecuentemente se utiliza la intensidad macrosismica, por ser un parámetro más fácil de obtener y del que se existe una mayor información y registro. Estos métodos parten de los eventos sísmicos registrados en una zona, evaluando los valores máximos de los mismos y aplicando leyes de atenuación según la litología. Dan información del movimiento esperado en la zona de estudio, teniendo en cuenta el escenario de diseño o sísmico más desfavorable (sismo de mayor tamaño). Sin embargo, no permiten determinar con que probabilidad de ocurrencia se producirá ese evento.

Posteriormente, surgieron **los métodos probabilistas o probabilísticos** (Cornell, 1968), que permiten mediante estudios estadísticos, a partir de la actividad sísmica en la zona y de las leyes de atenuación, ofrecer probabilidades anuales de ocurrencia de un evento.

Figura: Esquema de los métodos de cálculo de la peligrosidad sísmica deterministas y probabilistas



Métodos deterministas

Ventajas

– Son transparentes y de simple aplicación

– Es fácil verificar el sismo de diseño y el movimiento del suelo predicho

– No requieren dar un nivel de seguridad aceptable

Desventajas

– No dan medida de incertidumbre

– Frecuentemente se interpreta como la peligrosidad, aunque no sea así

– No contempla la variable tiempo

Métodos probabilistas

Ventajas

– Da un nivel de peligrosidad consistente para todos los sitios

– Considera la tasa de actividad de los terremotos

– Integra estimaciones de incertidumbre

– Integra diferentes modelos alternativos

Desventajas

– Se pierde el concepto de terremoto de diseño (tipo de sismo característico en la zona a partir del sismo de mayor tamaño)

– Los resultados son más difíciles de interpretar y verificar

– Requiere elegir explícitamente una función y nivel de probabilidad

Fuente Peligrosidad Sísmica. Benito B. y Jiménez Mº. E., E.U.I.T. de Topografía (Universidad Politécnica de Madrid)

Recientemente se han propuesto métodos de evaluación de la peligrosidad que combinan aspectos probabilistas, como son la estimación de probabilidades anuales y las correspondientes incertidumbres, con aspectos deterministas, como el hecho de proporcionar un escenario de diseño. La mayoría de estos métodos buscan conferir mayor robustez a los

resultados del análisis de peligrosidad, especialmente en los estudios dirigidos al diseño sismorresistente de estructuras en emplazamientos específicos (p.ej., Orozova y Suhadolc, 1999; Romeo y Prestininzi, 2000; Marcellini et al., 2001; McGuire, 2001; Kochkin y Crandell, 2003).

Por último, la metodología PSHA (*probabilistic Seismic Hazard Assessment*), es la metodología más avanzada y constituye una mejora de los métodos convencionales del cálculo probabilista de la peligrosidad sísmica porque incorpora nuevos elementos cuya relevancia se ha venido evidenciando durante los últimos años, como son el análisis cuantitativo de incertidumbres y la desagregación de la peligrosidad.

Los estudios de peligrosidad sísmica a escala regional se obtienen a partir de estudios de **macrozonificación** y se encargan de la evaluación del parámetro PGA; mientras que los estudios de peligrosidad a escala local o de **microzonificación** tienen como objetivo principal la determinación de la función de transferencia (ecuación de la ley de atenuación adaptada a la zona), y consecuentemente evalúan el parámetro PGA. La microzonificación se diseña para mostrar la variación espacial del riesgo, a fin de concentrar los recursos y enviar los equipos de emergencia durante los períodos de crisis. A largo plazo, permite dictar normas encaminadas a la ordenación del territorio y construir las infraestructuras del modo menos vulnerable posible.

3.1.2.7.2 *A escala nacional o estatal*

De forma general, como fuente de estimación y valoración de la peligrosidad del riesgo sísmico, a nivel nacional, se dispone de los **Mapas de Peligrosidad Sísmica (2002) de España**, desarrollados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), a escala 1:1.250.000 para un periodo de retorno de 500 años, utilizados para la elaboración de la Norma de Construcción Sismoresistente (NCSR-02). Estos mapas se han realizado a partir de los registros procedentes de las redes de sismógrafos y de la documentación de épocas anteriores recogidas en crónicas históricas, lo que ha permitido recopilar información que se remonta hasta los siglos XIV y XV. Canarias se ubica en zonas donde la aceleración sísmica básica varía entre 0,04 g y 0,08 g, lo que se corresponde una intensidad de VI (escala EMS-98).

Actualmente, el IGN esta elaborando un nuevo mapa de peligrosidad sísmica que se nutrirá de los datos que proporcionan los sismos registrados en los últimos años y el mejor conocimiento de los sismos históricos.

Figura: Mapa de peligrosidad sísmica en España, según la clasificación EMS-98.

Fuente: IGN

El **Plan PRIGEO (Plan de Cartografía de Riesgos Geológicos)** desarrollado por el IGME y que se aprobó en 2005, se trata de un plan de 10 años (2005-2015) que se está elaborando con el objetivo de crear una infraestructura cartográfica sobre riesgos geológicos, diseñar un sistema de información (SIRGE), homogeneizar el tratamiento y explotación de la investigación en está temática, y contribuir a las políticas de divulgación y educación ambiental. Los peligros geológicos a estudiar son: terremotos, tsunamis, volcanismo e inundaciones, movimientos del terreno y aludes, y peligros ligados a la dinámica litoral.

3.1.2.7.2.1 Escala autonómica o Canarias

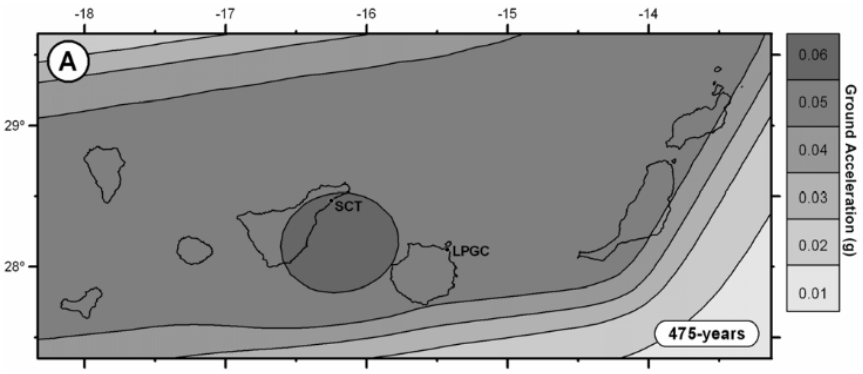
En Canarias, está vigente el **Plan Especial de Protección Civil y Atención de Emergencias por riesgo sísmico en la Comunidad Autónoma de Canarias (PESICAN)**, aprobado en el D 72/210, de 1 de julio y publicado en el BOC nº 139, el 16 de julio de 2010. Este plan sigue las directrices del Plan Director de Protección Civil de Emergencias de la CC.AA de Canarias (PLATECA) en el que se establecen las pautas de actuación necesarias para responder ante un riesgo sísmico. Uno de los objetivos que se establecen en el PESICAN es la zonificación del territorio en función del peligro sísmico, identificando las zonas de mayor peligrosidad.

Como método de identificación de los riesgos sísmicos, el plan detalla la actual Red de Alerta Sísmica de Canarias, que registra los movimientos sísmicos en las islas y sirve para establecer las alertas por riesgo sísmico, cuyos datos utiliza el IGN para crear el **Catalogo de Riesgos Sísmicos.** Este catalogo se puede utilizar para estimar la peligrosidad sísmica, en función de los

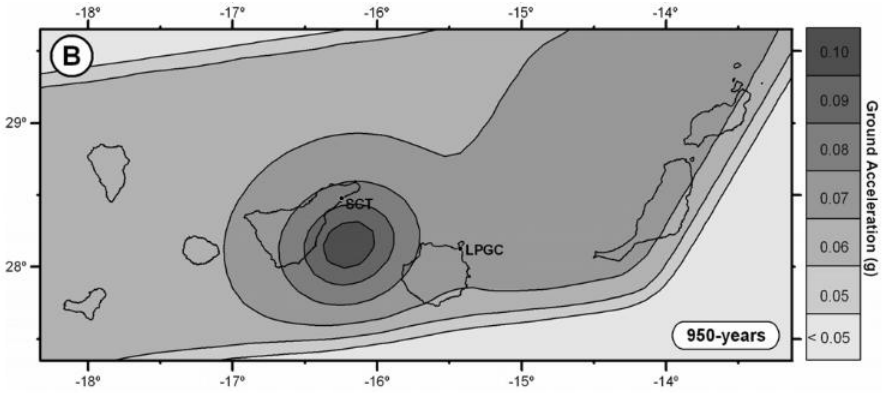
datos históricos, determinado los puntos donde existe una mayor probabilidad de producirse estos eventos, si bien no proporciona el periodo de frecuencia de los mismos.

Con un mayor detalle y desarrollando métodos probabilísticos y deterministas, el Departamento de Geodinámica de la Universidad Complutense de Madrid, ha realizado un **Mapa de Peligrosidad Sísmica genérico en las Islas Canarias**, cuya metodología queda recogida en el artículo *"Seismotectonics and Seismic Hazard of the Canary Islands"*[2]. Para ello, definen tres zonas sismogénicas teniendo en cuenta los datos de sismicidad (eventos sísmicos), tectónica (ubicación de fisuras y dorsales) y los datos geofísicos de Canarias. De tal forma que se estima la magnitud de recurrencia de un terremoto en cada una de las zonas sismogénicas, obteniendo la aceleración máxima del suelo (PGA), a partir de una ley de atenuación adaptada a las características rocosas hawaianas, al no disponer de información en Canarias. El análisis probalístico se realiza siguiendo el Método de Poisson (Cornell 1968, McGuirre 1995) y el cálculo del riesgo sísmico mediante el programa CRISIS desarrollado en el Instituto de Ingeniería de la UNAM (México) [Ordaz et al., 2001]. Como resultado se obtiene para todas las islas que componen el archipiélago, la peligrosidad sísmica en términos de PGA para un periodo de retorno de 475 y 950 años. Además, se efectúa un análisis determinista (DSHA) en las dos capitales Santa Cruz de Tenerife y Las Palmas de Gran Canaria, obteniendo valores de 3,5 a 2 veces superiores a los PGA obtenidos por métodos probabilísticos.

Figura: Peligrosidad de riesgo sísmico en Canarias en términos de PGA para un periodo de retorno de 475 años y de 950 años.



[2] Seismotectonics and Seismic Hazard of the Canary Islands, L.I. GONZÁLEZ DE VALLEJO, J. GARCÍA-MAYORDOMO, AND J.M. INSUA Complutense University, Department of Geodynamics, Madrid, Spain. INTERNATIONAL CONFERENCE 250TH ANNIVERSARY OF THE 1755 LISBON EARTHQUAKE (1-4 November 2005 Lisbon – Portugal)

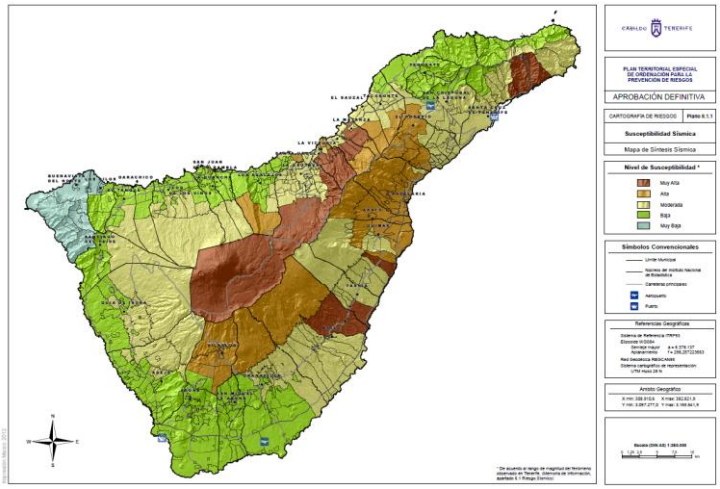


Fuente: Seismotectonics and Seismic Hazard of the Canary Islands, Gónzalez de Vallejo, L.I., García-Mayordomo, J., y Insua, J.M. , 2005.

3.1.2.7.2.2 Escala insular

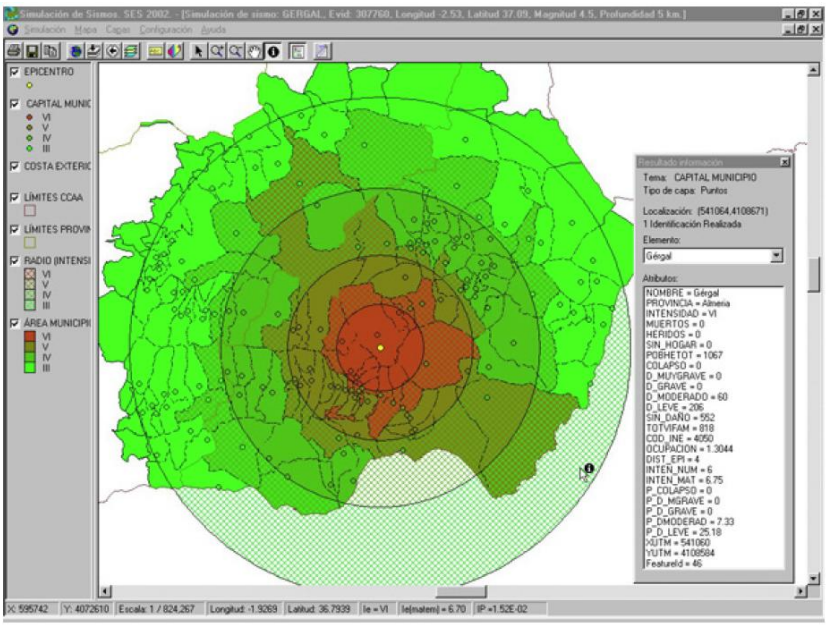
A nivel insular, únicamente en la isla de Tenerife se ha realizado un primer Mapa de susceptibilidad sísmica. Este mapa se incluye en el **Plan Territorial Especial de Ordenación para la Prevención de Riesgos de la isla de Tenerife (PTOPRT)**, aprobado el 30 de marzo y publicado en el BOC nº 94 de 14 de mayo de 2012. Este plan surge como instrumento de desarrollo del Plan Insular de Ordenación de Tenerife (PIOT), donde se efectúa un análisis territorial a nivel insular de los riesgos de la isla. El plan elabora un mapa de susceptibilidad sísmica de la isla de Tenerife a escala 1:250.000, tomando como unidad espacial los núcleos de población del Instituto Nacional de Estadística (INE) en la isla de Tenerife. El mapa se realiza a partir del catalogo sísmico y del Mapa de peligrosidad sísmica (2002), como elementos de partida. A partir de los mismos y utilizando la metodología del SES 2002, se obtiene un mapa de susceptibilidad, al no poder estimar la peligrosidad con la información disponible, ya que no se considera el numero de eventos esperables por cuadricula y los periodos de retorno.

Figura: Mapa de susceptibilidad sísmica en la isla de Tenerife



Fuente: Plan Territorial Especial de Ordenación para la Prevención de Riesgos de la isla de Tenerife

A nivel municipal, otra fuente que permite estimar la peligrosidad sísmica, es el proyecto de **Simulación de Escenarios Sísmicos (SES)**, desarrollado en 2002 (primera fase), por los Servicios de la Dirección General de Protección Civil de España. Es una aplicación informática que realiza, de manera automática, estimaciones de las zonas de peligrosidad y de los daños provocados en territorio español por terremotos hipotéticos o reales. Para cada municipio (unidad territorial mínima de cálculo) y terremoto simulado, se obtienen las estimaciones de distribución de intensidad sísmica y de daños a la población y a las viviendas. Representando además, elementos de interés para la Protección Civil, todo ello en un visualizador cartográfico específico, tipo SIG (Sistema de Información Geográfica).



Este sistema tiene como objetivo proporcionar una visión lo más precisa posible de las consecuencias que ocasionarán los terremotos, facilitando la planificación de las medidas, de los medios y recursos necesarios para la intervención en futuras emergencias. Si bien, lo que se estima como resultado final es el riesgo sísmico, y no la peligrosidad, puesto que da valores de daños, si que se puede utilizar para identificar las zonas donde se concentra el peligro y por tanto de mayor peligrosidad.

Por último, existen estudios de **peligrosidad sísmica de detalle (microzonificación),** basados fundamentalmente en análisis probabilísticos tipo PSHA (*Probabilistic Seismic Hazard Analysis*), junto a métodos deterministas (escenarios tipo) y simulaciones que parten de la información del catálogo de eventos sísmicos y de otros elementos relacionados con la sismicidad (geotécnia, geología, aceleración de las rocas). Tienen como objeto generar información sobre el nivel de aceleración o la frecuencia espectral a la que están sometidas una zona concreta del territorio. Son los que mayor fiabilidad aportan debido a que se estima la peligrosidad sísmica para un periodo de retorno dado y para su elaboración requieren de análisis estadísticos específicos adaptados a la zona concreta del territorio. Está metodología está muy desarrollada por el USGS (*U.S. Geological Survey*), que incorporan los últimos avances en la materia confeccionado gran cantidad de mapas de peligrosidad sísmica, que incluyen las islas

de Hawai. En España se han realizado estudios similares en la ciudad de Barcelona[3], Granada[4] y Lorca[5], así como en la zona de Guimar y La Orotava (Tenerife)[6] para estudiar los paleo-deslizamientos.

Las fases de un estudio PSHA para determinar la peligrosidad se resumen en:

1. Descripción de la sismicidad. Ello conlleva, en primer lugar, la adopción del modelo de sismicidad a utilizar, es decir, la distribución geográfica de los sismos de una zona y la distribución de tamaños de los mismos, que puede ser zonificado (incluyendo la determinación de la geometría de las zonas sismogenéticas y de las fallas) o bien no zonificado. En este paso es fundamental contar con un catálogo sísmico fiable. En segundo lugar, se debe elegir el modelo de recurrencia temporal, por el que se establece la relación entre la frecuencia de ocurrencia de sismos y su magnitud u otros parámetros de sismicidad (magnitudes umbrales y máximas esperadas, intensidad, etc.). Los dos modelos más utilizados son el modelo de distribución frecuencia de ocurrencia-tamaño y el modelo temporal de ocurrencia. En el caso del primero, el más utilizado es el modelo de Gutenberg-Richter, que relaciona frecuencia de terremotos y magnitud (Gutenberg y Richter, 1944). La ley Gutenberg-Richter establece una proporción constante entre el número de sismos grandes y pequeños para una determinada zona, asumiendo que el número acumulativo de sismos que superan cada grado de magnitud varía linealmente con este parámetro. En el segundo caso, se utiliza el modelo de Poisson, que asume que los sismos ocurren de manera aleatoria en el tiempo (Cornell, 1968), que es quizás el más usado en la estimación de la peligrosidad sísmica.

2. Determinación del modelo de predicción del movimiento del suelo o ley de atenuación, para la zona en cuestión. Una vez determinado el modelo de sismicidad de la región de interés para el estudio PSHA, incluyendo los parámetros característicos de cada zona sismogenética, se debe establecer la ley de atenuación, que relaciona el movimiento del terreno (definido por algún parámetro que normalmente es la aceleración PGA) con el parámetro que establece el

3 "Simulación de escenarios de daño sísmico en zonas urbanas" Yépez Moya F., Barbat y Josep, A.H, CANAS A., (1996). E.T.S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Universitat Politécnica de Catalunya.

4 "Análisis del riesgo sísmico en zonas urbanas ,mediante sistemas de información geográfica. Aplicación a la ciudad de Granada". Iglesias Asenjo, S., Irigaray Fernández, C. y Chacón Montero, J.. 2006.

5 "Evaluación de la peligrosidad sísmica en la región de Murcia". Proyecto RISMUR. B. Benito, J. M. Gaspar-Escribano, J. García-Mayordomo, M. E. Jiménez Peña y M. J. García-Rodríguez Universidad Politécnica de Madrid, ETSI Topografía, Geodesia y Cartografía, 2006.

6 "Seismic scenarios for Tenerife (Canary Islands): Application to Güímar and La Orotava paleo-landslides sites" *J. García-Mayordomo, J. Seisdedos, J.M. Insua Arévalo y L.I. González de Vallejo, 2008.*

tamaño del sismo en la fuente (intensidad macrosísmica o magnitud), la distancia, y una medida de la dispersión del modelo. Algunos modelos pueden incluir otros términos como el factor del tipo de suelo, el tipo de falla causante del sismo o el tipo de sismo en función de su localización hipocentral.

3. Creación del árbol lógico y realización de cálculos (Resolución de la integral de la peligrosidad y estimación de incertidumbres). Una vez establecidos los modelos de recurrencia de terremotos, las zonas sismogenéticas donde estos ocurren, y los modelos de predicción del movimiento del suelo en la zona de estudio, se tienen todos los elementos necesarios para resolver la integral de la peligrosidad, según el planteamiento probabilista de Cornell (1968). La peligrosidad se evalúa entonces como la probabilidad de superación de un valor umbral del parámetro de movimiento en la zona de estudio, debido a la actividad de todas las zonas sismogenéticas que rodean al mismo y que pueden contribuir al movimiento esperado. El árbol lógico contempla todas las opciones que se pueden incluir en el análisis proporcionando una estimación cuantitativa de la incertidumbre epistémica del estudio PSHA y que son resueltas con el método de simulación estocástica de Monte Carlo.

4. Presentación de los resultados: curva y mapas de peligrosidad e incertidumbre. La curva de la peligrosidad en un cierto sitio proporciona la probabilidad anual de excedencia o su inversa –el período de retorno– (en ordenadas) de una serie de valores de un determinado parámetro del movimiento (en abscisas), normalmente el PGA. Para establecer esta curva se requiere resolver la integral de la peligrosidad para varios valores del parámetro del movimiento (normalmente PGA). Para estimar la peligrosidad en un área extensa, se calcula el período de retorno (o la probabilidad de excedencia en t años) de un determinado nivel de movimiento en una serie de sitios, generalmente en una malla de puntos equi-espaciada cubriendo el área de estudio, y se genera un mapa de isolíneas mediante interpolación (Frankel, 1995) correspondiente a los mapas de peligrosidad sísmica.

Esta metodología PSHA esta estandarizada en España por el código Expel[7]. El objeto del Código establecer una metodología común para estimar la peligrosidad sísmica y agilizar los cálculos de peligrosidad sísmica en la línea metodológica PSHA.

Para llevar a cabo los análisis estadísticos existen diversos programas informáticos, tanto de libre disposición como comerciales que permiten calcular los procesos estadísticos para

[7] Código Expel: Estandarización del PSHA, desarrollado en la ETSITGC (Escuela Técnica Superior de Ingeniería en Topografía, Geodesia y Cartografía) la UPM, en el marco del proyecto EXPEL financiado por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA).

estimar peligrosidad sísmica en un emplazamiento dado, incorporando la metodología probabilista, estando desarrollados y siendo de aplicación fundamentalmente en EE.UU.: EQRISK (McGuire, 1976), FRISK (McGuire, 1978), SEISRISK I (Algermisen et al., 1976), SEISRISK II (Bender y Perkins, 1982), SEISRISK III (Bender y Perkins, 1987), CRISIS (Ordaz et al., 1999) o EZ-FRISK (Risk Engineering, 2004).

3.1.2.7.3 *Análisis de las metodologías*

Identificadas las metodologías principales, utilizadas para estimar la peligrosidad sísmica en las islas Canarias, en función del ámbito de aplicación, se lleva a cabo un análisis y evaluación exhaustiva de cada una de las metodologías identificadas, con la finalidad de determinar con la información actualmente disponible, el grado de aplicación de las mismas y cuál de ellas se plantea utilizar en el presente proyecto.

El grado de aplicación de las metodologías a la ordenación es muy variable, y puesto que se basan en métodos deterministas o probabilísticos (basados en la estadística), depende en gran medida del tamaño de la muestra (número de eventos registrados) y nunca serán métodos que determinen la peligrosidad de una forma totalmente fiable.

Es posible que en algunos casos, la información necesaria para extrapolar esta metodología a todas las islas que conforman el Archipiélago, actualmente no estén disponibles por falta de estudios al respecto, por lo que únicamente se describirá la metodología a emplear, sin que sea posible obtener y/o representar sus resultados.

A continuación se valora la fiabilidad de cada una de las metodologías analizadas:

MAPA DE PELIGROSIDAD SÍSMICA 2012

Actualización del mapa de peligrosidad de 2002 que regula la Norma de construcción sismoresistente vigente (NCSR-02), que define los requisitos para las edificaciones en España. Según la norma, la peligrosidad sísmica para un período de retorno de 500 años. En Canarias, la aceleración sísmica básica varía entre 0,04 g y 0,08 g, lo que se corresponde a una intensidad de V (escala EMS-98) en las islas de Lanzartoe y Fuertevnetura y VI en el resto. Considerándose como un nivel de peligrosidad de muy bajo a bajo.

Se basa en los eventos sísmicos registrados hasta 2012. La fiabilidad de esta metodología es elevada, ya que proporciona valores de peligrosidad sísmica y está diseñada para su aplicación en las construcciones, si bien su escala es muy elevada con poco nivel de detalle.

METODOLOGÍA DESARROLLADA A PARTIR DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE (CATALOGO DE ELEMENTOS SÍSMICOS Y CENTROS ERUPTIVOS):

Esta metodología se basa en evaluar los eventos sísmicos ocurridos en Canarias y valorar en función de la distancia los niveles de susceptibilidad. En este caso, solo se obtienen valores de susceptibilidad, al no calcular los periodos de frecuencia de cada evento. Además, es un método muy genérico, ya que no tiene en cuenta ninguna ley de atenuación del suelo y no realiza una extrapolación de los sismos a todo el territorio.

MAPA DE PELIGROSIDAD SÍSMICA GENERICO DE LAS ISLAS CANARIAS:

La metodología utilizada por González de Vallejo, et al. (2005), es de carácter probabilístico, aportando valores de peligrosidad (estima los periodos de retorno).

Es una metodología que se basa en el registro de los eventos sísmicos ocurridos en este caso solo de Canarias, por lo que la escala de aplicación es más concreta que la desarrollada por la (NCSR-02), lo que le aporta una mayor fiabilidad. La ley de atenuación utilizada para la estimación de la intensidad de los sismos es de aplicación en Hawái, cuyas características pueden ser similares a Canarias, pero sería necesario llevar a cabo un análisis de las características litologías de las islas canarias respecto a los sismos, para conformar una ley de atenuación especifica (de carácter local), para las Islas Canarias en función de los materiales litológicos que componen cada isla.

El cálculo probabilístico se realiza con un programa informático: CRISIS, diseñado en México y de aplicación en Latinoamérica.

MAPAS DE SUSCEPTIBILIDAD INSULAR (PTOPRT)

El PTOPRT determina un mapa de susceptibilidad para la isla de Tenerife mediante un método determinista, basado en los eventos sísmicos ocurridos en la isla de mayor intensidad y la mayor probabilidad de afección de los mismos. No determina la frecuencia o periodo de retorno de cada evento y utiliza como unidad administrativa el municipio, registrando los grados d magnitud de susceptibilidad según los limites de los mismos.

Aunque la escala de aplicación sea insular, debido a estos inconvenientes descritos, la fiabilidad de la metodología en su aplicación a la ordenación del territorio, se considera media.

MICROZONIFICACIÓN

Esta metodología permite obtener unos resultados cuya fiabilidad es alta, ya que la escala utilizada es pequeña, al referirse a una zona concreta y proporciona la intensidad del terremoto tipo o de control a parte de la peligrosidad. Si bien, es una metodología que necesita ser actualizada para ir ajustando los datos y sería conveniente realizar una función o

ley de atenuación que se adaptará a las condiciones de las Islas Canarias. Esta metodología es un proceso muy tedioso, cuya aplicación se lleva a cabo a nivel local, que implicaría gran despliegue de medios, estudios específicos y un periodo largo de tiempo si se buscará extrapolarlo a todo el territorio insular o incluso Canarias.

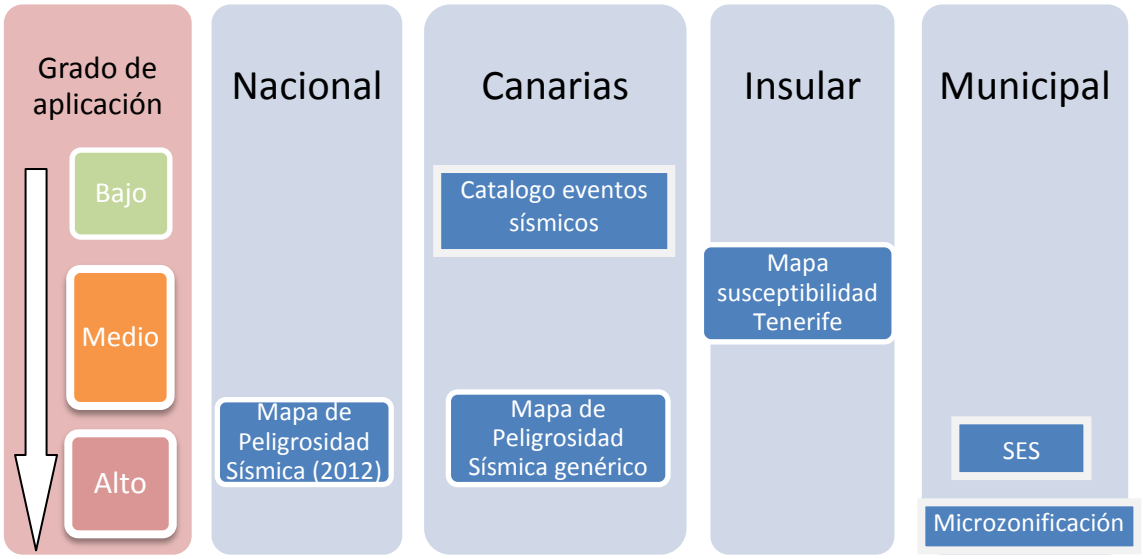
3.1.2.7.4 *Valoración de las metodologías*

Analizadas, las metodologías existentes para estimar la peligrosidad sísmica, a continuación se incluye un esquema resumen de las mismas, especificando el grado de aplicación que supone en cada caso, la estimación de la peligrosidad, en función de su escala, los elementos utilizados para su aplicación y su uso en la planificación.

Es importante tener en cuenta que la valoración de este grado de aplicación de las diferentes metodologías de peligrosidad y/o susceptibilidad sísmica, esta definida de forma subjetiva y se basa en los siguientes criterios:

- Metodologías de estimación: Se valorará la metodología utilizada para estimar los eventos sísmicos.
- Escalas de aplicación y representación: Se valora la escala de aplicación y su forma de representación, de tal forma que permita un fácil manejo de la información.
- Evaluación de su aplicación en la ordenación territorial: Se evalúa como los resultados de la metodología aplicada, permitirán llevar a cabo análisis y aplicar medidas en la ordenación territorial.
- Evaluación de los resultados obtenidos, peligrosidad o susceptibilidad: Se obtiene valores de peligrosidad, si se estima el "cuando" y "como" se producen los eventos. Se valora con mayores niveles aquellos estudios que han estimado valores de peligrosidad y no solo de susceptibilidad, por el hecho de que aportan mayor información de los eventos que se pueden producir. Si bien, esto no indica que una metodología de susceptibilidad finalmente presente mejores resultados de fiabilidad o de adapte de mejor forma a los posibles eventos sísmicos, que una metodología que indique la peligrosidad del evento. La estimación de la peligrosidad se basa en métodos probabilísticos, que dependen de la información de partida (tamaño de las muestras) y eventos registrados o datados, cuya escala temporal es muy superior a la escala humana.

Los grados de aplicación de cada metodología, son los siguientes:



3.1.2.8 **Estimación de la peligrosidad sísmica en Canarias**

Analizada la fiabilidad de todas las metodologías identificadas para estimar la peligrosidad sísmica, se comprueba que las de mayor fiabilidad, cuya realización actualmente es factible para todo el archipiélago Canario son: el Mapa de Peligrosidad sísmica de 2002 (IGN) y el Mapa de peligrosidad sísmica genérico de Canarias. Siendo este último de mayor detalle en Canarias, que el anterior.

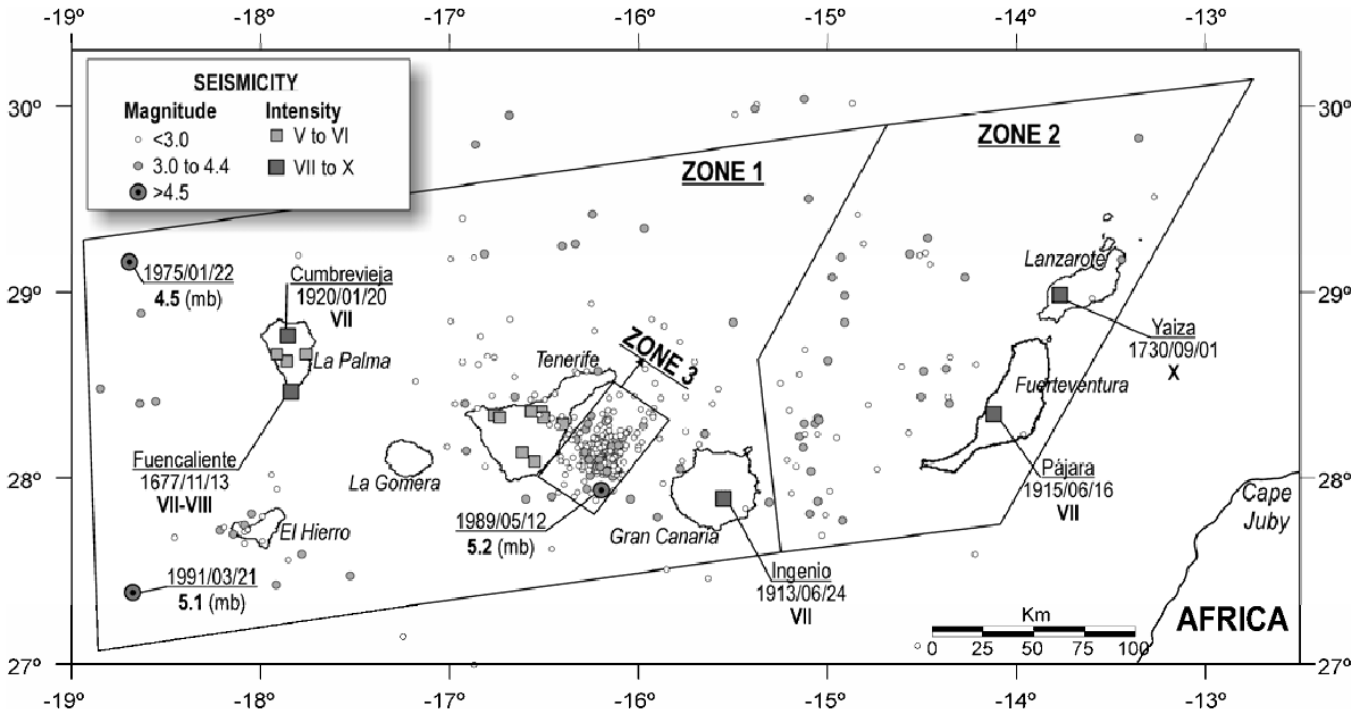
Para estimar la peligrosidad sísmica en Canarias, se utilizará la metodología desarrollada por González de Vallejo et al. (2005), llevando a cabo una actualización de la misma, registrando los últimos eventos sísmicos ocurridos en Canarias, hasta la fecha de realización del presente estudio.

Está metodología aparece desarrollada con detalle a continuación, incluyendo en el anexo IV el desarrollo exhaustivo del resto de metodologías analizadas.

Para estimar la peligrosidad sísmica de forma general en las Islas Canarias, se utiliza como metodología la desarrollada en el artículo *"Seismotectonics and Seismic Hazard of the Canary Islands",* (González de Vallejo, L.I., García-Mayordomo, J. y Insua, J.M., 2005) , que se basa en el análisis probabilístico PSHA mediante el "Método de zonas de Poisson" [Cornell, 1968; McGuire, 1995] particularizado a Canarias.

A partir de las principales características tectónicas y la distribución de la sismicidad (Catalogo de eventos sísmicos) en las Islas Canarias, es posible definir tres zonas sismogénicas o sismogeneticas distintas.

Figura: Zonas sismogenéticas



Fuente: Seismotectonics and Seismic Hazard of the Canary Islands, Gónzalez de Vallejo, L.I., García-Mayordomo, J. y Insua, J.M., 2005

En las zonas 1 y 2 se admite la ocurrencia de sismicidad baja a moderada (MWmáx=6.0), independientemente de su origen volcánico o tectónico; mientras que la Zona 3 define el área donde es previsible la ocurrencia de terremotos tectónicos de magnitud moderada a grande (MWmáx=6.8) debido a la presencia de la falla responsable de la serie sísmica de 1989 (mbLg=5.2) (Mezcua et al., 1992).

Para utilizar la distribución de Poisson exponencial (asume que los sismos ocurren de manera aleatoria en el tiempo (Cornell, 1968)), en cada zona se estiman unos parámetros sísmicos que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla: Parámetros sísmicos de la formula de Poisson en función de la zona sismogenética

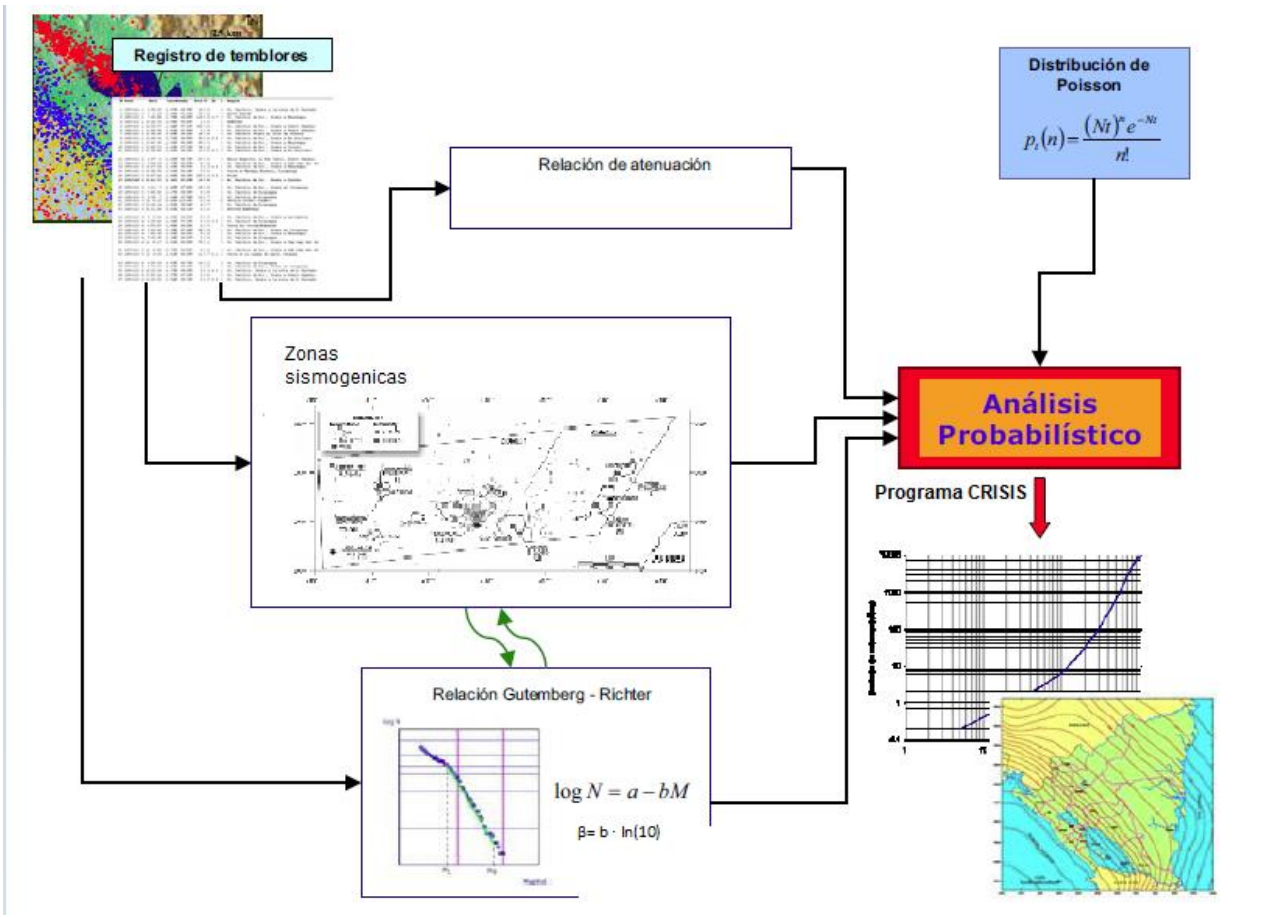
Sources	beta (β)	Mean annual exceedance rate of m_0 (λ_{m_0})	Lower bound magnitude (m_0)	Upper bound magnitude (m_1)
Zone 1	2.5871	0.1676	4.0	6.0
Zone 2	2.2183	0.0865	4.0	6.0
Zone 3	2.5871	0.00095	6.0	6.8

Fuente: Seismotectonics and Seismic Hazard of the Canary Islands, Gónzalez de Vallejo, L.I., García-Mayordomo, J. y Insua, J.M., 2005

Beta (β) y la tasa media anual (λm_0) se calcula después de la eliminación de los eventos de réplicas de la base de datos y la evaluación cuidadosa de la integridad del catálogo de eventos sísmicos. La magnitud máxima (m_1) en las zonas 1 y 2 se evalúa para el evento de máxima magnitud en cada zona (independientemente de su origen volcánico o tectónico). Mientras que la zona 3 representa la presencia de moderados-grandes terremotos tectónicos dentro de la Zona 1 (M>6). La magnitud mínima (m_0) en esta zona se fija en 6,0, mientras que la magnitud máxima (m_1) se determina a partir de datos sísmicos, geológicos y paleoseismologicos y de diferentes modelos con respecto al tamaño de la zona 3 y la incertidumbre de los parámetros sísmicos también se tiene en cuenta para estudiar la influencia de los resultados.

Para estimar la ecuación de atenuación, puesto que no se dispone de información al respecto en las islas Canarias hasta la fecha, se utiliza la fórmula obtenida por Munson y Thurber (1997) derivada de un archipiélago volcánico parecido, concretamente a partir de los datos de los sismos de Hawai [Douglas, 2003].

Para llevar a cabo los cálculos probabilísticos de la peligrosidad de riesgo sísmico se pueden utilizar varios programas informáticos, en este caso se utiliza el programa CRISIS, desarrollado en el Instituto de Ingeniería de la UNAM (México) [Ordaz et al., 1999].



Como resultado se obtienen las curvas isoaceleraciones, que proporcionan el valor de PGA para un periodo de retorno.

En el proyecto de Canarias, los resultados reflejan que para un periodo de retorno de 475 años, todas las islas se encuentran aproximadamente en el nivel de 0,05 g, excepto la parte del este y sureste de Tenerife, donde se alcanza el nivel de 0,06 g. Estos valores son del 50% y un 25% superiores a las establecidas en el Código Sísmico Español [NCSR-02], respectivamente que son calculados para un periodo de retorno de 500 años.

Para un periodo de retorno de 950 años, se obtiene que las islas más occidentales (El Hierro, La Palma y La Gomera), así como la costa más oriental de Lanzarote y Fuerteventura, muestran el nivel más bajo PGA (0,06 g).

El resto de islas se encuentran dentro del nivel de 0,07 g, además de la mitad este de Tenerife, donde PGA de 0,08 y 0,09 g se alcanzan, y una pequeña zona de la costa occidental de Gran Canaria (0,08 g). Es evidente que la Zona 3 controla la distribución de los niveles más altos de aceleración.

En esta metodología también se realizó un análisis determinista (DSHA) para las dos capitales, Santa Cruz de Tenerife y Las Palmas de Gran Canaria, llevado a cabo teniendo en cuenta el mismo modelo de fuentes sismogénicas y la misma ecuación de atenuación que en el PSHA.

En Santa Cruz de Tenerife, en el peor de los casos, es una zona controlada por la ocurrencia de magnitud 6,8 MCE de la zona 3, a una distancia mínima de 25 km, que atrae a una media de 0,21 g de estimación del PGA. Por otro lado, tanto la zona 1 o 2 controla el peor de los casos de Las Palmas de Gran Canaria, con una media de 0,16 g de PGA, estimada considerando la magnitud 6,0 MCE en estas zonas.

La metodología determinista proporcionó valores de PGA de 0,21 y 0,16 g de Santa Cruz de Tenerife y Las Palmas de Gran Canaria, respectivamente. De acuerdo con la curva de peligro sísmico probabilístico calculado en ambos sitios estos niveles de aceleración corresponderían aproximadamente a un periodo de retorno de 7.000 años y 10.000 respectivamente, lo que implica unos valores poco fiables.

Con la finalidad de evaluar los valores obtenidos de PGA en Canarias a partir de la metodología y asignarles un valor de peligrosidad sísmica, es necesario tener en cuenta como se han evaluado en otros proyectos similares, como es el caso del SISNA (Plan Especial de Protección Civil ante el riesgo sísmico en la Comunidad Foral de Navarra, 2011), o el SISMIMUR (Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo Sísmico en la región de Murcia, 2006) entre otros.

En estos proyectos la valoración ha sido:

Tablas: Ejemplos de relación en los valores de PGA y la valoración de la peligrosidad

PGA (g)	Valor peligrosidad sísmica SISMIMUR
< 0,12 g	Baja
0,12-0,16 g	Media
0,16-0,20 g	Alta
> 0,20 g	Muy Alta

Fuente. SISMIMUR

PGA (cm/s^2)	PGA (g)	Valor peligrosidad sísmica SISNA
50-70	0,05-0,07	Muy Baja
71-100	0,07-0,1	Baja
101-130	0,1-0,13	Media
131-180	0,13-0,18	Alta
181-270	0,18-0,27	Muy alta

Fuente: SISNA

Como se aprecia, en función de la zona se valora la peligrosidad dentro de ese área.

Utilizando estos valores como base para que la valoración sea coherente, según los valores obtenidos de PGA en Canarias y la intensidad de los eventos sísmicos que han tenido lugar en el Archipiélago, se han establecido los siguientes niveles de peligrosidad, teniendo en cuenta además los criterios de la escala EMS-98 de intensidad:

Tabla: Valores de peligrosidad sísmica según los valores obtenidos del PGA

PGA (g)	PGA (cm/s^2)	Valor peligrosidad sísmica
0,01-0,03	10-30	Muy Baja
0,04-0,05	40-50	
0,06-0,07	60-70	
0,07-0,08	70-80	Baja
0,09-0,10	90-100	

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 *Peligrosidad por riesgo volcánico*

3.1.3.1 Sistemas disponibles de identificación (Sistemas de vigilancia, observación y/o alerta temprana) de amenazas o peligros

Las islas Canarias son unas islas de origen volcánico (la teoría más extendida es la del Punto Caliente, Carracedo, 1994, 1999; Carracedo et al., 1998a, b; Carracedo y Pérez Torrado, 2001; Carracedo et al., 2002; Carracedo y Tilling, 2003; Guillou et al., 1996, 1998, 2004a, b), donde los procesos volcánicos presenta varios sistemas de seguimiento, alerta e identificación. Antes de analizar estos sistemas, es importante tener en cuenta que los eventos sísmicos en islas volcánicas, son indicadores precursores de una posible erupción volcánica. Por tanto, la Red Sísmica Nacional y Red Sísmica de la Estación Volcanológica, son sistemas de aplicación para la identificación de la peligrosidad volcánica.

Los sistemas actuales de identificación de peligrosidad volcánica se basan en la medición del estado de los volcanes existentes en Canarias y el registro de los cambios en su actividad. Estos cambios, que pueden ser detectados con una instrumentación apropiada, incluyen las deformaciones del suelo, la sismicidad, las variaciones de temperatura, la emisión o el cambio de composición de gases, los cambios en los campos gravitatorios y magnéticos, etc.., y pueden correlacionarse con los posibles movimientos del magma y de los fluidos asociados.

La correcta y conjunta detección e interpretación de estos cambios en términos de precursores de una reactivación volcánica son el objetivo de los sistemas de vigilancia volcánica. La vigilancia volcánica incluye la medición sísmica y otras técnicas como las geofísicas, geodésicas y geoquímicas, usando observaciones tanto fluviales como remotas para detectar cambios en el volcán y sus alrededores.

Actualmente, con el desarrollo de los satélites, varias de las observaciones físicas que se realizan habitualmente en la vigilancia volcánica se hacen desde ellos, a través de sensores remotos. No sólo suministran a veces medidas más precisas sino que permiten la vigilancia de volcanes de difícil acceso y monitorización.

Se pueden llevar a cabo las siguientes metodologías de observación de un volcán:

Observaciones sismológicas: Se realizan a través de una red sísmica instalada en las proximidades del volcán, que registra todos los temblores profundos que se producen. Una vez analizados los registros sísmicos se pueden conocer la estructura profunda del aparato, controlar los posibles movimientos del magma en su camino a la superficie y determinar el mecanismo focal del terremoto.

Observaciones geodésicas: La presión ejercida por el ascenso magmático provoca siempre alteraciones en la topografía del edificio volcánico. Muchas de ellas son precursoras de erupción y sirven para declarar la alerta máxima. Hay que detectar cambios en la topografía del edificio volcánico (inflación o deflación) relacionados con el ascenso y con el volumen de magma introducido en el edificio volcánico. Existen varios métodos para medir la deformación de un volcán: la medida de la distancia horizontal entre una base fija y un punto reflector ubicado en el edificio volcánico, para ello, se utiliza un distanciómetro electrónico (EDM); y la medida de los cambios en la pendiente del cono volcánico, utilizando los inclinómetros electrónicos *(tiltmeters*), que nos dan una medida en tiempo real de los cambios de la pendiente; o medidas de los desplazamientos del suelo en base a GPS. Entre las medidas de vigilancia geodésicas, la nivelación y triangulación son los métodos clásicos para observar las deformaciones.

Nivelación de precisión. Es el método que mide los cambios de altura en los suelos.

Inclinometría. Es otro mecanismo que mide la deformación (la inclinación) de los terrenos. La eficacia de la inclinometría depende de la longitud de sus líneas de medida.

Extensómetros. En galerías también se emplean los extensómetros.

Mareógrafos. Si un volcán se encuentra en las áreas costeras, el nivel de referencia para sus deformaciones puede ser el nivel del mar. Se conocen casos de correlación directa entre las mareas terrestres y el comienzo de una crisis eruptiva. También los mareógrafos son útiles para la detección de erupciones submarinas.

Observaciones geotérmicas: Las anomalías térmicas en los volcanes son fenómenos frecuentes que se relacionan con los periodos eruptivos o con remanencias de erupciones pasadas. En muchos volcanes inactivos, aun permanecen anomalías geotérmicas acompañadas a veces de actividad fumarólica.

Observaciones gravimétricas: Técnica que permite obtener información de la estructura profunda del volcán basándose en los contrastes de densidad que tienen los materiales que componen el edificio volcánico. A partir de datos acumulados de varias áreas volcánicas planetarias, parece deducirse que las calderas con gran emisión de piroclastos silíceos presentan anomalías negativas de Bouguer mientras que las que reúnen lavas densas las tienen positivas.

Observaciones geoeléctricas y geomagnéticas: Los comportamientos geoeléctrico y geomagnético de los volcanes dependen de su litología y de su temperatura. La conductividad eléctrica es un parámetro que varía con la temperatura y con la conductividad iónica asociada

a la circulación de fluidos, por lo que las anomalías que se producen por estas causas pueden ser medidas por un conjunto de dipolos.

Observaciones geoquímicas de gases: El estudio de los gases volcánicos es uno de los aspectos más retrasado del volcanismo. El muestreo directo en fumarolas requiere equipos ligeros y resistentes a la corrosión, lo que aun no se ha conseguido satisfactoriamente. Hay que determinar cambios en la composición química de las fumarolas y de las fuentes termales. Adicionalmente, y debido a la dificultad y peligrosidad de realizar muestreo periódicos de las fumarolas de los volcanes activo, se utiliza el COSPEC (Espectrómetro de correlación), que nos permite determinar la concentración del gas magmático SO2 en la columna de emisión. Los aportes de gases y agua de origen volcánico a los acuíferos de las zonas activas son indicadores premonitorios que se puede estudiar a través de los pozos. En algunas ocasiones, se han observado variaciones en los niveles piezométricos así como variaciones composicionales en el agua subterránea, que suponen precursores de fases efusivas.

En Canarias, actualmente existen varias administraciones que presentan sistemas para estimar la peligrosidad volcánica a través de la monitorización o vigilancia de las islas.

3.1.3.1.1 *Red de vigilancia volcánica del IGN*

Entidad: La Red de Vigilancia Volcánica está gestionada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y financiada por la Administración Estatal.

http://www.ign.es/ign/layout/volcaVolcanologia.do.

Objetivo: Desde Junio de 2004 (Real Decreto 1476/2004, de 18 de junio), el IGN tiene como competencia la "Observación, vigilancia y comunicación de la actividad volcánica y determinación de riesgos asociados". Desde esta fecha, el IGN inicia la Vigilancia y Alerta Volcánica, ampliando las labores de los diferentes Servicios hasta la fecha de la Red Sísmica Nacional y utilizando otras técnicas como la Geodesia, Geomagnetismo y Gravimetría, así como del Centro Geofísico de Canarias. Un Sistema de Vigilancia Volcánica es un dispositivo técnico-científico que permite identificar fenómenos precursores asociados a esta acumulación de energía, que, si pueden ser registrados, analizados e interpretados adecuadamente, permiten realizar el seguimiento y valoración de la actividad volcánica y el diagnóstico y pronóstico de su evolución futura**.**

Instrumentación y situación espacial: Hasta el momento, el IGN ha diseñado e implementado un Sistema de Vigilancia y Alerta Volcánica en la isla de Tenerife, con la finalidad de extenderlo a otras islas volcánicamente activas. Este proyecto en la isla de Tenerife incluye el diseño de estaciones sísmicas, geodésicas y geofísicas, del sistema de comunicaciones, y de procesamiento y análisis de datos que permita realizar un seguimiento continuado de los

cambios de los parámetros físicos asociados a la actividad volcánica, y constituya un sistema operativo de alerta (en sus fases de tranquilidad o actividad).

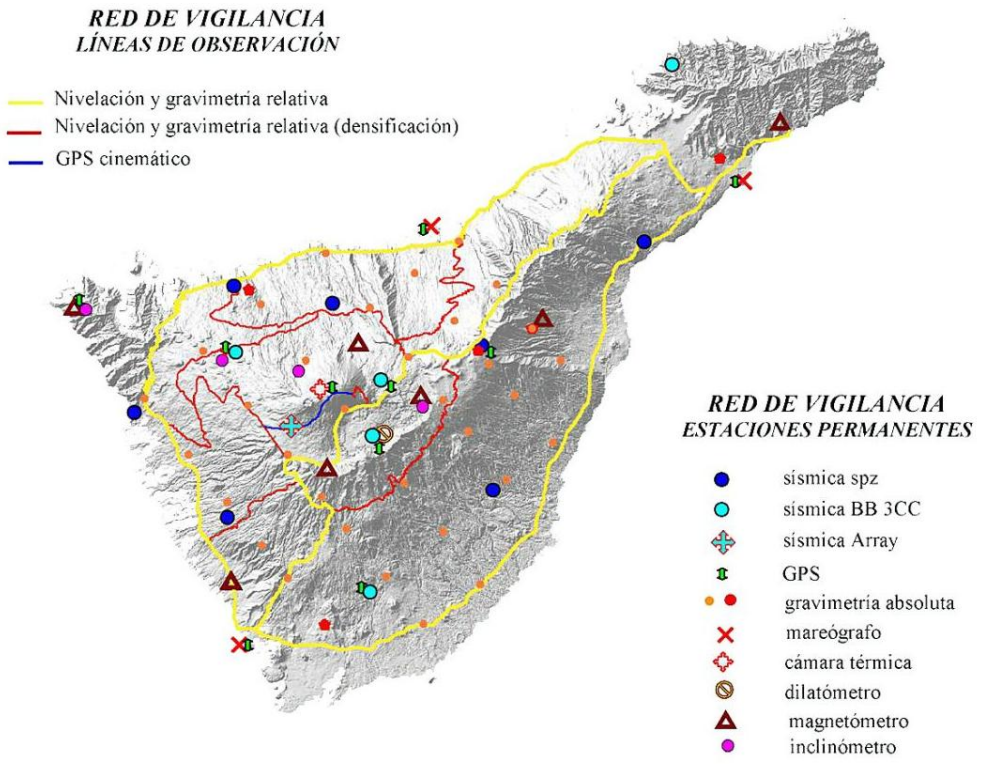
En la isla de Tenerife existen 2 estaciones sísmicas de banda ancha (CRAJ y EBAJ) y tres de corto periodo (CCAN, CICO y CHIO) diseñadas y distribuidas para el control de la sismicidad de la isla, que resultan insuficientes para las labores encomendadas de vigilancia volcánica. Por este motivo, alguna de ella se han reforzado con nuevos diseños de su infraestructura (CCAN) y además se han dispuesto 5 nuevas estaciones geofísicas y geodésicas.

- Tres estaciones de referencia fuera de la zona de influencia del Teide. Situadas en Santa Cruz de Tenerife (TN01), costa este de la isla, en el Puerto de la Cruz (TN02), en la costa norte, y Los Cristianos (TN03), en la costa sur. La instrumentación de estas tres estaciones está compuesta por un receptor GPS y un mareógrafo y de este modo es posible estudiar las deformaciones verticales de la corteza.
- En la zona intermedia de la isla se han proyectado tres estaciones de las cuales están ya en funcionamiento una en Vilaflor (TN04) y otra en el Observatorio Meteorológico de Izaña (IZAN) que pertenece a la Red Europea de Estaciones Permanentes (EPN).
- Por último, en las proximidades del volcán Teide hay previsto la instalación de cuatro estaciones, todas ellas dentro del Parque Nacional del Teide, de las cuales una de ellas ya está funcionando en Montaña Rajada (TN05).
- En la isla de La Palma, se ha instalado una estación permanente GNSS situada en el Observatorio Astronómico del Roque de Los Muchachos (IAC) en el año 2002 por IGN, la cual pertenece a la Red Europea de Estaciones Permanentes (EPN) y a la red mundial del IGS .

La Red de Nivelación de Alta Precisión ha sido ampliada hasta alcanzar los 307 Km y se ha diseñado una densa Red Gravimétrica para la medida absoluta de la gravedad y se ha ampliado la Red de Mareógrafos.

Como apoyo a sus labores, el Instituto Geográfico Nacional (IGN) colabora con el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (dentro del marco del convenio suscrito entre ambas instituciones) en el diseño, implementación e interpretación de datos de la red de vigilancia.

Figura: Red de vigilancia en Tenerife del IGN



Fuente: Instituto Geográfico Nacional

- La monitorización del sistema volcánico Teide-Pico Viejo en Tenerife consiste en los siguientes elementos:
- Evolución de la actividad sísmica (tectónica y volcano-tectónica)
- Identificación de las familias de eventos
- Detección de tremor
- Análisis de los mareógrafos, GPS, gravedad relativa y absoluta y microgravimetria.
- Análisis y procesado de datos GPS (rápido 3 horas, preciso (2 semanas)
- Monitorización de cambios gravimétricos
- Monitorización geoquímica
- Registro de tremores volcánicos, de deformaciones, de emisiones de gas, de la actividad fumarólica de su cámara magmática y del sistema hidrotermal.
- Adquisición en continuo y tiempo real de datos sísmicos y geodésicos y su procesado también en tiempo real, así como la adquisición periódica de datos geoquímicos.

Operatividad: A partir de los registros de estas estaciones de la red de Vigilancia, se generan partes de alerta que se envían a Protección Civil. Estos partes incluyen:

- Aviso Sísmico de notificación de nuevo evento
- Parte semanal del análisis completo

- En caso de actividad anómala: Árbol de eventos, mapas de peligrosidad a corto plazo, escenarios de seguimiento del Comité Científico Conjunto IGN-CSIC.

3.1.3.1.1.1 Proceso de producción

A parte del Sistema de Vigilancia Volcánica, el IGN dispone de un sistema de predicción. El proceso de predicción desarrollado por el IGN, tiene como objetivo alertar a las autoridades a tiempo para implementar los planes de emergencia y llevar a cabo la monitorización de la crisis volcánica.

La predicción se basa en varias fuentes de datos:

- **Escenarios:** Simulación numérica de distintos peligros volcánicos en el programa VORIS.
- **Flujos de lava:** Modelos probabilísticos de máxima pendiente (Felpeto et al. 2001)
- **Oleadas piroclásticas:** Modelo de cono de energía (Malin and Sheriden, 1982)
- **Caída de cenizas:** A partir del modelo 2.4D Modelo de advención-difusión (Floch y Felpeto 2005) y Fall 3d (Consta et al 2006).
- **Susceptibilidad:** Se estima la probabilidad espacial de alojar un punto de emisión (centros de emisión menores de 30 años o mayores de 30 años, tanto máficos como felsicos).
- **Red de vigilancia**: Datos obtenidos de la red de vigilancia.
- **Árbol de eventos:** Listado de eventos históricos.

Figura: Fases metodológicas proceso de predicción sistema de Red de vigilancia IGN

Fuente: Elaboración propia

3.1.3.1.2 *Red de vigilancia volcánica del ITER (Instituto Tecnológico y de Energías Renovables de Canarias) INVOLCAN (Instituto Volcanológico de Canarias)*

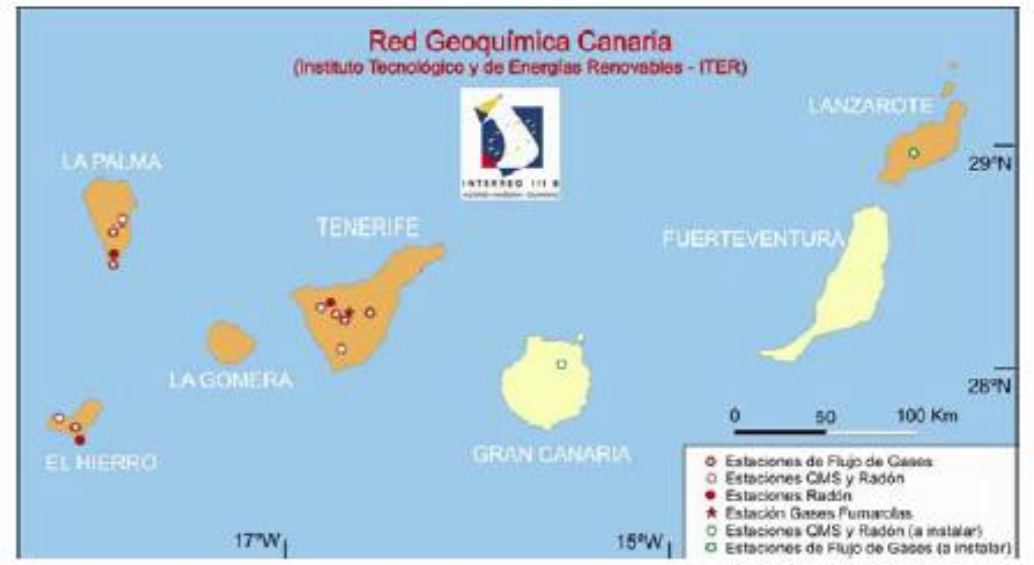
Entidad: La red de vigilancia volcánica del ITER funciona desde 1997 y está gestionada a través de los Cabildos Insulares, a través del ITER y con el apoyo del Gobierno de Canarias.

Objetivos: Vigilancia volcánica a través de la materialización multidisciplinar del uso de varias técnicas geofísicas, geoquímicas y geodésicas. Esta red se despliega fundamentalmente por la isla de Tenerife, La Palma, El Hierro y Lanzarote.

Instrumentación y situación espacial: Esta red dispone de varios tipos de vigilancia volcánica, según las técnicas utilizadas**.**

Vigilancia volcánica-registro geoquímico:

Figura: Distribución de la red geoquímica de Canarias (ITER)



Fuente: "La vigilancia volcánica en España: una apuesta crucial para la reducción del riesgo volcánico". N. M. Pérez y P.A. Hernández. 2008. ITER

Se compone de una red geoquímica instrumental permanente compuesta por 16 estaciones que miden diferentes registros geoquímicos. No todas las estaciones realizan el mismo tipo e registro. Unas miden e flujo difuso de Co2 y sulfuro de hidrogeno. Otras miden los gases disueltos en el agua subterránea o la actividad del gas radón y torón en la atmosfera del suelo.

Vigilancia volcánica-registro geodésico:

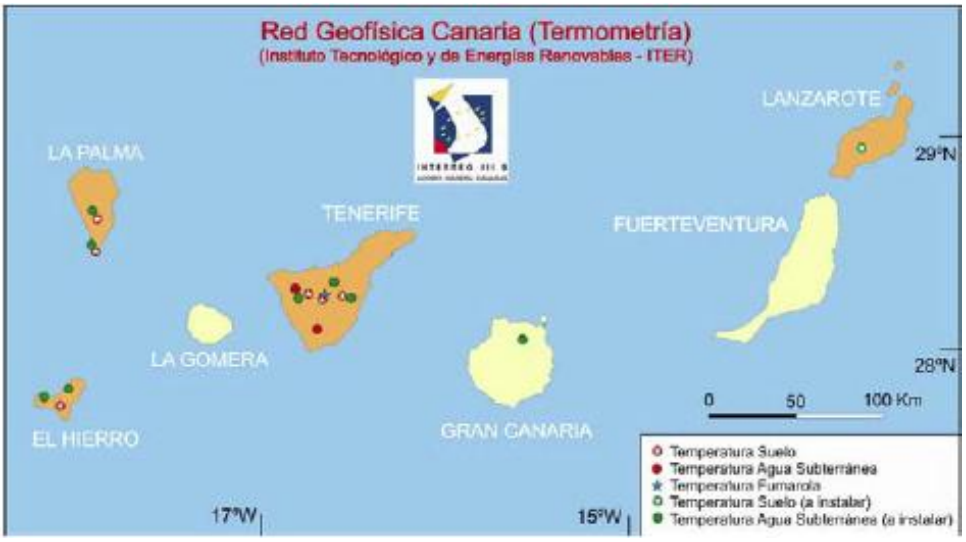
Figura: Red geodésica en Canarias (ITER). INVOLCAN

Fuente: "La vigilancia volcánica en España: una apuesta crucial para la reducción del riesgo volcánico". N. M. Pérez y P.A. Hernández. 2008. ITER

Se corresponde a una red instrumental permanente de 17 antenas GPS para realizar la medida de la deformación del terreno tanto en modo continuo como discreto. El procesamiento de datos se realiza en el ITER y en la Universidad de Nagoya (3 antenas universidad).

Vigilancia volcánica- otros registros geofísicos:

Figura: Red geofísica de Canarias (ITER)

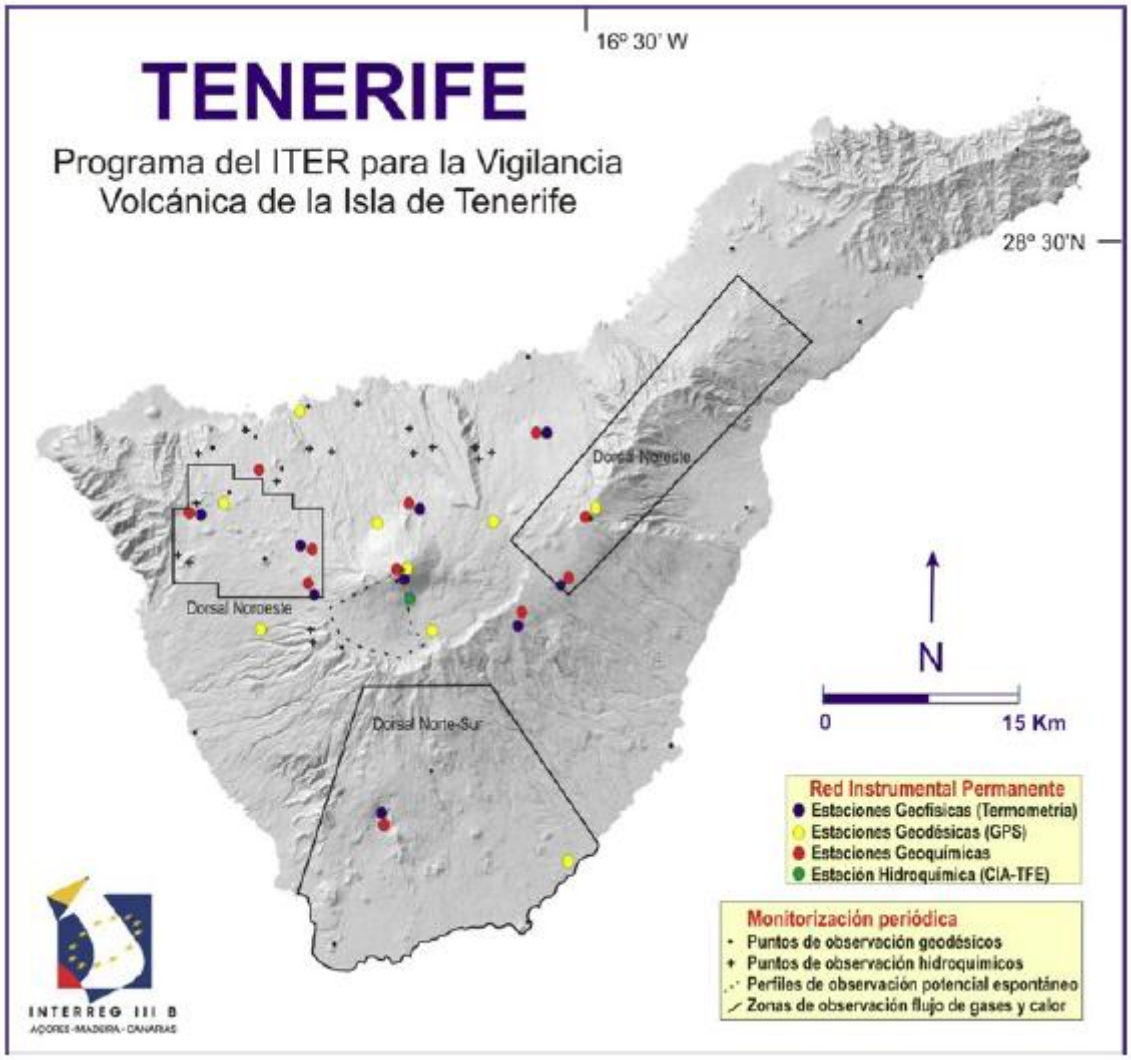


Fuente: "La vigilancia volcánica en España: una apuesta crucial para la reducción del riesgo volcánico". N. M. Pérez y P.A. Hernández. 2008. ITER

Programa geofísico que se basa en la medición y seguimiento de la temperatura (flujo de calor) tanto en modo continua como discreto, con 18 estaciones.

Además, el ITER dispone de un programa con una estructura especifica de vigilancia para el Teide y la isla de Tenerife.

Figura: Red de vigilancia volcánica en Tenerife (ITER)



Fuente: "La vigilancia volcánica en España: una apuesta crucial para la reducción del riesgo volcánico". N. M. Pérez y P.A. Hernández. 2008. ITER

3.1.3.1.3 *Sistema de alerta*

Tomando en consideración que el riesgo volcánico comprende una serie de acciones a desarrollar en forma secuencial, se ha establecido a nivel mundial un sistema de alerta a la población basado en la selección de tres colores, (verde, amarillo y rojo). De esta forma, la población podrá adoptar ciertos comportamientos basados en un símbolo fácil de entender que son los colores.

Figura: Fases del sistema de alerta del PEVOLCA

FASE	SITUACION	SEMAFORO VOLCÁNICO DE INFORMACIÓN A LA POBLACIÓN	NIVEL DE ACTIVIDAD VOLCANICA
NORMALIDAD	ESTABILIDAD	VERDE.- Desarrolle sus actividades normalmente. Conozca su medio físico e infórmese que hacer en caso de actividad volcánica.	Parámetros establecidos en **situación de normalidad.**
	PREALERTA		**Moderada,** anomalías en los registros instrumentales. Uno de los parámetros establecidos presenta anomalías significativas respecto a los valores normales.
			Moderada creciente. Uno de los parámetros establecidos presenta anomalías crecientes con un posible incremento de la dinámica preeruptiva.
PRE-EMERGENCIA	ALERTA	AMARILLO.- Esté atento a las comunicaciones de las autoridades de protección civil.	**Fuerte** Varios parámetros relevantes presentan anomalías respecto a la media con indicación de un posible estado pre-eruptivo.
			Intensa Los indicadores son coherentes con un estado pre-eruptivo.
EMERGENCIA	ALERTA MAXIMA Fase pre-eruptiva	ROJO.- Implica el inicio de la evacuación preventiva. Póngase a disposición de las autoridades.	**Fenómenos pre-eruptivos** La situación difícilmente volverá a la normalidad
	1		**Comienza la erupción**
	2		
	ALARMA		**Actividad volcánica extremadamente violenta,** desbordados servicios de emergencia y/o superado el pronóstico

Fuente: PEVOLCA

Color verde: Se considera una condición de riesgo tan bajo que la población no requiere tomar medidas de protección y los habitantes realizan sus actividades con normalidad. Esta condición puede ir desde períodos de gran calma, a situaciones con una aparente reactivación del sistema volcánico, pero cuyo lapso de tiempo puede durar años, o a situaciones de una actividad considerable pero que además de durar mucho tiempo puede incluso retornar a una situación de calma. Desde el punto de vista de la investigación volcanológica se podría incluso promover la incorporación de equipos adicionales para mejorar los registros. En esta condición el Comité Científico de Evaluación y Seguimiento fijará las pautas para realizar las comprobaciones y análisis que se requieran según el comportamiento observado.

Color amarillo: (activación del Plan) Se aprecian incrementos en las anomalías o aparición de otros indicadores que preconizan un período pre-eruptivo a corto plazo. Despliegue de instrumentación de crisis y búsqueda de una delimitación geográfica. Desde el punto de vista de la Protección Civil es necesario comenzar a informar a la población a fin de tomar previsiones ante una posible erupción volcánica, tomando en consideración que los lapsos de tiempo son muy variables se considera prudente activar el Plan PEVOLCA para que se revisen todos los planes de actuación que han diseñado y probado las diferentes administraciones Estatal, Autonómica, Insular y Municipal (en especial municipios de riesgo y de soporte). En etapas avanzadas de este semáforo se darán indicaciones a la población ante posibles evacuaciones.

Color rojo: Los registros que se tienen del comportamiento volcánico indican que hay fenómenos pre-eruptivos que evidencian una inminente erupción, lo que dispara la fase de

emergencia debido a que se debe proceder a la evacuación inmediata de las poblaciones potencialmente afectadas, lo esperado es que ésta haya culminado para el momento en que comience la erupción, situación que ya es crítica para que se desencadenen los peligros asociados. Deben seguirse exhaustivamente las indicaciones de protección civil para garantizar una evacuación ordenada.

3.1.3.1.4 *Fuentes de información existente*

3.1.3.1.4.1 Principales organismos e instituciones Internacionales, Estatales y Canarios que trabajan en peligrosidad volcánica

Existen diversos organismos e instituciones que han trabajo o trabajan en el campo de la vulcanología en Canarias:

Organismos Internacionales

- Proyecto Exploris. Explosive Eruption Risk and Decisión Support for EU Populations Threatened by Volcanoes. http://exploris.pi.ingv.it/non_conf/description/index.html
- International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth´s Interior (IAVCEI). http://www.iavcei.org/
- Volcano Global Risk Identification and Analysis Project (VOGRIPA) http://www.bgs.ac.uk/vogripa/view/controller.cfc?method=projectPlan
- Global Vocano Model (GVM) http://www.globalvolcanomodel.org/
- U.S. Geological Survey. Volcano Hazard. http://volcanoes.usgs.gov/
- Federal Emergency Management Agency (FEMA): http://www.fema.gov/

Organismos Estatales

- Dirección General de Protección Civil. Riesgos Naturales Geológicos. Volcanes. http://www.proteccioncivil.org/volcanes
- Instituto Geográfico Nacional (IGN). Vigilancia volcánica. http://www.ign.es/ign/layout/volcaVolcanologia.do
- Consejo Superior de Investigaciones Cientificas (CSIC)
- Grupo de volcanología (GVB) de Barcelona http://www.gvb-csic.es/GVB/CASTELLANO/OBJETIVOS.htm
- Sociedad Geológica de España (SGE): http://www.sociedadgeologica.es/
- Consorcio de Compensación de Seguros.Riesgos extraordinarios. http://www.consorseguros.es/web/guest/ad_re
- Instituto Geológico y Minero de España. Riesgos geológicos. http://www.igme.es/internet/actividadesIGME/lineas/RiesGeo.htm
- Instituto Geológico de Cataluña (IGC). http://www.igc.cat/web/es/

Organismos Canarios

- Estación Volcanológica Canaria
- Sociedad Geológica de Canarias (SOGECAN) http://sogecan.org/
- Instituto Volcanológico de Canarias (INVOLCAN)
- Centro Geofísico de Canarias
- Instituto Tecnológico y de Energías Renovables de Canarias (ITER)
- Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Geología de Terrenos volcánicos (GEOVOL) http://www.gi.ulpgc.es/geovol/
- Asociación Volcanes de Canarias: http://www.volcanesdecanarias.com/index.php?lang=es
- Actualidad Vólcanica de Canarias (AVCAN) http://www.avcan.org/

3.1.3.2 **Inventario de los sistemas de registro de eventos volcánicos**

3.1.3.2.1 *Listado de desastres históricos registrados*

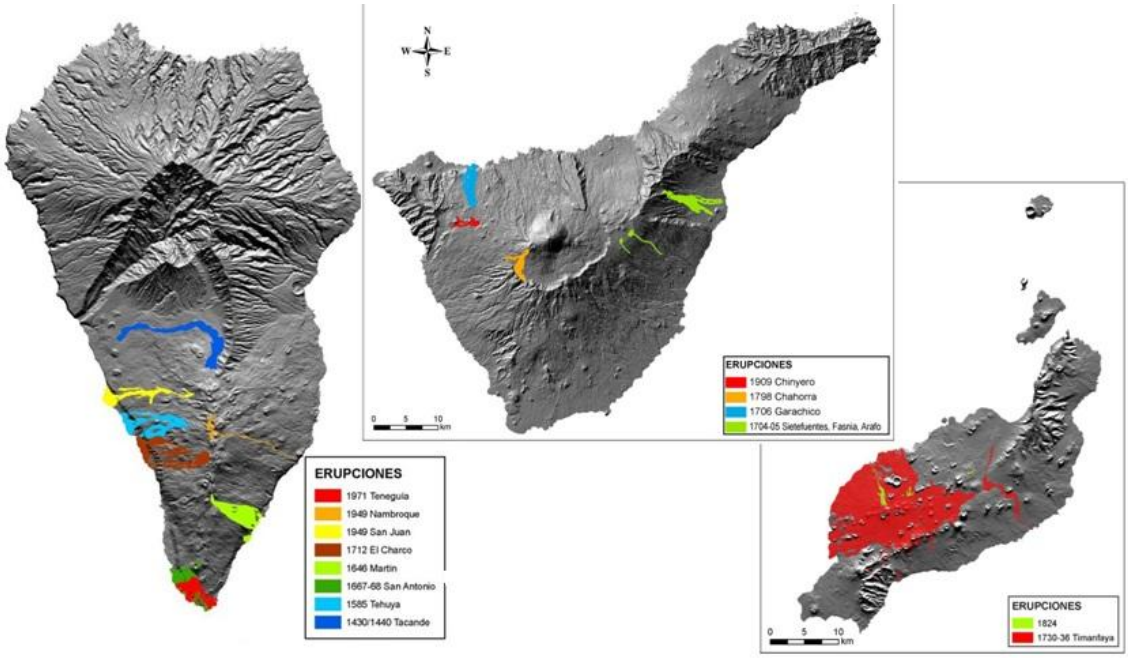
Existe un registro de las erupciones históricas ocurridas en Canarias.

3.1.3.2.1.1 Erupciones históricas ocurridas en las Islas Canarias (IGN) y Universidad de la Laguna

En el archipiélago canario se han producido 16 erupciones históricas perfectamente documentadas, excepto la de Boca Cangrejo, en Tenerife, que ha sido datada.

Desde la primera erupción del siglo XVI acaecida en La Palma (volcán Tahuya, año 1.585) todas están documentadas, aunque son varios los casos en que las descripciones realizadas por los testigos visuales no son lo precisas y completas que se quisieran.

Con certeza, se han producido erupciones históricas en tres islas: Tenerife, Lanzarote y La Palma. La única que se supone en la isla de El Hierro, fechada en 1793, está en duda, tanto en el lugar como en el tipo de erupción.



Fuente Mapa de erupciones históricas en Canarias. instituto Geográfico Nacional.

En este registro de erupciones históricas, se recoge información relativa al año de la erupción, duración, denominación, lugar, fecha de inicio, daños ocasionados, fuentes de constatación de la erupción y observaciones. En el Anexo VII aparece detallada toda la información de las erupciones constatadas.

3.1.3.3 **Carencias de información**

A continuación se enumeran algunas de las carencias de información referentes al riesgo volcánico tanto en Canarias como a nivel estatal.

- Las erupciones se han producido a lo largo de la historia de las islas y solo se han podido documentar las de la historia reciente, existiendo lagunas de información.
- Los daños identificados no están cuantificados económicamente, no pudiendo estimar los costes o pérdidas que ha generado cada evento volcánico.

3.1.3.4 **Propuesta de un Inventario de eventos históricos en Canarias**

En este epígrafe se propone la recopilación de la información existente de cada una de las erupciones, en una base de datos.

Esta base de datos se denominará Catalogo de Riesgos Naturales en Canarias y será similar a la desarrollada en el Catalogo Nacional de Riesgos Geológicos, donde se incluirán los eventos volcánicos. Su estructura general será similar a la explicada en el epígrafe correspondiente de peligrosidad sísmica, correspondiente a una base de datos compuesta por tablas relacionadas entre sí. En concreto se plantean 6 tablas principales:

Datos temporales y espaciales: Estos datos son comunes para cualquier tipo de evento. Debe recogerse:

- el ID del evento:
- Fecha
- Situación (coordenadas X Y, en UTM 28 del lugar donde se ha producido el evento, denominación del lugar)

Datos de caracterización física del evento:

- Volumen (mili. m^3)
- Área cubierta (Km)
- Duración
- Frecuencia
- Tipo de erupción
- Premoniciones sísmicas
- Duración de las premoniciones
- Longitud y latitud (erupción)
- Paraje
- Ubicación
- Observaciones
- Fuente
- Fotografías disponibles

Datos de municipios afectados:

- Municipios donde se ha producido el evento y en los que se han declarado daños

Datos de daños: Descripción general cualitativa de los daños producidos por el evento.

Datos de pérdidas o costes: Valoraciones económicas de los daños ocasionados mediante las pérdidas y/o los costes que ha supuesto ese evento. Se diferenciará entre daños económicos (aquellos valorados y declarados por organismos oficiales como Ayuntamientos, Consejerías, Cabildos etc..). Daños sociales, referente a la afección a la población (pérdida de vidas, nº de heridos, etc..).

Metadatos: Incluirá las fuentes de la información y la fecha de realización y/o modificación.

En el anexo VIII aparece descrito con detalle un ejemplo de la realización del catálogo.

3.1.3.5 Parámetros generales necesarios para la identificación de los peligros o amenazas por riesgo volcánico

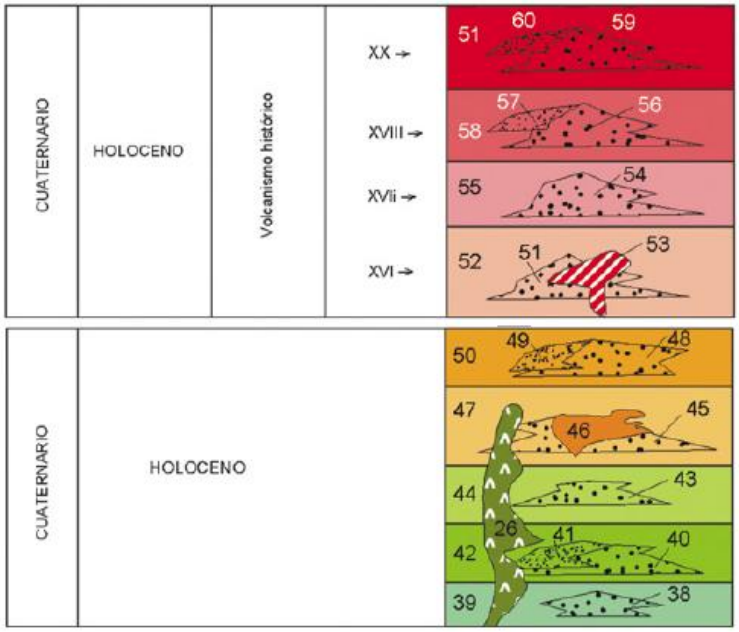
A continuación, se identificarán los parámetros o elementos generales que sirven de información base, para llevar a cabo la identificación de la peligrosidad volcánica.

3.1.3.5.1 *Cronología de la formación de las islas*

La cronología de la formación de las islas se utilizará como parámetro para identificar las zonas donde se han producido erupciones históricas. Estas zonas pueden servir para establecer la peligrosidad volcánica en las islas, puesto que recogen las características de las erupciones que han tenido lugar hasta la actualidad en las Islas Canarias.

Esta información será obtenida del Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias. La metodología de obtención de la información y su representación aparece detallada en el anexo IV.

Figura: Litologías que se corresponden con erupciones históricas en La Palma



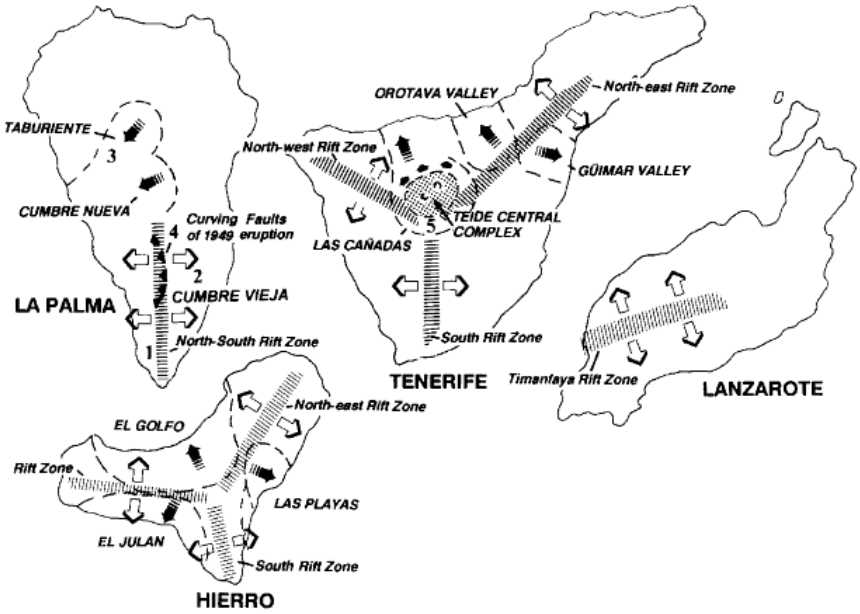
Fuente: Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias

3.1.3.5.2 *Centros eruptivos y zonas de rifts o dorsales*

Para estimar la peligrosidad volcánica, es necesario identificar los zonas de debilidad cortical de las Islas Canarias, puesto que son las zonas donde se suele llevar a cabo la emisión de magma. Se corresponden a las zonas potenciales de mayor probabilidad de ocurrencia de erupciones y de mayor peligrosidad.

Será necesario identificar las zonas de rifts o dorsales y los centros emisores o eruptivos de cada isla. Esta información ya ha sido identificada en la peligrosidad sísmica, por lo que, se utilizará la misma metodología para su estimación.

Figura: Dorsales y rifs identificados en las islas Canarias



Fuente: "The Canary Islands: an example of structural control on the growth of large oceanic-island volcanoes", J.C. Carracedo, Journal of Volcanology and Geothermal Research 60 (1994) 225-241

3.1.3.5.3 *Unidades vulcanológicas*

Como último parámetro para utilizar en la estimación de la peligrosidad volcánica, a partir de la información existente, es necesario identificar las diferentes unidades vulcanológicas existentes en las islas. Para conformar estas unidades se lleva a cabo la agrupación de las diferentes litologías en función de sus características vulcanológicas y de su edad geológica en cada una de las islas. De esta forma, quedará zonificado todo el territorio de las islas Canarias, en función de la litología de las mismas.

Se parte de la información de las clases litológicas del Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias (GRAFCAN) y a partir de las mismas se lleva a cabo una agrupación, según los niveles litológicos de dicho mapa.

La metodología utilizada para describir las agrupaciones llevadas a cabo , aparece detalla en el anexo III.

3.1.3.6 **Metodologías existentes de estimación de la peligrosidad volcánica**

3.1.3.6.1 *Introducción*

Los métodos para estimar la peligrosidad volcánica se basan en **métodos deterministas y probabilísticos**, si bien los más utilizados son estos últimos, aunque son de difícil aplicación al

ser necesario conocer con amplitud las características vulcanológicas (historia del volcán, con todos sus ciclos bien definidos) de la zona a analizar.

Como **método determinista** principal para la estimación de la peligrosidad volcánica, es el que se conoce como escenario volcánico mediante simulación numérica o simplemente transponiendo las erupciones ocurridas en el pasado al momento actual.

Si la estimación de la peligrosidad se lleva a cabo en una zona concreta, para un peligro volcánico concreto (ej: caída de piroclastos) y considerando su densidad de probabilidad, es lo que se conoce como la técnica de la microzonificación de la peligrosidad volcánica (Alexander, 1993).

De forma general los pautas a seguir para estimar la peligrosidad volcánica son (Gómez-Fernández, 2000):

- Realizar un estudio geológico de las erupciones ocurridas en la zona a estudio, reconstruyéndose sus mecanismos eruptivos y tratando de establecer las relaciones temporales existentes entre ellas, buscando secuencias significativas, llevando a cabo análisis estadísticos y tratando de establecer el modelo que permita reconstruir las distintas secuencias e intervalos. Este modelo estadístico permite calcular para cada mecanismo eruptivo su densidad de probabilidad para el intervalo de tiempo considerado. (Araña y Ortiz, 1993).
- Disponer de una buena base cronológica de los eventos con el fin de poder determinar con la menor incertidumbre posible los periodos de retorno de cada uno de los eventos.
- Dividir cada uno de los episodios volcánicos en elementos muy sencillos que se puedan evaluar independientemente. Cada uno de estos elementos constituye un peligro volcánico, debiéndose definir para cada uno de ellos su magnitud (volumen, energía), alcance, duración del impacto y tiempo de propagación. Además, se debe establecer las relaciones secuenciales entre ciclos eruptivos, peligros y períodos de retorno. Para obtener una modelización de cómo será la erupción esperada y de este modo estimar la peligrosidad de la misma, es necesario disponer de un conjunto de programas de simulación de los distintos peligros volcánicos que pueden presentarse en la zona

Los principales peligros volcánicos que caracterizan la peligrosidad son:

Tabla: Factores de peligro volcánico

Manifestación volcánicas que condicionan la peligrosidad
Caída o proyección de piroclastos
Dispersión de cenizas
Flujo de coladas de lavas o coladas lávicas
Flujo piroclástico
Colapso estructural total o parcial del edificio volcánico
Gases volcánicos

Peligros indirectos
Movimientos de laderas
Lahares
Sismos volcánicos

Fuente: Dirección General de Protección Civil

De todos ellas, los únicas cuyas simulaciones son posibles y fiables, según la información existente en las Islas Canarias son: *Coladas lávicas, Piroclastos de caída y dispersión de cenizas.*

Coladas lávicas: El desarrollo de un flujo de lava depende de múltiples factores. Entre ellos, los principales son el ritmo de emisión, las características reológicas del magma y la topografía (Hulme, 1974). El modelo de simulación más utilizado para estimar este parámetro es el *modelo de máxima pendiente*. En éste modelo se asume que la topografía juega el papel principal en la determinación del camino seguido por la colada. El modelo requiere para su funcionamiento la existencia de un Modelo Digital de Elevación (DEM) de la zona de estudio y el conocimiento del punto que se ha seleccionado como emisor del flujo (Felpeto et al., 1996). Desde el pixel que representa el punto emisor, se considera que el flujo puede extenderse hacia cualquiera de los vecinos que lo rodean. La probabilidad de que la colada se desplace hacia un pixel determinado es proporcional a la diferencia de alturas entre éste y el pixel en el que se encuentra situado, teniendo en cuenta que si la diferencia es negativa la probabilidad será cero, es decir, que la colada no puede propagarse en contra de la pendiente. Aplicando un algoritmo de MonteCarlo se calcula un posible camino de la colada para muchos puntos de flujo. Este esquema general presenta un problema de que la longitud de la colada es indefinida, por lo que si entra en una zona llana permanece retenido indefinidamente en ella y, en caso contrario, la longitud sería infinita. Para evitar este efecto es práctico introducir un parámetro denominado "longitud máxima del flujo" (lmax). Su función es detener la colada cuando ésta ha recorrido una determinada distancia (es decir, un número determinado de celdas). Otro parámetro que debe introducirse es la "altura crítica" (hc), entendida como un término que se suma a la altura de cada una de las celdas que recorre la colada. Este parámetro simula el efecto de la altura de la colada lávica u otros efectos como la rugosidad del terreno.

Piroclastos de caída: La aproximación a la modelización del comportamiento de oleadas piroclásticas es la basada en el concepto de línea de energía (Sheridan, 1979; Malin y Sheridan, 1982). Este modelo considera que el flujo piroclástico se mueve a lo largo de las laderas del volcán disipando su energía de forma lineal con la distancia, de acuerdo con un factor que se asocia a un ángulo denominado ángulo de colapso. Con este modelo se estima el área potencial que puede alcanzar el flujo mostrando los efectos producidos por la topografía, como son efectos de sombra y capacidad de remonte. Sin embargo, debe

tenerse en cuenta que no se consideran otros efectos como la nube acompañante, la formación de columnas, etc.

Caída de cenizas: Los modelos más empleados son los denominados de advección-difusión. Estos modelos consideran que la expansión de la nube de cenizas lejos del centro de emisión es debida únicamente a la turbulencia atmosférica (difusión) y a la acción del viento (advección), mientras que la deposición de las partículas está controlada por su velocidad límite de caída. Aún con las mayores simplificaciones admisibles, estos modelos necesitan múltiples parámetros de entrada (volumen o masa total emitida, distribución de tamaños de partícula y altura máxima alcanzada por la columna y parámetros que definan la distribución de masa dentro de la misma, ritmo de emisión y duración de la erupción). Además de estos parámetros "volcanológicos" es preciso contar con datos de dirección e intensidad de viento a diversas alturas, valores de difusividad y un modelo de atmósfera que determine la variación con la altura de la densidad y viscosidad del aire. Evidentemente, la mayoría de estos parámetros debe ser definida basándose en el estudio de la historia eruptiva del volcán, aunque muchos de ellos (como por ejemplo la forma de la columna) son muy difíciles de determinar en erupciones que no sean muy recientes y muy bien estudiadas.

El programa de simulación VORIS 2.0.1[8] desarrollado por el Observatorio Geofísico Central, IGN y el Instituto de Ciencias de la Tierra "Jaume Almera" (A. Felpeto, J. Martí et al.), modeliza cada uno de estos parámetros.

Tras analizar los pasos que tendrían que llevarse a cabo para estimar la peligrosidad, se describen las metodologías existentes actualmente, haciendo especial mención a las desarrolladas en las Islas Canarias.

3.1.3.6.2 *Escala autonómica o Canarias*

La **Directriz Básica de Planificación de Protección Civil** ante el Riesgo Volcánico en España, aprobada por el Consejo de Ministros el 19 enero de 1996, describe y delimita que la única zona del territorio nacional expuesta a la amenaza o el peligro volcánico es la Comunidad Autónoma de Canarias.

Actualmente en Canarias, está aprobado el Plan Especial de Protección Civil y Atención de Emergencias por riesgo volcánico en la Comunidad Autónoma de Canarias (PEVOLCA), aprobado en el D 73/2010, de 1 de julio y publicado en el BOC nº 140, el 19 de julio de 2010.

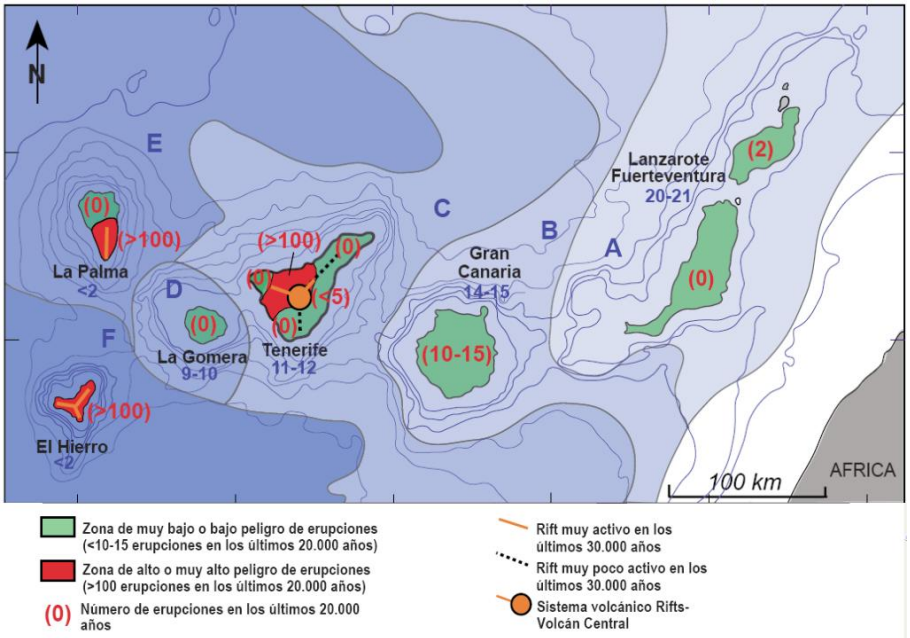
[8] Felpeto, A.; Martí, J.; Ortiz, R. (2007) Automatic GIS-based system for volcanic hazard assessment. J. Volcanol. Geotherm. Res. 166, 106-116

Este plan sigue las directrices del Plan Director de Protección Civil de Emergencias de la CC.AA de Canarias (PLATECA) en el que se establecen las pautas de actuación necesarias para responder ante el riesgo volcánico. Uno de los objetivos que se establecen en el **PEVOLCA** es la zonificación del territorio en función del peligro volcánico, identificando aquellas zonas de mayor peligrosidad, en función de una serie de condicionantes y riesgos presentes en las islas, siguiendo las valoraciones de diversos investigadores para cada isla. Estas zonas quedan citadas en el plan pero no aparecen representadas de forma espacial en el mismo.

Ortiz, (1996) en su documento de Riesgos Volcánicos, recoge algunas metodologías que pueden ser empleadas para estimar la peligrosidad volcánica y su posible aplicación a las Islas Canarias y concretamente a la isla de Tenerife, plasmadas en la tesis desarrollada por Gómez (1996).

Otra fuente para estimar la peligrosidad volcánica general en las Islas Canarias, es a partir de la información recogida por **Carracedo J.C. (2004)** en el artículo *"Análisis del riego volcánico asociado al flujo de lavas en Tenerife (Islas Canarias): Escenarios previsibles para una futura erupción en la isla"*. En este artículo, se analiza la peligrosidad por riesgo volcánico en las Islas Canarias y posteriormente se concreta para la isla de Tenerife.

Figura: Distribución de la probabilidad de ocurrencia de erupciones volcánicas en las Islas Canarias en función del historia volcánica del archipiélago en los últimos 30.000 años.



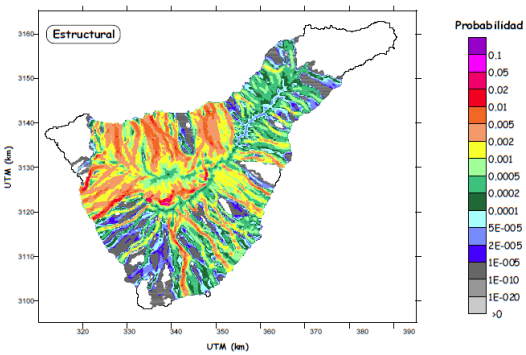
Fuente: "Análisis del riego volcánico asociado al flujo de lavas en Tenerife (Islas Canarias): Escenarios previsibles para una futura erupción en la isla" Carracedo et al. 2004.

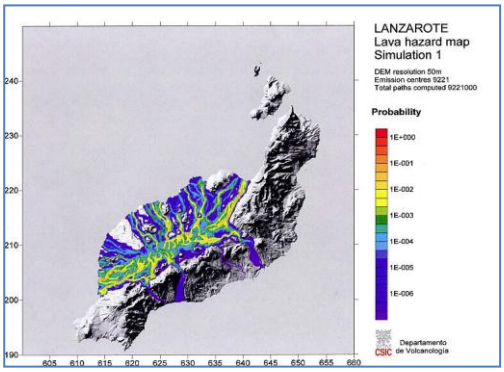
3.1.3.6.3 *Escala insular*

A nivel insular, en la isla de Tenerife, a parte de la delimitación que establece el PEVOLCA para la isla, en los últimos años se han ido identificando con mayor detalle las zonas de peligrosidad por riesgo volcánico, a partir de varios instrumentos, trabajos de investigación y tesis doctorales (Ej: Carracedo 2004, Felpeto 2001, Gómez Fernández 1997) que han dado lugar a los Mapas de susceptibilidad y peligrosidad existentes. De estas metodologías, se analizan las más representativas :

Gómez Fernández, (1997) en su tesis doctoral *"Desarrollo de una metodología para el análisis del riesgo volcánico en el marco de un sistema de información geográfica"*[9], desarrolla una metodología aplicada a Tenerife para estimar la peligrosidad volcánica en la isla. Está metodología se basa en la identificación de las áreas probables de erupción (zonas con la mayor concentración de centros eruptivos correspondientes a las de mayor debilidad cortical) y el tratamiento de las mismas estimar la peligrosidad.

Felpeto, (2002) en su tesis doctoral *"Modelización física y simulación numérica de procesos eruptivos para la generación de mapas de peligrosidad volcánica"*[10], desarrolla una metodología para la elaboración de mapas de peligrosidad a partir de modelos de simulación de dispersión y de caída de cenizas y de coladas de lavas tanto mediante métodos deterministas como probabilistas. Para aplicar la metodología propuesta, lleva a cabo unos mapas de peligrosidad tanto para la isla de Lanzarote como para Tenerife.



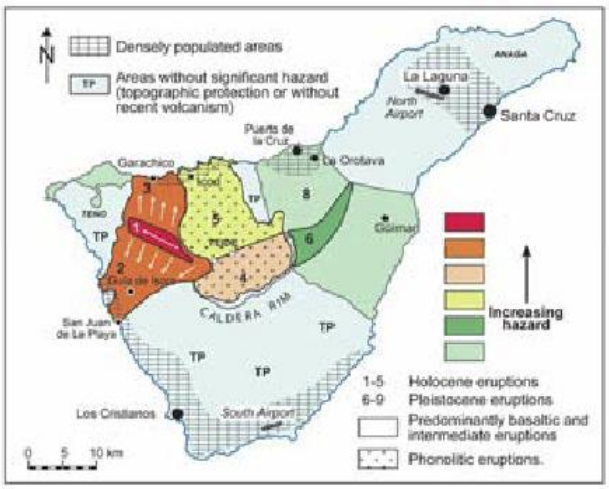


[9] *"Desarrollo de una metodología para el análisis del riesgo volcánico en el marco de un sistema de información geográfica" Tesis doctoral Francisca Gómez Fernández, Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Geológicas, Dpto. de Cristalografía y Mineralogía. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Dpto. de Volcanología, 1996.*

[10] *"Modelización física y simulación numérica de procesos eruptivos para la generación de mapas de peligrosidad volcánica " Tesis doctoral Alicia Felpeto Rielo, Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Físicas, Dpto. de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Dpto. de Volcanología, 2001-2002.*

Carracedo, (2004) estima la peligrosidad volcánica en la isla de Tenerife a partir de los estudios geológicos llevados a cabo en la isla, las últimas erupciones que han tenido lugar en la isla y la distribución compleja de las dorsales (rifts) y el edificio central.

Figura: Zonificación de peligrosidad volcánicos del Teide y la Dorsal Noroeste en función de la relación con los principales edificios y estructuras volcánicas activas.

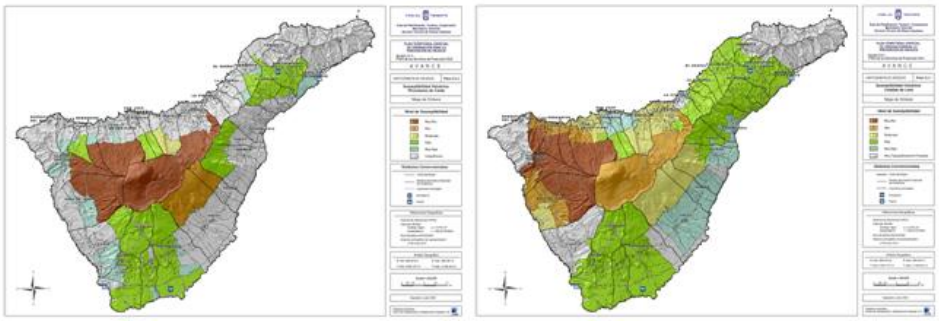


Fuente: "Análisis del riego volcánico asociado al flujo de lavas en Tenerife (Islas Canarias): Escenarios previsibles para una futura erupción en la isla" J.C. Carracedo et al. 2004.

Estableció un mapa de zonificación de peligrosidad volcánicos del Teide y la Dorsal Noroeste en función de la relación con los principales edificios y estructuras volcánicas activas. *"Análisis del riego volcánico asociado al flujo de lavas en Tenerife (Islas Canarias): Escenarios previsibles para una futura erupción en la isla"* 2004.

Por otro lado, en el **PTOPRT** se establece un mapa de susceptibilidad volcánica para la isla de Tenerife. Estas zonas parten del análisis de las áreas de probable erupción (centros emisores visibles de la serie III y IV en la cartografía MAGNA) y la tipología de la erupción, definiendo a partir de varios análisis probabilísticos un mapa de susceptibilidad frente a las Coladas Lávicas y otro mapa de susceptibilidad frente a los Piroclastos de Caída.

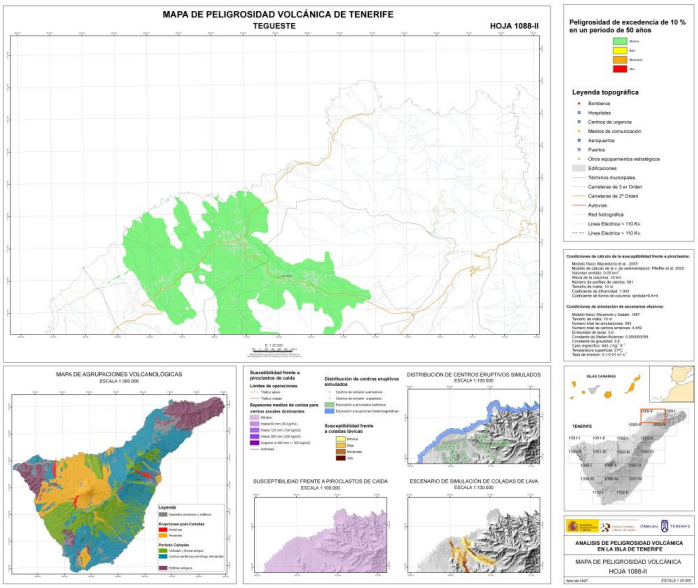
Figura: Mapas de susceptibilidad frente a Coladas Lávicas (derecha) y frente a Piroclastos de Caída (izquierda)



Fuente: PTOPRT (Plan Territorial Especial de Ordenación para la prevención de riesgos de la isla de Tenerife

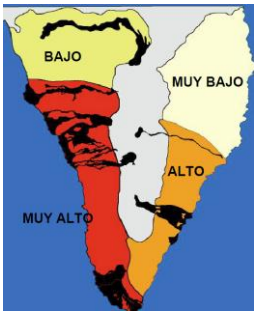
Actualmente, se ha elaborado el **Mapa de Peligrosidad Volcánica de la isla de Tenerife IGME (2007),** que presenta una escala 1:25.000. Para la realización de este mapa, se parte del análisis de varios elementos como son: las agrupaciones volcanológicas existentes en la isla de Tenerife, un análisis de la distribución de los centros eruptivos simulados, la susceptibilidad frente a piroclastos de caída y un escenario de simulación de coladas de lava en la isla. Mediante la combinación de estos datos se han definido las áreas de peligrosidad volcánica, establecidas en función de la peligrosidad de excedencia de 10% en un periodo de retorno de 50 años y diferenciando 4 niveles: Peligrosidad Alta, Peligrosidad Moderada, Peligrosidad Baja y Peligrosidad Mínima.

Figura. Mapa de Peligrosidad de la isla de Tenerife

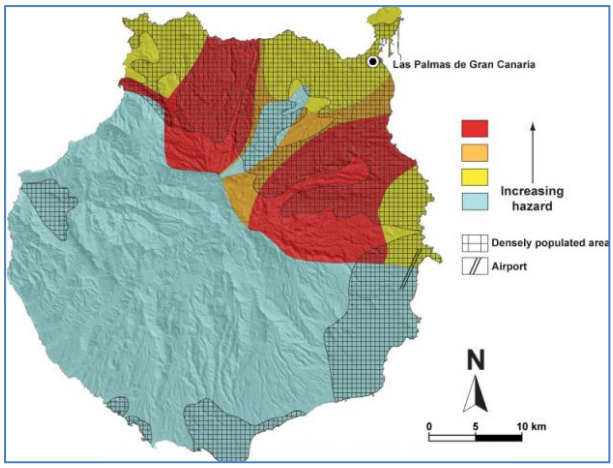


Fuente: IGME, 2007

En otras islas que componen el Archipiélago, se han elaborado algunos estudios y mapas de susceptibilidad volcánica, si bien en ninguno de los mismo se expresan los periodos de retorno de los futuros eventos sísmicos. Estos mapas son:



La Palma: En la isla de La Palma se ha elaborado un primer mapa de peligrosidad volcánica correspondiente a la zona sur de la misma, en el que se representan los niveles de peligrosidad asociados a las coladas lávicas en la zona de Cumbre Vieja. (Romero, C., 2009, Universidad de La Laguna).



Gran Canaria: Científicos de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) y el Instituto de Ciencias de la Tierra "Jaume Almera" (CSIC, Barcelona) han elaborado un mapa de peligrosidad volcánica en la isla de Gran Canaria[11], combinado los datos de estudios anteriores con los resultados del análisis de 13 nuevas edades de radiocarbono. Se han identificado 24 erupciones volcánicas que ocurrieron durante los últimos 11.000 años, concentrándose en el sector septentrional de la isla, produciendo pequeños conos estrombolianos monogenéticos (erupciones poco violentas que emiten lavas y piroclastos) y, de forma ocasional, calderas freatomagmáticas (expulsión de cenizas), Durante el Holoceno se produjeron tres grupos de actividad volcánica separados por cuatro periodos de inactividad. El más antiguo ocurrió hace más de 10.000 años y contó con una única erupción en El Draguillo, al este de la isla. Las otras series de erupciones se produjeron hace entre 5.700 y 6.000 años, y entre 1.900 y 3.200 años.

3.1.3.6.4 *Análisis de las metodologías*

PEVOLCA

En el Plan Especial de Protección Civil y Atención de Emergencias por riesgo volcánico en la Comunidad Autónoma de Canarias (PEVOLCA), no se ha estimado el riesgo de La Gomera y Fuerteventura, puesto que se ha considerado que ambas islas presentan largos periodos de reposo sin registros recientes.

En el resto de las islas, se describen todas aquellas zonas que presentan riesgo de forma genérica, sin que exista una delimitación espacial concreta. Estas zonas no se pueden representar y utilizar como elementos que permitan la valoración de la susceptibilidad volcánica, sino que únicamente, se pueden emplear para contrastar la información obtenida mediante otras metodologías.

[11] "The Holocene volcanic history of Gran Canaria island: implications for volcanic hazards" Rodríguez-González, Alejandro; Fernández-Turiel, José L.; Pérez-Torrado, Francisco J.; Hansen, Alex; Aulinas, Meritxell; Carracedo, Juan C.; Gimeno, Domingo; Guillou, Hervé; Paris, Raphael; Paterne, Martine. *Journal of Quaternary Science* 24(7): 697-709, octubre de 2009.

MAPA GENERAL DE SUSCEPTIBILIDAD VOLCÁNICA DE LAS ISLAS CANARIAS (CARRACEDO, 2004)

La metodología que establece Carracedo, se aplica de forma general a todo el archipiélago. Designa grados de susceptibilidad por riesgo volcánico, puesto que no incluye datos relacionados con el "cuando" y el "como" se producen las erupciones, es decir, información relativa a la frecuencia de cada una de las tipologías de eventos volcánicos. Además, la escala de aplicación es muy elevada, por lo que su Grado de aplicación en la aplicación a la ordenación territorial, desde el punto de vista de estimación de la peligrosidad, se puede considerar como medio.

MAPA GENERAL DE SUSCEPTIBILIDAD TENIENDO EN CUENTA LA INFORMACIÓN EXISTENTE

Esta metodología permite un mayor detalle que la metodología de Carracedo, en la que se basa. Se trata de utilizar las zonas de Carracedo y mediante la información existente (centros eruptivos, unidades volcanológicas y ubicación de dorsales o rifts), particularizar y concretar su delimitación. De forma similar a la valoración anterior, se obtienen rangos de magnitud de susceptibilidad volcánica, al no disponer de la información relativa a los periodos de retorno.

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD GENÉRICO (GÓMEZ FERNÁNDEZ, 1997)

Se corresponde a una metodología que permite estimar la susceptibilidad por riesgo volcánico para cada una de las islas del archipiélago, basándose en la distribución de los centros eruptivos de las mismas y sus características (tipología eruptiva, composición química de los materiales y explosividad potencial). Se lleva a cabo una valoración en función de estas características, interpolando los resultados a toda la isla en la que realiza el estudio. Sin embargo, es una metodología en la que no se conoce con precisión los periodos de retorno de los eventos volcánicos esperables en las islas.

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD (PTOPRT)

La metodología desarrollada por el PTOPRT, se basa en la ubicación de los centros eruptivos y la tipología de los mismos, analizando la susceptibilidad frente a los piroclastos de caída y frente a las coladas lávicas. Es una metodología, en la que se obtiene como resultado tras la combinación de ambos análisis, las zonas susceptibles de verse afectadas por eventos volcánicos a nivel municipal. Recogiendo en cada municipio de la isla su valor ponderado de susceptibilidad.

Presenta como inconvenientes, que se trata de un mapa de susceptibilidad y no aporta los periodos de retorno de los eventos volcánicos y además la utilización del municipio como unidad administrativa, genera una zonificación muy marcada de la isla.

MAPA DE PELIGROSIDAD INSULAR DE TENERIFE (IGME)

La metodología desarrollada en el Mapa de peligrosidad volcánica de la isla de Tenerife, es la metodología existente hasta el momento en las Islas Canarias, que presenta un mayor grado de fiabilidad para su aplicación en la ordenación territorial. Esto es debido a los complejos y numerosos procesos utilizados para identificar las zonas de mayor peligrosidad, que no presentan una delimitación administrativa, sino que se adaptan a las condiciones del terreno de la isla.

Para el resto de mapas de susceptibilidad a nivel insular existentes actualmente (Gran Canaria, Lanzarote y La Palma), se basan en estudios científicos, analizando las erupciones históricas y centros eruptivos existentes. En los mismos, no se incorpora información relativa a la probabilidad de frecuencia de cada uno de los eventos, por lo que únicamente se pueden considerar como mapas de susceptibilidad y no de peligrosidad como se indica en los documentos originales.

3.1.3.6.5 *Valoración de las metodologías*

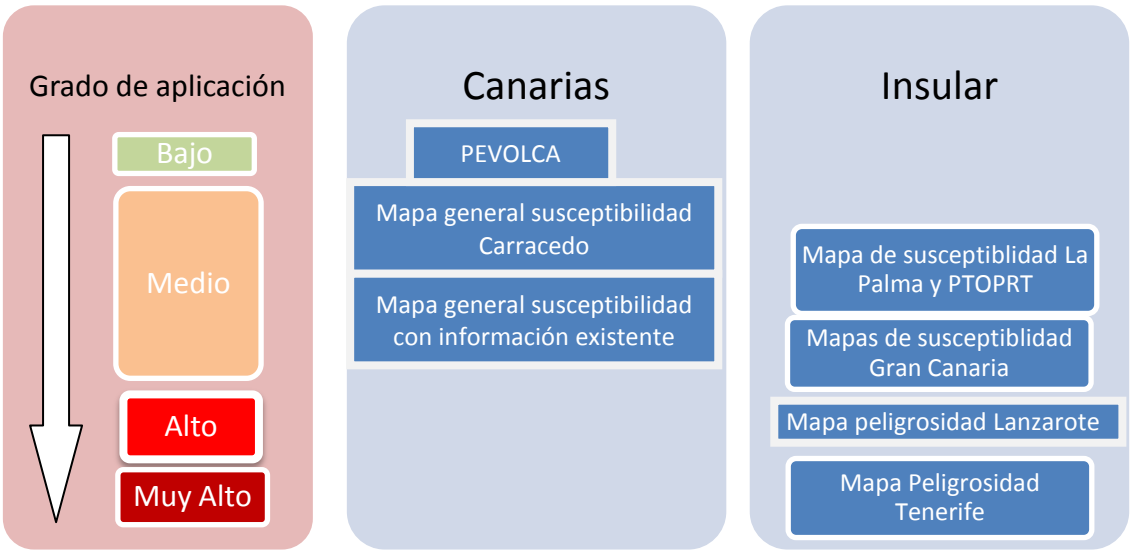
Analizados los sistemas de identificación de peligrosidad y/o susceptibilidad volcánica existentes actualmente, a continuación se incluye un esquema resumen de los mismos, especificando el grado de aplicación que suponen cada uno en la estimación de la peligrosidad por eventos volcánicos y su aplicación a la planificación.

Es importante tener en cuenta que este grado de aplicación de las diferentes metodologías de peligrosidad y/o susceptibilidad volcánica, está definido de forma subjetiva y se basa en los siguientes criterios:

- Metodologías de estimación: Se valorará la metodología utilizada para estimar la peligrosidad y/o susceptibilidad volcánica.
- Escalas de aplicación y representación: Se valora la escala de aplicación, el uso de la metodología actualmente y su forma de representación, con la finalidad de que permita una fácil manejo de la información.
- Evaluación de su aplicación en la ordenación territorial: Se evalúa como los resultados obtenidos al aplicar la metodología para eventos volcánicos, permitirá llevar a cabo análisis y aplicar medidas en la planificación y ordenación territorial.
- Estimación del tipo de resultado obtenido peligrosidad o susceptibilidad: La peligrosidad se estima al considerar el "cuando" y "como" se producen los eventos. Se valora con mayores niveles aquellos estudios que han estimado valores de peligrosidad y no solo de susceptibilidad, por el hecho de que aportan mayor información de los eventos que se pueden producir. Si bien, esto no indica que una metodología de susceptibilidad

finalmente presente mejores resultados de fiabilidad o de adapte de mejor forma a los posibles eventos volcánicos, que una metodología que indique la peligrosidad del evento. La estimación de la peligrosidad se basa en métodos probabilísticos, que dependen de la información de partida (tamaño de las muestras) y eventos registrados o datados, cuya escala temporal es muy superior a la escala humana.

Los grados de aplicación de cada metodología, son los siguientes:



3.1.3.7 **Estimación de la peligrosidad volcánica en Canarias**

La metodología para estimar la peligrosidad por eventos volcánicos cuyo grado de aplicación en la ordenación territorial se considera más adecuado, es el Mapa de peligrosidad insular de Tenerife desarrollado por el IGME. A continuación, se describe esta metodología con la finalidad de que, en la medida de lo posible, se aplique al resto de islas que componen el archipiélago Canario. El resto de metodologías analizadas en el presente documento para estimar la peligrosidad y/o susceptibilidad por eventos volcánicos, aparecen detalladas en el anexo IV.

MAPA DE PELIGROSIDAD INSULAR VOLCÁNICA (TENERIFE)

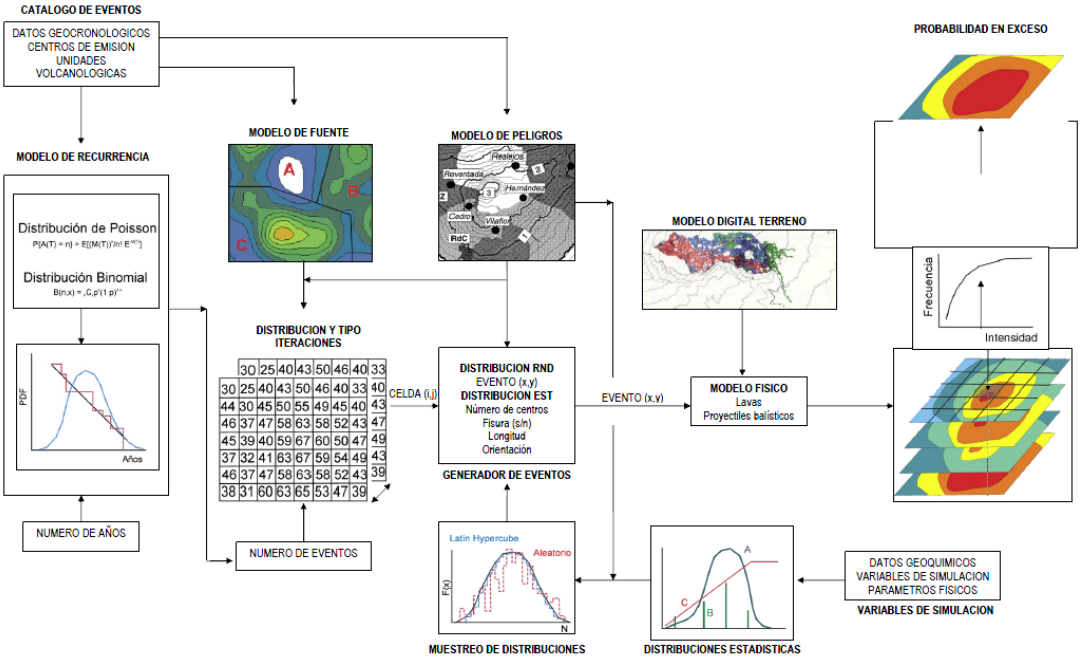
Para estimar la peligrosidad volcánica para la isla de Tenerife, ha sido necesario llevar a cabo las siguientes tareas:

- Identificación de los estilos eruptivos y fenómenos asociados que pueden tener lugar en la isla y caracterización de los mismos.
- Evaluación de cada uno de los factores que intervienen en la peligrosidad volcánica: periodos de retorno, probabilidades de ocurrencia espacial, etc.

- Desarrollo de una metodología para la evaluación de la peligrosidad volcánica que considere todas las variables implicadas en la misma y las características específicas de la isla.
- Diseño y desarrollo de los métodos y herramientas necesarios para llevar a cabo el cálculo de la peligrosidad sobre la base de los datos recopilados.

Puesto que la metodología empleada para realizar el mapa de peligrosidad volcánica en la isla de Tenerife es muy compleja, en el presente documento únicamente se han recogido los aspectos generales, siendo necesario remitirse a la Memoria del Mapa[12], para tener un análisis detallado de la metodología.

Figura: Esquema de los pasos a seguir en la metodología del Mapa de peligrosidad volcánica de la isla de Tenerife.



Fuente: Memoria del Mapa de peligrosidad volcánica de la isla de Tenerife.

Para el desarrollo de la cartografía de peligrosidad volcánica de Tenerife se ha seguido la metodología para generar cartografía cuantitativa de peligrosidad (Gómez Fernández, 1997, 1998, 2000a).

El primer paso a llevar a cabo es la conformación de los datos que constituyen el denominado catalogo de eventos, compuesto por la información de la distribución de las erupciones en el tiempo, evolución de la isla y la disposición de los centros emisores.

[12] Cartografía de Peligrosidad Volcánica de la isla de Tenerife, Memoria. Instituto Geológico y Minero de España Ministerio de Educación y Ciencia, 2006.

Mediante el análisis del catalogo de eventos, es posible establecer un **modelo de recurrencia** para las erupciones en la isla a partir de estudios estadísticos. El modelo de recurrencia permite determinar el número de eventos que es necesario simular para el intervalo de tiempo en que se estime la peligrosidad.

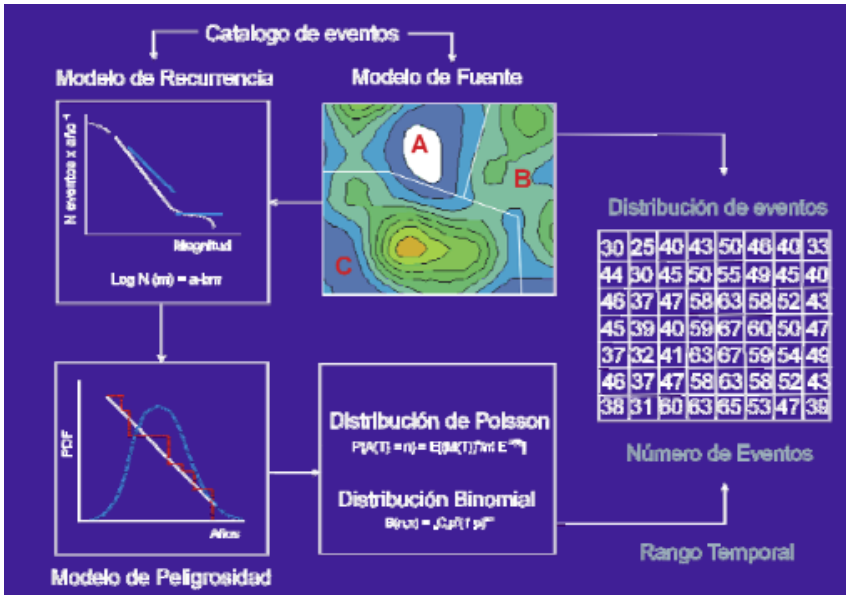
El segundo elemento que hay que tener en cuenta a la hora de valorar la peligrosidad futura de erupciones es la ubicación potencial de las mismas, para lo cual se ha establecido **un modelo de fuente** (superficie de probabilidad a partir del catalogo de eventos), que constituye la base sobre la que se establece la probabilidad de que cada uno de los puntos de la isla pueda verse afectado por erupciones en el futuro.

La distribución espacial de los distintos fenómenos que pueden tener lugar en la isla viene definida por el **modelo de peligros**. Este modelo, que se genera a partir de los mismos datos que el de fuente, identifica las zonas de la isla en la que pueden tener lugar cada una de las tipologías eruptivas dominantes.

Para un intervalo de tiempo dado, al combinar el modelo de recurrencia con el de fuente se obtiene la distribución de eventos (o lo que es lo mismo, de simulaciones) que deben llevarse a cabo en cada punto de la isla para cada tipo de volcanismo, estableciendo una malla regular, sobre la cual se distribuye el número de eventos a simular.

La **simulación** de las erupciones efusivas se lleva a cabo aplicando dos modelos físicos: un modelo para la simulación de coladas lávicas y otro para los proyectiles balísticos (que en principio se aplica exclusivamente para las erupciones de tipo básico – intermedio). El generador de eventos se ocupa de obtener, para cada una de las simulaciones a realizar, los parámetros resultantes de la aplicación de las distribuciones a las bases de datos del modelo (que son las que definirán el comportamiento de las coladas lávicas), identificar cada uno de los puntos de emisión del evento, así como los centros emisores situados en la zona de influencia de la línea de costa o en el mar y generar las áreas de influencia potenciales para la generación de los conos de piroclastos.

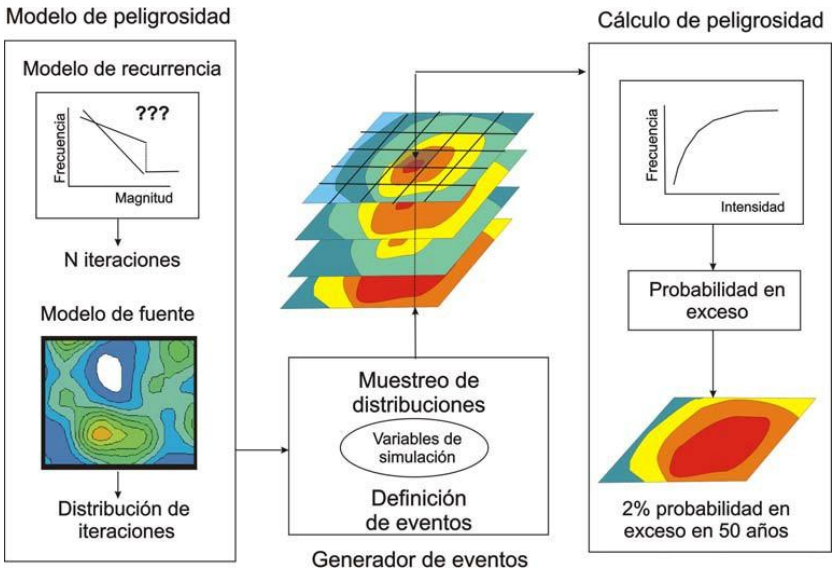
Figura: Esquema de los pasos a seguir en la metodología inicial del Mapa de peligrosidad volcánica de la isla de Tenerife.

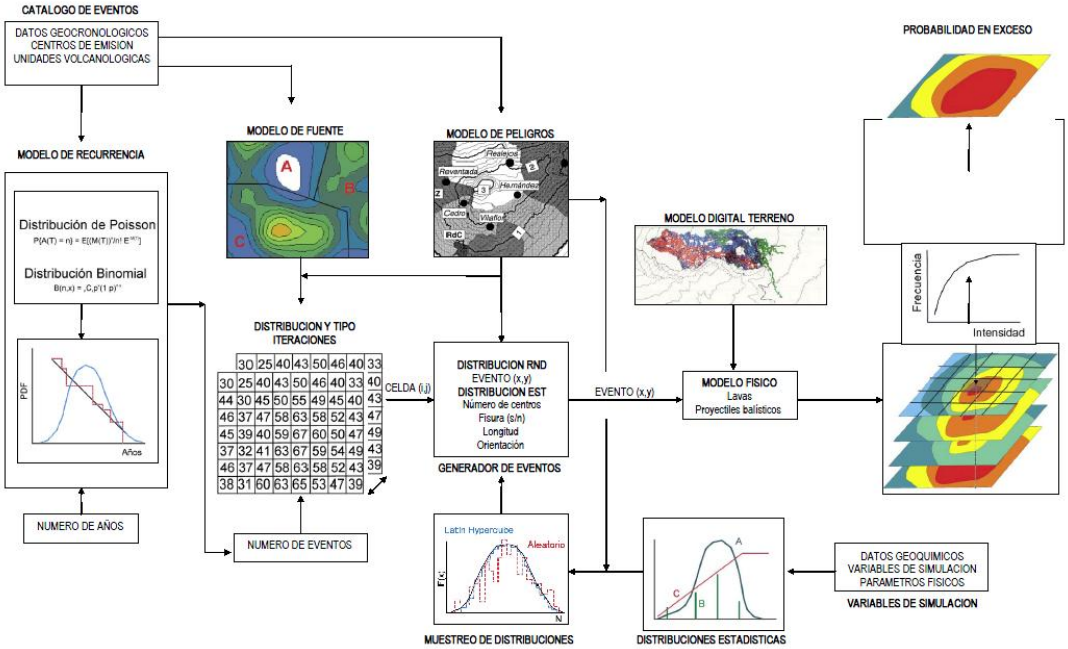


Fuente: Memoria del Mapa de peligrosidad volcánica de la isla de Tenerife.

El cálculo de la peligrosidad se realiza analizando, para cada punto de la isla, la relación entre la intensidad del fenómeno y su frecuencia. La intensidad viene representada por la o las variables que se generan en la salida los modelos. Esta función, aplicada a cada punto de la isla, permite generar un mapa único de **probabilidad de excedencia** de un determinado umbral con un porcentaje de probabilidad que se define en función del nivel de peligrosidad que se desea representar.

Figura: Esquema de los pasos a seguir en la metodología final del Mapa de peligrosidad volcánica de la isla de Tenerife.





Fuente: Memoria del Mapa de peligrosidad volcánica de la isla de Tenerife.

3.1.4 *Peligrosidad de inundación*

3.1.4.1 Sistemas disponibles de identificación (Sistemas de observación y/o alerta temprana) de amenazas o peligros

En las Islas Canarias las inundaciones puede estar ocasionadas por fenómenos de inundaciones torrenciales (inundaciones fluviales) o por procesos litorales (inundaciones litorales o costeras). A continuación, se detallan los sistemas disponibles de identificación de la peligrosidad de inundación en ambos casos.

3.1.4.1.1 *Inundaciones fluviales*

La peligrosidad de inundación como consecuencia de las avenidas en zonas fluviales, está muy ligada a los fenómenos meteorológicos, concretamente, al régimen de precipitaciones tanto verticales como horizontales. A este respecto a nivel estatal existe el Plan de Vigilancia y de Predicción e Identificación de la Peligrosidad Meteorológica (METEOALERTA). Este plan se detalla a continuación:

PLAN NACIONAL DE PREDICCIÓN Y VIGILANCIA DE METEOROLOGÍA ADVERSA (METEOALERTA)

Entidad: El Instituto Nacional de Meteorología (INM), actualmente, la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) es el órgano de la Administración General del Estado encargado del desarrollo, implantación y prestación de los servicios meteorológicos, entidad que gestiona el METEOALERTA. En 2006, se puso en marcha, en estrecha colaboración con los organismos responsables de Protección Civil, el Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Meteorología Adversa (METEOALERTA) que intenta resolver de forma estable el problema de la vigilancia "integral" (todo fenómeno adverso, toda época, todo el territorio), de forma que pueda darse respuesta eficaz a las variadas situaciones que puedan plantearse.

Objetivos: Este sistema pretende facilitar la información, más detallada y actualizada posible, sobre los fenómenos atmosféricos adversos que puedan afectar a España hasta un plazo máximo de 60 horas, así como mantener una información continuada de su evolución una vez que han iniciado su desarrollo. Para ello, los respectivos boletines de aviso se distribuyen de modo inmediato a las autoridades de Protección Civil, así como a los distintos medios informativos al tiempo que se actualizan constantemente en la página web de la AEMET. Su objetivo es informar, de manera inmediata y detallada, sobre fenómenos meteorológicos adversos mediante un código de colores que facilita la comprensión del nivel de riesgo.

Instrumentos y situación espacial: Los fenómenos contemplados en METEOALERTA son: Lluvias, nevadas, vientos, tormentas, temperaturas extremas, fenómenos costeros (viento y mar), polvo en suspensión, aludes, olas de calor y de frío, tormentas tropicales.

Operatividad: El riesgo meteorológico está directamente relacionado con la "rareza" del fenómeno ya que, cuanto mayor sea ésta, menos preparada está la población para enfrentarse a sus efectos.

Para determinarla, AEMET ha desarrollado estudios para cada provincia española y a partir de ellos, se ha establecido para cada fenómeno contemplado dos umbrales: "naranja" o "rojo" de acuerdo con esa rareza. De acuerdo con ello, aparecen cuatro niveles básicos:

VERDE	No existe ningún riesgo meteorológico
AMARILLO	No existe riesgo meteorológico para la población en general aunque sí para alguna actividad concreta. Este nivel no genera ningún aviso pero hace una llamada para que se esté atento a la predicción meteorológica en vigor.
NARANJA	Existe un riesgo meteorológico importante
ROJO	El riesgo meteorológico es extremo

Solo se generan avisos específicos cuando se prevé alcanzar los niveles "naranja" o "rojo", si bien, se informa también sobre qué zonas geográficas se encuentran en nivel amarillo.

En ocasiones, la coincidencia de determinadas variables atmosféricas, su intensidad, duración en el tiempo o su ocurrencia en épocas de marcada importancia social, pueden justificar la emisión de "avisos especiales" que sin interferir con los avisos normales del Plan harán una llamada a los ciudadanos para que presten una atención muy especial a la evolución meteorológica. Los boletines de aviso presentan siempre una estructura similar con un lenguaje claro y con una información lo más concreta que sea posible en cuanto al tipo de fenómeno, nivel de adversidad, ámbito geográfico a nivel de zonas provinciales, horas previstas de comienzo y final y probabilidad de ocurrencia. Se emitirán dos veces al día, por la mañana y por la tarde pero también en cualquier momento del día o de la noche en que la evolución de la situación lo requiera. Una vez confeccionados los avisos se emiten inmediatamente a las autoridades estatales y autonómicas de Protección Civil y aparecen en la página web del AEMET. Se difunden también por el Servicio Radiofónico del AEMET a través de más de 200 emisoras de toda España que los solicitan y se envían también a los más importantes medios de difusión pública.

Operatividad en Canarias: Los valores umbrales son aquellos valores de intensidad del fenómeno a partir de los cuales, se considera que existe la posibilidad de que se produzcan daños a las personas y los bienes materiales. En la Comunidad Autónoma de Canarias se han establecido los siguientes niveles incluidos en el Plan Específico de Protección Civil y Atención de Emergencias de la Comunidad Autónoma de Canarias por riesgos de fenómenos meteorológicos adversos (PEFMA). (aprobado por D 186/2006 19 de diciembre y publicado BOC nº 17 de 23 de enero de 2007).

Niveles	*Viento*	*Lluvia*	*Nieve*	*T Ext min*	*T Ext max*	*Tormentas*	*Temporales Costeros*	*Tormenta tropical*
Amarillo	Racha max: 70-90 km/h (Las Palmas), 60-80 km/h (S/C de Tenerife)	30-60 mm/12h 15-30 mm/h	Desde 1300 hasta 2000 metros con copos en suelo 3 cm/24h A partir de 2000 metros 3-10cm/24h	LP: 13 S/C de Tenerife: 13	LP: 29 S/C de Tenerife: 31	Tormentas generalizadas con posibilidad de desarrollo de estructuras organizadas. Lluvias localmente fuertes y/o vientos localmente fuertes y/o granizo inferior a 2cm.	F7, mar gruesa, mar de fondo de 4 m.	Vientos superiores a 60km/h y hasta 90 km/h
Naranja	Racha max: 90-120km/h (Las Palmas), 80-110 km/h (S/C de Tenerife)	60-150mm/12h 30-60 mm/h	Desde 1300 hasta 2000 metros con copos en suelo 3-15 cm/24h A partir de 2000 metros 3-10-30cm/24h	LP: 11 S/C de Tenerife: 11	LP: 31 S/C de Tenerife: 33	Tormentas muy organizadas y generalizadas. Es posible que se puedan registrar lluvias localmente muy fuertes y/o vientos localmente muy fuertes y/o granizo superior a 2 cm. También es posible la aparición de tornados	F8, mar muy gruesa, mar de fondo superior a 4 y hasta 6 m.	Vientos superiores a 90km/h y hasta 120km/h
Rojo	Racha max: 120 km/h (Las Palmas), 110 km/h (S/C de Tenerife)	150 mm/12h 60 mm/h	Desde 1300 hasta 2000 metros con copos en suelo 15 cm/24h A partir de 2000 metros 30cm/24h	LP: 9 S/C de Tenerife: 9	LP: 35 S/C de Tenerife: 37	Tormentas altamente organizadas. La probabilidad de lluvias localmente torrenciales y/o de vientos localmente muy fuertes y/o granizo superior a 2cm es muy elevada. Es probable la aparición de tornados	A partir de F9, mar arbolada o mar de fondo superior a 6 m.	Vientos superiores a 120 km/h

A parte del plan METEOALERTA, en cada una de las islas existe una red de pluviómetros gestionadas por los Consejos Insulares de Aguas de cada una de las islas y distribuidos de forma estratégica que registran el régimen de precipitación existente. Actualmente, en algunas islas como Gran Canaria o Tenerife se está implantando un sistema de telecontrol de precipitaciones instantáneo con la finalidad de estimar las precipitaciones en tiempo real y poder predecir las avenidas o inundaciones, puesto que la red hidrológica de las islas no permite la implantación de un sistema de alerta temprana basada en estaciones de aforo.

El Plan Estatal de Protección Civil ante el riesgo de Inundaciones, prevé la aprobación por AEMET, del Protocolo Especial de Predicción y Vigilancia de Fenómenos susceptibles de dar lugar a Inundaciones, previo informe de la Comisión Nacional de Protección Civil. Este documento actualmente se encuentra en fase de borrador y en revisión.

PROTOCOLO ESPECIAL DE PREDICCIÓN Y VIGILANCIA DE FENÓMENOS SUSCEPTIBLES DE DAR LUGAR A INUNDACIONES

Entidad: AEMET.

Objetivos: Este sistema pretende facilitar la información, más detallada y actualizada posible sobre los fenómenos atmosféricos adversos que puedan afectar a España, hasta un plazo máximo de 60 horas, así como mantener una información continuada de su evolución una vez que han iniciado su desarrollo.

Operatividad: Las aportaciones de AEMET al protocolo serán:

- Incorporar el sistema METEOALERTA
- Proporcionar DATOS de precipitación de la extensa Red de estaciones automáticas de AEMET, para valorar la cuantía de las precipitaciones caídas.
- Aportar información relativa al grado de humedad del suelo y cantidad de precipitación acumulada deducida del balance hídrico.
- Imágenes y mapas sobre el estado de la vegetación, deducidas de satélites para visionar la actividad fotosintética de la vegetación, que está en relación directa con el grado de humedad disponible.
- Imágenes correspondientes al número de descargas eléctricas de nube a tierra ocasionadas por fenómenos tormentosos en sus distintos grados de desarrollo de la red de descargas eléctricas de AEMET.
- Información a medida, en aquellas situaciones extraordinarias de emergencia que permita consultas directas sobre la evolución de las precipitaciones.
- Información acerca de la situación hidrológica que pueda generar la inundación.

El Plan Estatal establece las siguientes **fases o situaciones**:

FASE DE PRE-EMERGENCIA

Existe información sobre la posibilidad de sucesos susceptibles de dar lugar a inundaciones. Alerta de autoridades y servicios implicados e información a la población.

FASE DE EMERGENCIA

Comienza cuando las inundaciones son inminentes o ya han comenzado y se prolonga durante todo el proceso, hasta que hayan sido puestas en práctica todas las medidas de protección y se hayan restablecido los servicios básicos.

Situación 0. (Inminencia de la inundación) Las informaciones hidrológicas permiten prever la inminencia de inundaciones en el ámbito del Plan, con peligro para personas y bienes.

Situación 1. Se han producido inundaciones en zonas localizadas, cuya atención puede quedar asegurada mediante el empleo de los medios y recursos disponibles en las zonas afectadas.

Situación 2. Se han producido inundaciones que superan la capacidad de atención de los medios y recursos disponibles, además, los datos pluviométricos e hidrológicos y las predicciones meteorológicas permiten prever una extensión o agravación significativa de aquellas.

Situación 3 (Emergencia declarada de interés nacional) Emergencias que, habiéndose considerado que está en juego el interés nacional, así sean declaradas por el/la Ministro/a de Interior.

FASE DE NORMALIZACIÓN

Todo vuelve a la normalidad.

La rotura de una presa, puede generar una inundación aguas abajo de la misma, por lo que también es necesario evaluar los sistemas de vigilancia existentes al respecto.

SISTEMA DE ALERTA POR RIESGO DE ROTURA O AVERÍA GRAVE DE PRESAS

El Plan Estatal de Inundaciones propone la creación de un sistema de Alerta por riesgo de rotura o avería grave de presas.

Se establecen las siguientes fases de alerta:

FASE DE EMERGENCIA

ESCENARIO 0. De control de la seguridad. Las condiciones existentes y las previsiones aconsejan una intensificación de la vigilancia y el control de la presa, no requiriéndose la puesta en práctica de medidas de intervención para la reducción del riesgo.

ESCENARIO 1. De aplicación de medidas correctoras. Se han producido acontecimientos que de no aplicarse medidas de corrección podrían ocasionar peligro

de avería grave o rotura de la presa, si bien la situación puede solventarse con seguridad mediante la aplicación de las medidas previstas y los medios disponibles.

ESCENARIO 2. Excepcional. Existe peligro de rotura o avería grave de la presa y no puede asegurarse con certeza que pueda ser controlado mediante la aplicación de las medidas y los medios disponibles.

ESCENARIO 3. Límite. La probabilidad de rotura de la presa es elevada o ésta ya ha comenzado, resultando prácticamente inevitable el que se produzca la onda de avenida generada por dicha rotura.

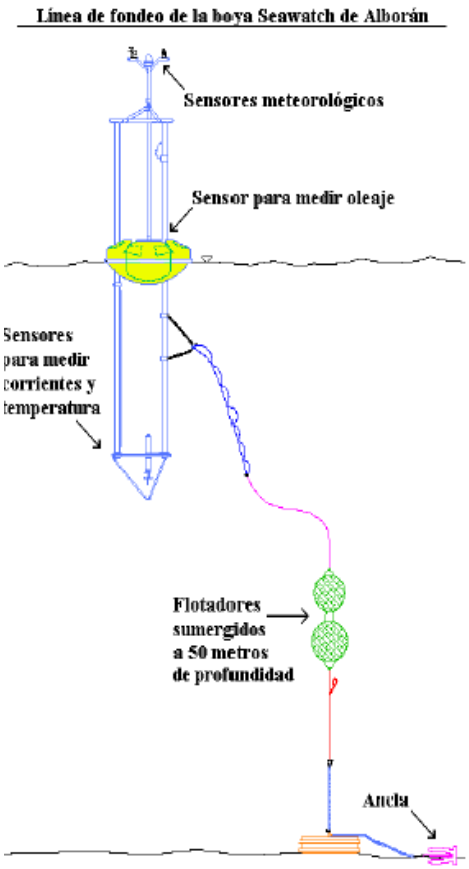
Existen otras redes a nivel peninsular no desarrolladas en Canarias:

- RED OFICIAL DE ESTACIONES DE AFORO (ROEA)
- SAIH (Sistema Automático de información Hidrológica)
- SAD (SISTEMA DE AYUDA A LA DECISIÓN)

3.1.4.1.2 *Inundaciones litorales*

La peligrosidad por inundaciones litorales está muy ligada a los fenómenos meteorológicos, concretamente al clima marítimo que queda definido por el nivel del mar, el régimen de vientos, el oleaje y las corrientes marinas.

A este respecto existen una serie de organismos que disponen de sistemas que permiten estimar estas variables y desarrollar sistemas de predicción o alerta.



PUERTOS DEL ESTADO. REDES DE OBSERVACIÓN, SISTEMAS DE PREDICCIÓN Y BASES DE DATOS

Entidad: Puertos del Estado: Institución dependiente del Ministerio de Fomento que tiene la responsabilidad global sobre el sistema portuario dependiente del estado.

Objetivo: Comprende un total de 27 autoridades portuarias y es la encargada de coordinar dicho sistema, disponiendo de una red de observación del medio físico.

Instalaciones y situación espacial:

Redes de observación:

- La Red de aguas profundas: En Canarias está formada por dos boyas en Tenerife Sur y Gran Canaria. Los datos son transmitidos cada hora vía satélite y se envían a la web.

- La Red Costera de Puertos del Estado (REDCOS): Proporciona datos de oleaje en tiempo real en puntos de aguas poco profundas. Canarias consta de 2 boyas en Tenerife y Gran Canaria (el Confital a 42 m de profundidad).
- Red de boyas en aguas abiertas (REDEXT): La red exterior está compuesta por boyas de tipo Wavwescan y SeaWatch.
- Red de correntímetros (miden las corrientes de agua).
- Red Meteorología Portuaria (REMPOR): Dos estaciones en El Hierro y Tenerife norte y dos boyas en aguas abiertas en Tenerife Sur y Gran Canaria que miden el viento.
- Red de Mareógrafos REDMAR: En funcionamiento desde 1992. El objetivo es la monitorización del dato de nivel del mar en tiempo real y la generación de series históricas para su posterior explotación. En la actualidad está constituida por 8 mareógrafos en las islas Canarias (La Palma 2007, El Hierro 2001, Tenerife -Sur 2001, Tenerife-Norte 1992, Gran Canaria - Norte 1992, Gran Canaria - Sur 2001, Fuerteventura 2001 y Lanzarote 2008).

Figura: Puntos de las redes distribuidas y detalle de mareógrafo ubicado en el puerto de Santa Cruz de Tenerife

Fuente: Puertos del Estado

- Tecnología Radar de Alta Frecuencia (Radar HF) permite la monitorización remota de corrientes y oleaje.

Sistema de predicción

- El sistema para la predicción del nivel del mar (NIVMAR) es un conjunto de aplicaciones destinado a obtener una predicción del nivel del mar a corto plazo (48 horas) a partir de los datos de viento y presión proporcionado por la Agencia Española de Meteorología. El sistema, creado en 1998, basa su funcionamiento en la previsión armónica del nivel del mar, obtenida del sistema de mareógrafos de Puertos del Estado, y en el uso de los modelos numéricos HAMSOM (circulación oceánica, Puertos del Estado) y HIRLAM

(circulación atmosférica, Instituto Nacional de Meteorología). Los datos de los mareógrafos de la REDMAR, son utilizados también para el proceso de asimilación y son imprescindibles para corregir desviaciones sistemáticas que no pueden ser resueltas por el modelo de circulación. El horizonte de previsión de NIVMAR es de 48 horas.

- Predicción de la Marea Astronómica: Se puede estimar para cualquier fecha seleccionada. Los resultados se obtienen a partir del análisis realizado por la red REDMAR.
- El Sistema de Predicción de Oleaje (SPO): Desarrollado por Puertos del Estado en 1995, es el resultado de los trabajos realizados en el campo de los modelos de oleaje con el fin de satisfacer las necesidades de las Autoridades Portuarias a la hora de planificar y gestionar las actividades portuarias. El sistema se basa en una versión del código WAM modificada por Puertos del Estado. Asimismo, existen aplicaciones operacionales de más alta resolución basadas en los modelos WAVEWATCH y SWAN. Las datos de las boyas se utilizan para realizar la validación en tiempo real.
- El Sistema Avanzado de Predicción Local (SAPO). Desarrollado para la realización de sistemas de predicción local fundamentalmente para aplicaciones en puertos y playas, por Puertos del Estado en colaboración con Universidades como la de Cantabria. Las aplicaciones en puertos permiten obtener la agitación en el interior del puerto mientras que las aplicaciones en playas además del oleaje generan información relativa a nivel, corrientes en la playa y características de las zonas de rompientes. Los resultados con horizontes de hasta 48 horas se ponen a disposición del usuario vía web.

Banco de datos

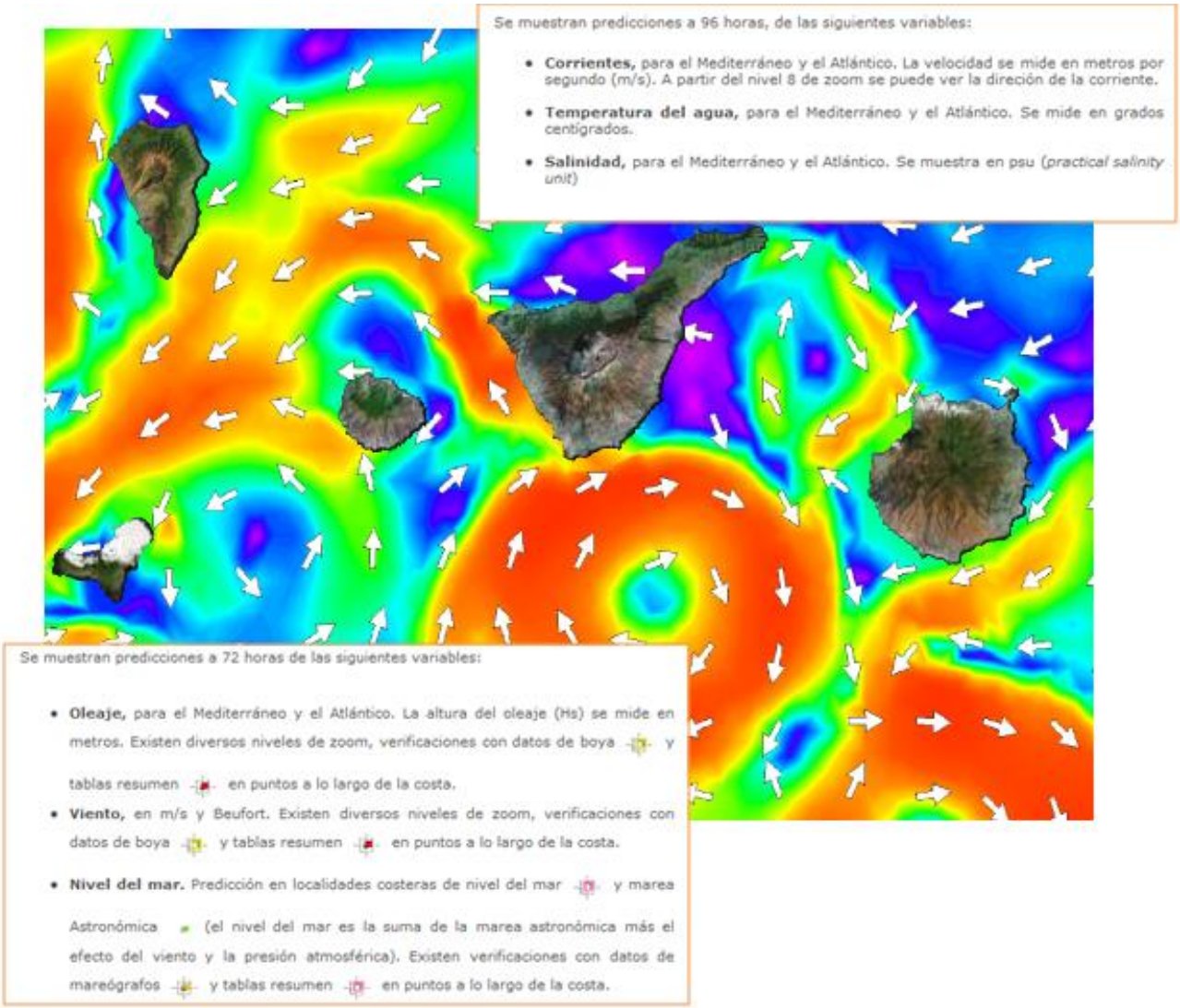
- El Banco de Datos de Puertos del Estado almacena todos los datos generados tanto en la red de observación como los datos de los sistemas de predicción. Asimismo incluye varias bases de datos numéricos de retroanálisis y un visor de Información oceanográfica (Portus), donde consultar toda la información disponible.

Simulaciones

- En Canarias existe una base de datos de oleaje simulados numéricamente, SIMAR-44. A partir de las series de oleaje de los registros desde 1958.

Operatividad: La información queda almacenada en tres bases de datos: Viento, Oleaje y Nivel del mar. Estos datos están disponibles para el uso público. La distribución se realiza vía web en la página (www.puertos.es), donde aparecen las 3 áreas fundamentales: La información de las Redes de observación, los Sistemas de predicción y las Bases de datos.

Figura: Sistema de alerta o predicción de las corrientes marinas en Canarias.



Fuente: Puertos del Estado

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA. RED DE MAREÓGRAFOS

Entidad: Instituto Español de Oceanografía (Centro de datos oceanográficos).

Objetivos: Integrado con diferentes redes internacionales, estableciendo formatos, protocolos de control, diccionario de datos, así como el almacenamiento y salvaguarda de los datos e información en forma armonizada para su posterior intercambio, distribución e integración con otras fuentes de datos.

Instalaciones y situación espacial: El IEO cuenta con una importante red de mareógrafos ubicándose 3 en las islas Canarias.

Tabla: Localización de los fondeos del IEO

Nombre	Posición	Periodo
Arrecife	Lat:28° 57' N Lon:13° 34' W	1949 - 1975
		1980 -
Puerto de la Luz	Lat:28° 08' N Lon:15° 25' W	1949 - 1956
		1971 - 1989
		1991 -
Santa Cruz de la Palma	Lat:28° 41' N Lon:17° 33' W	1949 - 1989
		1997 -

Fuente: Estudio previo Plan Canario de Adaptación al Cambio Climático. Infraestructuras Costeras y Litoral. Agencia Canaria de Desarrollo Sostenible y Cambio Climático.

Operatividad: A través de la página web de IEO se puede acceder a la base de metadatos en la que se encuentra la información correspondiente a inventarios de datos de campañas.

INSTITUTO HIDROGRÁFICO DE LA MARINA

Entidad: Instituto Hidrográfico de la Marina

Objetivos: Formación y conservación de la cartografía Náutica Básica.

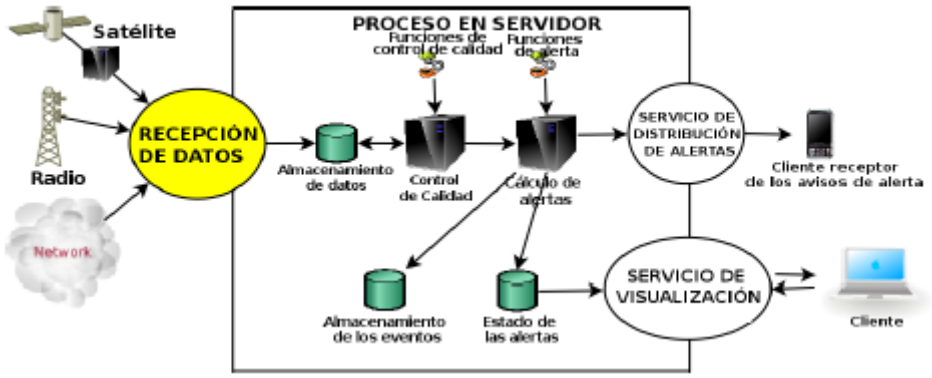
Instalaciones y situación espacial: El IHM cuenta con la mayor fuente de datos relativa a la topografía de fondos de la costa.

SISTEMA MARINO DE ALERTA TEMPRANA

Sistema de alerta temprana marina desarrollado por Puertos del Estado, cuyos trabajos principales de realización están incluidos en el proyecto europeo ECOOP (European Coastal Sea Operational observing and forecasting system). Este sistema tiene dos pilares básicos: redes de sensores que monitorizan el estado del mar de forma continua y permanente y una infraestructura de comunicaciones que permita transmitir estos avisos de alerta.

El sistema se basa en la recepción a tiempo real de datos de redes de medida (boyas y mareógrafos).

Figura: Sistema de alerta temprana marina



Fuente: Pérez et al, 2011

Los indicadores de alerta que se generan son de cuatro tipos, y se han clasificado en función de la gravedad del fenómeno detectado: sin riesgo, riesgo moderado, riesgo elevado y peligro. Además se ofrecen a tres niveles geográficos: estación, autoridad portuaria y zona costera.

Figura: Página web del sistema de alerta temprana marina

Fuente: Página web de puertos.es

El sistema también utiliza información de previsiones a corto plazo (NIVMAR) que tienen un alcance de predicción de 72 horas, y genera, por tanto, indicadores de alerta para los 3 días siguientes a la ejecución de la predicción.

En la actualidad, el sistema con un paquete de 4 funciones de alerta: oleaje, nivel del mar, oscilaciones de nivel del mar y efecto combinado oleaje-nivel del mar. El aviso de alerta se activa ante la superación de un valor umbral definido específicamente para cada variable y estación o zona. Existen cuatro umbrales clasificados en función de la gravedad del fenómeno detectado: sin riesgo (condiciones normales), riesgo moderado, riesgo elevado y peligro. Ante la superación de cualquiera de estos umbrales se genera el correspondiente aviso e indicador de alerta. Cada uno de los ellos tiene asociado un color: verde, amarillo, naranja y rojo respectivamente.

Cuando se emite una alerta, el aviso se mantiene activo durante un periodo de tiempo denominado latencia. El objeto es evitar constantes cambios en el estado de la alerta cuando los valores de los datos se encuentran próximos a los umbrales. Una vez pasa ese periodo de latencia, la alerta se puede, o bien desactivar (retorno a condiciones normales), o bien reactivarse si los últimos datos recibidos siguen superando alguno de los umbrales.

Tipos de alerta:

Alerta de Nivel del Mar: Este tipo de alerta pretende detectar situaciones relacionadas con la elevación o descenso acusado del nivel del mar. Se generan indicadores en tiempo real a partir de datos de los mareógrafos que Puertos del Estado tiene ubicados en los puertos y también para las próximos días gracias al sistema de predicción NIVMAR. Los indicadores de tiempo real se actualizan cada minuto y los de predicción cada vez que se obtienen nuevos datos (dos veces al día). Este tipo de alerta cuenta con dos tipos de umbrales, uno superior y otro inferior. El aviso de alerta se lanza cuando el valor de la medida de nivel del mar sobrepasa cualquiera de los umbrales. Los umbrales se han obtenido a partir de información de registros históricos y son diferentes para cada estación/puerto/zona, ya que el nivel del mar es un parámetro muy dependiente de la batimetría local y además las referencias utilizadas son también locales (normalmente el cero del puerto).

Alerta de Oleaje: Este tipo de alerta busca advertir sobre situaciones de potencial peligro debido a la envergadura del oleaje. El parámetro considerado para evaluar el riesgo es la altura significante. Deben recibirse al menos dos datos por encima del umbral para que la alerta sea emitida. Los avisos en tiempo real se generan a partir de los datos obtenidos por las boyas fondeadas tanto en aguas costeras como en aguas abiertas (profundidades mayores a 200 m) y se actualizan cada hora, mientras que los de previsión se calculan con la información suministrada por el sistema de predicción de oleaje a escala oceánica Puertos del Estado-AEMET y se actualiza 2 veces al día.

Alerta de Oscilaciones de Onda Larga de Nivel del Mar: En el caso de esta alerta, se busca detectar de forma automática potenciales situaciones de peligro debidas a las oscilaciones de corto periodo, presentes en la señal de nivel del mar causadas por fenómenos como cambios rápidos en la presión atmosférica o tsunamis. Se trata, de detectar este tipo de señales a partir de la información de nivel del mar, para lo cual es necesario contar con datos con una frecuencia de muestreo elevada, de, al menos, 1 minuto. Por ello, este tipo de aviso solo se genera a partir de los datos medidos por los mareógrafos que transmiten información en tiempo real cada minuto.

Alerta Combinada Oleaje-Nivel del Mar: El sistema cuenta con un módulo específico destinado a detectar situaciones de peligro debidas el efecto combinado del oleaje (altura significante) y

el nivel del mar actuando en el mismo momento. Estas situaciones se pueden dar durante temporales que coincidan con mareas altas. En esos casos, la coincidencia del fuerte oleaje con la pleamar incrementa notablemente el efecto del temporal sobre las infraestructuras costeras. El método de cálculo es análogo al de las generación de alertas individuales utilizando un 85% del valor del umbral. Actualmente este tipo de alerta solo se está ofreciendo para las alertas en tiempo real, generadas a partir de datos medidos. Para poder ejecutar esta alerta es necesario contar con, al menos, datos de dos sensores, el de oleaje y el de nivel en la misma zona de influencia. Dado que no se puede asegurar que los sensores estén exactamente en la misma posición, estas alertas se generan a nivel de zona y puerto. Para que la alerta sea lanzada, es necesario que ambos valores superen algunos sus respectivos umbrales. En caso de mostrar cada uno diferente nivel de alerta, prevalece la alerta de menor rango.

El estado de las alertas se puede consultar vía web http://www.puertos.es y con varios medios de distribución: avisos por teléfono móvil/internet vía e-mail y web.

3.1.4.2 **Fuentes de información existente**

3.1.4.2.1 *Principales organismos e instituciones Internacionales, Estatales y Canarios que trabajan en peligrosidad de inundaciones*

INUNDACIONES FLUVIALES

Para la elaboración de este estudio se ha consultado y realizado un análisis de diversas fuentes bibliográficas y documentales, así como múltiples estudios y trabajos que contienen o aplican los MPIs (Mapas de Peligrosidad de Inundación). Entre las páginas web analizadas a nivel estatal destacan las correspondientes a:

- D. G. de Protección Civil y Emergencias. Riesgos Naturales Hidrológicos. Inundaciones http://www.proteccioncivil.org/inundaciones
- Ministerio de Medio Ambiente. Sistemas Nacional de Cartografía de Zonas inundables. http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/snczi/
- Consorcio de Compensación de Seguros. Riesgos extraordinarios. http://www.consorseguros.es/web/guest/ad_re
- CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas) http://www.cedex.es/

A nivel del Archipiélago se han consultado a los Consejos Insulares de Agua.

Se han consultado además, numerosos planes a nivel autonómico, municipal y local relacionados con el riesgo de inundación, la legislación relacionada y múltiples publicaciones científicas sobre la precisión cartográfica en función de la escala, los métodos de elaboración de MPIs, y la conexión entre modelos hidrológico-hidráulicos y modelos digitales de elevaciones (ver en el apartado bibliografía).

INUNDACIONES LITORALES

Organismos Estatales

- Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) http://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/municipios
- Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM) http://www.armada.mde.es/ihm/
- Instituto Español de Oceanografía (IEO) http://www.ieo.es/inicial.htm
- Puertos del Estado http://www.puertos.es/
- D. G. de Protección Civil y Emergencias. Riesgos Naturales Hidrológicos. Inundaciones http://www.proteccioncivil.org/inundaciones

Organismos Canarios

- Consejos Insulares de Aguas

3.1.4.3 **Inventario de los sistemas de registro de datos históricos**

3.1.4.3.1 *Base de datos del Catálogo Nacional de Riesgos Geológicos*

Las inundaciones son unos de los riesgos que están incluidos dentro del Catálogo Nacional de Riesgos Geológicos que incluye también los terremotos y los movimientos de ladera.

Este catalogo se inició en 1987 desarrollado como una base de datos de los Riesgos Geológicos por el IGME. Actualizada tras el estudio *"Análisis del impacto de los riesgos geológicos en España. Evaluación de pérdidas pro terremotos e inundaciones en el periodo 1987-2001 y estimación para el periodo 2004-2033"* elaborado por el IGME junto al Consorcio de Compensación de Seguros.

En la base de datos se recoge toda la información referente a las inundaciones como fecha de ocurrencia de las inundaciones, municipios afectados, duración, río/rambla, cuenca hidrográfica, causas, frecuencia, superficie afectada, caudal, precipitación, etc. Dicha base de datos se compone de una serie de tablas, en las que se almacena la información. Las tablas utilizadas son:

Tabla de eventos. Se recoge el tipo de evento y la fecha en que ocurrió

Tabla de Inundación. Incluye una serie de campos relacionados con las características de las inundaciones registradas. Los aspectos que recogen son:

- Duración de la inundación
- Frecuencia
- Causas
- Cuenca hidrográfica en la que se produjo

- Ríos, ramblas y/o barrancos afectados
- Altura máxima del nivel de agua (m) y lugar de medición
- Caudal Máximo (m^3/s) y lugar de medición
- Precipitación máxima (mm^2) y lugar de medición
- Caudal específico ($l/s/krn^2$) y lugar de medición
- Superficie afectada (km^2)
- Observaciones que no pueden ser incluidas en los anteriores campos.
- Fotografías disponibles

Tablas de municipios afectados. Se registran los municipios afectados y la provincia y comunidad autónoma a la que pertenecen.

Tablas de daños. Se describen los daños ocasionados por la inundación: a personas, animales, en edificios, en infraestructuras, vehículos, referidos a los usos M suelo y daños indirectos.

Tablas de pérdidas económicas. Se recoge la valoración de pérdidas económicas producidas por la inundación, y la fuente de procedencia de los datos.

Tabla de fuentes documentales. En esta tabla se recopilan las fuentes de procedencia de la información para cada inundación registrada.

En total están registradas en la base de datos 2.534 inundaciones, de las cuales 217 corresponden al periodo 1987-2002. Del resto de registros, 504 corresponden al periodo 1950-1986, 478 al periodo 1900-1949 y 532 corresponden al siglo XIX (1800-1899). Para las inundaciones restantes, correspondientes a fechas anteriores, no existe información, dada la falta de datos. Debe considerarse que el registro histórico de las inundaciones antiguas es incompleto.

3.1.4.3.2 *Noticias de prensa a nivel estatal*

La agencia EFE, dispone de una base de datos EFE-data, de páginas Web de medios de comunicación y de noticias de periódicos, donde se recogen noticias sobre los eventos o desastres por riesgos naturales ocurridos en España.

3.1.4.3.3 *Catalogo Nacional de Inundaciones Históricas (CNIH) de la Dirección General de Protección Civil*

La Comisión Técnica de Emergencia por Inundaciones (CTEI), creada en el año 1.983 en el seno de la Comisión Nacional de Protección Civil, realizó un importante trabajo de recopilación y clasificación de información sobre episodios acaecidos en las distintas cuencas hidrográficas de España. Estos estudios finalizaron entre 1983 y 1986.

Desde el año 1995, la Dirección General de Protección Civil está llevando a cabo, la elaboración del Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas (CNIH), con el objetivo de sistematizar y homogeneizar la recopilación de datos sobre inundaciones históricas a nivel nacional, así como de facilitar y asegurar su inmediata actualización ante la ocurrencia de nuevos episodios de inundación. Desde el año 2006, se han publicado los catálogos de inundaciones históricas de las siguientes cuencas hidrográficas: Segura, Duero e Illes Balears; Tajo y Júcar; Ebro y Guadalquivir; Norte; Sur y Guadiana.

Tratando de seguir proporcionando herramientas que puedan servir, tanto a técnicos como al público en general, para el estudio del riesgo de inundación en España, Protección Civil ha editado recientemente una actualización y recopilación de todos los catálogos publicados hasta la fecha, y actualizados a 31 de diciembre del año 2010, traspasando la información existente a Demarcaciones Hidrográficas. Además, para cada episodio registrado se han incluido datos sobre indemnizaciones concedidas por esta Dirección General y por el Consorcio de Compensación de Seguros.

La base de datos del CNIH se estructura en diferentes tablas relacionales que contienen la información. La información, no siempre completa, que se puede llegar a obtener de este Catálogo es la siguiente:

· Datos genéricos identificadores del episodio:

- Cuenca
- Nº de ficha
- Referencia
- Fecha
- Denominación
- Municipios afectados
- Fotografías disponibles

· Aspectos hidrometeorológicos:

- Datos climáticos
- Mapas sinópticos de las diferentes topografías
- Mapas de isoyetas (precipitación acumulada en 24 horas)
- Intensidad de las precipitaciones
- Precipitaciones registradas
- Datos hidrológicos
- Causa y/o mecanismos de la inundación
- Hidrogramas y/o limnigramas de avenida

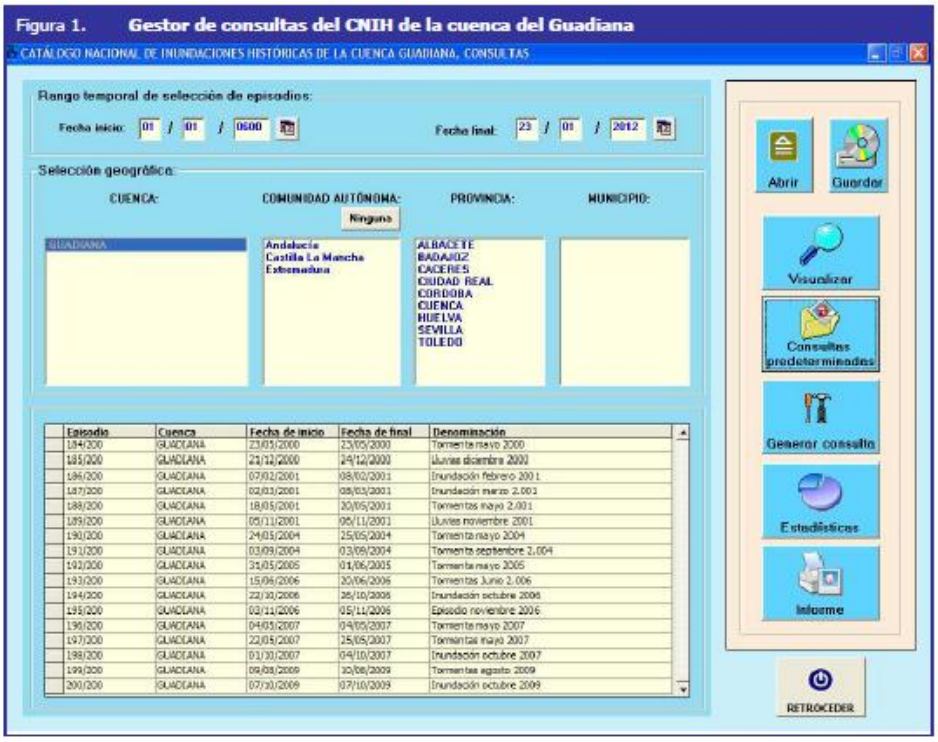
- Caudales máximos
- Altura del agua en el cauce
- Altura del agua en espacios inundados

· Área afectada

· Daños significativos:

- Fallecidos
- Heridos
- Evacuados
- Daños en viviendas
- Infraestructura hidráulica
- Infraestructura de transporte
- Agricultura
- Ganadería
- Industria
- Servicios básicos

Figura: Ejemplo de base de datos de CNIH de la cuenca del Guadiana



Fuente: Confederación Hidrográfica del Guadiana. "Desarrollo de la evaluación preliminar del riesgo de inundación en la Demarcación Hidrográfica del Guadiana".

3.1.4.3.4 *Resúmenes ejecutivos de episodios de inundación*

Resúmenes ejecutivos de episodios de inundación elaborados por el Instituto Geográfico Nacional y el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

En estos resúmenes se recoge la información de los principales episodios de inundaciones registrados más recientemente y aportan una valoración de los efectos a las personas, los bienes y el medio ambiente que han sido afectados por los mismos. Desde octubre de 2010 (fecha de inicio de los resúmenes) hasta octubre de 2011, no se han registrado inundaciones en Canarias, según estos datos.

3.1.4.3.5 *Catalogo de tsunamis en las costas españolas*

Registro de tsunamis históricos constatados y registrados que han tenido lugar en España elaborado por el Instituto Geográfico Nacional.

Históricamente, en 1755 ocurrió un tsunami asociado al terremoto de Lisboa del que se tiene constancia de los efectos desastrosos que produjo en la costa atlántica suroccidental (zona de Huelva, Cádiz, Estrecho de Gibraltar y Canarias). Recientemente, el terremoto ocurrido en Argelia en 2003 generó un pequeño tsunami que asoló las costas de las Islas Baleares produciendo la inundación de las zonas bajas, problemas operativos en los puertos y cuantiosos daños económicos.

En total están registrados una decena de ellos que han afectado a algún punto del territorio español durante los últimos 2000 años, lo que da un período de retorno inferior a 500 años si se toma como unidad geográfica de referencia el país en su conjunto.

3.1.4.4 **Carencias de información**

A continuación se enumeran algunas de las carencias de información referentes al riesgo por inundación tanto en Canarias como a nivel estatal.

- Existe una carencia de información de eventos de inundación, tanto litoral como costera, a nivel insular en Canarias.
- No están declaradas ni delimitadas las zonas inundables en Canarias.
- Se ha comprobado una falta de continuidad temporal de los registros y trabajos de recopilación y clasificación de información científica a nivel estatal. Si bien hay trabajos reseñables por la calidad de los datos contenidos, éstos se limitan a determinados periodos de tiempo, siendo muchas veces prácticamente imposible encontrar datos referentes a eventos ocurridos en un determinado periodo de tiempo, tanto antiguo como reciente.

- En España no hay un registro oficial de pérdidas declaradas por catástrofes naturales, ni un organismo que contraste o tase las valoraciones.
- Con respecto a los datos sobre los daños declarados y los daños reales correspondientes a eventos concretos, en general, los primeros son muy elevados y no se corresponden con la realidad. Esto se corrobora en el hecho de que en muchos casos ocurre que los daños declarados no han sido producidos por el evento en cuestión. Existe además una gran disparidad entre valoraciones efectuadas por entes públicos y privados.
- Los datos de los costes reales ocasionados por riegos se encuentran dispersos entre distintos ministerios; su consulta completa resulta muy complicada, excepto en el caso de la información disponible en la Dirección General de Protección Civil.
- Salvo que los daños sean importantes y sea necesaria la intervención del Estado para mitigar sus efectos no ha sido posible obtener datos de valoraciones. En estos casos el Estado ofrece y gestiona, mediante figuras legales como la declaración de zona catastrófica entre otras, el pago de ayudas económicas, créditos a bajo interés, indemnizaciones, exenciones o aplazamientos de pagos de impuestos, etc. que son reguladas en Reales Decretos y órdenes. Una vez realizada la disposición de gasto, éste se distribuye entre los distintos ministerios que lo gestionan en función de sus competencias, no existiendo un seguimiento centralizado de los costes reales invertidos en paliar los daños por catástrofes naturales.
- Las valoraciones que se hacen de pérdidas por eventos en algunos de los trabajos e información consultados, han sido realizadas con muy diversos criterios y a partir de datos muy dispares.

3.1.4.5 **Propuesta de inventario de eventos históricos en Canarias**

Puesto que ya se dispone de una base de datos por eventos de inundación a nivel estatal, recogida en el Catalogo Nacional de Inundaciones Históricas y también en el Catálogo Nacional de Riesgos Geológicos, se propone la realización de una base similar, recogiendo únicamente los eventos que hayan tenido lugar en las Islas Canarias.

Esta base de datos denominada Catalogo de Riesgos Naturales en Canarias, será similar a la desarrollada en los catálogos mencionados y estará estructura por varias tablas relacionadas entre sí. La metodología de la base de datos es similar a la descrita en el apartado e peligrosidad sísmica. Concretamente, dispondrá de 6 grupos de tablas principales:

Datos temporales y espaciales: Estos datos son comunes para cualquier tipo de evento. Debe recogerse:

- el ID del evento:

- Fecha
- Situación (coordenadas X Y, en UTM 28 del lugar donde se ha producido el evento, denominación del lugar)

Datos de caracterización física del evento:

En el caso de las **inundaciones fluviales:**

- Cuenca hidrográfica en la que se produjo
- Ramblas y/o barrancos afectados
- Causas (ej: temporal de lluvias con 1.300 Hm^3 en 36 h.)
- Frecuencia (años)
- Duración de la inundación
- Altura máxima del nivel de agua (m) y lugar de medición
- Caudal Máximo (m^3/s) y lugar de medición
- Precipitación máxima (mm^2) y lugar de medición
- Caudal específico ($l/s/krn^2$) y lugar de medición
- Superficie afectada (km^2)
- Observaciones que no pueden ser incluidas en los anteriores campos.
- Fotografías disponibles

En el caso de las **inundaciones litorales:**

- Duración de la inundación
- Frecuencia (años)
- Tipo de inundación litoral (tsunami, marea o ocasionada por temporal)
- Causas (ej: temporal de lluvias con 1.300 Hm^3 en 36 h.)
- Zona costera afectada (longitud, paraje, ubicación)
- Superficie afectada (km^2)
- Altura máxima del nivel de agua (m) y lugar de medición
- Velocidad del viento
- Observaciones que no pueden ser incluidas en los anteriores campos.
- Fotografías disponibles

Datos de municipios afectados:

- Municipios donde se ha producido el evento y en los que se han declarado daños

Datos de daños: Descripción general cualitativa de los daños producidos por inundación sobre: personas, animales, en edificios, en infraestructuras, vehículos, referidos a los usos M suelo y daños indirectos.

Datos de pérdidas o costes: Valoraciones económicas de los daños ocasionados mediante las pérdidas y/o los costes que ha supuesto ese evento. Se diferenciará entre daños económicos (aquellos valorados y declarados por organismos oficiales como Ayuntamientos, Consejerías, Cabildos etc..). Daños sociales, referente a la afección a la población (pérdida de vidas, nº de heridos, etc..).

Metadatos: Incluirá las fuentes de la información y la fecha de realización y/o modificación.

En el anexo VIII aparece descrito con detalle un ejemplo de la realización del catálogo.

3.1.4.6 Parámetros generales necesarios para la identificación de los peligros o amenazas por riesgo de inundación

El punto inicial para estimar la peligrosidad de inundación, es el análisis de los datos de inundaciones históricas fluviales o litorales y tsunamis recogidos en las bases de datos descritas.

A continuación se describen cada uno de los paramentaros, incluyendo en el anexo III, las metodologías para la estimación de cada uno de los mismos.

3.1.4.6.1 *Registro de inundaciones históricas*

Para ello se conformará una tabla Excel con el registro histórico de todas las inundaciones ocurridas en las Islas Canarias, de carácter fluvial o litoral y considerando también los tsunamis. Esta información será representando en un Sistema de Información Geográfica, mediante las coordenadas del lugar donde se ha producido el evento, a partir de información vectorial, en una capa denominada *Registro de inundaciones históricas*. Se incluirán todos los registros de inundaciones (fluviales y litorales) que han tenido lugar en las Islas Canarias y de los cuales hay constancia.

Los datos serán recopilados a partir de las bases de datos de los Consejos Insulares de Agua, del Catalogo Nacional de Inundaciones Históricas o del Catálogo Nacional de Riesgos Geológicos o lo que es lo mismo, del Catalogo de Riesgos Naturales en Canarias (Inventario de eventos históricos) propuesto en el presente proyecto.

INUNDACIÓN FLUVIAL

A continuación, se describen los parámetros de identificación de la peligrosidad por inundación fluvial, incluyendo en el anexo IV la metodologías de estimación de los mismos.

3.1.4.6.2 *Red hidrográfica*

Estos datos se refieren a la información espacial relacionada con la red hidrográfica de cada una de las islas que conforman el archipiélago Canario, correspondiente a barrancos, balsas y presas.

Respecto a los barrancos, se recopilará el inventario de los barrancos de cada una de las islas. Esta información se obtendrá a partir de los Consejos Insulares de Agua y de la cartografía de GRAFCAN (topográfico 1:5.000) disponible en formato digital. Como información añadida se aportará el nombre del cauce principal.

3.1.4.6.3 *Información topográfica-geológica*

Otros de los parámetros utilizados para estimar la peligrosidad son los que dependen de la topografía y geología. Concretamente referidos a el MDT, pendiente y forma de la cuenca vertiente, así como las zonas de domino fluvial determinadas a partir de los mapas geológicos.

MDT y Pendiente: Respecto al MDT y la pendiente, está última es un parámetro que se utilizará para la estimación del caudal que presenta la avenida. El análisis del porcentaje de pendiente se estimará a partir de la información de un MDT de cada una de las islas y del programa ARCGIS. Los Modelos Digitales del Terreno (MDT) se construyen a través de curvas de nivel, puntos acotados y actualmente a partir del LIDAR. Constituyen una herramienta que permite visualizar el relieve, obteniendo diferentes factores en relación al análisis de la delimitación de cuencas de drenaje, obtención de mapas de pendientes y orientaciones, etc. Estos modelos digitales del terreno (MDT), se pueden obtener a partir de modelos digitales de elevaciones (MDE) mediante la utilización de LIDAR y han sido proporcionados en formato raster por medio de GRAFCAN.

Cuenca: Respecto a la cuenca, el término de cuenca se refiere a toda la superficie cuya escorrentía va a parar a un mismo barranco. Se estimará la cuenca de cada uno de los barrancos identificados en la red hidrográfica descrita anteriormente, mediante una aplicación de los Sistemas de Información Geográfica diseñada para ello.

Zonas hidrogeológicas: Las zonas hidrogeológicas se determinarán a partir del Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias. Este mapa permite determinar las litologías asociadas a dinámicas o procesos fluviales, delimitando su geomorfología, las llanuras de inundación y su evolución, permitiendo junto a otros aspectos establecer una evaluación muy general y preliminar de las zonas que han presentado inundación.

Permeabilidad: La permeabilidad de las litologías existentes en las islas, es una información relevante en Canarias para el análisis de las inundaciones, puesto que permite caracterizar el nivel freático del suelo y la saturación del mismo.

3.1.4.6.4 *Información hidrológica*

La hidrología es fundamental para estimar las avenidas que generan las inundaciones y por tanto, se corresponde a información relevante para estimar la peligrosidad. Se analizarán como parámetros la infiltración/escorrentía, que son parámetros que dependen en gran medida de la permeabilidad y las precipitaciones ya que son las que generan un determinado caudal de agua que provoca la avenida.

Precipitaciones: El principal dato de partida para la estimación de los caudales de escorrentía es el régimen de precipitaciones al que se encuentra sometida la zona. Concretamente, las isoyetas de la distribución de la precipitación máxima diaria, para diferentes periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años, para cada una de las islas. Estas isoyetas permiten estimar la pluviometría media para las cuencas hidrográficas existentes. La información de las isoyetas está disponible en el proyecto desarrollado por GESPLAN en Canarias, en el documento "Estudios de Riesgos Hidráulicos Constatados Insulares".

Escorrentia: La escorrentía se utiliza para estimar que parte de las precipitaciones discurre por el terreno y puede provocar una avenida que generé una inundación. Para determinar la escorrentía se utilizará el método del numero de curva del SCS (Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de EE.UU.), adaptada a las condiciones de Canarias.

3.1.4.6.4.1 Ocupación de cauces

Se buscarán e identificarán las zonas donde existan denuncias por ocupación de cauces. Esta información se recopilará a partir de los expedientes de ocupación de cauces, que presentan cada uno de los Consejos Insulares de Aguas.

3.1.4.6.4.2 Programas de simulación

Será necesaria la utilización de programas de simulación como: HEC-RAS, HEC-geoRAS desarrollados por el Hydrologic Engineering Center en una dimensión o, Guad 2D (Inclam S.A.), IBER (desarrollado por el CEDEX, en colaboración con la Universidad de A Coruña, Universidad Politécnica de Cataluña, y Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería) INFOWORKS, en dos dimensiones.

Estos programas desarrollan un modelo hidráulico, con la finalidad se simular el proceso de transformación de la precipitación en escorrentía, y su propagación a lo largo de los cauces existentes y deducir los valores de caudal máximo correspondientes a los distintos periodos de recurrencia en las zonas a estudio.

Estos procesos de simulación y adaptación de los programas a las condiciones de Canarias podría resultar muy complejos y extensos en el tiempo.

INUNDACIÓN LITORAL

Según la guía de Mapas de peligrosidad de inundaciones costeras (*Guidelines on Coastal Flood Hazard Mapping*, Jimenez, 2008), las principales datos característicos requeridos para el análisis de las inundaciones costeras son: Topografía (llanura de inundación o *floodplain*), batimetría (franja costera, *coastal fringe*) y parámetros relacionados con la dinámica costera.

A continuación se describe cada uno de estos paramentaros, desarrollando en el anexo IV las metodologías de estimación de los mismos.

3.1.4.6.5 *Topografía costera*

Incluirá toda la información topográfica relacionada con la costa, correspondiente al MDT, batimetrías y las playas existentes.

MDT: El MDT (Modelo Digital del Terreno) ha quedado descrito con anterioridad, se corresponde una capa en formato raster que se construyen a través de curvas de nivel, puntos acotados y actualmente a partir del LIDAR y permite visualizar el relieve. De este modo se pueden localizar las zonas costeras cuya cota es inferior a los 50 metros y son por tanto zonas que presentan peligrosidad potencial por inundaciones costeras.

Batimetría: Se utilizarán las batimetrías de los trabajos ecocartográficos, realizadas por la Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente durante los años 2001-2008 en todas las islas, a excepción de Tenerife donde el Cabildo Insular realizo el Estudio Bionómico del litoral de Tenerife durante los años 2004-2006.

Playas: Las zonas de playa se corresponden a zonas de muy baja cota que se ven incididas en mayor medida por lo eventos meteorológicos adversos y por tanto, son zonas que pueden presentar peligrosidad de inundación. Las playas se estimarán a partir del Mapa topográfico 1:5.000 de GRAFCAN.

Perfiles de la playa: Se utilizarán los perfiles de las playas identificadas en cada una de las islas a partir de la información de los trabajos ecocartográficos, realizadas por la Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente durante los años 2001-20013.

3.1.4.6.6 *Dinámica costera*

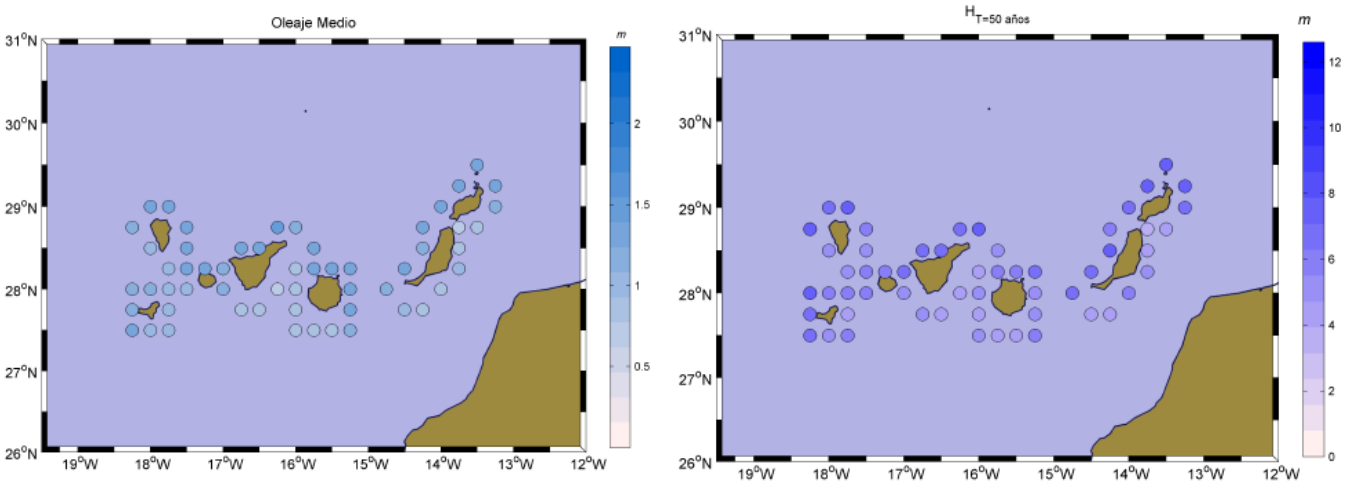
El régimen de mareas, la altura media de la marea en Canarias, el oleaje así como los fenómenos meteorológicos adversos y el régimen de vientos, son parámetros relevantes para

[13] Concretamente el estudio de La Gomera y El Hierro, fue realizado por la 'Unión temporal de Empresas Intensa-Geomytsa Tecnoambiente' en el año 2005.

estimar la peligrosidad de inundación costera. De todos estos parámetros, únicamente se podrán recoger aquellos que son cartografiables.

Altura de la marea: La altura de la marea (suma de la marea astronómica y la marea meteorológica) es uno de los parámetros que se utilizan para estimar la peligrosidad por inundación costera.

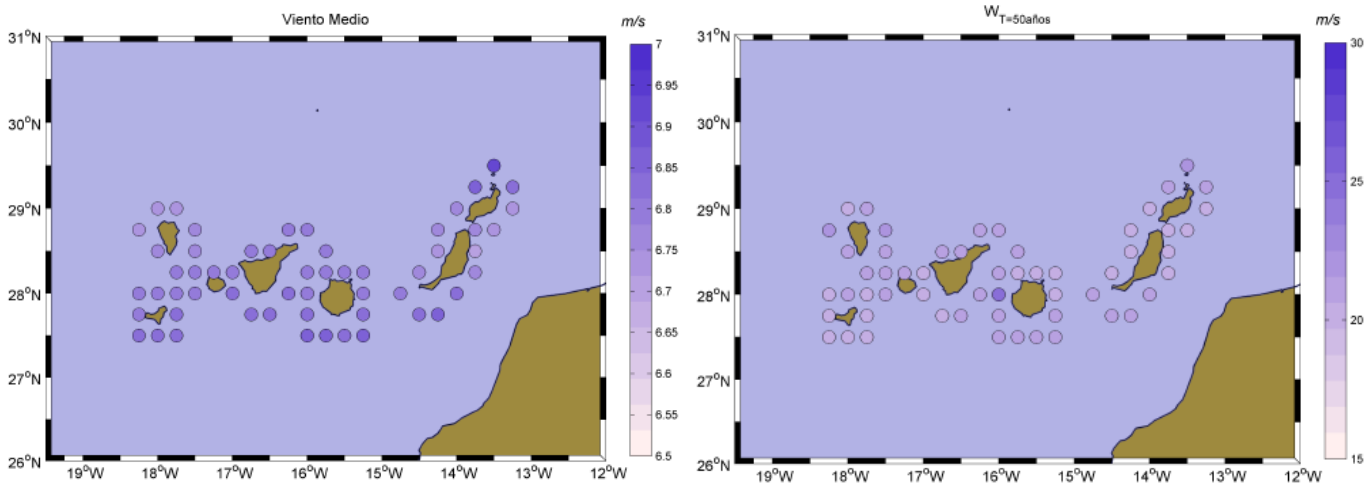
Figura: Valores medios de la altura de ola (izquierda) y para un periodo de retorno de 50 años (derecha) en las costas de las Islas Canarias



Fuente: GIOC (Grupo de Ingeniería Oceanográfico y de Costas)

Viento: La variable viento, definida a 10 metros de altura viene determinada por su intensidad (velocidad) y la dirección. Para estimar el viento se pueden utilizar medidas instrumentales, vía satélite o por simulación. Siendo la más utilizada los vientos de reanálisis, que asimilan la información satélite y la de las estaciones y se realiza una simulación. Esta es la metodología utilizada por el GIOC que ha estimado los valores medios y extremos, así como las tendencias de la velocidad del viento en Canarias.

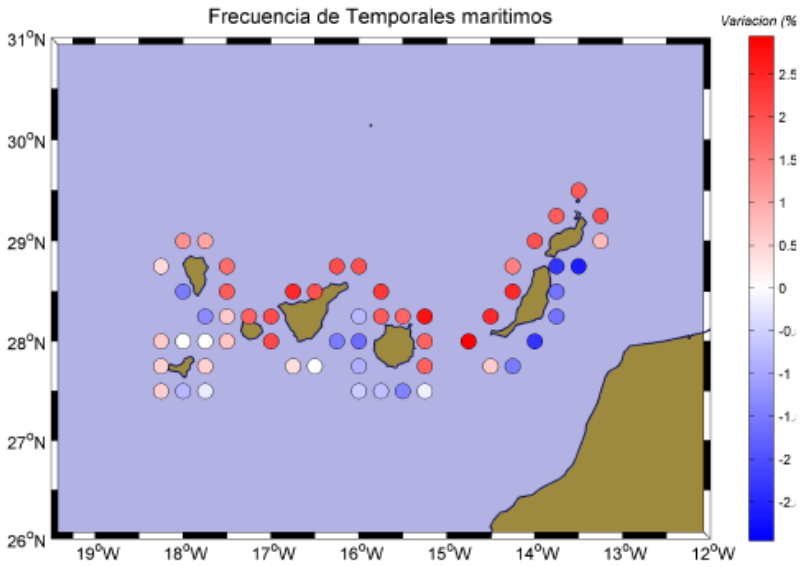
Figura: Valores medios de la variable velocidad de viento (izquierda) y para un periodo de retorno de 50 años (derecha), en las Islas Canarias



Fuente: GIOC (Grupo de Ingeniería Oceanográfico y de Costas)

Temporales: Es importante estimar la frecuencia de los temporales marítimos que tiene lugar en Canarias, porque son estos temporales los que van a indicar la peligrosidad en el tiempo. Para estimar la frecuencia de temporales marítimos el GIOC ha analizado las series históricas, estimando la tendencia actual en Canarias de estos fenómenos adversos.

Figura: Frecuencia de temporales marítimos



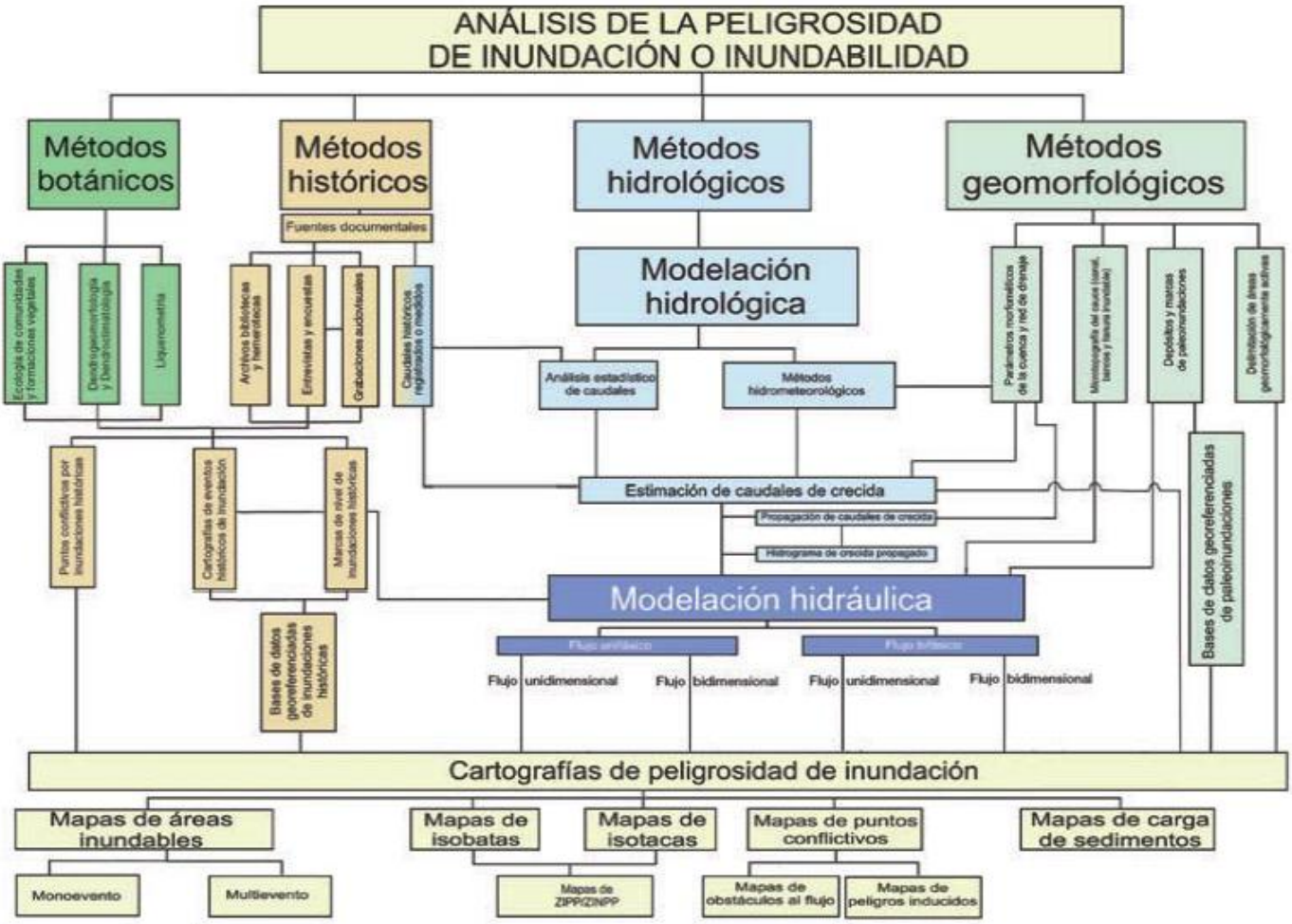
Fuente: GIOC (Grupo de Ingeniería Oceanográfico y de Costas)

3.1.4.7 Metodologías existentes de estimación de la peligrosidad por inundación fluvial

3.1.4.7.1 *Introducción*

Existen diferentes métodos de análisis de la peligrosidad de inundaciones, englobados en tres grandes grupos (Díez, 2002) y que son los contemplados en la guía de referencia: hidrológico-hidráulicos, geológico-geomorfológicos, e histórico-paleohidrológicos; a los que cabría sumar los métodos de fundamento botánico, como los dendrogeomorfológicos (Díez et al. 2008a) y los liquenométricos, aún en fase de investigación. La aplicación de cada uno de ellos también es función de la escala a la que se está trabajando, y de la precisión de los datos que se tengan de partida (Hardy et al., 1999; Walker y Willgoose, 1999; Casas et al., 2004).

Figura: Diferentes grupos de métodos para el análisis de la peligrosidad de inundaciones, sus relaciones, y los tipos de cartografías resultantes (modificado y resumido de Díez, 2002).



Fuente: Riesgos Naturales. Guía para la elaboración de cartografías de España. Colegio Oficial de Geólogos. Abril 2007.

Los métodos históricos utilizan: documentación histórica (manuscritos e impresos de archivos, bibliotecas y hemerotecas), marcas y placas sobre elementos antropizados (edificaciones, vías de comunicación, obras públicas, etc.) y los testimonios existentes (orales o audiovisuales) para reconstruir la cota alcanzada por el agua durante una avenida que ha tenido lugar en un periodo histórico. Como primera idea se puede considerar esta área como zona de crecida histórica. También se pueden utilizar los caudales mediante modelos hidráulicos, asignándoles una probabilidad determinada, permitiendo que se introduzcan como datos complementarios en el análisis estadístico de caudales procedentes del registro ordinario. (Barriendos y Coeur (2004) y Marquínez et al. (2005); Benito et al. (1996).

Los métodos paleohidrológicos emplean determinados tipos de depósitos, de los cuales no se dispone de información histórica, con o sobre elementos datables mediante técnicas paleontológicas, dendrocronológicas, radiométricas (14C, OSL, TL, etc.) o arqueológicas. Puede asignarse una probabilidad de ocurrencia a los caudales resultantes de la modelización hidráulica a partir de esos niveles y velocidades, integrándose de la misma forma en el análisis estadístico de caudales como datos no sistemáticos (Benito, 2002; Benito et al., 2004).

Los métodos geológico-geomorfológicos emplean los depósitos generados durante o tras el evento de avenida y la disposición y tipología de las formas del terreno. A partir de los mismos es posible delimitar áreas geomorfológicamente activas susceptibles de ser inundadas en los cauces, Ayala (1985), Baker et al. (1988), Díez y Pedraza (1996), Díez (2002a), Ortega y Garzón (2006) y Lastra et al. (2008).

Los métodos hidrológicos e hidráulicos persiguen la estimación de los caudales generados en una cuenca o corriente y el cálculo de las velocidades y calados con los que circulan por un tramo fluvial. Los métodos hidrológicos pueden partir de los datos de caudales, aplicando análisis estadístico de los valores máximos; o de los datos de precipitación, mediante modelos hidrometeorológicos de transformación lluvia-escorrentía basados en fórmulas y métodos como el racional, hidrograma unitario, PMP-PMF, onda cinemática. Los métodos hidráulicos parten de diferentes hipótesis de flujo (unifásico-bifásico, uni-bi-tridimensional, uniforme-variado, permanente-variable, laminar-turbulento, lento-rápido...) que simplifican las ecuaciones físicas que lo modelizan, cuya resolución permite estimar diferentes parámetros (profundidad, velocidad, energía...). Ferrer (1992 y 1993), Menéndez et al. (1996); Díez (2002a), Montalbán et al. (2003), Francés (2005) y CGRM (2007).

Estos métodos deberían emplearse y aplicarse todos ellos de forma integrada y complementaria para el estudio de la peligrosidad de inundaciones, siempre que se disponga de la información necesaria.

A modo de propuesta *Ruiz Villanueva et al*. (2008) establecen que en los planes parciales y planes especiales de detalle, que suelen realizarse en el intervalo de escalas 1:1.000 a 1:10.000, se recomienda utilizar métodos hidrológico-hidráulicos, geomorfológicos de detalle, e históricos a nivel local; teniendo más relevancia en la representación las zonas inundables para diferentes períodos de retorno, zonas inundadas en eventos pretéritos, isobatas, isotacas, puntos conflictivos, transporte de sedimentos y los tiempos de permanencia. En el ámbito local de la protección civil se representarán además los tiempos característicos.

A menor escala, en los planes de ordenación urbana, provinciales y autonómicos (1:50.000 a 1:200.000) primarán los métodos geológico-geomorfológicos y las bases de datos georeferenciadas de inundaciones históricas y paleoinundaciones; representando en la cartografía, las zonas inundadas y otros peligros asociados (movimientos de ladera, sufusión, expansividad de arcillas, erosión de márgenes…). Si el uso final de estos mapas a pequeña escala es la protección civil se añadirán también los tiempos característicos.

Los métodos geológico-geomorfológicos son de aplicación en una amplia gama de escalas y ámbitos de aplicación, lo que les convierte en una herramienta de enorme potencial que debe ser normalizada y usada con profusión.

La estimación de la peligrosidad de inundación fluvial es un procedimiento que se encuentra muy avanzado en España, en los últimos años se están llevando a cabo diversas iniciativas para la elaboración de mapas de peligrosidad de inundaciones entre las que destacan: el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI), el Plan de Cartografía de Riesgos Geológicos del IGME (PRIGEO); el Proyecto LINDE y otras actuaciones para la delimitación del dominio público hidráulico y las zonas inundables (confederaciones hidrográficas y agencias autonómicas del agua); y los Planes de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones elaborados según la directriz básica, para ámbitos estatal, autonómico y local.

A estos hay que añadir el RD 903/2010 de 9 de julio, que se corresponde a la transposición de la Directiva de Inundaciones 2007/60/CE, donde se introducen los criterios para la gestión del riesgo de inundaciones y la protección de bienes y personas. La citada Directiva 2007/60/CE tiene como objetivo reducir y gestionar los riesgos derivados de las inundaciones para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica. Para ello, prevé cartografiar la peligrosidad y el riesgo de inundación en todas las regiones donde este riesgo es elevado, acometer actuaciones coordinadas en las cuencas hidrográficas compartidas por varios países y elaborar planes de gestión de los riesgos de inundación que sean el resultado de una cooperación y una participación lo más amplias posible de los Estados miembros. Establece principalmente como actuaciones a llevar a cabo: la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI) (año límite 2011), la elaboración de Mapas de Peligrosidad por

Inundaciones identificando las áreas con un riesgo potencial de inundación significativo (ARPSIs) y la realización de Mapas de Riesgo de Inundación que muestren las consecuencias adversas potenciales asociadas con diversos escenarios de inundación (2013) y la realización de Planes de gestión del riesgo de inundación (2015).

Evaluación Preliminar del Riesgo:

Las EPRI se realizarán respecto a cada demarcación hidrográfica o unidad de gestión. Los Estados miembros determinarán las zonas para las cuales hayan llegado a la conclusión de que existe un riesgo potencial de inundación significativo o en las cuales la materialización de tal riesgo pueda considerarse probable (ARPSis).

Se realizarán Mapas de la demarcación hidrográfica, a la escala adecuada, que presenten los límites de las cuencas y subcuencas hidrográficas y, cuando existan, las zonas costeras, y que muestren la topografía y los usos del suelo.

Descripción de las inundaciones ocurridas en el pasado que hayan tenido impactos significativos pasados para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica y que tengan una probabilidad significativa de volver a producirse, incluyendo una evaluación de las repercusiones negativas que hayan provocado.

Una descripción de las inundaciones de importancia ocurridas en el pasado (aunque no provocaran daños) cuando puedan preverse consecuencias adversas de futuros acontecimientos similares.

En aquellos casos en que la información disponible sobre inundaciones ocurridas en el pasado no sea suficiente] una evaluación de las consecuencias negativas potenciales de futuras inundaciones, teniendo en cuenta:

- *topografía*
- *localización de los cursos de agua y sus características hidrológicas y geomorfológicas*
- *Las llanuras aluviales como zonas de retención naturales*
- *eficacia de las infraestructuras de protección contra inundaciones*
- *zonas pobladas*
- *actividad económica*
- *repercusiones del cambio climático*

En el caso de las inundaciones causadas por las aguas costeras y de transición, se tendrán en cuenta la batimetría de la franja marítima costera, los procesos erosivos de la zona y la

tendencia en el ascenso del nivel medio del mar y otros efectos del cambio climático. En el caso de las zonas costeras, si la información sobre inundaciones históricas no es suficiente, la evaluación se basará en la topografía y batimetría y en el clima marítimo (oleaje medio y extremal, mareas, etc.).

La evaluación preliminar del riesgo de inundación se realizará principalmente en base a la información disponible sobre inundaciones ocurridas en el pasado, en especial la incluida en el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables

Mapas de peligrosidad y de riesgo de inundación

Los Estados miembros prepararán, para cada demarcación hidrográfica, mapas de peligrosidad por inundaciones y mapas de riesgo de inundación, a la escala que resulte más apropiada para las zonas determinadas como ARPSIs.

Los mapas de peligrosidad por inundaciones incluirán las zonas geográficas que podrían inundarse según los escenarios siguientes:

a) baja probabilidad de inundación o escenario de eventos extremos (periodo de retorno igual a 500 años).

b) probabilidad media de inundación (período de retorno ≥ 100 años).

c) alta probabilidad de inundación (período de retorno ≥ 10 años).

Mostrando la extensión de inundación, los calados del agua o nivel del agua y cuando proceda, la velocidad de la corriente o el caudal de agua correspondiente.

Los mapas de riesgo mostrarán para cada escenario, el número indicativo de habitantes afectados, el tipo de actividad económica de la zona inundable, las instalaciones que pueden ocasionar contaminación y zonas protegidas y cualquier otra información que se considere relevante. Se incorporará a los mapas la delimitación del espacio fluvial (dominio público hidráulico, zonas de servidumbre, zonas de policía y zonas de flujo permanente).

Para las zonas costeras en las que exista un nivel adecuado de protección, los mapas de peligrosidad podrán limitarse al escenario de baja probabilidad.

Para cada uno de los escenarios los mapas deberán contener:

a. Extensión previsible de la inundación y calados del agua o nivel de agua, según proceda.

b. En aquellos casos en que se considere necesario, se podrá incluir caudales y/o velocidades máximas.

c. En las inundaciones causadas por las aguas costeras y de transición se reflejará el régimen de oleaje y de mareas, así como las zonas sometidas a procesos erosivos y las tendencias como consecuencia del cambio climático. Adicionalmente, en los mapas de peligrosidad se representará la delimitación de los cauces públicos y de las zonas de servidumbre y policía, la zona de flujo preferente en su caso, la delimitación de la zona de dominio público marítimo

terrestre, la ribera del mar en caso de que difiera de aquella y su zona de servidumbre de protección.

Los mapas de riesgo incluirán, como mínimo, la información siguiente:

a. Número indicativo de habitantes afectados.

b. Tipo de actividad económica que puede verse afectada.

c. Instalaciones que puedan ocasionar contaminación accidental,

d. Zonas protegidas para la captación de aguas destinadas al consumo humano, masas de agua de uso recreativo y zonas para la protección de hábitats o especies.

e. otra información, como zonas de inundaciones con alto contenido de sedimentos transportados y flujos de derrubios e información de otras fuentes de contaminación, pudiéndose también analizarse la infraestructura viaria o de otro tipo que pueda verse afectada por la inundación.

Planes de gestión del riesgo de inundación

Los Organismos de cuenca en las cuencas intercomunitarias, las Administraciones competentes en las cuencas intracomunitarias, y las Administraciones competentes en materia de costas y las autoridades de Protección Civil, establecerán objetivos adecuados de gestión, centrando su atención en la reducción de las consecuencias adversas potenciales de la inundación para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica, y, si lo consideran oportuno, en iniciativas no estructurales o en la reducción de la probabilidad de las inundaciones.

Los planes de gestión del riesgo tendrán en cuenta aspectos pertinentes tales como los costes y beneficios, la extensión de la inundación y las vías de evacuación de inundaciones, las zonas con potencial de retención de las inundaciones, como las llanuras aluviales naturales, los objetivos medioambientales indicados en el artículo 4 de la Directiva 2000/60/CE, la gestión del suelo y del agua, la ordenación del territorio, el uso del suelo, la conservación de la naturaleza, la navegación e infraestructuras de puertos.

Los planes de gestión del riesgo abarcarán todos los aspectos de la gestión del riesgo, centrándose en la prevención, protección y preparación, incluidos la previsión y los sistemas de alerta temprana, y teniendo en cuenta las características de la cuenca hidrográfica considerada. Los planes de gestión del riesgo de inundación podrán incluir la promoción de prácticas de uso sostenible del suelo, medidas para la restauración hidrológico-agroforestal de las cuencas, la mejora de la retención de aguas y la inundación controlada de determinadas zonas en caso de inundación.

Se elaborará un único plan de gestión del riesgo de inundación o una serie de planes de gestión coordinados por demarcaciones hidrográficas. El ámbito territorial de los planes de gestión de riesgo de inundación será el de las demarcaciones hidrográficas.

Para materializar lo dispuesto en la Directiva, se elabora el **Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI**), en el que se establecerá la zonificación de zonas inundables de acuerdo con lo dispuesto en el Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento de Dominio Público Hidráulico y en el Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de "Evaluación y gestión de riesgos de inundación" por el que se regulan los procedimientos para realizar la evaluación preliminar del riesgo de inundación, los mapas de peligrosidad y riesgo y los planes de gestión de los riesgos de inundación en todo el territorio español.

La **Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables** recoge las recomendaciones, técnicas y metodologías para la determinación del Dominio Público Hidráulico y de las zonas inundables fluviales (zonas de peligrosidad por inundación).

3.1.4.7.2 *Escala estatal o nacional*

INUNDACIÓN FLUVIAL

El **Catalogo de inundaciones históricas** elaborado por la Comisión Técnica de Inundaciones en 1985 a instancias de Protección Civil, comienza a recopilar datos de registro de inundaciones desde 1982 en toda España. A partir de estos datos establece unos rangos para determinar la peligrosidad de inundación.

Dentro del proyecto PRIGEO, desarrollado por el IGME y actualmente en fase de elaboración se ha realizado una guía metodológica denominada **Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones: Guía metodológica para su elaboración 2008,** donde se recogen una serie de métodos y criterios para construir un punto de partida básico en la prevención de los riesgos por inundación.

En noviembre de 2007 y con la finalidad de cumplir la legislación vigente, se presento en nuevo **Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI)**, que recopila la información sobre los trabajos de inundación ya efectuados y las que se elaboren en un futuro, e implanta un visor como una aplicación que facilita la gestión y consulta. Posteriormente, con fecha de 2011 se publica la **Guía Metodológica para el desarrollo del SNCZI**, donde se detallan las pautas y la metodología a realizar para identificar estas zonas inundables. Si bien, en Canarias, aún no se ha adjudicado el proyecto de las zonas inundables.

3.1.4.7.3 *Escala autonómica o Canarias*

INUNDACIÓN FLUVIAL

Existen diversos planes a nivel autonómico específicos de protección civil ante el riesgo de inundación donde se han desarrollado diversas metodologías para estimar la peligrosidad

Tabla: Planes de Protección Civil ante el riesgo de inundación

COMUNIDAD AUTONOMA	FECHA DE HOMOLOGACIÓN
PAÍS VASCO	23.03.1999
COMUNIDAD VALENCIANA	23.03.1999
NAVARRA	21.02.2002
GALICIA	21.02.2002
ANDALUCÍA	01.12.2004
BALEARES	01.12.2004
ARAGÓN	19.07.2006
CATALUÑA (INUNCAT)	19.07.2006
EXTREMADURA (INUNCAEX)	10.07.2007
MURCIA (INUNMUR)	10.07.2007
CASTILLA-LA MANCHA (PRICAM)	24.03.2010
CASTILLA Y LEÓN (INUNcyl)	24.03.2010
ASTURIAS (PLANINPA)	24.03.2010
CANTABRIA (INUNCANT)	24.03.2010

Fuente: Protección Civil

3.1.4.7.4 *Escala Insular*

El **PTOPRT** lleva a cabo un Mapa de susceptibilidad hidrológica de la isla de Tenerife. Para ello el plan utiliza como únicos criterios los geomorfológicos, identificando las zonas potencialmente inundables.

El **Plan de Defensa frente a Avenidas de la isla de Tenerife (PDA)**, actualmente en aprobación inicial, está promovido por el Consejo Insular de Aguas e identifica los puntos críticos en las zonas de ámbito urbano, donde los barrancos existentes son interceptados por diferentes infraestructuras o elementos de carácter antrópico. Siguiendo con la metodología del PDA, en Septiembre de 2010, la entidad GESPLAN S.A. contrata como asistencia técnica para la redacción del: *"Estudio de Riesgos Hidráulicos y de Desprendimientos Insulares (islas de El Hierro, La Palma, La Gomera, Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote)"*, a la empresa *CivilPort Ingenieros S.L.P.* Posteriormente en 2011, se efectúa la comprobación de estos riesgos hidráulicos inventariados mediante la redacción del *"Estudio de riesgos hidráulicos constatados".*

3.1.4.7.5 *Análisis de las metodologías*

Identificadas las metodologías existentes para estimar la peligrosidad por inundación, a continuación se incluye un análisis de las mismas, especificando el grado de aplicación que supone en cada caso, la estimación de la peligrosidad, en función de su escala, los elementos utilizados para su aplicación y su uso en la planificación.

Para evaluar el grado de aplicación de las diferentes metodologías de peligrosidad y/o susceptibilidad por inundación, tanto fluvial como costera o litoral, es importante tener en cuenta que se ha realizado de forma subjetiva, basada en una serie de criterios

- Metodologías de estimación: Se valorará la metodología utilizada para estimar la peligrosidad o susceptibilidad por inundación.
- Escalas de aplicación y representación: Se valora la escala de aplicación de la metodología y su forma de representación de tal forma que permita un manejo sencillo de la información.
- Evaluación de su aplicación en la ordenación territorial: Se evalúa de qué forma, los resultados de la metodología aplicada, permitirán llevar a cabo un análisis y aplicar medidas en la ordenación territorial con la finalidad e reducir los riesgos.
- Se evalúa la obtención de valores de peligrosidad o de susceptibilidad: La estimación considerando el "cuando" y "como" se producen los eventos da como resultado , la peligrosidad de inundación. Se valora con mayores niveles aquellos estudios que han estimado valores de peligrosidad y no solo de susceptibilidad, por el hecho de que aportan mayor información de los eventos que se pueden producir. Si bien, esto no indica que una metodología de susceptibilidad finalmente presente mejores resultados de fiabilidad o de adapte de mejor forma a los posibles eventos de inundación, que una metodología que indique la peligrosidad del evento.

CARTOGRAFÍA DE ZONAS INUNDABLES

En Canarias no se ha elaborado ningún plan o estudio aplicando la metodología de la Guía de zonas inundables. Sería necesario llevarlo a cabo para caracterizar las zonas inundables existentes. La metodología desarrollada en la Guía Metodológica para el desarrollo de la cartografía de zonas inundables es la más fiable actualmente y se ha diseñado entre otras cosas para su aplicación a la ordenación territorial.

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD (PTOPRT)

Está metodología es muy genérica y aporta una baja fiabilidad en la estimación de la peligrosidad y su utilización en la ordenación urbanística. Esto es debido a que esta metodología no considera las características hidrológicas e hidráulicas, ni la información histórica de la zona de estudio, sino solo las características geológicas-geomorfológicas. Esta carencia de información, unida a que no incorpora la frecuencia en la que se producen las inundaciones, genera que el grado de apelación sea bajo.

PUNTOS CRÍTICOS (PDA Y GESPLAN S. A.)

La metodología del PDA permite estimar los puntos críticos que presentan cierta peligrosidad en zonas urbanas o urbanizables, si bien no evalúa ni identifica la zonificación y el nivel de peligrosidad que presenta el resto del territorio, que no se corresponde con estas zonas urbanas o urbanizables. Además, en el PDA se clasifican los puntos en función de la causa

inmediata del daño, el tipo de bien o servicio afectado y las medidas propuestas necesarias, no en función de la peligrosidad, sino ya considerando el riesgo (peligrosidad y vulnerabilidad). Por último, no se estiman los periodos de retorno de las inundaciones.

3.1.4.7.6 *Valoración de las metodologías*

Los grados de aplicación de cada metodología de forma resumida, son los siguientes:

3.1.4.8 **Estimación de la peligrosidad por inundación fluvial en Canarias**

Para la inundación fluvial, la metodología más adecuada es la desarrollada en la Guía metodológica del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables.

La metodología queda desarrollada en la **Guía Metodológica para el desarrollo del SNCZI**, donde se detallan las pautas y la metodología a realizar para identificar estas zonas inundables.

3.1.4.9 **Metodologías existentes de estimación de la peligrosidad por inundación costera**

3.1.4.9.1 *Introducción*

Las causas de peligrosidad por inundación costera pueden relacionarse con aumentos del nivel del agua de mares, durante tormentas y temporales (olas de tormenta o *storm surges*, galernas, etc.; Benavente et al., 2006 y 2007), fenómenos ciclónicos atípicos (huracanes, tormentas tropicales), fuertes variaciones mareales (mareas vivas y muertas, corrientes de marea) y barométricas (rizagas), o como consecuencia de tsunamis (por terremotos submarinos o desplazamientos de grandes masas de agua pro movimientos del terreno o

erupciones volcánica). Estas inundaciones suelen afectar a sectores costeros con escaso relieve (casi llanos), con deltas o bahías, playas, etc.

La inundación litoral o costera es un fenómeno aleatorio fruto de la combinación de diferentes procesos de la dinámica marina.

En un instante determinado, un punto del litoral está caracterizado por un nivel de marea (suma de marea astronómica y la meteorológica), sobre ese nivel de marea se encuentra el oleaje, que es función de las características y batimetría de la zona costera y de las condiciones meteorológicas. Al alcanzar el agua la costa, el oleaje rompe contra la misma, produciéndose un movimiento de ascenso de la masa de agua a lo largo del perfil de la costa, denominado ola remontante (run-up). Cuando el nivel del terreno en la costa es inferior al nivel de la ola remontante, es cuando se produce la inundación litoral o costera.

Además de la interacción entre estos elementos, el fenómeno de la inundación presenta la complicación añadida de que algunos factores son variables aleatorias y dependientes de fenómenos meteorológicos, por lo que, su estimación está sujeta a una determinada probabilidad. Para estimar esta probabilidad se requiere la utilización de mediciones y registros de las variables oceanográficas de gran duración, una alta resolución espacial y una alta resolución temporal, lo que implica un necesario sistema de registro de datos, identificación y alerta temprana.

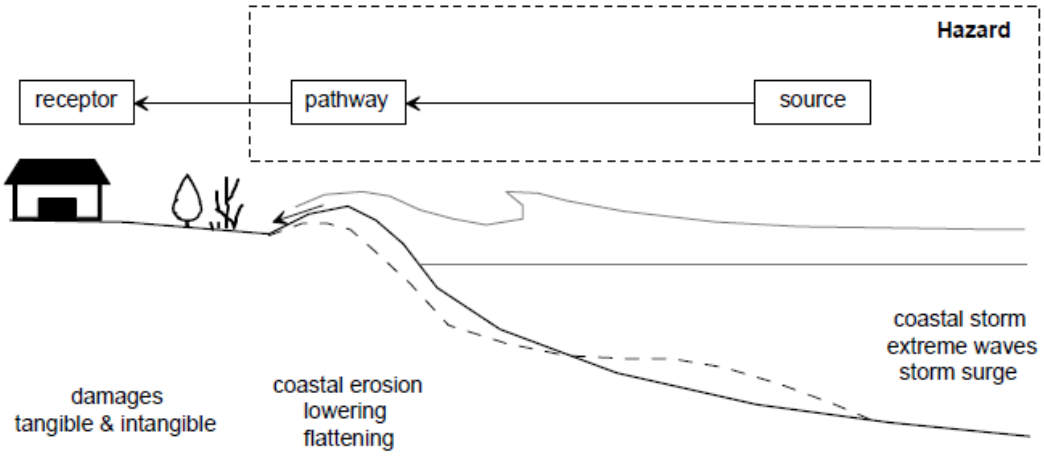
Como alternativa a las observaciones instrumentales, se pueden generar artificialmente (en caso de datos incompletos) series temporales, a partir de la utilización de modelos numéricos. Estos modelos simulan en ordenadores los procesos que dan lugar a la generación de mareas meteorológicas o del oleaje. Las limitaciones de esta técnica están asociadas a las limitaciones propias inherentes al modelado: sus ecuaciones, la técnica de discretización o los datos de partida utilizados. Esto obliga a la verificación, calibrado y validación de los datos numéricos obtenidos mediante su comparación con datos instrumentales, siendo necesario análisis estadísticos, tanto de valores medios como extremales. El análisis de valores medios es importante para evaluar condiciones medias de los elementos que componen la costa. El análisis de extremos es relevante, como su propio nombre indica, para evaluar condiciones extremas en los elementos costeros así como para el estudio de la estabilidad de las infraestructuras.

La mayor parte de las metodologías utilizadas para estimar las inundaciones costeras se basan en **métodos deterministas y probabilistas**. La más utilizada actualmente se ha desarrollado a partir de la Directriz Europea de inundaciones 2007/60/EU según el documento "Guidelines on Coastal Flood Hazard Mapping", elaborado por Floodsite (Jimenez, 2008) y basada en la utilizada en las costas de EE.UU desarrollada por el FEMA.

Según este documento, los pasos a seguir son los siguientes:

- Caracterización de la fuente o de los parámetros que definen la cota de inundación costera (*source*). Especificación del nivel de las olas y ola remontante (*run-up*) y del nivel del mar asociados a una probabilidad dada.
- Caracterización de la vía (*pathways*). Estimación de las características de la playa. Para ello, son necesarios los perfiles representativos de playa de la zona de estudio. Si el área de estudio es "morfodinamicamente activo", es necesario estimar la respuesta costera al impacto del evento (tormenta) mediante el uso de un modelo morfodinámico. Esto servirá para estimar la ola remontante y la altura de la playa / duna durante el evento.
- Caracterización del receptor. Por último, es necesario caracterizar a partir del MDT, la zona costera para evaluar la extensión y profundidad de la inundación.

Figura: Elementos a estudiar en la inundación litoral



Fuente: Floodsite y FEMA

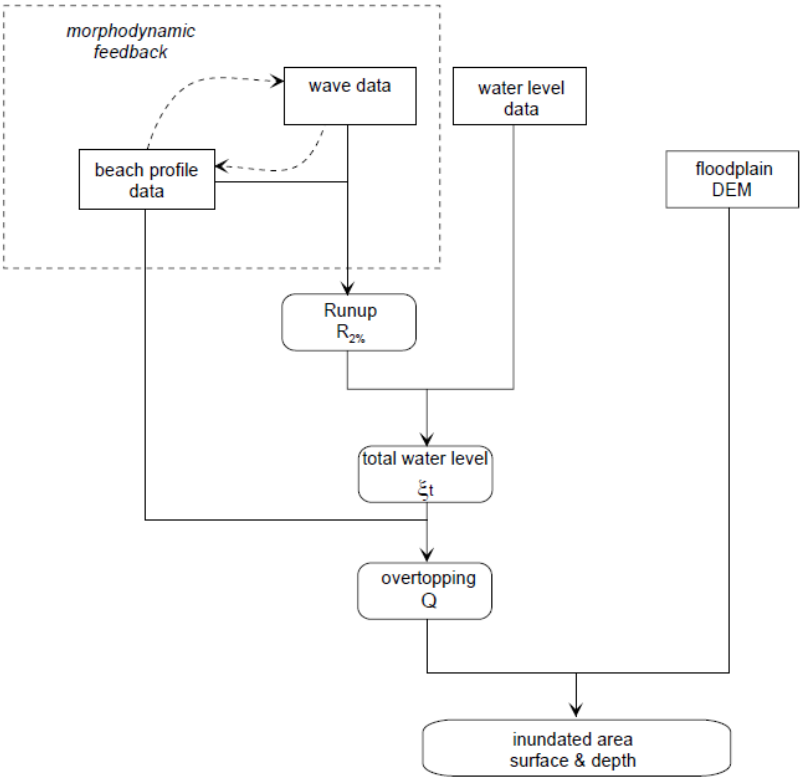
La cota de inundación costera, es un parámetro que representa el máximo nivel del mar alcanzado por la acción conjunta de la marea astronómica, la marea meteorológica, el ascenso del oleaje en la playa y el posible aumento del nivel medio del mar. Es relevante para indicar la probabilidad de inundación de una zona del litoral y está directamente vinculado con la determinación del dominio público marítimo-terrestre.

Los métodos para estimar la distribución de la cota de inundación en una determinada zona pueden dividirse en:

- Métodos directos: Se analizan los extremos de los niveles de agua observados.
- Métodos indirectos: Los factores (marea astronómica, marea meteorológica y oleaje) se analizan por separado y el nivel extremo se deduce a partir de ellos. Dentro de estos últimos se puede diferenciar entre:

- Indirectos teóricos: los factores son combinados de manera teórica a través de sus funciones de distribución.
- Indirectos de simulación factores determinados por simulación.

Figura: Esquema de la metodología para estimar la peligrosidad de inundaciones costeras



Fuente: Floodsite y FEMA

Dado que la disponibilidad de datos es muy limitada, son los métodos indirectos los únicos realmente viables en el litoral español.

3.1.4.9.2 *Escala insular*

El **CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas)**, cumpliendo con las consideraciones del RD 903/2010 lleva a cabo una evaluación preliminar de riesgos de inundación y selección de áreas de riesgo potencial significativo en las zonas costeras de las demarcaciones hidrográficas. Documentos denominados *"Evaluación Preliminar de riesgos de inundación y selección de áreas con riesgo potencial significativo en zonas costeras de las Demarcaciones Hidrográficas de Canarias".*

En Canarias las demarcaciones hidrográficas están organizadas por islas y la gestión se corresponde a los Consejos Insulares de Agua de cada isla (Tenerife, Gran Canaria, Lanzarote, La Gomera, La Palma, El Hierro y Fuerteventura). Actualmente, esta disponible la evaluación preliminar de las zonas de inundación costera en todas las demarcaciones hidrográficas de

Canarias. La aplicación de métodos geomorfológicos para identificar indicios de inundaciones pasadas en zonas costeras resulta poco eficaz porque, si la costa es elevada, no se han producido inundaciones, y si la costa es baja, el intenso desarrollo urbanístico y las numerosas regeneraciones de playas que se han llevado a cabo durante las últimas décadas ha hecho que, por un lado, hayan desaparecido dichos indicios y, por otro, que la topografía y las características hidráulicas (permeabilidad, rugosidad, pendiente) del terreno se hayan modificado sustancialmente. La metodología aplicada por el CEDEX se realiza fundamentalmente comparando los niveles de mar excepcionalmente elevados (periodos de retorno de 10, 100 y 500 años) con las cotas actuales del terreno.

Actualmente, se ha realizado la *"Evaluación Preliminar de riesgos de inundación y selección de áreas con riesgo potencial significativo en zonas costeras de las Demarcaciones Hidrográficas de Canarias"* y esta publicado el informa de las zonas de periodos de retorno de 500 años. Si bien, el CEDEX ha estudiado también las zonas para periodos de 10 y 100 años. Está previsto el análisis en detalle de cada una de estas zonas para estimar finalmente las zonas de riesgo de inundación costera en las Demarcaciones Hidrográficas de Canarias.

3.1.4.9.3 *Escala municipal (zonificación)*

La metodología utilizada por **Floodsite** (*Flood Hazard Mapping Guidelines*, Jimenez, 2008), determina la peligrosidad de inundación costera para una área determinada, puesto que es necesario estimar las propiedades y características de esa zona costera (perfil y pendiente de la playa o zona costera). Esta metodología se ha aplicado en España para estimar la inundación en la zona del Delta del Ebro (Alvarado-Aguilar, D. y Jimenez, J.A., 2008). La metodología desarrollada por *Floodsite* está basada en el FEMA, utilizando la caracterización de tres parámetros: Caracterización de la fuente o de los parámetros que definen la cota de inundación costera; caracterización de la vía (*pathways*) y caracterización del receptor.

3.1.4.9.4 *Análisis de las metodologías*

Identificadas las metodologías existentes para estimar la peligrosidad por inundación, a continuación se incluye un análisis de las mismas, especificando el grado de aplicación que supone en cada caso, la estimación de la peligrosidad, en función de su escala, los elementos utilizados para su aplicación y su uso en la planificación.

Para evaluar el grado de aplicación de las diferentes metodologías de peligrosidad y/o susceptibilidad por inundación, tanto fluvial como costera o litoral, es importante tener en cuenta que se ha realizado de forma subjetiva, basada en una serie de criterios

- Metodologías de estimación: Se valorará la metodología utilizada para estimar la peligrosidad o susceptibilidad por inundación.

- Escalas de aplicación y representación: Se valora la escala de aplicación de la metodología y su forma de representación de tal forma que permita un manejo sencillo de la información.
- Evaluación de su aplicación en la ordenación territorial: Se evalúa de qué forma, los resultados de la metodología aplicada, permitirán llevar a cabo un análisis y aplicar medidas en la ordenación territorial con la finalidad e reducir los riesgos.
- Se evalúa la obtención de valores de peligrosidad o de susceptibilidad: La estimación considerando el "cuando" y "como" se producen los eventos da como resultado , la peligrosidad de inundación. Se valora con mayores niveles aquellos estudios que han estimado valores de peligrosidad y no solo de susceptibilidad, por el hecho de que aportan mayor información de los eventos que se pueden producir. Si bien, esto no indica que una metodología de susceptibilidad finalmente presente mejores resultados de fiabilidad o de adapte de mejor forma a los posibles eventos de inundación, que una metodología que indique la peligrosidad del evento.

MAPAS DE ZONAS POTENCIALES DE PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN COSTERA (CEDEX)

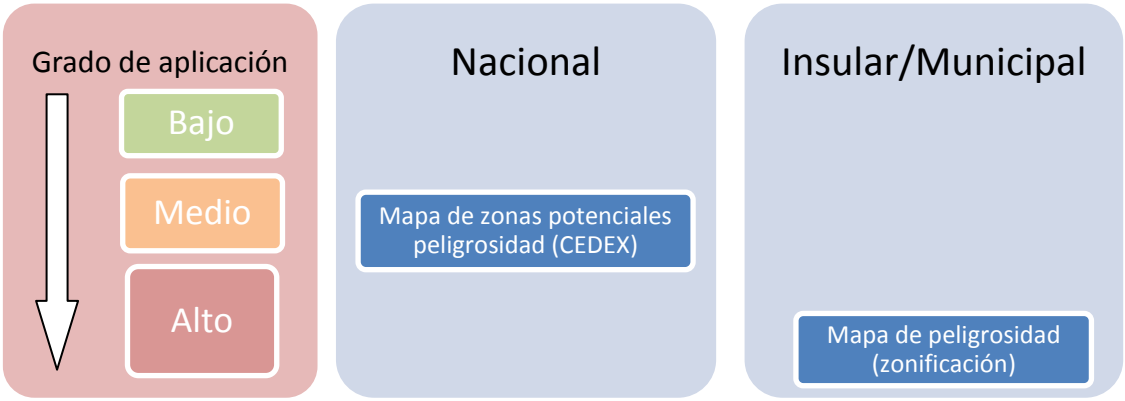
Esta metodología estima la peligrosidad de inundación costera a una escala insular, pero no tiene en cuenta las características de la costa (pendiente), ni la dinámica de las mismas. El grado de aplicación de esta metodología en la ordenación se puede considerar como medio.

MAPAS DE PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN COSTERA (FLOODSITE)

Esta metodología parte de unos modelos de simulación y formulas que no se encuentran adaptadas a las condiciones de las Islas Canarias, por lo que los resultados obtenidos puede que no se asemejen adecuadamente a la realidad, por ello la fiabilidad se considera alta, si bien podría ser muy alta sí se llevarán a cabo estudios que permitirán adaptar las formulas a las islas Canarias.

3.1.4.9.5 *Valoración de las metodologías*

Los grados de aplicación de cada metodología de forma resumida, son los siguientes:



3.1.4.1 Estimación de la peligrosidad por inundación litoral en Canarias

En el caso de la inundación costera, la metodología que se considera más adecuada es la desarrollada por Floodsite que se explica a continuación, si bien, de la que se dispone información actualmente, es la desarrollada por el CEDEX. Esta metodología desarrollada por el CEDEX, y el resto de las metodologías analizadas quedan desarrolladas en el anexo IV.

MAPAS DE PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN COSTERA (FLOODSITE)

La metodología desarrollada por *Floodsite* y basada en el FEMA, utiliza la caracterización de tres parámetros: Caracterización de la fuente o de los parámetros que definen la cota de inundación costera; caracterización de la vía (*pathways*) y caracterización del receptor.

Caracterización de la fuente o de la cota de inundación

La cota de inundación total puede ser expresada en función de la suma de varios componentes:

$$\zeta_T = \zeta_{AS} + \zeta_{SS} + Ru + \zeta_{LF} + \zeta_{LT}$$

ζ_{AS} : inundación marea astronómica

ζ_{SS} : inundación marea meteorológica

Ru: ola inducida por run-up

ζ_{LF} : componente de contribución de larga frecuencia por el fenómeno seiches.

ζ_{LT}: Cambios en el nivel del agua a largo plazo asociado al cambio climático.

El nivel de marea astronómica, es un proceso determinista que puede ser fácilmente estimado proporcionando datos del nivel del agua existente. Estos datos se componen de registros del nivel de agua por medidores de marea que se encuentran, por lo general, en puertos. De esta forma, a través del análisis de los datos existentes se pueden estimar los componentes locales de marea de un sitio dado, que pueden ser utilizados para reconstruir la curva esperada de la marea en cualquier momento.

La marea meteorológica o mareas de tempestad, también se obtiene a partir de los niveles de agua registrados por los mareógrafos y es el nivel de agua residual después de restar la marea astronómica al nivel de agua registrado (Pugh, 1987). Este componente integra todos los efectos meteorológicos. Si no hay datos del nivel de agua, para estimar este componente directamente, se puede calcular mediante el uso de un modelo de marejadas que, alimentada por los datos de viento, simula la generación y propagación de mareas de tempestad para

cualquier dominio costero. Un ejemplo de la utilización de este tipo de modelos (incluyendo un modelo de generación de onda) se puede ver en Cheung et al (2003).

El componente de larga frecuencia, se puede obtener a partir de los niveles de agua grabados mediante la retención de la componente asociado a una gama de frecuencias más larga que los asociados a las ondas (25 seg) y más corta que las frecuencias astronómicas (Pugh, 1987).

El run-up, generalmente no es una variable medida, sino calculada. Para calcularla, son necesarios datos sobre el oleaje y las características del perfil de la playa. En lo que respecta a los datos de sobre el oleaje, la mayoría de las fórmulas existentes de runup requieren información simultánea de la altura de ola y periodo. Esta información se obtiene de los registros de onda adquiridas mediante el uso de boyas costeras. La información requerida de la morfología de la playa es la pendiente de la playa, esta información debe obtenerse a partir de datos topográficos y batimétricos adquiridos en la franja costera Uno de los aspectos más importantes a considerar es la duración del período cubierto por los datos. Como van a ser utilizados para definir niveles de agua asociados a períodos de retorno largos, se requieren series de tiempo muy largas.

Para calcular la probabilidad de ocurrencia de la cota de inundación pueden realizarse dos análisis:

- Directamente analizando el registro en el tiempo, de la serie del nivel del mar observada.
- Estimado a partir de la contribución de cada componente (marea astronómica, marea meteorológica y oleaje).

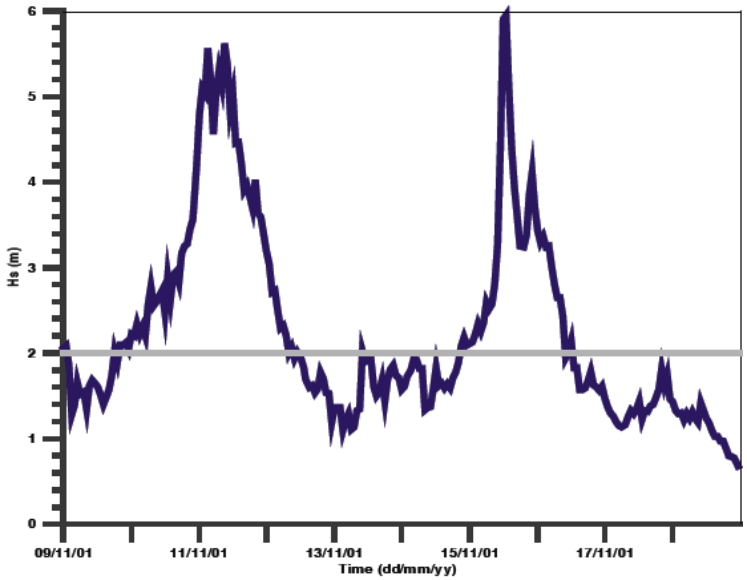
El primer caso implica la necesidad de una gran cantidad de datos incluidos en el registro. El segundo caso, consiste en analizar la contribución de cada componente estimando la probabilidad de los mismos. Hay dos tipos de metodologías: *respuestas* y *enfoque de eventos* (FEMA, 2005; Divoky and McDougal, 2006; Garrity et al, 2006).

El *enfoque de eventos*, análisis determinista utiliza una o más combinaciones del valor del nivel del mar y de las condiciones de ola (eventos) asociados a una probabilidad dada y se calcula el nivel de inundación o cota de inundación resultante (respuesta). Esta metodología presenta el problema de que diferentes combinaciones de eventos con una probabilidad dada, dan lugar generalmente a una respuesta de probabilidad diferente. El nivel de agua de interés (asociado a un periodo de retorno) es calculado directamente a partir de la distribución de probabilidad estimada del total de los valores de nivel de agua.

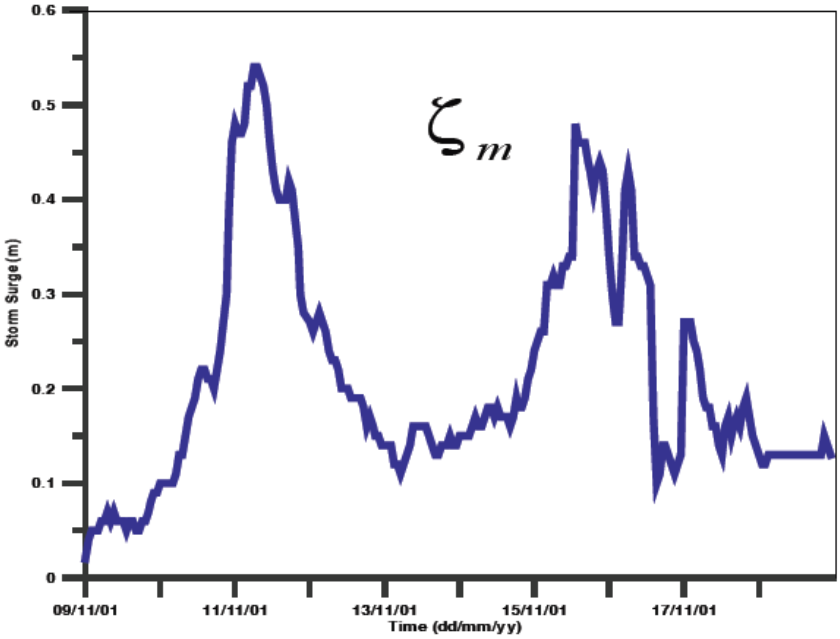
El método de *respuesta* se basa en un proceso de simulación, a partir de los datos disponibles de oleaje y niveles de agua, se completa la serie calculando distribuciones de estadísticas que

se ajusten a los datos, y a partir de los mismos se estima el nivel del mar de interés o cota de inundación (asociado a un periodo de retorno). Esta metodología es recomendable cuando se dispone de pocos datos y las variables (eventos) determinantes de un nivel de inundación (respuesta) guardan una correlación pobre, es decir, zonas donde la altura de las olas y los periodos de tormentas (determinan la ola remontante) no guardan correlación. Debido a la carencia de datos que presentan los registros, en la actualidad, esta es la metodología recomendada por FEMA (Divoky and McDougal, 2006) y es la siguiente:

- Determinar las características de la zona costera a analizar
- Determinar la distribución estadística de la altura de ola significante $p_{H,i}$ (H_i)



- Determinar la distribución estadística de la altura de la marea $p_{s,j}$ (ζ_j)



- Determina la distribución de la combinación de ambos (olas- marea)

$$p_{c,k}\,(H_i\,,\,\zeta_j) = p_{H,i}\;(H_i) + p_{s,j}\,(\zeta_j)\;\;(k = 1\,,\,i = j)$$

- Calcular el evento ola-marea k = 1
- Calcular la ola remontante causada por el evento ola-marea: R_k
- Calcular el evento ola-marea (K+1....)
- Finalizar todos los ola-marea
- Ordenar el cálculo de olas remontantes y determinar la frecuencia de ocurrencia de la suma de probabilidades de olas-mareas que causan un misma ola remontante.

Un elemento adicional a calcular es la duración de los eventos (olas), que puede calcularse mediante métodos deterministas (relación entre el nivel del mar y la duración de un evento) o probabilísticos (estimando la suma de probabilidades de nivel del mar-duración). Cuando el análisis se realiza en una costa capaz de reaccionar dinámicamente a los efectos de la tormenta, es decir, a erosionarse, debe utilizarse la metodología de *evento*. La suma de las distribuciones de probabilidad de olas y nivel del mar asignando un periodo de retorno será usado para calcular las vías de riesgo (*risk pathways*). En el caso de que la erosión y la inundación no estén correlacionados, donde uno de los procesos (erosión o inundación) es el dominante, el método a utilizar es de *respuesta.* En este caso, la suma de la distribución de probabilidad de la ola y el nivel del mar deberían usar para construirse una distribución de probabilidad de la variable objetivo (ej: el nivel total del mar para estimar la contribución de los diferentes componentes).

Caracterización de la vía (pathways) o run-up

Primero se estimará la ola remontante o remonte (run-up), altura máxima alcanzada por el ímpetu ascendente de acción de las olas respecto al nivel del agua todavía. Se calcula a partir de los datos de ola y, en consecuencia, su exactitud será fuertemente dependiente del modelo utilizado. Para determinar el remonte en las estructuras costeras existen formulas según las tipologías de estructuras costeras desarrolladas por Burcharth y Hughes (2003). Para las estimaciones del remonte en playas se recomienda la utilización de las ecuaciones de Stockdon et al. (2006).

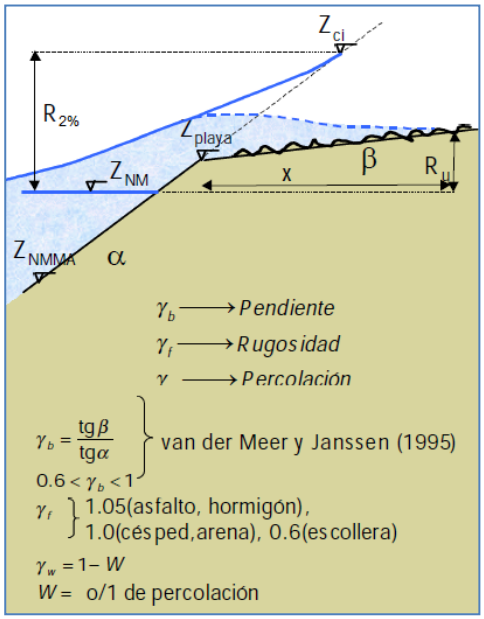
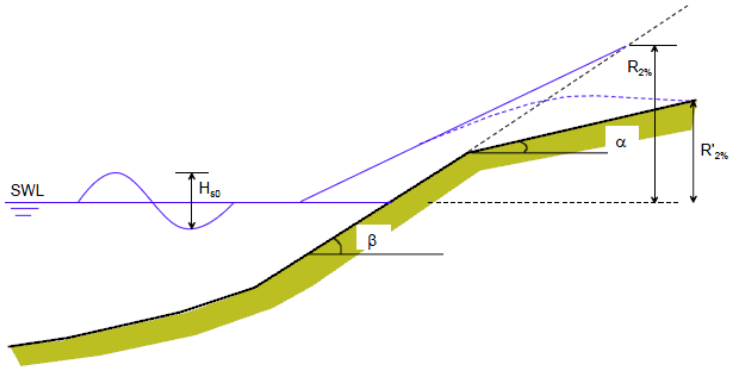


Figura: Descripción del cálculo del remonte a partir de las características de la playa



Fuente: Floodsite

Una vez que se ha calculado el valor del remonte $R_{2\%}$, utilizando las formulas anteriormente mencionadas, es necesario modificarlo adaptándolo a las condiciones de la zona a estudio, en función de: el perfil de la playa, teniendo en cuenta la pendiente (ɣb) caracterizado por los ángulos (β y α) (Van der Meer y Jansen, 1995); la oblicuidad de la ola (ɣβ), para ángulos mayores de 20º Eurotop (2007); rugosidad (ɣr), cuyo valor para superficies arenosas es 1 (Eurotop, 2007); y el coeficiente de percolación (ɣp) que depende de la permeabilidad y porosidad del material.

$$R`_{2\%} = R_{2\%} * \gamma r * \gamma p * \gamma \beta * \gamma b$$

$$R_{2\%} - 1.1\left(0.35\,\beta\,(Hs_0L_0)^{1/2} + \frac{[Hs_0L_0(0.563\,\beta^2 + 0.004)]^{1/2}}{2}\right)$$

$R_{2\%} = 0.043\ (Hs_0L_0)^{1/2}$ para playas con un índice del número de Iribarren $\zeta_0 < 0{,}3$

ζ_0: Numero de iribarren, usando Tp y H_{so}

H_{so} Altura de ola significante (m)

Tp: perido pico de ola asociado (s)

Lo: Longitud de ola asociada al Tp

β: pendiente de la playa

Una fórmula más sencilla para estimar el Ru del 2% es la desarrollada por Nielsen (1991) y utilizada por el GIOC en Canarias:

$$R_{2\%} = 0{,}0792\left(Hs\ \frac{9{,}81\,Tp^2}{2\pi}\right)^{0{,}5}$$

Posteriormente, es necesario estimar el rebase de ola, que se produce cuando la altura de la cresta playa/duna es menor que el potencial calculado del remonte. En estas condiciones, las

olas pasaran por encima de la cresta de la playa/duna y se producirá la inundación. Así, el rebase de ola puede ser definido como el caudal medio de agua por metro lineal de anchura de la playa, q, que fluye hacia tierra. Uno de los problemas en el cálculo en playas es que la mayoría de las fórmulas existentes se han derivado de estructuras costeras, como diques y malecones (Eurotop, 2007), por lo que su aplicación a las playas sólo se puede utilizar como una aproximación de la inundación que ocurre durante un evento cuyas fórmulas son generalmente determinadas empíricamente. La desarrollada por FEMA, 2003, propone utilizar una fórmula que mide la velocidad de desbordamiento para superficies inclinadas y olas irregulares que viene dada por:

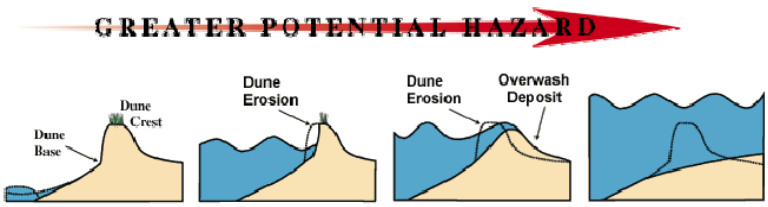
$$Q^* = 8 \cdot 10^{-5} \exp[3{,}1(r \cdot R^* - Rc / H_s)]$$

$$Q = Q^* (g \cdot H_s^3)^{1/2}$$

donde Q* es la media adimensional de la velocidad de descarga de desbordamiento, Q es la descarga dimensional en m3/m/s, $R^*=[1{,}5 \cdot m/(Hs/Lo)^{0,5}]$, hasta un valor máximo de 3,0, estimado para un runup normalizado por Hs, para una pendiente de la playa/barrera dado por la tangente m, Rc es el francobordo de la playa/barrera y r es un coeficiente de rugosidad. En esta fórmula se aplica un francobordo, Rc<2Ru.

Por último, es necesario evaluar la respuesta de la costa. Una vez que los impactos de las tormenta llegan a la costa, pueden ocurrir dos situaciones: (i) la costa es rígida (protegido por estructuras costeras) y serán inundadas cuando el nivel de agua total es superior a la cresta de la estructura y (ii) la costa es dinámica y reacciona al impacto erosionándose. En el segundo caso, la inundación no sólo será controlada por la altura de la playa/duna sino por su evolución durante el evento. Debido a esto, en el análisis de las inundaciones costeras se debe incluir no sólo la inundación, sino también los cambios inducidos de la costa. El impacto de las tormentas extremas en la costa sedimentaria genera diferentes procesos morfodinámicos y respuestas que puedan afectar significativamente a las inundaciones costeras. Su intensidad se correlaciona con la intensidad de la tormenta. Estos comportamientos se han formalizado en el modelo de Sallenger (2000) en: *swash*, colisiones duna erosión, rebase y los regímenes de inundación.

Figura: Posibles cambios sufridos por una duna bajo el impacto de una tormenta, que son capaz de influir en la magnitud de la inundación



Fuente: Floodsite

La disminución de la altura duna/playa, durante la tormenta inducirá a un mayor rebase y a una mayor inundación. La disminución en la pendiente de la playa durante el proceso de erosión inducirá a un menor remonte y, si este factor se considera único, podría inducir a un rebase inferior.

La predicción de la evolución de la franja costera en virtud del impacto de la tormenta es una cuestión compleja, no hay un solo modelo morfodinámico capaz de simular todas las posibles condiciones en cualquier costa. Existen diversos modelos analíticos como: HR Wallingford (2003), Vellinga (1986), Van Gent et al (2007) modificando el de Vellinga o Komar et al (1999, 2001), siendo necesario calibrarlos y validarlos según la zona y teniendo el problema de que dan valores iniciales y finales pero no dan información de la evolución del proceso. Recientemente, Larson et al. (2004) ha presentado un modelo para simular los efectos de las tormentas en dunas. Entre los modelos de erosión existentes, el modelo Sbeach (Larson y Kraus, 1989, Wise et al. 1994) es el más común siendo posteriormente complementado con modelos más sofisticados, como Delft3D (Cañizares e Irish, 2008) y otros modelos como Oumeraci et al, 2005;. Allsop et al, 2007), Tuan et al (2006, 2008). A pesar de todos estos intentos, aún no existe un modelo morfodinámico capaz de simular con precisión la respuesta dinámica de costas bajas al impacto de eventos extremos. Una visión general de los diferentes modelos morfodinámicos para predecir cambios en los ríos, costas y estuarios útil para el análisis del peligro de inundaciones se puede ver en Reeve (2007).

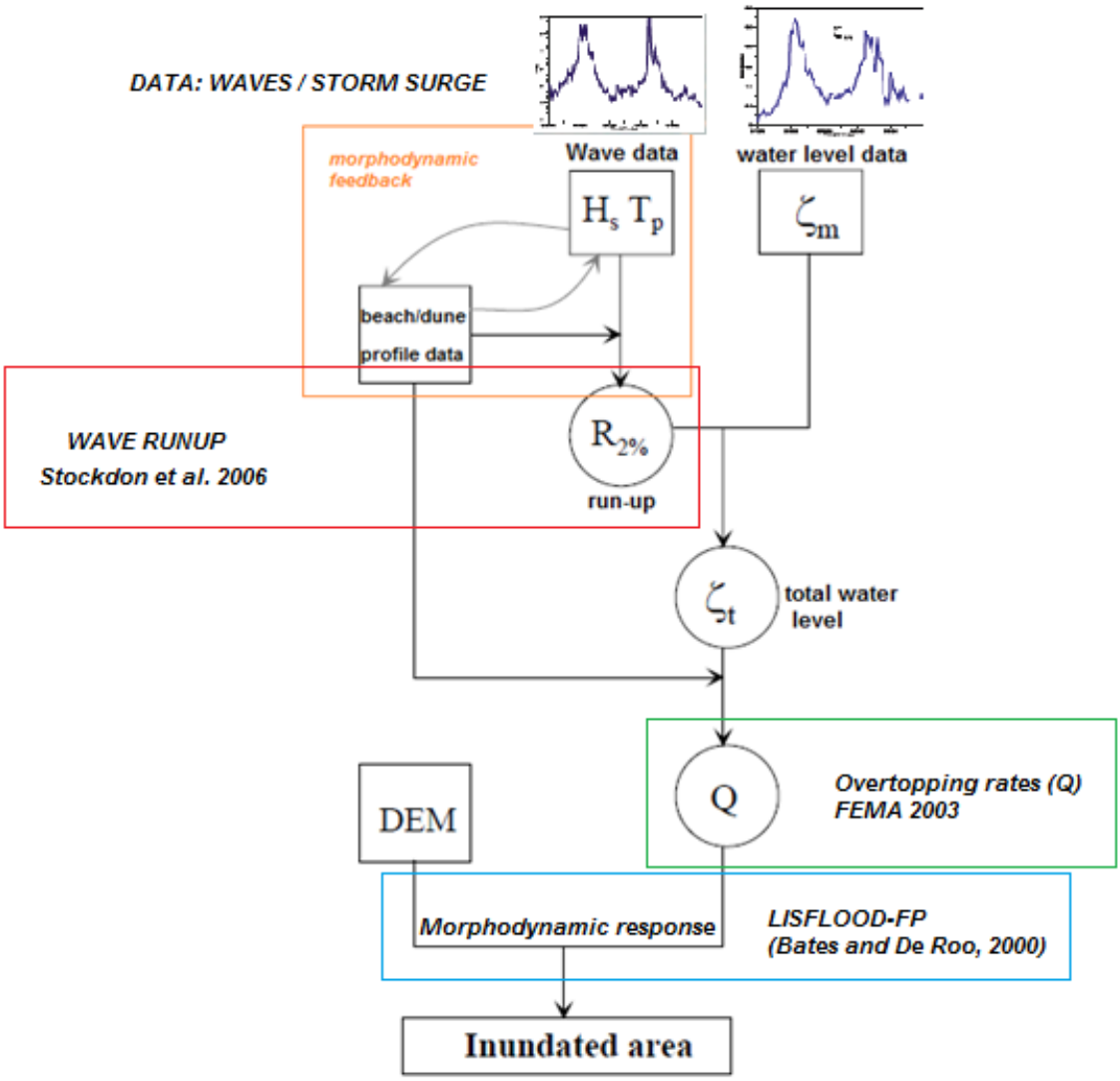
Caracterización del receptor

Una vez que han sido determinados: el nivel de agua, la gestión asociada al desbordamiento y las probabilidades de superación de la playa/duna, el paso siguiente es determinar la extensión de la zona afectada por la inundación. Para este propósito, se usan modelos de inundación como LISFLOOD-FP (Bates and De Roo, 2000) combinados con (MDT). Como en los métodos de cálculo anteriores, existen diferentes opciones para calcular las magnitudes de los inundación. Esto puede hacerse llevan a cabo: (i) la determinación de la extensión del dominio costero y su altura por debajo de la objetivo de nivel de agua o (ii) la distribución del volumen estimado de agua en el interior de la costa dependiendo la topografía interna. El primer caso debe ser supone un volumen de agua requerido para "rellenar" toda la zona. Esta opción es viable cuando la extensión de la zona a ser inundada es relativamente pequeña. El segundo caso es aplicable en situaciones en las que la topografía de la playa no es tan simple y el evento implica el rebase de la cresta playa/duna con un flujo de agua que entra a un área con una cota inferior que la cresta playa/duna, siendo necesario determinar el volumen total

de agua que rebasa. En este segundo supuesto, variable en el tiempo, la mejor manera de determinar la extensión de inundación debe ser el uso de un modelo de inundación mediante simulación, siendo necesario su calibrado/validado.

A continuación se resume en un esquema la metodología a considerar, desarrollada en la zona de la desembocadura del Ebro (Alvarado-Aguilar, D. y Jimenez, J.A., 2008), estimando cada uno de los parámetros necesarios:

Figura: Metodología para estimar las áreas de inundación costera



Fuente: Alvarado-Aguilar, D. y Jimenez, J.A., 2008. Elaboración propia

En la metodología desarrollada en la desembocadura del Ebro, no se tiene en cuenta la (ζLF) componente de contribución de larga frecuencia por el fenómeno seiches, ni la (ζLT) Cambios en el nivel del agua a largo plazo asociado al cambio climático, en la estimación de la cota de inundación. Tampoco se considera ni evalúa que la costa sea dinámica.

3.1.5 *Peligrosidad de riesgo de incendios forestales*

3.1.5.1 Sistemas disponibles de identificación (Sistemas de observación y/o Alerta temprana) de amenazas o peligros por riesgo de incendio forestal

Los sistemas de identificación de incendios forestales en Canarias están basados en procesos de vigilancia del fenómeno (detección de que se produzca el incendio) y una rápida capacidad de respuesta.

La detección de incendios forestales en España está regulada en el marco de la normativa forestal y de protección civil.

3.1.5.1.1 *Planes Autonómicos e insulares*

El Plan Forestal Canario (INFOCA) establece medidas en materia de detección e identificación de los incendios forestales producidos en el archipiélago Canario (mejora del sistema de vigilancia móvil y fomento de las asociaciones de voluntarios para la vigilancia preventiva). Por su parte, son los Planes Autonómicos e Insulares de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales, los instrumentos que desarrollan su aplicación a nivel autonómico o insular, apareciendo en último nivel los Planes de Emergencias Municipales por incendios forestales.

En estos planes Autonómicos e Insulares se establece como primera medida de estimación de la peligrosidad de incendios forestales, la época del año. Es decir, identifican que en determinadas épocas del año debido a las condiciones meteorológicas, la peligrosidad de incendio forestal es mayor.

Un año se divide en tres épocas atendiendo al peligro de incendios forestales que a priori existen, bien sea alto, medio o bajo. Se fijan unas fechas de las épocas descritas que pueden modificarse por el Órgano competente cuando se compruebe o se puedan prever circunstancias meteorológicas que así lo justifiquen.

Estas variaciones pueden afectar a todo el territorio o a una única isla o comarca. Cada plan de emergencias de Canarias o insular por incendios forestales establecerá las épocas de peligro adecuadas a la escala en el que se aplica.

Por ejemplo el INFOCA establece: Peligro alto: Desde 1 de julio a 30 de septiembre. Peligro Medio: Entre el 1-30 de julio y entre el 1-31 de octubre. Peligro Bajo: 1 de noviembre-31 de mayo.

3.1.5.1.2 *Sistemas de Alerta*

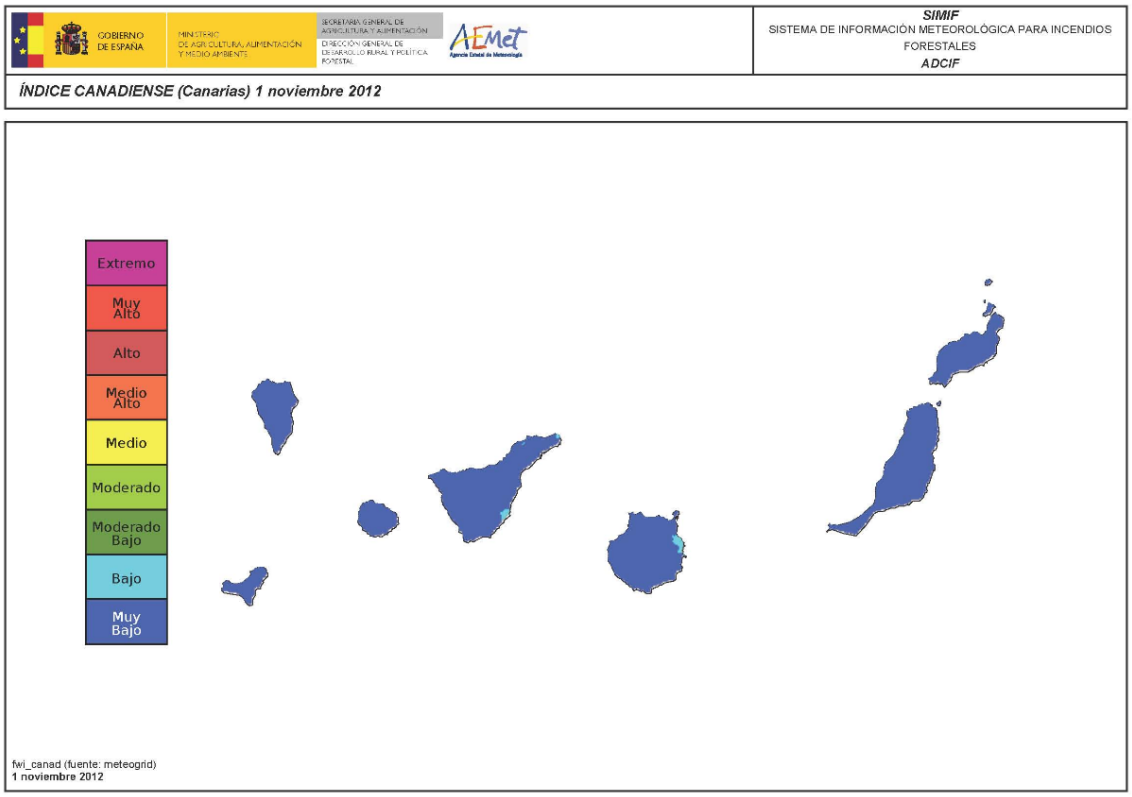
Entidad: Dirección General de Protección Civil y Emergencias.

Objetivo y situación espacial: Desde la Dirección General de Protección Civil y Emergencias, durante la época de máximo riesgo y riesgo medio (1 de junio a 31 de octubre), se publica diariamente un Informe que contiene el resumen (de las últimas 24h) de los incendios forestales con incidencias sobre las personas o los bienes de naturaleza no forestal, de las intervenciones de medios del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente; así como el mapa con la previsión del índice de riesgo meteorológico de incendio del día.

Este mapa hace referencia a las condiciones meteorológicas que favorecen la ignición y propagación del fuego, y muestra en rojo intenso los valores más altos.

El objetivo de la actuación estatal en la lucha contra los incendios es complementar la acción que corresponde a las Comunidades Autónomas aportando medios y recursos de titularidad estatal. Se trata de proporcionar una información precisa sobre la situación de riesgo de incendios forestales existente y sus consecuencias; e invitar a los ciudadanos a extremar las precauciones y a adoptar las medidas necesarias de autoprotección.

Figura: Índice meteorológico de incendio forestal en Canarias. 1 noviembre de 2012.



Fuente: Dirección General de Protección Civil

3.1.5.1.3 *Sistemas de vigilancia*

Respecto a los sistemas de vigilancia existentes, cualquier persona que detecte la existencia o inicio de un incendio forestal o incendio agrícola, que por su progresión o proximidad pueda convertirse en incendio forestal, estará obligado a comunicarlo a la Autoridad Competente. Si bien existe en Canarias un sistema de vigilancia de incendios forestales:

Tabla: Dispositivos de vigilancia en Canarias

Dispositivos de vigilancia en Canarias		
Vigilancia terrestre	Tradicional	Torres de vigilancia, casetas o refugios.
	Móvil	Patrullas de vigilancia móvil en todo terreno en zonas no cubiertas por red fija.
Red de estaciones		
Vigilancia aérea	Mediante helicópteros, aviones de coordinación y observación y sistemas basados en vehículos aéreos no tripulados.	
Teledetección	Ubicación de puntos calientes.	
Redes de sensores	Combinación de diferentes tipos de sensores que se conectan entre sí. (en fase de pruebas)	

Fuente: Gobierno de Canarias

3.1.5.1.3.1 Torres de vigilancia de incendios

Entidad: Los Cabildos Insulares gestionan las torres de vigilancia de incendios forestales.

Objetivo y situación espacial: Las torres de vigilancia de incendios se ubican en zonas dominantes del monte, cubriendo la mayor parte de la superficie forestal de las islas. Desde las torres se ejerce una función de vigilancia y control de las incidencias existentes y en caso de cualquier conato de incendio, se daría la voz de alerta.

3.1.5.1.3.2 Red de estaciones

Entidad: La red de estaciones están gestionadas por los Cabildos Insulares.

Objetivo: Para la determinación del peligro de incendio, se han instalado estaciones meteorológicas automáticas (7 en Tenerife) en las zonas forestales, de tal forma que los datos meteorológicos permiten calcular de forma indirecta el estado de los combustibles, sobre todo los finos, que son los que suelen iniciar y propagar los incendios y determinar así la probabilidad de ignición. (Probabilidad de que un punto caliente (llama, pavesa, chispa eléctrica, colilla, etc) inicie la llama en los combustibles).

Operatividad: La combinación de probabilidad de ignición y las actividades de riesgo que se desarrollan en cada zona generan varios niveles de alerta. Estos niveles son prealerta, alerta o alarma y a partir de los mismos, se llevan a cabo las indicaciones de actividades que deben ser

limitadas o prohibidas, el grado de vigilancia de los montes, los sistemas operativos puestos en marcha, etc.

Tabla: Probabilidad de incendio

Probabilidad de incendio
Prealerta < 10%
Alerta 10-40%
Alarma 40-80%
Alarma Extrema > 80%

Fuente: Gobierno de Canarias

3.1.5.2 **Fuentes de información existentes**

3.1.5.2.1 *Principales organismos e instituciones Internacionales, Estatales y Canarios que trabajan en la peligrosidad por incendios forestales*

Los organismos e instituciones que han trabajo o trabajan en el campo de los incendios forestales en Canarias son:

Organismos Internacionales:

- U.S. Fire Administration (USFA) http://www.usfa.fema.gov/fireservice/emr-isac/infograms/ig2011/40-11.shtm#1
- Wildland Fire Assessment System (USFS-WFAS) http://www.wfas.net/

Organismos Estatales:

- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Incendios forestales. http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/
- Dirección General de Protección Civil y Emergencias. Riesgos Naturales. Incendios forestales. http://www.proteccioncivil.org/incendio-forestal
- Proyecto Firegolobe http://www.geogra.uah.es/fireglobe/
- Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) http://www.aemet.es/es/eltiempo/observacion/rayos?w=1

Organismos Canarios:

- Cabildos Insulares
- Viceconsejería de Medio Ambiente
- Dirección General de Seguridad y Emergencias
- Instituto Canario de Estadística (ISTAC)

3.1.5.3 **Inventario de los sistemas de registro de datos históricos**

3.1.5.3.1 *Estadísticas de Incendios forestales*

3.1.5.3.1.1 A nivel estatal

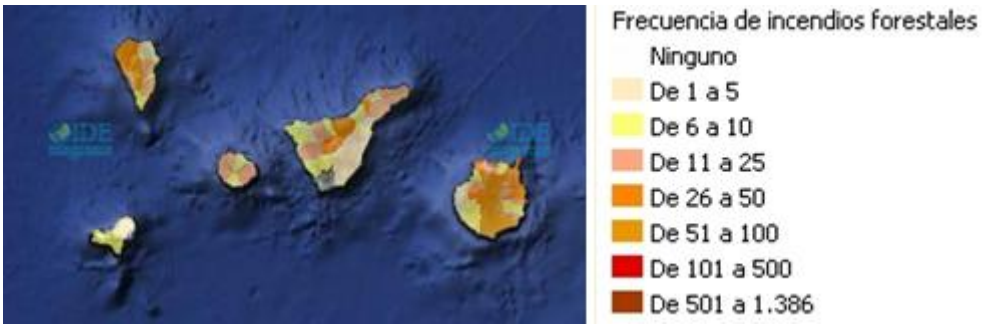
El artículo 28 de la Ley de Montes 43/2003 , otorga al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), a través de la Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal, la coordinación de la elaboración de la Estadística Forestal Española, junto con los demás órganos competentes de la Administración General del Estado y las Comunidades Autónomas. Dentro de la Estadística Forestal Española se incluyen los incendios forestales, existiendo desde 1968 una base de datos de ámbito nacional. El Área de Defensa contra Incendios Forestales (ADCIF) del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, es el organismo encargado de homogeneizar, mantener, elaborar y publicar esta estadística, a partir de la información que remiten las comunidades autónomas, de cada uno de los siniestros forestales que ocurren en nuestro país.

La estadística definitiva se obtiene del proceso informático de los Partes de Incendio Forestal. El Parte de Incendio Forestal es un formulario que se realiza para cada incendio, recogiendo más de 150 campos de datos.

Para hacerlo posible, las Comunidades Autónomas han de proporcionar al MAGRAMA, antes del tercer cuatrimestre de cada año, la información estadística referente a los incendios acontecidos el año anterior. El suministro real de esta información es variable de unos años a otros y depende de la carga real de trabajo que los servicios de las comunidades autónomas hayan soportado ese año, ya que los servicios de estadísticas suelen estar en la mayoría de los casos integrados en los propios servicios de extinción. La grabación de estos formularios en la base de datos y la explotación de la misma permite obtener la estadística definitiva.

Según se reciben las bases de datos autonómicas, se integran en la Base de Datos Nacional de Incendios Forestales (EGIF) y se elabora la publicación anual.

Figura: Frecuencia de incendios forestales en Canarias hasta 2011.



Fuente: Plataforma interactiva del Inventario Español del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad

3.1.5.3.1.2 A nivel autonómica o Canarias

Existe un registro histórico de incendios forestales, desarrollado en una base de datos, que esta gestionado por el Gobierno de Canarias y del que se dispone de datos de eventos desde 1983.

Tabla: Incendios por islas desde 1983 en Canarias

Isla	Número	Superficie afectada			
		Arbolada (ha)	Desarbolada (ha)	Total (ha)	No Forestal (ha)
Gran Canaria	796	9.562,71	13.667,74	23.230,449	970,4
Gomera	232	1.119,62	898,8	2.018,42	197,75
Tenerife	765	26.592,57	3.435,13	30.027,699	1.350,59
La Palma	443	15.493,87	2.120,36	17.614,23	2.376,65
Hierro	23	2.870,66	709,49	3.580,15	362,5
TOTAL	**2260**	**55.639,43**	**20.831,551**	**76.470,977**	**5.257,89**

Fuente: Gobierno de Canarias

Esta información también aparece publicada por el ISTAC (Instituto Canario de Estadística). Concretamente, en la base de datos se recoge la siguiente información referente a cada evento:

- Id del evento
- Isla afectada
- Municipio
- Paraje
- Ubicación (coordenadas UTM)
- Fecha y hora de inicio
- Fecha y hora de incendio controlado
- Indicación de la zona donde se ha iniciado (junto a una carretera, casas, cultivos)
- Modelo de combustible
- Tipo de fuego (de copas, de superficie, subsuelo o ambos)
- Peligro (Alarma, Alarma extrema, prealerta o sin datos)
- Humedad relativa
- Dirección del viento
- Temperatura máxima
- Tipo de día (laborable, sábado o festivo)
- Tipo de causa (Cierta o supuesta)
- Grupo de causa (Desconocida, Intencionado, negligencias y causas accidentales).
- Causa
- Causante (Identificado, no identificado)
- Motivación

3.1.5.4 **Carencias de información**

A continuación se enumeran algunas de las carencias de información referentes al riesgo de incendios forestales, tanto en Canarias como a nivel estatal.

- Los daños identificados no están cuantificados económicamente, no pudiendo estimar los costes o pérdidas que ha generado cada incendio forestal.

3.1.5.5 **Propuesta de inventario de eventos históricos en Canarias**

Como se ha visto, a nivel nacional y Canario, ya se dispone de una base de datos de incendios forestales. Se propone incorporar esta información a la base de datos de riesgos de Canarias propuesta, Catalogo de Riesgos Naturales en Canarias y aportar a partir de este momento los datos de daños y pérdidas.

La metodología de construcción de la base de datos parece detalla en el epígrafe de peligrosidad sísmica. A continuación solo se detalla el contenido especifico para incendios de los 6 grupos principales de tablas que constituyen la base:

Datos temporales y espaciales: Estos datos son comunes para cualquier tipo de evento. Debe recogerse:

- el ID del evento:
- Fecha
- Situación (coordenadas X Y, en UTM 28 del lugar donde se ha producido el evento, denominación del lugar)

Datos de caracterización física del evento:

- Id del evento
- Paraje
- Fecha y hora de inicio
- Fecha y hora de incendio controlado
- Indicación de la zona donde se ha iniciado el incendio (junto a una carretera, casas, cultivos, etc..)
- Modelo de combustible
- Tipo de fuego (de copas, de superficie, subsuelo o ambos)
- Peligro (Alarma, Alarma extrema, prealerta o sin datos)
- Humedad relativa
- Dirección del viento
- Temperatura máxima
- Tipo de día (laborable, sábado o festivo)

- Tipo de causa (Cierta o supuesta)
- Grupo de causa (Desconocida, Intencionado, negligencias y causas accidentales).
- Causa
- Causante (Identificado, no identificado)
- Motivación
- Superficie afectada (km^2)
- Observaciones que no pueden ser incluidas en los anteriores campos.
- Fotografías disponibles

Datos de municipios afectados:

- Municipios donde se ha producido el evento y en los que se han declarado daños

Datos de daños: Descripción general cualitativa de los daños producidos por incendio sobre: personas, animales, en edificios, en infraestructuras, vehículos, referidos a los usos M suelo y daños indirectos.

Datos de pérdidas o costes: Valoraciones económicas de los daños ocasionados mediante las pérdidas y/o los costes que ha supuesto ese evento. Se diferenciará entre daños económicos (aquellos valorados y declarados por organismos oficiales como Ayuntamientos, Consejerías, Cabildos etc..). Daños sociales, referente a la afección a la población (pérdida de vidas, nº de heridos, etc..).

Metadatos: Incluirá las fuentes de la información y la fecha de realización y/o modificación.

En el anexo VIII aparece descrito con detalle un ejemplo de la realización del catálogo.

3.1.5.6 Parámetros generales necesarios para la identificación de los peligros o amenazas por incendios forestales

A continuación se describen los principales factores que caracterizan la peligrosidad por incendios forestal. La metodología de obtención de cada parámetro queda incluida en el anexo III.

3.1.5.6.1 *Modelo de combustible*

El combustible es un componente fundamental de la triada del fuego. El grado de combustión de la vegetación se caracteriza por: cantidad, tamaño, forma, continuidad vertical y horizontal, densidad, sustancias químicas presentes, contenido de humedad, distribución, proporción de materia muerta y el tipo de especies vegetales. Para poder caracterizar la vegetación de una zona teniendo en cuenta estas características, y que hacen que su comportamiento frente a un incendio forestal sea homogéneo, se recurre a los modelos de combustible.

Los modelos de combustible se definen en función de la estructura de la formación vegetal existente, la cantidad de material vivo y muerto de diverso tamaño presente y de la manera en la que se propagaría un fuego si se produjera.

Todas las islas que presentan especies forestales tienen actualmente cartografía de modelos de combustible, que se han desarrollado a partir de trabajos de campo y el Mapa de Vegetación de Canarias (M. del Arco et al. 2006, GRAFCAN).

Los Modelos de Combustible utilizados parten de los siguientes proyectos y están disponibles en formato digital (shapefile):

La Palma: Proyecto de Prevención de incendios y seguimiento del impacto de incendios forestales en el ámbito del proyecto (INTERREG IIIB Azores-Madeira-Canarias).

El Hierro y La Gomera: Modelo de Combustible desarrollado por el proyecto Realización de un inventario, caracterización y zonificación detallada de los modelos de combustible presentes en las islas de La Gomera y El Hierro, perteneciente al Proyecto "Cooperación y Sinergias en materia de aprovechamiento forestal sostenible en la Región Macaronésica" – FORESMAC con código MAC/2/C75.

Gran Canaria: Plan de Prevención de Incendios Forestales de Gran Canaria (2003) y Manual de operaciones contra incendios forestales del ICONA (1993).

Tenerife: TECNOMA SA. 2002. Caracterización de combustibles forestales de la isla de Tenerife. Gobierno de Canarias. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación territorial. Viceconsejería de Medio Ambiente.

Ni Lanzarote ni Fuerteventura, presentan masa forestal.

3.1.5.6.2 *Datos climatológicos*

La climatología adquiere un importante papel en la peligrosidad de incendios forestales, principalmente los fenómenos relacionados con la humedad, la temperatura y el viento. La humedad relativa ambiental (dependiente en gran medida de las precipitaciones y la temperatura) condiciona la humedad del combustible; por debajo del 40% de humedad, la peligrosidad es muy elevada. La temperatura condiciona la humedad relativa, si se mantienen unas condiciones de sequedad y altas temperaturas, el combustible muerto pierde rápidamente la humedad y puede producir focos de incendios y una mayor velocidad de propagación. El viento puede incrementar la aportación inicial de oxigeno a la reacción de combustión y genera una mayor velocidad de propagación.

En este epígrafe se recogen aquellas variables climatológicas relacionadas con los incendios forestales que pueden estimarse, con la finalidad de obtener una cartografía estática, ya que el problema de las variables climáticas es su carácter dinámico y variable.

Teniendo en cuenta que los valores de temperatura y humedad más propensos para la iniciación y propagación de un incendio (alta temperatura y baja humedad) dependen en gran medida del análisis topográfico incluido posteriormente y que se corresponden a valores variables, únicamente se ha analizado el viento a partir de los modelos desarrollados por el ITER.

Viento: El viento es analizado desde el punto de vista de su intensidad, que viene determinada por las condiciones de la orografía del terreno. El ITER dispone de un modelo de simulación de la intensidad del viento[14] donde se ha estimado la intensidad del viento a lo largo de puntos que conforman una malla de 100 metros, en todas las islas a alturas de 40, 60 y 80 metros.

3.1.5.6.3 *Topografía*

Incluirá todas las variables topográficas que pueden ser utilizadas para estimar la peligrosidad de incendios forestales. La topografía, la pendiente del terreno, la exposición o orientación y la presencia de barrancos son condicionantes importantes en la propagación y peligrosidad de incendios forestales.

La incidencia de la radicación solar sobre las laderas influye sobre el grado de humedad de la vegetación, el tipo de vegetación y la temperatura superficial, factores importantes a la hora de iniciarse y propagarse un incendio.

3.1.5.6.4 *Variables antrópicas*

También es importante a la hora de estimar la peligrosidad de incendios forestales, las variables antrópicas (la mayor parte de los incendios forestales tienen origen antrópico), es decir aquellos factores vinculados al hombre y relacionados con la iniciación de los posibles focos de incendio. Las variables antrópicas consideradas son: las infraestructuras viarias, las infraestructuras eléctricas, las edificaciones aisladas en zonas forestales, las áreas agrícolas junto a masas forestales o las áreas recreativas. De igual forma ocurre con las edificaciones aisladas. La quema incontrolada en las zonas agrícolas abandonadas junto a terreno forestal es origen de muchos incendios debido a que puede propagarse a las zonas arboladas cercanas.

[14] Estudio de la intensidad del viento desarrollado a partir del documento "Recurso Eólico en Canarias". Elaborado por el Instituto Tecnológico de Canarias y el Gobierno de Canarias).

Infraestructuras viarias: Las infraestructuras viarias representan la forma principal de accesos para las personas, por lo que suponen vías de accesos a las zonas de alto potencial para la iniciación de un incendio bien por descuidos o imprudencias (colillas arrojadas desde los automóviles) o bien por iniciación de incendios intencionadamente.

Infraestructuras eléctricas: Las infraestructuras eléctricas pueden ser origen de incendios, tanto por la caída del cableado sobre la vegetación o por el roce con el arbolado de las líneas eléctricas, por lo que se identificarán las líneas eléctricas existentes en las islas Canarias.

Equipamientos: Los equipamientos de la naturaleza o áreas recreativas se consideran zonas de alto riesgo por el tipo de actividad que en ellas se desarrolla. La alta presencia de personas en estos lugares y el uso de barbacoas en los mismos, genera cierta peligrosidad.

Edificaciones: Las edificaciones situadas fuera de los principales núcleos y áreas urbanas son consideradas como zonas de riesgo, principalmente en el caso de la iniciación de incendios no intencionados.

Zonas agrícolas: Las zonas agrícolas designados en el Mapa de Cultivos (GRAFCAN) y que se ubican junto a las zonas arboladas del Mapa de Vegetación de Canarias, se corresponden a zonas que tradicionalmente han sido origen de incendios forestales. Son zonas que presentan cubierta vegetal en las primeras etapas de sustitución, de fácil acceso y elevada inflamabilidad, origen de numerosos incendios en Canarias.

3.1.5.6.5 *Registro de incendios forestales*

El registro histórico de incendios, ofrece datos que pueden ser significativos para evaluar la peligrosidad de una determinada zona. Esta información está incluida en la base de datos de incendios forestales y está disponible en los Cabildos Insulares. Los incendios quedarán caracterizados por las coordenadas que hacen referencia al punto de inicio del incendio.

3.1.5.6.6 *ZARI (Zonas de Alto Riesgo de Incendio)*

En Canarias están establecidas las ZARI (Zonas de Alto Riesgo de Incendios), por lo que se tendrán en cuenta a la hora de identificar las zonas de mayor peligrosidad.

Los respectivos Cabildos Insulares, declararon mediante legislación (ORDEN nº 452, de 5 de agosto de 2005, ORDEN nº 127, de 23 de mayo de 2006, ORDEN nº 277, del 9 de octubre del 2007, ORDEN nº 423 del 17 de diciembre de 2008 y ORDEN de 22 de abril de 2009), la definición de las Zonas de Alto Riesgo de Incendios en todas las islas que presentan masa forestal.

3.1.5.7 Metodologías existentes de estimación de la peligrosidad por incendio forestal

3.1.5.7.1 *Introducción*

Las metodologías que permiten estimar la peligrosidad por riesgo de incendio forestal se basan fundamentalmente en métodos deterministas (análisis de multitud de parámetros que pueden influir en su propagación), mediante modelos de integración de factores por Pesos Ponderados. Para ello es necesario llevar a cabo una selección de variables esenciales que guardan relación con los incendios. Es importante tener en cuenta que la acción humana adquiere un papel muy importante en este tipo de riesgo, al ser la principal causa de los incendios en España y en las Islas Canarias. La mayor parte de los análisis probabilísticos que se han desarrollado son difíciles de concretar en este aspecto, lo que reduce su fiabilidad, aunque Vilar, (2006) plantea una metodología al respecto.

Los últimos avances en materia de estimación del riesgo de incendio forestal se basa en la mejor definición de los modelos de combustibles y de los parámetros relacionados. Para ello se tiene en cuenta la definición de Chuvieco y Salas (2004), que entiende el riesgo de incendio como la probabilidad de que el fuego se inicie y la vulnerabilidad de las áreas potencialmente afectadas. Las variables que estiman la peligrosidad deben atender tanto a la ignición como a la propagación, aportando a la metodología factores que aportan un carácter dinámico como: temperatura, precipitaciones, NDVI, humedad, etc. Estos parámetros quedan matizados mediante la utilización de imágenes satélite o LIDAR, si bien su aplicación en la planificación y ordenación implica la necesidad de modelos estáticos o dinámicos pero con intervalos elevados.

Los sensores satélites aportan información útil de las zonas con alto nivel de peligrosidad de incendio, dada su amplia cobertura espacial y temporal. El contenido en agua de las plantas es una de las factores clave en los modelos desarrollados, con aplicación no sólo el terreno agrícola sino también en incendios forestales, siendo parametrizado a través del *índice Fuel Moisture Content* (FMC), definido como el porcentaje del peso de agua sobre el peso de la muestra seca para una determinada cobertura vegetal (Chuvieco et al., 2004). Se ha demostrado, mediante el uso de largas series temporales de imágenes, que existe una buena correlación entre el FMC y un índice de vegetación como el Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) obtenido a partir de bandas en el visible e infrarrojo próximo (Chladil et al., 1995). Además, la posibilidad de obtener la temperatura de la superficie a través de algoritmos de tipo Split-Window aplicados a los canales térmicos, y la correlación negativa entre

temperatura de la superficie y NDVI, ha conducido a utilizar este último como un indicador del contenido en agua de la superficie (Jang et al., 2006).

Estas variables, obtenidas a partir de imágenes satélite, son utilizadas en conjunción con datos meteorológicos de estaciones (temperatura del aire, velocidad del viento, humedad…) y otros factores de riesgo estáticos , de forma que los mapas representen de la mejor manera posible todos los factores involucrados en la peligrosidad de incendio forestales (Chuvieco et al., 2003, Leblon, 2001).

3.1.5.7.2 *Escala Canarias o autonómico*

A nivel autonómico, existen las **zonas de Riesgo Local de Incendios identificadas en el Plan Canario de Protección Civil y atención de emergencias por Incendios Forestales (INFOCA),** aprobado en el D 100/2002 y publicado en el BOC nº 106, de 7 de agosto de 2002. Estas zonas se delimitan a partir de la de frecuencia con la que se producen los incendios forestales, la causalidad y la peligrosidad derivada del combustible forestal.

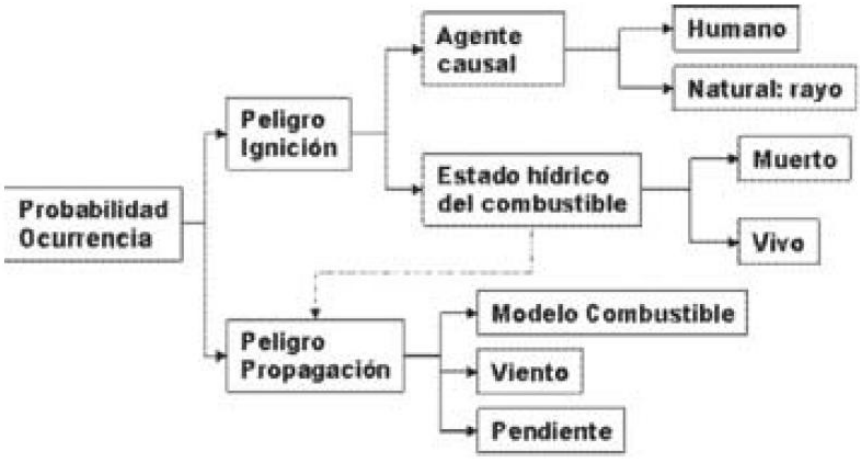
A partir del RDL 11/2005, de 22 de julio, por el que se aprueban medidas urgentes en materia de incendios forestales (en adelante, RDL 11/2005) cuya entrada en vigor tuvo lugar el día 23 de julio de 2005, se establecieron las **Zonas de Alto Riesgo de Incendio (ZARI)**. Aquellas áreas en las que la frecuencia o virulencia de los incendios forestales y la importancia de los valores amenazados hagan necesarias medidas especiales de protección contra los incendios, podrán ser declaradas zonas de alto riesgo de incendio o de protección preferente, correspondiendo a las Comunidades Autónomas su declaración y la aprobación de sus planes de defensa. Tras establecerse un proceso de colaboración con los respectivos Cabildos Insulares, se declararon mediante la ORDEN nº 452, de 5 de agosto de 2005, las zonas de alto riesgo de incendios forestales de Canarias, concretamente para las islas de Gran Canaria, Tenerife, La Palma, La Gomera y El Hierro. Esta orden ha sido modificada posteriormente por diversas órdenes: ORDEN nº 127, de 23 de mayo de 2006 por la que se amplían las superficies de las ZARIs en Tenerife y La Palma, la ORDEN nº 277, del 9 de octubre del 2007 por la que se amplía la superficie de las ZARIs de Gran Canaria, la ORDEN nº 423 del 17 de diciembre de 2008 por la que se amplía la superficie de ZARIs de La Palma, y finalmente la ORDEN de 22 de abril de 2009 por la que se modifica la Orden de 5 de agosto de 2005. De esta manera, y después de un proceso de varios años, quedan definidas las Zonas de Alto Riesgo de Incendios en todas las islas con masa forestal en Canarias.

Cada Cabildo insular dispone de un registro de los incendios forestales ocasionados históricamente en esa isla. Esta base de datos ubica los puntos o el paraje donde se ha iniciado el incendio forestal y sirve como indicador de cuáles son las zonas de concentración de

incendios y del tipo de vegetación (modelo de combustible) en el que se producen con mayor frecuencia los incendios.

Utilizando metodologías de dividir la peligrosidad en dos factores en función del peligro de ignición y de propagación, se han desarrollado proyectos como **FIREMAP** (determinación de un índice sintético del riesgo de incendios forestales, aplicado a la Comunidad de Madrid) **y FIREGLOBE** (Análisis de escenarios de riesgo de incendio a escala nacional y global), desarrollados por varias entidades como la Universidad de Alcalá, Universidad de Córdoba, CSIC, Universidad Politécnica de Madrid y el Ministerio de Medio Ambiente entre otros.

Figura: Esquema metodología desarrollada en FIREMAP y FIREGLOBE



Fuente: (Chuvieco, E. et al. 2007)

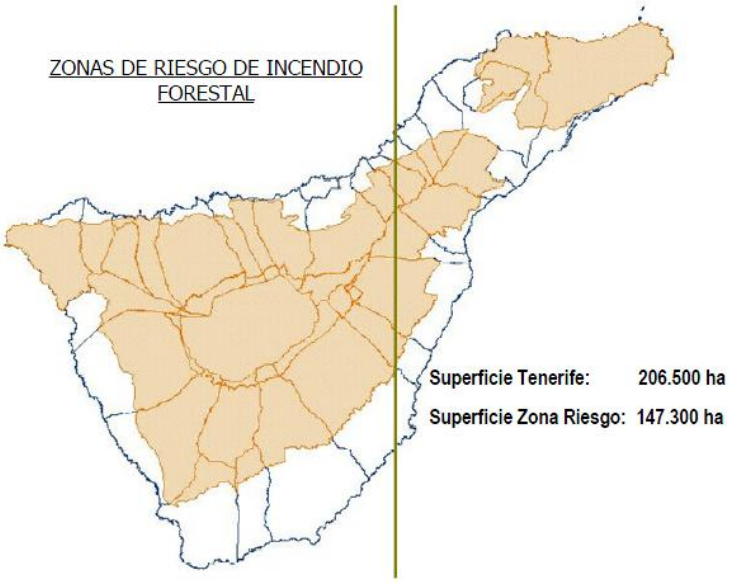
Dentro del peligro de ignición se identifica el agente causal del incendio (humano o natural) y el estado hídrico del combustible aplicando técnicas de teledetección (mediante largas series temporales de imágenes).

En el peligro de propagación se analizan determinados parámetros como los modelos de combustible, el viento o la pendiente cuyos resultados son obtenidos mediante simulaciones.

3.1.5.7.3 *Escala insular*

A nivel insular, existen varias islas que presentan planes de prevención de incendios forestales, entre las mismas están Tenerife, La Palma y Gran Canaria, este último en redacción. Estos planes definen unas áreas de riesgo de incendios, basadas en las definidas por el INFOCA y las ZARI. Concretamente, para el caso de Tenerife, denominado **Plan de Prevención y Extinción de Incendios Forestales de la isla de Tenerife (INFOTEN)**, se describen las siguientes zonas:

Figura: Zona de riesgo de incendio forestal



Fuente: Plan de Prevención y Extinción de Incendios Forestales de la isla de Tenerife (INFOTEN)

En la isla de Tenerife, a parte del INFOTEN, se ha realizado el **PTOPRT**, documento especifico de los riesgos existentes en la isla de Tenerife, y donde se ha elaborado un mapa de susceptibilidad de riesgo de incendios forestales. En este plan, se delimitan las zonas de la isla de Tenerife que presentan riesgo de incendio forestal, sin tener en cuenta la probabilidad de ocurrencia de los mismos en el tiempo, únicamente se puede hablar de susceptibilidad y no de peligrosidad. A diferencia de los planes anteriores INFOCA e INFOTEN, que se basaban en el catálogo de eventos de incendios forestales históricos y otras variables, pero con una escala muy elevada y un uso de la información en formato analógico, que suponía una limitación, en el PTOPRT, esta información es utilizada de partida.

Puesto que este mapa de susceptibilidad solo existe para la isla de Tenerife, **GESPLAN S.A.** utilizando una metodología muy similar, en noviembre de 2011 , ha realizado el *"Estudio de los riesgos hidráulicos constatados y de riesgos de incendios insulares",* donde se recogen a nivel insular los riesgos de incendio forestal de las islas de El Hierro, La Palma, Gran Canaria y La Gomera.

Empleando una mezcla de todas las metodologías anteriores (valoración de parámetros estáticos e inclusión de parámetros dinámicos como el NDVI obtenido a partir de imágenes satélite, división de la peligrosidad en ignición y propagación o comportamiento y), pero sin incluir análisis probabilísticos, se desarrolla en este caso para la provincia de Cáceres una metodología para estimar el Riesgo de Incendios Forestal (Blas Morato et al, 2008) donde está incluida la peligrosidad, debiéndose considerar en este caso como susceptibilidad puesto que no se considera la frecuencia o probabilidad de ocurrencia.

Siguiendo con la idea de estimar el comportamiento hídrico de la vegetación para estimar la peligrosidad, a nivel insular, en Canarias se han desarrollado modelos teniendo en cuenta parámetros dinámicos como el contenido de humedad obtenido a partir de imágenes **satélite** como se detalla en el documento *"Modelado del riesgo de incendios forestales en las islas Canarias usando datos de satélite y aplicación SIG"* (González-Calvo, A. et al. 2008, Universidad de La Laguna), que utiliza el contenido de humedad de las plantas (estrés hídrico de la vegetación) a través del NDVI (Normalized Difference Vegetación Index) y que junto a la estimación de la probabilidad de ocurrencia de ciertos parámetros estáticos, permite estimar la peligrosidad de riesgo de incendio forestal en la isla de Tenerife.

Ampliando el proyecto de 2011**, GESPLAN S.A.** ha elaborado los primeros mapas básicos de peligrosidad por incendios forestales en el estudio *"Elaboración de cartografía básica de peligrosidad por incendios forestales en emergencias y protección civil en Canarias",* Diciembre 2012.

3.1.5.7.4 *Análisis de las metodologías*

INFOCA

El resultado de las zonas de riesgo local establecidas en el Plan Canario de Protección Civil y Atención de Emergencias por Incendios Forestales, implica que la delimitación de los diferentes niveles de riesgo (peligrosidad) establecidos, se adecuan a los limites de los municipios existentes, sin tener en cuenta la ubicación concreta de las masas forestales o vegetación forestal que genera esta peligrosidad, el terreno o los usos del suelo en ese municipio. Además, es una metodología que no tiene cuenta los factores antrópicos que originan los incendios, ni estima la frecuencia o periodo de retorno con que se producen. Siendo este último factor de difícil previsión y mucha complejidad, en todas la metodologías estudiadas de estimación de la peligrosidad ante incendios forestales.

ZARI (ZONAS DE ALTO RIESGO DE INCENDIO)

La metodología utilizada para designar las zonas consideradas como ZARI, hace un mayor hincapié en la delimitación de las zonas con vegetación y masas forestales, donde queda concentrado el mayor riesgo de incendio. Estas zonas son clasificadas como de alto riesgo de incendio, sin establecer una graduación de la peligrosidad de incendio del resto de zonas del territorio. Es una metodología que tampoco estima la frecuencia del riesgo de incendios forestales, ni tiene en cuenta determinados parámetros que influyen en la estimación de la peligrosidad ante los incendios forestales.

FIREMAP (2007) Y FIREGLOBE (2011)

Esta metodología implica una gran complejidad puesto que utiliza gran cantidad de información, variables dinámicas diarias y parámetros difícilmente disponibles, obteniendo como resultado un mapa diario. Su aplicabilidad a Canarias es limitada, debido a la información disponible y su tratamiento también es complejo al obtener un mapa diario. Si bien, su fiabilidad en las zonas analizadas de la Península, refleja valores elevados de cerca del 70% (dependiendo de los casos).

Su complejo desarrollo, la disponibilidad de información y que implica mapas dinámicos, limita en gran medida la aplicación de la metodología a la ordenación territorial, que s la finalidad del presente proyecto.

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD (PTOPRT)

La metodología utilizada en el PTOPRT, incluye un gran número de parámetros, de los cuales, depende la peligrosidad de incendio forestal. El resultado obtenido es un mapa de susceptibilidad, al no considerar la frecuencia de los incendios, aunque como se ha comentado, la fiabilidad de los análisis probabilísticos que permiten estimar los periodos de retorno es baja. Como inconveniente, la delimitación de los grados de susceptibilidad de incendio forestal establecidos, se basan en los límites de los municipios existentes, no reflejando la realidad, al no tener en cuenta la ubicación de las masas forestales o los usos del suelo en esos municipios.

La aplicabilidad de la metodología del PTOPRT, en su aplicación a la ordenación territorial, se puede considerar como media.

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD (GESPLAN S.A.)

La metodología desarrollada por GESPLAN S.A. es muy similar a la desarrollada por el PTOPRT, por lo que su grado de aplicación es muy similar. Si bien, el número de parámetros utilizados en esta metodología es mayor, por lo que el resultado podrá ser más detallado.

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD (CACERES)

La metodología desarrollada por Blas Morato et al., 2008, es muy similar a la desarrollada por el PTOPRT, por lo que su aplicabilidad es muy similar. Aunque se han utilizado un mayor número de parámetros que en el PTOPRT para establecer el valor de la susceptibilidad de incendios forestales, no quedan definidos la graduación de cada uno de los valores de cada parámetro.

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD USANDO DATOS DE SATELITE (TENERIFE)

La metodología desarrollada para estimar la susceptibilidad de incendios forestales utilizando imágenes satélite y aplicada en Tenerife, obtiene como resultado un índice estático y un índice dinámico, debido a la incorporación en el cálculo del valor del estrés hídrico de la vegetación. El primer condicionante que presenta esta metodología es la limitación que supone la utilización de un índice dinámico, tanto por la disponibilidad de series de imágenes satélite de todas las islas que presentan masa forestal, como por la complejidad de su manejo. Además, no se han tenido en cuenta parámetros relacionados con la actividad antrópica (líneas eléctricas, zonas de cultivo abandonado junto a zonas forestales, zonas de equipamientos de la naturaleza, edificaciones, etc), en la estimación de los índices estáticos, obtenidos en la metodología. Los tipos de vegetación analizados son muy generales, distinguiendo solo 3 clases: laurisilva, pinar y retama y sin analizar los modelos de combustible, para estimar y evaluar la propagación de los incendios.

MAPA DE PELIGROSIDAD (GESPLAN S.A.)

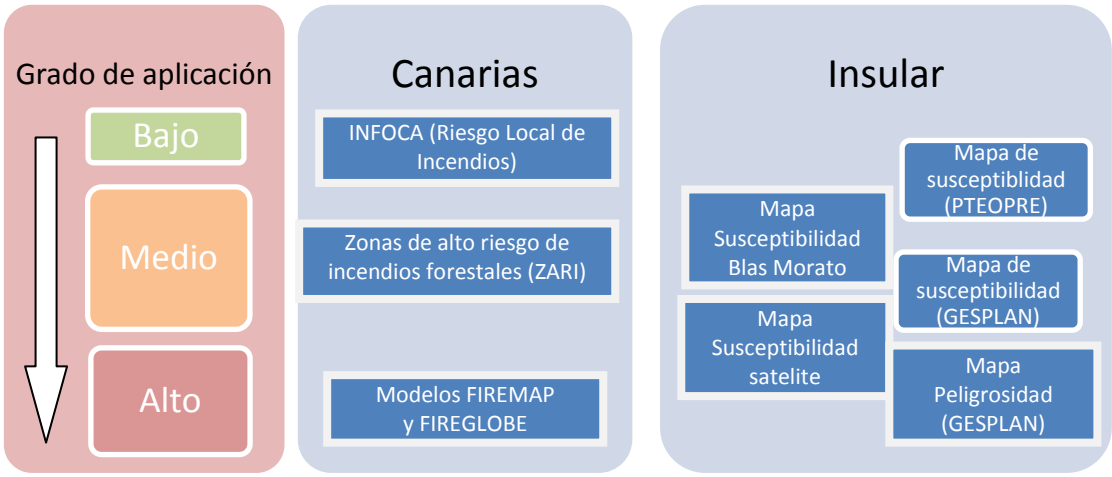
GESPLAN S.A. elabora unos mapas básicos considerados como de peligrosidad de incendios forestales, aunque no tienen en cuenta los periodos de retorno. Utilizan mayor numero de parámetros que las metodologías anteriores, aunque la frecuencia de los incendios se relaciona con los municipios y no con los modelos de combustible.

3.1.5.7.5 *Valoración de las metodologías*

Es importante tener en cuenta que este grado de aplicación de las diferentes metodologías de peligrosidad y/o susceptibilidad por incendios forestales, está definido de forma subjetiva y se basa en los siguientes criterios:

- Metodologías de estimación: Se valorará la metodología utilizada para la estimación de los incendios forestales.
- Escalas de aplicación y representación: Se valora la escala de aplicación, el uso actual de la metodología y su forma de representación, con la finalidad de que permita un fácil manejo de la información.
- Evaluación de su aplicación en la ordenación territorial: Se evalúa como, los resultados de la metodología se puede aplicar a la ordenación territorial.
- Evaluación del resultado obtenido, peligrosidad o susceptibilidad: En el caso de los incendios forestales, como se ha explicado, debido al carácter de factor humano que presentan, los análisis probabilísticos que aportan periodos de retorno o frecuencia, son de poca aplicación y fiabilidad. Por lo que se utilizan fundamentalmente estudios de susceptibilidad.

A continuación se incluye un análisis del grado de aplicabilidad de cada una de las metodologías consideradas.



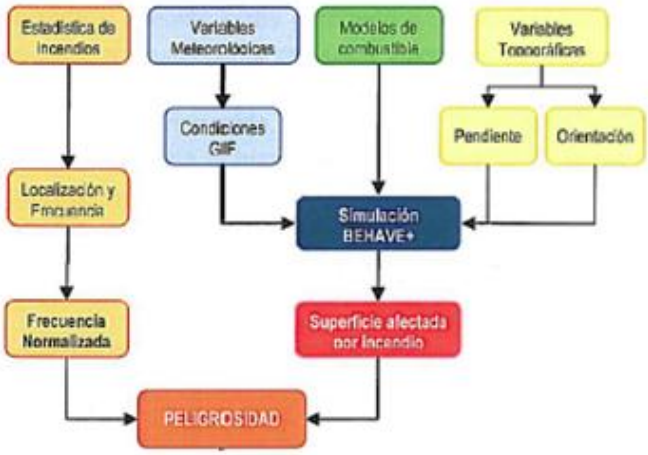
3.1.5.8 **Estimación de la peligrosidad por incendios forestales en Canarias**

Respecto a las metodologías analizadas para la estimación de los incendios forestales, aunque las que presentan un carácter dinámico, muestran una mayor fiabilidad en sus resultados; para su aplicación a la ordenación territorial, es necesaria la utilización de mapas estáticos, con lo que el grado de aplicabilidad de estas metodologías no se considera tan elevado como su fiabilidad. En las Islas Canarias y debido a la información disponible existente, la metodología más adecuada y considerada en el presente proyecto, es la desarrollada actualmente por GESPLAN S.A. Esta metodología modificada se desarrolla a continuación, incluyendo el desarrollo del resto de metodologías de forma detallada en el anexo IV.

MAPA DENOMINADOS DE PELIGROSIDAD BÁSICOS

La metodología de GESPLAN, se base en métodos analíticos, ya que se elaboran mapas temáticos que se superponen y agregan para obtenerlos mapas finales. En cuanto a la evaluación de las unidades, se utiliza la evaluación multicriterio consultando expertos y técnicos de los Servicios de Prevención y Extinción de Incendios de los Cabildos, buscando ajustarse lo máximo posible a la realidad.

Primero se identifican los factores que influyen en el peligro de Incendio Forestal (Factores incipientes), siguiendo los criterios del proyecto FIREMAP. Se considera la estadística de incendios para obtener la frecuencia y los modelos de combustible, junto a las variables meteorológicas y topográficas, simulan las condiciones de los incendios en el programa BehavePlus, obteniendo mediante la combinación de ambos la peligrosidad.



Se parte del registro histórico de incendios. (Base de Datos Nacional de Incendios Forestales (GIF) de la Dirección General para la Biodiversidad. En Tenerife, también se cuenta con el registro del Servicio de Montes del Cabildo. Se analizan las zonas en las que se ha producido un incendio y su superficie, así como las causas de los mismos.

Se propone el cálculo de la frecuencia normalizada de incendio por cada término municipal, definida como el número de incendios en un periodo de tiempo dado, a partir de la siguiente fórmula:

$$F_i = \frac{1}{a}\sum n_i$$

Dónde: **F_i**, frecuencia de incendios para cada municipio
n_i, número de incendios en cada año
a, número de años del estudio

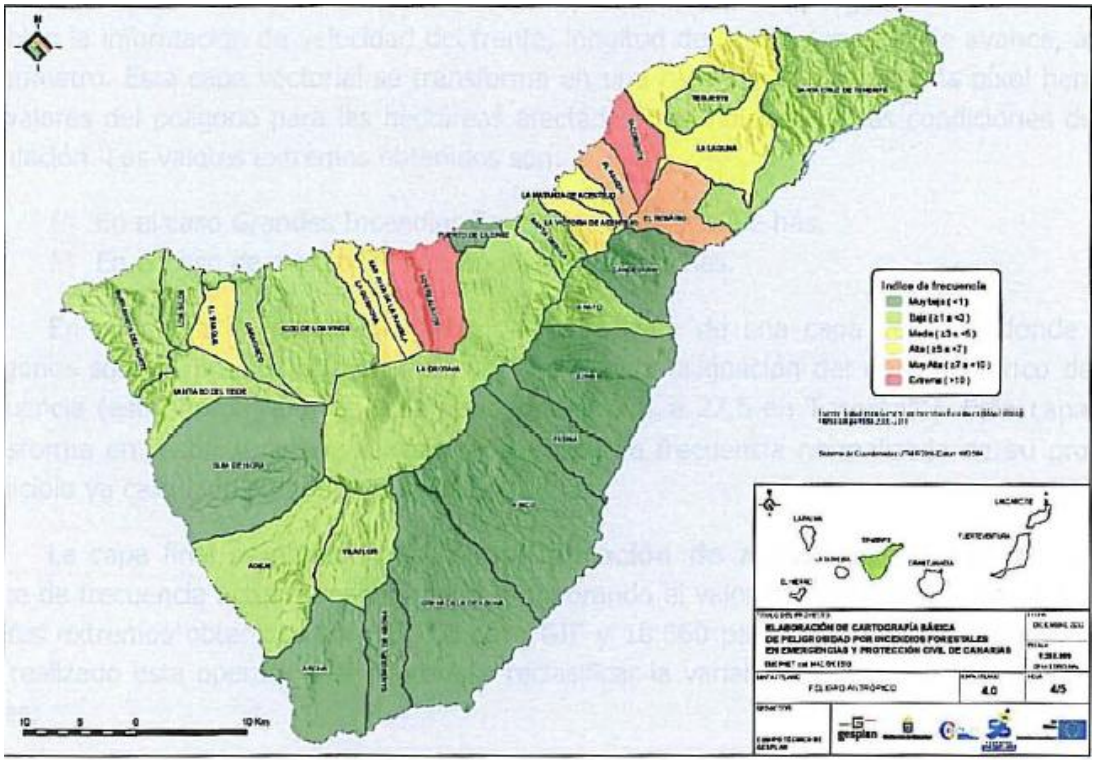
Considerando que el número de incendios ocurrido en una superficie, es proporcional al valor del tamaño de la misma, es necesario relativizar este índice calculando la frecuencia normalizada (número de incendios por cada 10.000 ha)

$$F_{Ni} = F_i \times \frac{10.000}{S_i}$$

Dónde: **F_i**, frecuencia de incendios para cada municipio
S_i, Superficie forestal del término municipal "i"

La valoración del índice de frecuencia normalizada es el siguiente:

Valoración	F_{NI}
Muy Baja	<1
Baja	≥1 a <3
Media	≥3 a <5
Alta	≥5 a <7
Muy Alta	≥7 a <10
Extremo	>10



Fuente: GESPLAN S.A.

Posteriormente, se consideran las variables topográficas, en este caso: la pendiente y la exposición, para incluirlas en el programa BehavePlus.

EXPOSICIÓN	GRADOS	VALOR DE CÁLCULO
N	316º-45º	0
E	46º-135º	90
S	136º-225º	180
O	226º-315º	270

CLASE	PENDIENTE (%)	VALOR DE CÁLCULO (%)
1	0-15	7,5
2	16-30	23
3	31-45	38
4	46-60	53
5	>61	68

Fuente: GESPLAN S.A.

Respecto a los mapas de combustible de las islas, se utilizan los modelos de combustible definidos para cada una de las mismas:

Tenerife, realizados por TECNOMA en 2002.

En el caso de La Palma, el mapa de Modelos de Combustible realizado en el Proyecto de Prevención de incendios y seguimiento del impacto de incendios forestales en el ámbito del proyecto (INTERREG IIIB Azores-Madeira-Canarias).

Para La Gomera y El Hierro se ha utilizado los mapas de Modelos de Combustible desarrollados en el trabajo: "Realización de un inventario, caracterización y zonificación detallada de los modelos de combustible presentes en las islas de La Gomera y El Hierro", perteneciente al Proyecto "Cooperación y Sinergias en materia de

aprovechamiento forestal sostenible en la Región Macaronésica" - FORESMAC con código MAC/2/C75.

En el caso de la isla de Gran Canaria, la fuente de la que se extrae el Modelo de Combustible que sirve de variable biótica para la implementación de este estudio es el Plan de Prevención de Incendios Forestales de Gran Canaria (2003) y Manual de operaciones contra incendios forestales del ICONA (1993).

Fuerteventura y Lanzarote no presentan masa forestal.

Para que los modelos de combustible puedan ser usados en las simulaciones del programa BehavePlus, se necesita conocer una serie de parámetros intrínsecos al modelo y que definen el comportamiento frente al fuego:

1HR. Carga de los elementos finos muertos, en tn/ha
10HR. Carga de los elementos medios muertos en tn/ha
100HR. Carga de los elementos gruesos muertos en tn/ha
HERB. Carga de hojas verdes en tn/ha
WOODY. Carga de ramillas vivas de diámetro menor de ¼ de pulgada (0.67cm) en tn/ha
S/V. Fracción entre la superficie que presenta para arder un elemento y su volumen en cm^{-1}
PROF. Altura/profundidad efectiva del complejo de combustible
HEAT. Cantidad de calor desprendido en Kj/Kg
EXT. MOIS. Humedad de extinción en %

La mayor parte de estos parámetros se estiman en función de los resultados de los modelos de combustible de Tenerife, por lo que es necesario relacionar el resto de modelos de combustible de las islas con los de Tenerife.

Por último, se evalúan las condiciones meteorológicas. Se consideran dos tipos: los valores obtenidos a los largo de los grandes incendios forestales de Canarias, en las olas de calor y los valores que se registran en condiciones normales en las Islas Canarias.

Finalmente, los datos de partida que se introducen en el programa de simulaciones BehavePlus son:

Modelo de combustible debidamente generado en formato *.bpf compatible con el programa. (ver el punto 0 de los modelos de combustible)
Orientación en grados (ver el punto 3.5.3 del modelo de exposición)
Dirección del viento en grados (ver el punto 0 de las condiciones meteorológicas)
Velocidad del viento a media llama en km/h.
Pendiente del terreno en % (ver el punto 3.5.2 del modelo de pendientes)
Humedad del combustible ligero muerto con 1h de tiempo de retardo en %.
Humedad del combustible ligero muerto con 10h de tiempo de retardo en %.
Humedad del combustible ligero muerto con 100h de tiempo de retardo en %.
Humedad del combustible vivo en %.
Tiempo de cálculo en horas.

La humedad del combustible ligero muerto y vivo, se estima mediante las tablas elaboradas por el ICONA, que lo relaciona con el modelo de combustible, la temperatura considerada y la exposición.

La velocidad del viento se determina a partir de cada modelo de combustible, su exposición y la orientación habitual del viento.

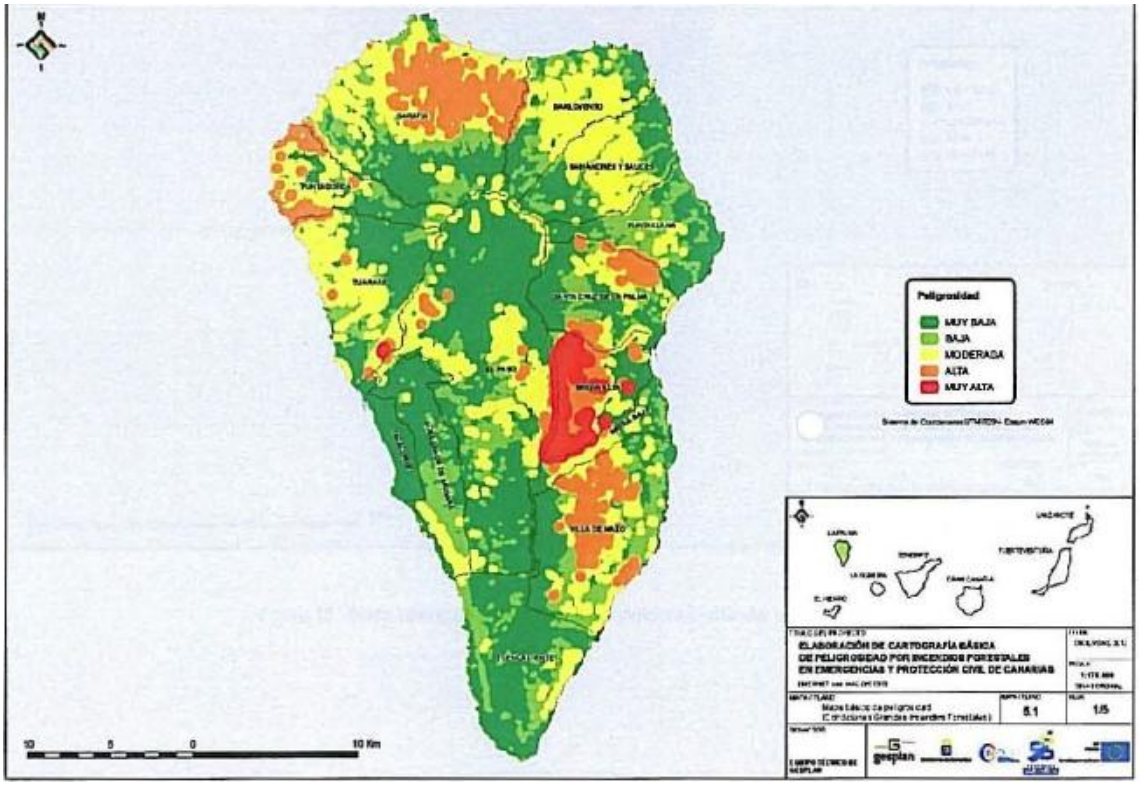
Todos estos valores se introducen en el programa BehavePlus dando como resultado la siguiente información de salida:

Velocidad del frente de llamas en m/min.
Longitud de llama en m.
Dirección del avance del fuego en º con respecto al norte.
Área del incendio en ha.
Longitud del perímetro quemado en m.
Largo de la elipse que define el área quemada en m.
Ancho de la elipse que define el área quemada en m.

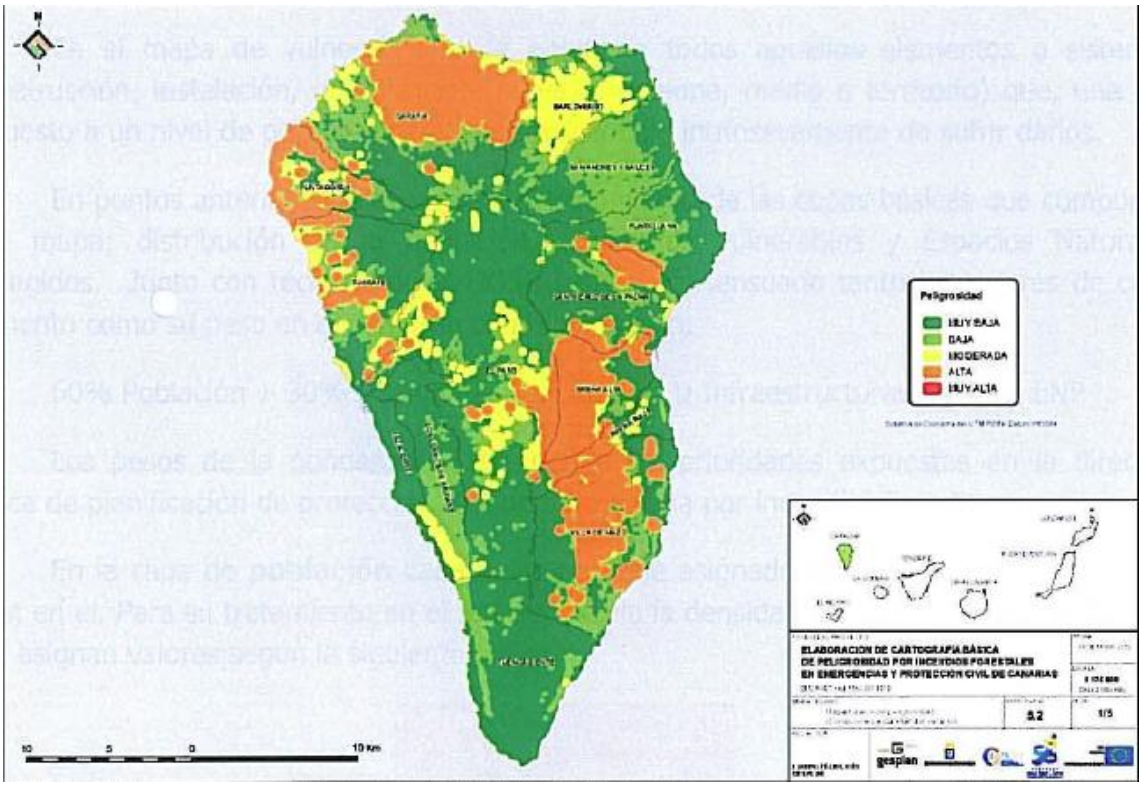
Los resultados de la simulación del programa Behaveplus, se representan en un mapa.

Mediante la combinación de los resultados de la frecuencia normalizada de incendios y los resultados del programa Behaveplus (considerando las condiciones estándar y los grandes incendios forestales) se obtiene una capa final, actuando el índice de frecuencia de tal forma que magnifica o minimiza el valor de las hectáreas quemadas. Una vez realizada la combinación se reclasifica la variable continua:

CLASE	INTERVALO	BUFFER
MUY BAJA	0-100	0 m
BAJA	101-500	100 m
MODERADA	501-1000	200 m
ALTA	1001-5000	300 m
MUY ALTA	>5000	400 m



Fuente: Mapa básico de peligrosidad en condiciones de Grandes Incendios Forestales en La Palma. GESPLAN S.A.



Fuente: Mapa básico de peligrosidad en condiciones normales en La Palma. GESPLAN S.A.

3.1.6 *Peligrosidad de riesgo por dinámica de vertientes*

3.1.6.1 **Sistemas disponibles de identificación (sistemas de observación y/o alerta temprana) de amenazas o peligros**

Actualmente, no existe ningún sistema de identificación de la peligrosidad de riesgo de dinámica de vertientes (movimientos de ladera) en Canarias ni en España.

A nivel Europeo, se está creando un sistema innovador de alerta rápida denominado **ELDEWAS *(Early Landslide Detection and Warning System)*** para predecir los deslizamientos de tierras. Mediante un programa informático y a partir de parámetros geográficos (perfiles de elevación, tipo de suelo, pendientes y uso del suelo) y predicciones meteorológicas constantes de un territorio, se podrá emitir una alerta concreta en situaciones de peligro de deslizamiento. Se está desarrollando inicialmente como proyecto piloto para su uso en Austria.

Hasta que se compruebe la efectividad de este sistema en otras zonas como Canarias, solo se podrán utilizar los sistemas de alerta de otros procesos naturales (Red Sísmica de Vigilancia, la Red Volcánica y el sistema METEOALERTA), como elementos precursores que pueden generar movimientos de ladera, ya que estos procesos pueden alterar la condición de equilibrio de una masa de tierra y generar los movimientos de ladera.

3.1.6.2 **Fuentes de información existente**

3.1.6.2.1 *Principales organismos e instituciones Internacionales, Estatales y Canarias que trabajan en la peligrosidad por dinámica de vertientes*

Los organismos e instituciones que han trabajo o trabajan en el campo de los movimientos de ladera en Canarias son:

Organismos internacionales

- U.S. Geological Survey. Landslide Hazard: http://landslides.usgs.gov/

Organismos Estatales:

- Instituto Geológico y Minero de España. Riesgos geológicos.
- http://www.igme.es/internet/actividadesIGME/lineas/RiesGeo.htm
- Instituto Geológico de Cataluña (IGC). http://www.igc.cat/web/ca/index.php
- Dirección General de Protección Civil y Emergencias. Riesgos Naturales Geológicos. Movimientos Terreno. http://www.proteccioncivil.org/movimientos-del-terreno
- Consorcio de Compensación de Seguros. Riesgos extraordinarios. http://www.consorseguros.es/web/guest/ad_re

Organismos Canarios

- Cabildos Insulares
- Viceconsejería de Medio Ambiente
- Dirección General de Seguridad y Emergencias

3.1.6.3 **Inventario de los sistemas de registro de datos históricos**

Como registro de datos históricos, se dispone a nivel estatal, de la Base de datos de Riesgos Geológicos del IGME, realizada para el Proyecto de Análisis del Impacto de los Riesgos Naturales en España (IGME, 2004), que ha englobado la anterior base de datos del IGME de 1988, abarcando todo el registro histórico hasta la actualidad.

Igual que para el caso de los eventos sísmicos y por inundación, dicha base de datos se compone de una serie de tablas, en las que se almacena la información. Las tablas utilizadas son:

Tabla de eventos. Se recoge el tipo de evento y la fecha en que ocurrió

Tabla de movimientos de ladera. Incluye una serie de campos relacionados con las características de los movimientos registrados registradas. Los aspectos que recogen son:

- Tipo de movimiento
- Litología
- Formación
- Edad
- Volumen (m^3)
- Superficie afectada (m^2)
- Angulo del talud
- Nivel freático
- Paraje
- Ubicación Zona afectada
- Notas
- Observaciones que no pueden ser incluidas en los anteriores campos.
- Fotografías disponibles

Tablas de municipios afectados. Se registran los municipios afectados y la provincia y comunidad autónoma a la que pertenecen.

Tablas de daños. Se describen los daños ocasionados por el movimiento: a personas, animales, en edificios, en infraestructuras, vehículos, referidos a los usos M suelo y daños indirectos.

Tablas de pérdidas económicas. Se recoge la valoración de pérdidas económicas producidas por el evento, y la fuente de procedencia de los datos.

Tabla de fuentes documentales. En esta tabla se recopilan las fuentes de procedencia de la información para cada movimiento de ladera registrada.

En total están registradas en la base de datos un total de 561 movimientos de ladera. Existiendo como se aprecia en el anexo VII un único evento de cierta magnitud en Canaria desde que existen datos.

3.1.6.4 **Carencias de información**

A continuación se enumeran algunas de las carencias de información referentes a la peligrosidad por dinámica de vertientes tanto en Canarias como a nivel estatal.

- Existe una carencia de información a nivel insular en Canarias, de los eventos de movimientos de ladera.
- No todas los eventos de movimientos de ladera quedan recogidos, sino únicamente los de mayor relevancia.
- Resulta difícil clasificar los eventos, puesto que en la mayor parte de las noticias que aluden a eventos de movimientos de ladera, no se aportan detalles sobre la naturaleza de los eventos y su severidad.
- De los registros existentes a nivel estatal, existe una falta de continuidad temporal de los mismos y de los trabajos de recopilación y clasificación de información científica.
- En España no hay un registro oficial de pérdidas declaradas por catástrofes naturales, ni un organismo que contraste o tase las valoraciones.
- Los datos sobre los daños declarados y los daños reales estas desvirtuados, ya que en el primer caso, están sobrevalorados normalmente.
- Los datos de los costes reales ocasionados por riegos se encuentran dispersos entre distintos ministerios; su consulta completa resulta muy complicada, excepto en el caso de la información disponible en la Dirección General de Protección Civil.
- Salvo que los daños sean importantes y sea necesaria la intervención del Estado para mitigar sus efectos no ha sido posible obtener datos de valoraciones. En estos casos el Estado ofrece y gestiona, mediante figuras legales como la declaración de zona catastrófica entre otras, el pago de ayudas económicas, créditos a bajo interés, indemnizaciones, exenciones o aplazamientos de pagos de impuestos, etc. que son reguladas en Reales Decretos y órdenes. Una vez realizada la disposición de gasto, éste se distribuye entre los distintos ministerios que lo gestionan en función de sus competencias, no existiendo un seguimiento centralizado de los costes reales invertidos en paliar los daños por catástrofes naturales.

- Las valoraciones que se hacen de pérdidas por eventos de movimientos de ladera, en algunos de los trabajos e información consultados, se han realizado criterios diferentes y a partir de datos muy dispares.

3.1.6.5 **Propuesta de inventario de eventos históricos en Canarias**

Se propondrá una base de datos similar a la desarrollada por el IGME Base de datos de Riesgos Geológico, realizada para el Proyecto de Análisis del Impacto de los Riesgos Naturales en España (IGME, 2004), pero que solo recoja los eventos de movimientos de ladera que hayan tenido lugar en Canarias. Esta base de datos se denominará Catalogo de Riesgos Naturales de Canarias.

Respecto a la información que debe recopilarse en cada una de las tablas principales que constituye la base de datos de Catalogo de Riesgos Naturales de Canarias en referencia a los movimientos de ladera, será la siguiente:

Datos temporales y espaciales: Estos datos son comunes para cualquier tipo de evento. Debe recogerse:

- el ID del evento:
- Fecha
- Situación (coordenadas X Y, en UTM 28 del lugar donde se ha producido el evento, denominación del lugar)

Datos de caracterización física del evento:

- Tipo de movimiento
- Litología
- Formación
- Edad
- Volumen (m^3)
- Superficie afectada (m^2)
- Angulo del talud
- Nivel freático
- Paraje
- Ubicación Zona afectada
- Notas
- Observaciones que no pueden ser incluidas en los anteriores campos.
- Fotografías disponibles

Datos de municipios afectados:

- Municipios donde se ha producido el evento y en los que se han declarado daños

Datos de daños: Descripción general cualitativa de los daños producidos por el evento.

Datos de pérdidas o costes: Valoraciones económicas de los daños ocasionados mediante las pérdidas y/o los costes que ha supuesto ese evento. Se diferenciará entre daños económicos (aquellos valorados y declarados por organismos oficiales como Ayuntamientos, Consejerías, Cabildos etc..). Daños sociales, referente a la afección a la población (pérdida de vidas, nº de heridos, etc..).

Metadatos: Incluirá las fuentes de la información y la fecha de realización y/o modificación.

En el anexo VIII aparece descrito con detalle un ejemplo de la realización del catálogo.

3.1.6.6 Parámetros generales necesarios para la identificación de los peligros o amenazas por riesgo de movimientos de ladera

Como se ha explicado en las consideraciones generales, existen varios tipos de movimientos de ladera, si bien todos presentan unos factores intrínsecos y desencadenantes que provocan la peligrosidad. Esta peligrosidad vendrá caracterizada debido a las condiciones del terreno, el tipo de suelo, la pluviometría y diversas variables antrópicas. A partir de estas variables se desarrollará la peligrosidad por riesgo de dinámica de vertientes.

A continuación se identifican cada uno de estos parámetros, recogiendo en el anexo III, la metodología utilizada para estimarlos.

3.1.6.6.1 *Factores intrínsecos*

Recogerá los elementos que se consideran intrínsecos de la inestabilidad de la ladera, es decir, los existentes en la propia ladera y que pueden provocar su movimiento, como son la pendiente y la litología, así como si se dispone de la información relativa a: estructuras geológicas destacables, rasgos morfológicos, red de drenaje principal, datos sobre permeabilidad y niveles freáticos e identificación de zonas de erosión intensa.

Pendiente: La pendiente es un factor que determina la estabilidad de los edificios volcánicos y laderas existente en las islas del Archipiélago. Su estimación se llevará a cabo a partir del MDT.

Litología: Para determinar el grado de fragilidad de las distintas litologías, se utiliza el Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias (GRAFCAN), del que se extraerán los grandes grupos litológicos que conforman las islas.

Estructuras geológicas y rasgos morfológicos destacables: Dependiendo de la zona de estudio, se identificarán aquellas zonas que presenten unos rasgos característicos que las hagan

propensas a los movimientos de ladera. Estas zonas se identificarán a partir de la información de los Mapas Geológicos del Plan MAGNA (Mapa Geológico Nacional) a escalas 1:25.000 y 1:100.000 y las memorias existentes de los mismos.

Barrancos: La red de drenaje de las islas, estará caracterizada por los barrancos existentes. Esta información ya ha sido identificada en el apartado de inundaciones.

Permeabilidad: La permeabilidad de las litologías existentes en las islas, es una información relevante en los movimientos de ladera, puesto que permite caracterizar el nivel freático del suelo y la saturación del mismo, que se corresponde a uno de los principales factores desencadenantes de estos eventos.

Zonas de erosión intensa: Las zonas que presentan erosión pueden ser zonas proclives a los movimientos de ladera. Estas zonas han identificadas en el proyecto INES 2002-2012 (Inventario Nacional de Erosión de Suelo) y concretamente, se utilizarán las zonas identificadas que presentan erosión en barrancos y cárcavas, si bien aunque la escala que presentan es muy elevada 1.250.000, sirve como orientación para identificar las zonas con erosión.

3.1.6.6.2 *Factores desencadenantes*

Recogerá los elementos que se consideran como desencadenantes de los movimientos de la ladera, aquellos que son externos y que mediante su aplicación pueden provocar la inestabilidad de la ladera (pluviometría vertical y horizontal, sismicidad, usos del suelo e infraestructuras viarias). El principal origen actualmente de la inestabilidad de laderas es la saturación del suelo, siendo necesario llevar a cabo un análisis de la precipitación tanto vertical y horizontal en Canarias.

Precipitación vertical: En este primer caso se estudia la precipitación vertical. Para definirla, se tiene como principal herramienta la base de datos de los pluviómetros gestionada por el Instituto Nacional de Meteorología, que se ha completado con los pluviómetros del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA) de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación del Gobierno de Canarias. A partir de esta información, se desarrollan las isoyetas (precipitación máxima diaria) para un periodo de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años, para cada una de las islas. Estas isoyetas permiten estimar la pluviometría media para cada zona de la isla

Precipitación horizontal: La capa de pluviometría horizontal se llevará a cabo delimitando aquellas zonas de los las islas donde hay constancia que existe precipitación horizontal.

Sismicidad: Respecto a la sismicidad es necesario analizar los eventos sísmicos existente en las Islas Canarias puesto que suponen un elemento desencadenante de los desprendimientos.

Usos del suelo: Los usos del suelo afectan directamente a su erosionabilidad dependiendo del grado de protección que su cobertura le proporciona. Para utilizar el parámetro de los usos del suelo, se utilizara la información existente en el SIOSE. Agrupando las clases originales en categorías puesto que la peligrosidad de dinámica de vertientes varía en función de sí se trata

Infraestructuras viarias: Se considerarán aquellas infraestructuras que pueden desestabilizar las laderas y provocar movimientos. Concretamente, se utilizarán las infraestructuras viarias existentes en las islas, puesto que son elementos que alteran el perfil del relieve. Estas infraestructuras ya se han utilizado en la estimación de la peligrosidad de incendios forestales.

3.1.6.7 Metodologías existentes de estimación de la peligrosidad de dinámica de laderas

3.1.6.7.1 *Introducción*

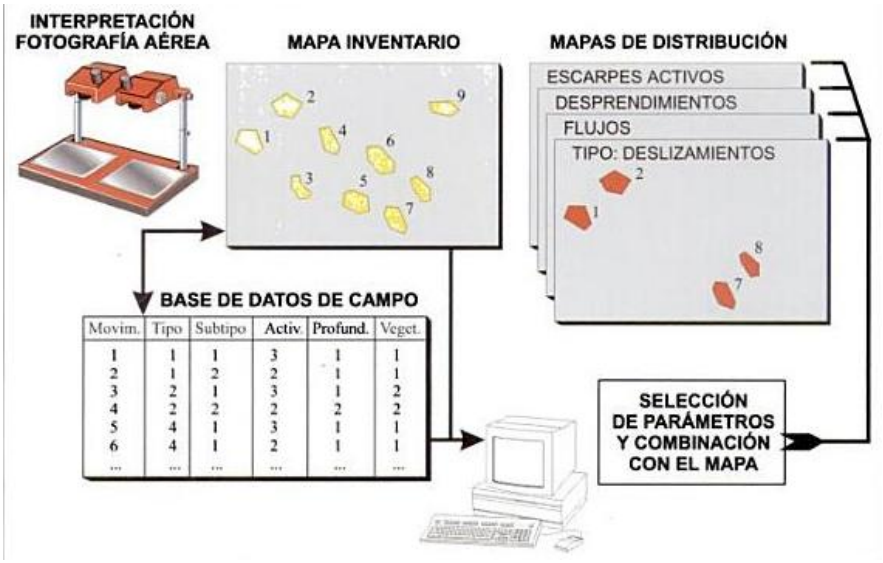
Al analizar la peligrosidad por riesgo de Dinámica de Vertientes o Movimientos de Ladera existe la misma problemática que en los riesgos anteriores, referida a la confusión existente entre susceptibilidad y peligrosidad, al carecer el primero de la componente temporal (probabilidad de ocurrencia de las roturas o reactivaciones). En general la evaluación de la susceptibilidad se puede efectuar mediante dos grandes grupos de aproximaciones (Corominas, 1992):

- Análisis de la ocurrencia de movimientos de ladera en amplias regiones utilizando observaciones geológicas y geomorfológicas y modelos basados en el tratamiento estadístico de los parámetros de las laderas ***(métodos no deterministas)***
- Predicción del comportamiento de laderas o taludes mediante modelos de cálculo de estabilidad ***(métodos deterministas)*** y que pretenden determinar la predicción del instante concreto de rotura. Los métodos deterministas se basan en leyes físicas y mecánicas universales de conservaciones de masa, energía y equilibrio de fuerzas. Estos métodos son de gran aplicación en el cálculo de movimientos de laderas naturales de pequeñas dimensiones (Ayala-Carcedo y Andreu eds. 1987; Alonso, 1989).
- Cabría mencionar un tercer tipo de métodos, combinación de los anteriores, denominados ***modelos conceptuales*** (Terlien, 1996).
- Para estimar la peligrosidad del riesgo de dinámica de vertientes se utilizan ***métodos probabilísticos*** que determinan la probabilidad de ocurrencia o frecuencia.

A continuación se detallan las principales técnicas utilizadas para la zonificación de la susceptibilidad (Ayala-Carcedo et al., 2003).

Análisis de la distribución de los movimientos de ladera: Inventario de los movimientos de la ladera a partir de fotografía aérea, evaluación de un experto, investigación en campo y base de datos de registros históricos de una determinada zona. Mediante estos elementos se determina el tipo de movimiento producido, lo que proporciona un mapa de la distribución espacial de los movimientos del terreno, reflejando la localización donde se han producido los distintos movimientos. Es un método que proporciona información a corto plazo (movimientos inmediatamente anteriores a la fecha de la imagen), pasando desapercibidos movimientos pasados y no permite estimar los cambios temporales de distribución de los movimientos. A escala regional, la elaboración conlleva mucho tiempo y depende de la interpretación del investigador.

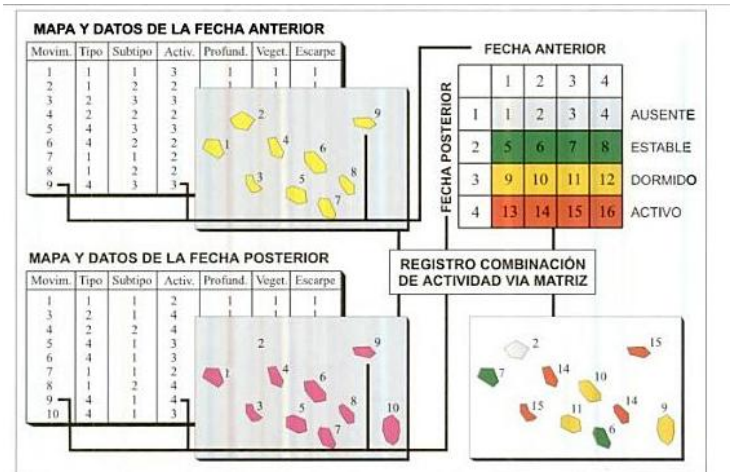
Figura: Esquema de la metodología



Fuente: Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG. (Ayala-Carcedo et al., 2003). IGME

Modelos basados en el análisis de la actividad: Una mejora del mapa de distribución de movimientos de ladera consiste en los mapas de actividad, basados en la interpretación de fotos aéreas a lo largo del tiempo. Combinando ambos mapas se puede determinar el numero o porcentaje de movimientos reactivados, de nueva generación o estabilizados. Las escalas más apropiadas son la media y la grande. Necesita gran cantidad de tiempo, es difícil evitar inconsistencias en la interpretación de fotos aéreas.

Figura: Esquema de metodología

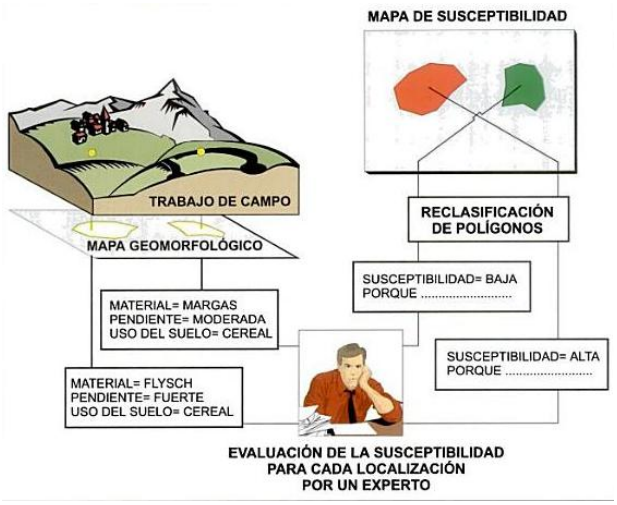


Fuente: Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG. (Ayala-Carcedo et al., 2003). IGME

Modelos de densidad de movimientos: La distribución de los movimientos de ladera se puede mostrar mediante mapas de densidad o de isopletas, donde se representa el porcentaje que una determinada unidad del terreno aparece afectada por movimientos de ladera. Este método también se utiliza para comprobar la influencia de cada parámetro individualmente en la estabilidad. La información necesario es el mapa de distribución de los movimientos de ladera y el mapa litológico.

Modelos basados en el análisis geomorfológico: Para la determinación de la susceptibilidad se puede utilizar la cartografía del inventario de movimiento y su contexto geomorfológico. El grado de susceptibilidad se evalúa en cada punto del terreno, siendo un método subjetivo en función del gemorfólogo que conozca la zona y haya trabajado en la misma.

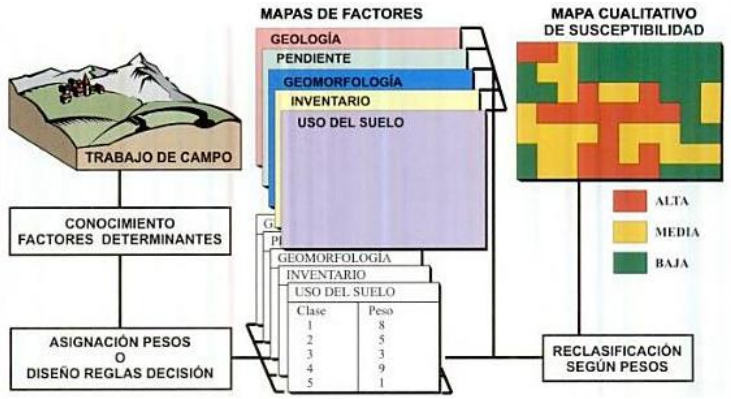
Figura: Esquema de la metodología



Fuente: Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG. (Ayala-Carcedo et al., 2003). IGME

Modelos basados en el análisis cualitativo: Para evitar la subjetividad de los métodos gemorfológicos, se realiza la combinación de mapas de carácter cualitativo. Siendo necesario llevar a cabo una ponderación de los diferentes parámetros que son importante en la generación de los movimientos de ladera. Cada parámetro cuenta con un peso diferente, utilizando como base el mapa geomorfológico, el inventario de movimientos de ladera, la pendiente, la geología, usos del suelo, la distancia a fallas y la red de drenaje. Este método se puede aplicar para escalar pequeñas, medias o grandes.

Figura: Esquema de la metodología



Fuente: Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG. (Ayala-Carcedo et al., 2003). IGME

Modelos basados en el análisis estadístico bivariante: Pretende conseguir un mayor grado de objetividad, empleando técnicas estadísticas en la evaluación de la susceptibilidad. Implica el análisis cruzado de los mapas de factores utilizados y el cálculo de la densidad de los movimientos de ladera a partir del inventario del mismo. Ponderando los valores de los factores y cruzándolos con la densidad de movimientos se obtiene el mapa de susceptibilidad.

Existen diferentes variedades de este método, basado en el mismo principio, pero con diferentes índices:

- Método de la matriz (DeGraff y Romesburg 1980, Irigaray 1995). No permite estimar la susceptibilidad de los movimientos de ladera en términos de probabilidad absoluta. permitiendo evaluar la inestabilidad potencial en una región amplia. Tras la elección de los factores que condicionan la aparición de los movimientos se construye una matriz de forma que cada una de sus celdas representa la combinación de los factores considerados. A partir del inventario de movimientos de ladera, se calcula el área afectada por los movimientos en cada combinación de factores obteniendo una matriz de movimientos de ladera. De forma similar se construye la matriz de toda la zona de estudio que representaría el área total de cada combinación de factores. La matriz de susceptibilidad es el resultado de dividir la matriz de movimientos entre la matriz de toda la zona. Las

combinaciones que no están asociadas a movimientos de la ladera se valoran como cero. El resto se valora entre 0 y 1 (valor máximo) (Irigaray 1995, Irigaray et al., 1999, Fernández 2001; El Hamdouni, 2001).

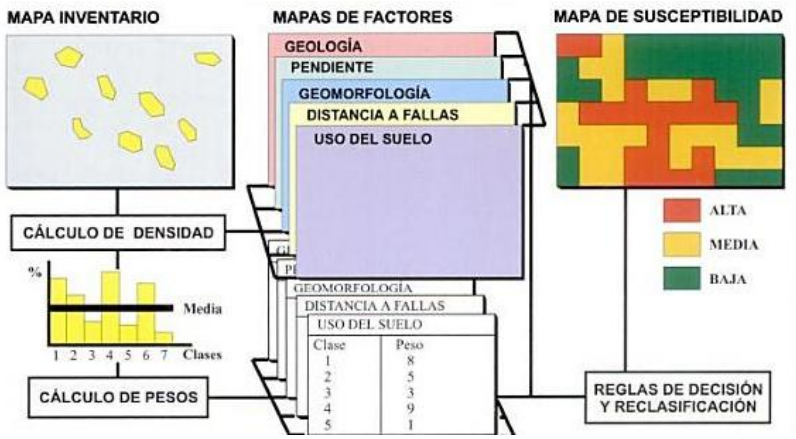
- Método del valor de información (Yin y Yan 1988, Irigaray 1995): Técnica que requiere una base de datos de factores, obtenidos en diferentes unidades del terreno. La importancia relativa de cada factor viene determinada por el valor de información de cada variable, definido como el logaritmo del índice de frecuencia normalizado. El grado de susceptibilidad viene determinado por el valor de información total en cada punto, definido como la suma del valor de información de cada una de las variables presentes en dicho punto.
- Método de la indexación (Rogers y Sitar 1994; Irigaray 1995): Se basa en el mismo índice de frecuencia normalizado. La importancia relativa de cada clase de un mismo factor se determina en base a este índice reclasificado, asignado diferentes pesos según criterios estadísticos de la relación de dichos factores y los movimientos de ladera. La susceptibilidad se calcula como media ponderada de la contribución de clase según su importancia de cada factor, reclasificando en varios niveles relativos.
- Método de ponderación de evidencias (Bonham-Carter et al 1990): Se consideran los fenómenos puntuales de movimiento de ladera con diferentes factores del terreno. Dicho factores se transforman en mapas binarios. Los pesos asignados a cada una de ellos viene determinado por las leyes de Bayes de probabilidad condicional. El producto final es un mapa previsor que proporciona la probabilidad de ocurrencia de movimientos d ladera para cada celdilla.

Modelo basados en el análisis estadístico multivariante: Existen dos enfoques:

- Análisis estadístico de datos puntuales obtenidos a partir de la comprobación de una lista de factores determinante en la generación de movimientos individuales (Carrara et al., 1997)
- Análisis estadístico realizado sobre unidades del terreno que cubren toda la zona de estudio. Para cada una de las unidades definidas se obtiene una serie de datos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos y morfométricos, que se analizan mediante técnicas de regresión multiple o análisis discriminante (Carrara et al, 1991; Baez, 1994; Irigaray, 1995; Chung et al., 1995; Fernández, 2001).

Ambos métodos necesitan gran cantidad de tiempo, tanto en la recopilación de datos como en su procesamiento.

Figura: Esquema de la metodología



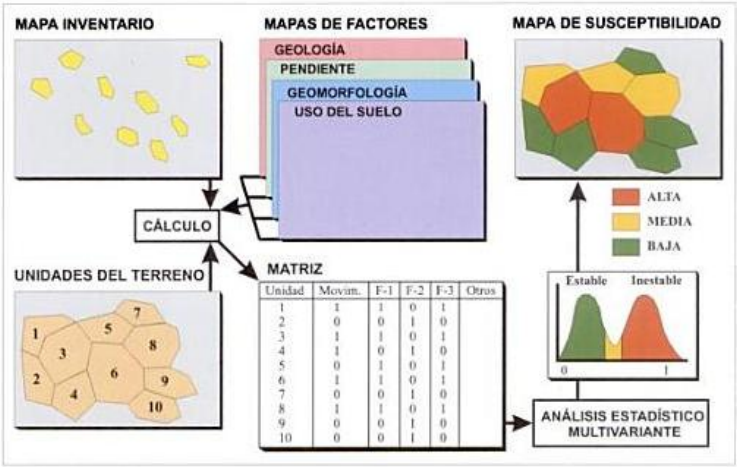
Fuente: Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG. (Ayala-Carcedo et al., 2003). IGME

Modelos deterministas: A pesar de los inconvenientes que requiere la recopilación de un número suficiente de datos fiables, y de que solo se puede aplicar en zonas con condiciones geomorfológicas y geológicas fiables homogéneas y tipos de movimientos sencillos, es un método que se basa en fundamentos físicos. Se aplica normalmente a deslizamientos translacionales considerando un talud infinito (Hammond et al, 1992),

Se requiere el conocimiento del espesor del suelo, su resistencia, la profundidad de la superficie de rotura, la pendiente del talud y las condiciones de presión de agua en sus poros, siendo necesario, el MDT, información de la distribución de los materiales en superficie y perfiles verticales con datos referentes a las características geotécnicas información de la distribución freática, basado en el modelo de simulación de flujo subterráneo o en medida tomadas en campo.

Este método solo se puede aplicar a gran escala y para pequeñas superficies de terreno, por la limitación de datos a escala regional. La variabilidad de los datos se puede utilizar para calcular la probabilidad de la rotura en relación con el periodo de retorno de los factores desencadenantes.

Figura: Esquema de la metodología



Fuente: Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG. (Ayala-Carcedo et al., 2003). IGME

A partir de la combinación de los factores con el inventario de movimientos, se obtiene la matriz de movimientos de ladera.

Según el documento de Irigaray et al. (2002):

- Para áreas de gran extensión a escala regional, el mejor método es el uso de la clasificación del territorio en grandes áreas basándose en imagen de satélite, seguida un análisis cualitativo de la susceptibilidad utilizando pesos relativos obtenidos a partir de visitas a campo
- A escala media, el método más útil consiste en la obtención de los principales factores determinaste de los movimientos de ladera, seguido de la reclasificación en unidades homogéneas y la asignación de pesos de forma cualitativa o mediante citerior estadísticos
- Para áreas geomorfológicamente homogéneas a gran escala, el mejor método es la aplicación de modelos sencillos de estabilidad de taludes, Para terrenos geomorfológicamente heterogéneos a gran escala, el uso de cartografías geomorfológicas y geotécnicas detalladas se considera la mejor solución.

Métodos probabilistas: Para estimar la probabilidad de ocurrencia es necesario disponer de un registro de eventos, en este caso, de deslizamientos o reactivaciones para cada una de las tipologías. La probabilidad de ocurrencia de los deslizamientos puede expresarse (Ayala-Carcedo, 2001) bien como probabilidad anual de excedencia P_E (no excedencia P_{NE} 0 1 - P_E) o bien como probabilidad de excedencia P_N dentro de un periodo de N años

$$P_N = 1-(1-P_E)^N$$

En algunos enclaves es posible establecer una correlación de los movimientos con las lluvias, lo que permite calcularla la cantidad de precipitación que puede producir roturas y a partir de la misma, estimar los periodos de retorno (Corominas 2002) sin necesidad de tener un inventario de eventos.

Existen además, técnicas de datación como radiocarbono, termoluminiscencia, dendrogeomorfologia o liquenometría que permiten datar deslizamientos actuales o antiguos. La relación entre los deslizamientos y los mecanismos desencadenantes en la que permite definir umbrales y evaluar su frecuencia.

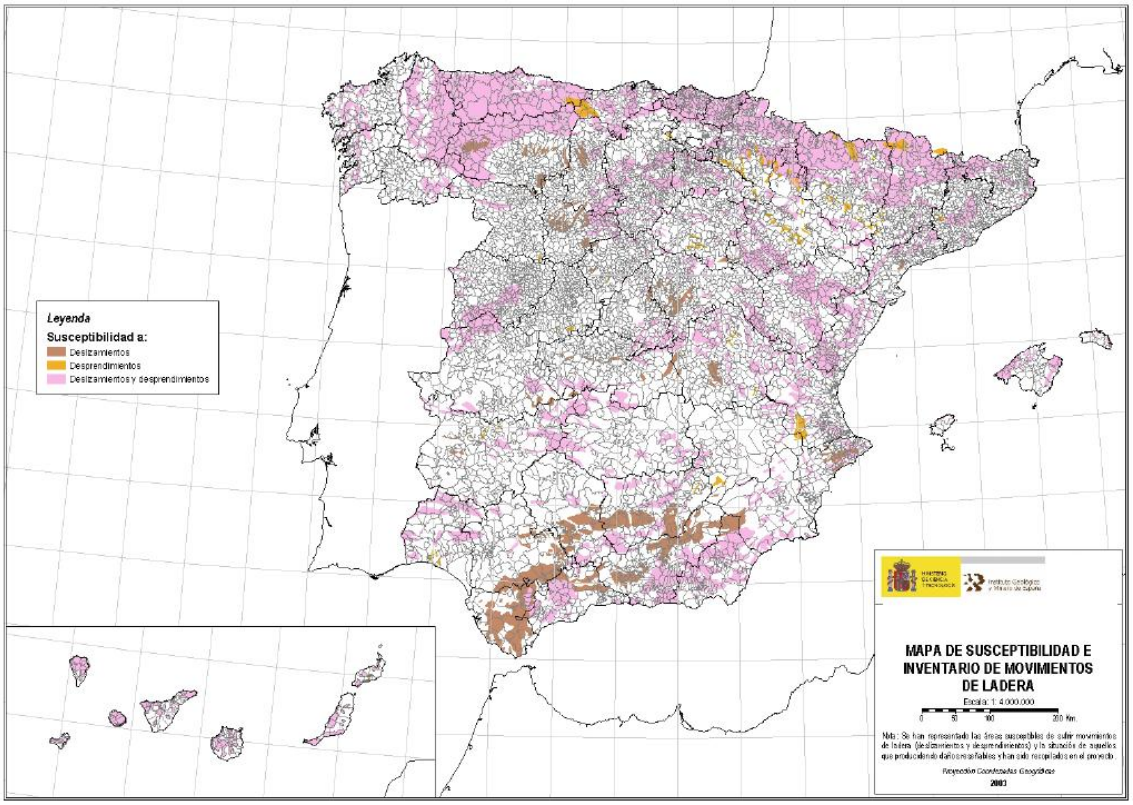
Debido a que los mecanismos de rotura son muy difíciles de determinar (necesario monitorizar deformaciones pequeñas previas a la rotura y formular ecuaciones fiables a corto plazo) y a que existe una falta de información de registro y estimación de series completas de movimientos, la posibilidad de estimación de la peligrosidad de dinámica de ladera se reduce a zonas puntuales. Además, debido a los diferentes tipos de movimientos, se debería establecer una relación de magnitud-frecuencia apropiada para cada tipo de movimiento, con objeto de cuantificar su peligrosidad.

Por lo que en la estimación de los movimientos de ladera o dinámica de vertientes, se hablará casi siempre se susceptibilidad.

3.1.6.7.2 *Escala estatal*

El primer mapa a nivel estatal de dinámica de vertientes se corresponde al Mapa de movimientos del terreno en España, desarrollado por el IGME en el año 1987, a una escala 1/1.000.000.

En el año 2003, el IGME desarrolló un **mapa de "Áreas Susceptibles de Movimientos de Ladera**", del territorio español a escala 1:4.000.000 en el que se muestra la distribución de sectores en los que se dan con mayor frecuencia procesos gravitacionales de movimientos de ladera. Se representan las zonas con movimientos actuales y/o potenciales, diferenciando entre áreas con deslizamientos predominantes, áreas con desprendimientos predominantes y áreas con ambos tipos de fenómenos.



A nivel estatal por parte del IGME se está desarrollando el plan **PRIGEO (Plan de Riesgos Geológicos)**, donde se encuentran incluidos los riesgos por movimientos de ladera. Este plan se encentra actualmente en elaboración, por lo que únicamente se dispone de información puntual de la metodología que se está llevando a cabo en el proyecto, pero no del resultado del mismo.

3.1.6.7.3 *Escala autonómica o Canarias*

A nivel autonómico y provincial, se ha desarrollado el **INES (Inventario Nacional de Erosión del Suelo 2002-2012)** elaborado en 2005, desarrollado por la Dirección General de Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente. Es un proyecto que identifica la tipología de movimientos en masa o de la ladera en las provincias de Canarias y su potencialidad.

3.1.6.7.4 *Escala insular*

GESPLAN S.A. elabora un estudio preliminar para estimar las zonas potenciales que pueden presentar desprendimientos en las islas de El Hierro, La Palma, La Gomera, Gran Canaria, Lanzarote y Fuerteventura. La metodología utiliza métodos cualitativos a partir de la información de la pendiente y la litología de las zonas a estudio.

El **PTOPRT** se realiza empleando métodos cualitativos, teniendo en cuenta los factores utilizados para la evaluación del riesgo de erosión y deslizamiento dentro del Plan Territorial

de Mallorca, paro adaptando los parámetros que esté identifica y su ponderación a las características de Canarias.

Utilización del análisis de **movimientos de la ladera y de la geomorfología de una zona a partir del criterio de un experto.** Metodología desarrollada en el Plan General de Ordenación de La Laguna, Documento de aprobación inicial.

Mediante la utilización de la teledetección a partir de imágenes de satélite, se ha desarrollado una metodología para estimar la **susceptibilidad de desprendimientos de ladera en la zona de Tirajana, en la isla de Gran Canaria**. Está metodología se ha desarrollado en el artículo *"Elaboración de mapas de susceptibilidad de deslizamientos mediante SIG, teledetección y métodos de evaluación multicriterio. Aplicación a la depresión de Tirajana (Gran Canaria)",* Hervás et al 2002.

Por último, se incluye una metodología para estimar la **susceptibilidad de deslizamientos utilizando el análisis multicriterio** y que aparece desarrollada por Santacana et al. (2002) en el artículo *"Análisis de la susceptibilidad del terreno a la formación de deslizamientos superficiales mediante el uso de un sistema de información geográfica. Aplicación a la Pobla de Lillet (Pirineo Oriental)".*

3.1.6.7.5 *Análisis de las metodologías*

MAPA DE ÁREAS SUSCEPTIBLES E INVENTARIO DE MOVIMIENTOS DE LADERA

Este mapa desarrollado por el IGME, posee una escala muy elevada para su aplicación a la ordenación territorial. Además, la unidad administrativa utilizada ha sido el municipio, por lo que la delimitación de las zonas susceptibles de movimientos, se circunscribe a los límites de los municipios.

PRIGEO (PLAN DE CARTOGRAFÍA DE RIESGOS GEOLÓGICOS)

La información de la metodología desarrollada por el plan PRIGEO, en la estimación de los mapas de susceptibilidad por movimientos de ladera, es muy genérica, tiendo información de las pautas generales pero no de los aspectos concretos. Por ejemplo, no se dispone de la información de la valoración de cada uno de los parámetros, ni de como se ha llevado a cabo su combinación. Por tanto, actualmente con la información disponible referente a la metodología, se aplicación quedaría incompleta.

INES (INVENTARIO NACIONAL DE EROSIÓN DE SUELOS)

El método desarrollado por el INES permite identificar a una escala elevada los tipos de movimientos existentes actualmente en Canarias, evaluando su potencialidad. Si bien, la

escala elevada que presenta la metodología y la no inclusión de los factores desencadenantes antrópicos, genera que la metodología en su aplicación a la ordenación o planificación territorial se consideré como medio-baja.

MAPA DE SUSCEPTIBLIDAD DE DESPRENDIMIENTOS (GESPLAN S.A.)

La metodología desarrollada por GESPLAN S. A., únicamente permite la estimación de las zonas que potencialmente pueden presentar riesgo de desprendimiento, sin considerar el resto de tipos de movimientos existentes en Canarias. Además, estima los desprendimientos potenciales, a partir de dos únicos parámetros, sin determinar los factores desencadenantes del proceso.

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD (PTOPRT)

La metodología desarrollada por el PTOPRT tiene en cuenta un gran número de factores o variables relacionadas con los movimientos de ladera (factores desencadenantes y determinantes) y la disponibilidad de la información permite una fácil y rápida aplicación a nivel insular.

Su fiabilidad como metodología para obtener la susceptibilidad de movimientos de ladera es superior a la metodología desarrollada por GESPLAN S.A., pero no identifica el tipo de movimiento producido y no se incluye información relacionada con los eventos históricos en Canarias.

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD (ANÁLISIS DE MOVIMIENTOS DE LADERA Y PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS)

Está metodología es muy subjetiva y depende del criterio de expertos. Implica para su cálculo cierto tiempo y es necesario confirmar la información, con datos de campo. Permite estimar la susceptibilidad de movimientos de ladera en zonas concretas o áreas de estudio relativamente pequeñas, ya que implica trabajo de campo y largo tiempo. Su grado de aplicación a la ordenación y planificación depende del criterio del experto, pero se puede considerar como medio-alta.

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS UTILIZANDO LA TELEDETECCIÓN (GRAN CANARIA)

La metodología empleada en Tirajana (Gran Canaria) utiliza para determinar los cambios en los usos del suelo mediante teledetección, imágenes satélite sucesivas en el tiempo, por lo que requiere la disponibilidad de las mismas para todo el territorio a analizar. Además, requiere a campañas de campo y el apoyo de expertos para la identificación y valoración de los tipos de

movimientos existentes, por lo que tiene un importante carácter subjetivo y su desarrollo implica bastante tiempo. La combinación de las variables o parámetros utilizados, se lleva a cabo mediante estudios estadísticos, estimando su participación en el proceso de riesgo, lo que aporta cierta incertidumbre según el proceso estadístico utilizado. Además, únicamente se estiman los deslizamientos y no todos los tipos de movimientos identificados en la zona.

Por tanto, es una metodología que presenta varias limitaciones, si bien, se considera que su grado de aplicación en la ordenación territorial estimando únicamente los deslizamientos es medio-alto.

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS (ANÁLISIS MULTIVARIANTE)

La metodología de análisis multivariante requiere del desarrollo de algoritmos específicos para cada zona de estudio, depende de los métodos estadísticos utilizados e implica un proceso de validación de la información obtenida. Requiere la realización de trabajo de campo por expertos. Además, únicamente se aplica a los deslizamientos, sin analizar el resto de tipos de movimientos existentes. Si bien es un proceso complejo y que presenta ciertos inconvenientes, los resultados obtenidos del mapa de susceptibilidad para estimar los deslizamientos en una zona y su aplicación a la ordenación territorial, pueden ser considerados como con una grado de aplicación medio-alto.

3.1.6.7.6 *Valoración de las metodologías*

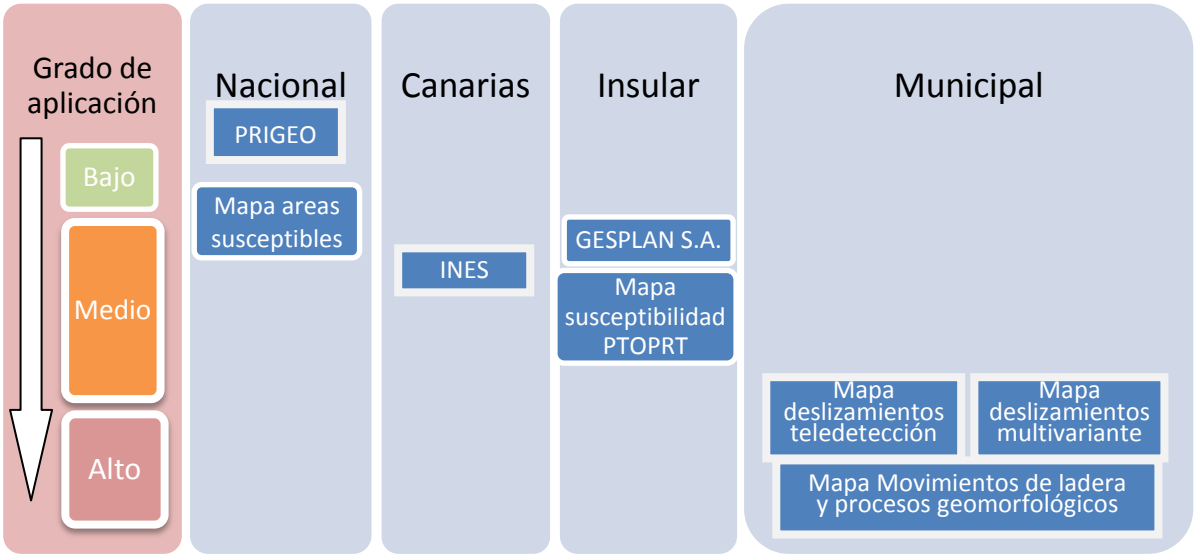
Analizadas, las metodologías existentes para estimar la peligrosidad de dinámica de vertientes, a continuación se incluye un esquema resumen de las mismas, especificando el grado de aplicación que supone en cada caso, la estimación de la peligrosidad, en función de su escala, los elementos utilizados para su aplicación y su uso en la planificación.

Es importante tener en cuenta que la valoración de este grado de aplicación de las diferentes metodologías de peligrosidad y/o susceptibilidad sísmica, está definida de forma subjetiva y se basa en los siguientes criterios:

- Metodologías de estimación: Se valorará la metodología utilizada para estimar los eventos de movimientos de ladera.
- Escalas de aplicación y representación: Se valora la escala de aplicación y su forma de representación, de tal forma que permita un fácil manejo de la información.
- Evaluación de su aplicación en la ordenación territorial: Se evalúa como los resultados de la metodología aplicada, permitirán llevar a cabo análisis y aplicar medidas en la ordenación territorial.

- Evaluación de los resultados obtenidos, peligrosidad o susceptibilidad: Se obtiene valores de peligrosidad, si se estima el "cuando" y "como" se producen los eventos. Se valora con mayores niveles aquellos estudios que han estimado valores de peligrosidad y no solo de susceptibilidad, por el hecho de que aportan mayor información de los eventos que se pueden producir. Si bien, esto no indica que una metodología de susceptibilidad finalmente presente mejores resultados de fiabilidad o de adapte de mejor forma a los posibles eventos sísmicos, que una metodología que indique la peligrosidad del evento. En el caso de los movimientos de ladera, solo se podrá estimar la susceptibilidad.

Los grados de aplicación de cada metodología, son los siguientes:



3.1.6.8 **Estimación de peligrosidad por dinámica de vertientes en Canarias**

Analizadas todas las metodologías de estimación de la susceptibilidad de los movimientos de ladera, se considera que la de mayor grado de aplicación es la desarrollada en el Mapa de Movimientos de ladera y procesos geomorfológicos, ya que alude a todos los tipos de movimientos de ladera existentes, distinguiendo los valores de susceptibilidad entre ellos.

La metodología se describe de forma detallada a continuación, incluyendo en el anexo IV el análisis detallado del resto de metodologías.

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD (ANÁLISIS DE MOVIMIENTOS DE LADERA Y PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS)

Este método utilizada el empleo de factores determinantes y desencadenantes y técnicas tradicionales de fotointerpretación de imágenes satélite y del MDT.

Se basa análisis de los movimientos de ladera y procesos geomorfológicos de la zona de estudio. Es necesario el criterio de un experto, para que lleve a cabo un estudio de la geología, litología y geomorfología, identificado los procesos geomorfológicos activos o recientes (y formas asociadas), en la zona de estudio, siendo los principales existentes en Canarias:

Dinámica Marina: socavamiento por oleaje que, por constancia y evolución, termina generando escarpes de acantilado, a veces separados del borde del mar por una estrecha franja de bloques, caídos del propio e inestable acantilado.

Dinámica Fluvio-torrencial: Grados de incisión/encajamiento y de erosión remontante que comportan los barrancos, que generan escarpes laterales en sus bordes y de cabecera en sus inicios. Además, puede existir socavamiento lateral en las partes cóncavas de los trazados meandriformes de los barrancos.

Dinámica Gravitacional o de Ladera: Escarpes rocosos (debidos a contrastes litológicos), así como cicatrices de deslizamiento (probablemente, rotacionales y relativamente recientes) y cicatrices de deslizamiento probables o antiguos, en ambos casos de materiales rocosos.

*Actividad Antrópicas: E*scarpes, muy verticalizados, correspondientes a canteras de picón y a algunos taludes de infraestructuras.

Para identificar estos procesos geomorfológicos, se parte de la zonificación de la litológica (Mapa Geológico Continuo disponible de Grafcan, a escala 1/40.000 basado en los Mapas Geológicos del Plan Magna, realizados a escala 1/25.000), pendiente existente (se ha establecido un rango dada la escala municipal del estudio de: pendientes muy bajas (0-10º), bajas (10-25º), medias (25-45º), altas (45-70º) y muy altas (70-90º), Modelo Digital del Terreno, Mapa topográfico 1:5.000 y Fotografías aéreas de la zona, cuya información puede ser completada con trabajos de campo.

A partir de los tipos de procesos geomorfológicos activos detectados (dinámica gravitacional de ladera, dinámica fluvio-torrencial, dinámica marina y actividad antrópica) y su ámbito de actuación, de la naturaleza litológica y de los grados de pendiente; se deducen los tipos de movimientos que se pueden producir y pueden generar riesgos asociados a la dinámica de vertientes, relacionados con laderas y/o escarpes.

Estos procesos son: desprendimientos, deslizamientos de material rocoso, flujos y reptaciones (más raramente, avalanchas) de material no consolidado. Además, se han considerado otros tipos de movimientos, más puntuales, tales como colapsos y descalces (en el borde litoral) y aterramientos (para determinados tramos de barrancos) en relación con riadas. No obstante, varios de estos movimientos pueden coexistir en determinadas zonas, razón por la cual se ha optado por agruparlos según contextos o ambientes de riesgo basados en los procesos Geomorfológicos activos/recientes, predominantes.

Establecidos los distintos tipos de movimientos, se definen una serie de grados de susceptibilidad. Además, se gradúa, de forma teórica y subjetiva (a partir de criterio experto), en función del tipo de movimiento, la probabilidad de ocurrencia de los mismos entre ellos, sin especificar ningún valor, lo que junto a los grados de susceptibilidad permite estimar la susceptibilidad de riesgo de dinámica de vertientes:

	Tipos de movimientos	Áreas con grados de susceptibilidad		
		ALTA	MEDIA	BAJA
PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	**Deslizamientos y desprendimientos** *Bajo y junto a escarpes ligados a erosión remontante y/o fuerte encajamiento. Eventualmente asociados a escarpes acantilados*			
	Flujos generalmente lentos y reptaciones de material no consolidado *En laderas con depósitos coluviales*			
	Deslizamientos de materiales consolidados *En laderas sin depósitos coluviales*			
	Desprendimientos y eventualmente pequeños deslizamientos *Bloques rocosos (acantilados, escarpes de montaña, obras viarias) o de material fino (canteras de picón)*			
	Aterramientos *Por arrastres de riadas en disminuciones bruscas de pendiente de barrancos*			
	Colapsos y descalces *En áreas costeras por socavamiento debido a oleaje*			

Deslizamientos y desprendimientos: Se han identificados los siguientes niveles de susceptibilidad:

- Alta-media: presentan grados de pendiente de 45-70º, localizadas en las cabeceras de barrancos, así como en las laderas de los mismos, situadas encima de zonas con socavamiento lateral por tendencia meandriforme encajada.
- Media-baja: Se corresponden con zonas con pendiente de 25-45º, ubicadas en las laderas de los barrancos existentes. Algunos escarpes acantilados pueden presentar este tipo de peligrosidad.

En las zonas de susceptibilidad alta-media y, en menor medida, media-baja pueden producirse deslizamientos de las laderas, que lleguen a retranquear los escarpes que limitan los barrancos, así como provocar desprendimientos de bloques rocosos.

Flujos generalmente lentos y reptaciones de material no consolidado: Movimientos que presentan los depósitos coluviales, constituidos por materiales no consolidados y con notable proporción de material matriz limo-arcilloso. Los depósitos coluviales, pueden subdividirse en:

- Depósitos coluviales en ambiente húmedo
- Depósitos coluviales en ambiente más seco

Teniendo en cuenta esta subdivisión de los depósitos y los rangos de pendiente, se identifican los siguientes grados de susceptibilidad:

- Alta-media (para los depósitos coluviales en ambiente húmedo que presentan pendientes de más de 25º)
- Media-baja (también para los mismos depósitos coluviales en ambiente húmedo pero con pendientes de 10-25º, así como los coluviones en ambiente seco, con más de 25º de pendiente)
- Baja (para los coluviones en ambiente seco, con pendientes de 10-25º).

Este tipo de movimientos responden al carácter plástico del material, tanto más propenso a fluir ladera abajo cuanto más grado de humedecimiento comporte (humedecimiento que puede lograrse, a veces, tras lluvias importantes). Los movimientos serán, generalmente, lentos, afectando a cimentaciones (si éstas no alcanzan el sustrato rocoso no alterado), aunque no cabe descartar la generación de alguna avalancha rápida –muy localizada- en las zonas de susceptibilidad alta-media. Estas avalanchas consistirían en flujos de barro/tierra, con o sin derrubios, con relaciones profundidad/longitud del orden de 0,05-0,01 o incluso menores. Las zonas de susceptibilidad alta-media y media-baja se presentan, en su mayor parte, al pie de las laderas principales.

Deslizamientos de material consolidado: Este tipo de peligrosidad atiende a los movimientos que pueden presentar (y han presentado recientemente, según observaciones geomorfológicas) los materiales rocosos de las laderas. Los movimientos a producirse pueden comportar deslizamientos rotacionales o desplazamientos laterales de grandes masas de material consolidado (rocoso), generalmente sin perder su estructura interna. Ambos tipos de movimientos comportan, para la masa deslizada, relaciones profundidad/longitud variables, respectivamente de 0,3-0,1 e inferiores a 0,1. Para este tipo de movimientos se han identificado los siguientes grados de susceptibilidad, basados en los rangos de pendiente:

- Alta-media (con pendientes de más de 45º).
- Media-baja (con pendientes de 25-45º).

Las zonas susceptibles a deslizamientos de material consolidado, se suelen presentar, en muchos casos, inmediatamente encima de las zonas con susceptibilidad alta a Flujos,

descritas anteriormente. Aunque no es un caso frecuente, en las franjas de laderas donde ocurre esta vecindad, las zonas con susceptibilidad media-baja a este tipo de deslizamientos pueden tener, superpuestas, zonas con susceptibilidad alta-media a Flujos.

Desprendimientos y, eventualmente, pequeños deslizamientos: Este tipo de peligrosidad se presenta a los pies (y más abajo de los mismos) de los escarpes existentes, bien sean éstos naturales (escarpes acantilados, escarpes litológicos de montaña) o artificiales (frentes de canteras de picón y taludes verticalizados de vías o carreteras). Para este tipo de movimientos se establecen los siguientes grados de susceptibilidad basados en los rangos de pendiente:

- Alta-media (escarpes con pendiente igual o superior a 70º).
- Media-baja (escarpes en pendiente de 45-70º).

Las zonas susceptibles a este tipo de movimientos se presentan de manera aislada en zonas relativamente localizadas de las zonas montañosas, laderas, conos y montañas y de manera más continua en los acantilados de la costa norte.

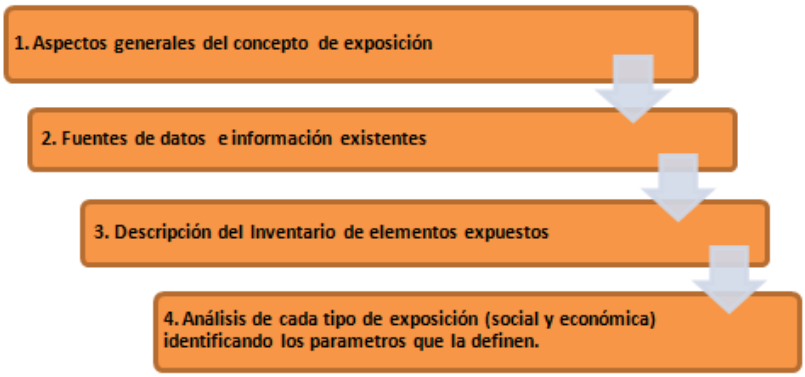
Aterramientos: Los aterramientos son debidos a los arrastres de material sólido por el barranco, tras fuertes lluvias y las consiguientes riadas. Existe riesgo de este tipo de movimientos en aquellos terrenos de los barrancos con fuerte pendiente y que presentan un cambio brusco a zonas de menor pendiente y/o con menor grado de encajamiento. No se han establecido grados de susceptibilidad para este tipo de movimientos, debido a su carácter puntual.

Colapsos y descalces: Generados por el socavamiento por oleaje que actúa selectivamente sobre las coladas basálticas, arrastrando el material más suelto (escorias y material "morrénico" de base o de techo de las mismas) y dejándolas en voladizo. Consecuentemente, se producen descalces y colapsos, de extensión hasta decamétrica, a favor del diaclasado de enfriamiento que presentan. Tampoco se han establecido grados de susceptibilidad para este Estos movimientos pueden afectar, solo muy localmente, a construcciones litorales.

3.2 Exposición (Exposure)

3.2.1 *Introducción*

Para analizar la exposición se va seguir la siguiente metodología:



El inventario de elementos expuestos se describirá antes que cada tipo de exposición con la finalidad de que los elementos del territorio y los usos descritos en el mismo, puedan ser utilizados para cuantificar tanto la exposición social como la exposición económica.

3.2.2 *Aspectos generales*

La exposición es uno de los componentes que constituyen el riesgo:

$$\boldsymbol{Riesgo = Peligrosidad \times Exposición \times Vulnerabilidad}$$

La RAE (Real Academia Española) define la exposición como la *"acción de exponer a los efectos de otros agentes, como el sol, los rayos X, etc"*. Entendiendo como exponer, *"colocar algo para que reciba la acción de un agente"*. En su aplicación a los riesgos se define como "la cuantificación de los bienes materiales o personas mostradas al peligro por encontrarse en el ámbito espacio-temporal de actuación del proceso natural y sus acciones, es decir, susceptibles de verse afectadas por sus efectos". Puede ser de dos tipos:

Exposición Económica: Analiza la exposición de los bienes materiales o servicios a un peligro determinado.

Exposición Social: Analiza la exposición de las personas a un peligro determinado.

La exposición se determina a través del número de elementos, de diferentes tipologías, incluidos en un determinado territorio expuestos a un cierto peligro y del tiempo que estarán expuestos al mismo. En la mayor parte de los documentos publicados en los que se recoge o analiza la exposición, la clasificación del territorio y de los elementos expuestos diferencia las siguientes clases:

- **Vidas humanas:** cascos urbanos, viviendas aisladas, residencial comunitario (hospitales, cuarteles, residencias),
- **Servicios esenciales:** abastecimiento (almacenamiento y distribución, presas, balsas, depósitos...), saneamiento y depuración, electricidad, gas, administración**…**
- **Grandes infraestructuras:** vías principales, aeropuertos, puertos, ferrocarriles (puentes, estructuras de paso,...)
- **Servicios de emergencia:** Protección Civil, bomberos (central y depósitos), Samur, policía, Guardia Civil,...
- Zonas industriales

La denominación de cada clase es específica de cada zona, normativa o protocolo.

El primer paso para estimar la exposición, es llevar a cabo un inventario de todos los elementos existentes en el territorio a analizar (Islas Canarias), que se encuentren expuestos a un determinado peligro.

Para llevar a cabo este inventario, es necesario identificar todas las fuentes de información existentes en Canarias que realizan una evaluación de los elementos del territorio.

3.2.3 *Fuentes de datos e información existente en Canarias*

La estimación de los usos del suelo (estudio del suelo en función de los usos que presenta) es la principal fuente que permite caracterizar los elementos del territorio.

3.2.3.1 **Usos del suelo e información territorial**

En Canarias la cartografía disponible de usos del suelo hasta el momento es la siguiente:

- Proyecto MOS: El proyecto M.O.S. consiste en la elaboración de unos Mapas de Ocupación de suelo, tanto del año 1998, como del año 2002, donde se describe una modelización de la ocupación del suelo en el territorio canario. Los mapas tienen una escala 1:25.000 y cubren toda la superficie del territorio canario.
- Proyecto Corine Land Cover: Base de datos de cobertura y Uso del territorio de la Unión Europea (2000/2006).
- Proyecto SIOSE 2006: SIOSE es el Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España, cuyo objetivo es integrar la información de las Bases de Datos de coberturas y usos del suelo de las Comunidades Autónomas y de la Administración General del Estado. La Dirección General del Instituto Geográfico Nacional (Ministerio de Fomento) como «Centro Nacional de Referencia de Ocupación del Suelo» (CNR-OS) dependiente del «Punto Focal Nacional» (Ministerio de Medio Ambiente) coordina este proyecto, apoyándose en la Red EIONET. El SIOSE se enmarca dentro del Plan Nacional de

Observación del Territorio en España (PNOT), que coordina y gestiona el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). Actualmente, este proyecto está en fase de actualización.

Otras fuentes de información relacionados con la caracterización del territorio son:

- Base cartográfica Numérica a escala 1:25.000 (BCN25) del Instituto Geográfico Nacional
- Base cartográfica 1:20.000 (BCN25) de GRAFCAN
- Mapa Topográfico 1:5.000 de las Islas Canarias (2009) de GRAFCAN
- Mapa de Vegetación de las Islas Canarias (2009) de GRAFCAN.
- Mapa de cultivos de Canarias (2002-2005), propiedad de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación
- Límites de Espacios Naturales Protegidos
- Zonas Especiales de Conservación (ZEC)
- Zonas de Especial protección para las aves (ZEPA)
- Ortofotografias e imágenes aéreas (OrtoExpress) 2009-2011 de GRAFCAN
- Catastro
- Modelo de Datos de Protección Civil de Canarias (Catalogo de Elementos Vulnerables)

A partir de estas fuentes existentes, se seleccionarán aquellas más actuales y que mejor caracterizan el territorio de Canarias, para desarrollar el Inventario de Elementos Expuestos.

3.2.4 *Inventario de Elementos Expuestos*

3.2.4.1 **Introducción**

El Inventario de Elementos Expuestos se desarrollará a partir de la información de los elementos identificados en el territorio y que pueden encontrarse expuestos a los riesgos existentes.

Puesto que el grado de heterogeneidad de la información de partida (información existente en Canarias relacionada con los elementos del territorio) es grande y también sus contenidos, para facilitar el proceso de elaboración del inventario, se realiza en primer lugar un análisis detallado de las fuentes de datos utilizadas para el desarrollo del inventario.

3.2.4.2 **Fuentes utilizadas**

La primera fuente a utilizar será el Modelo de Daros de Protección Civil.

El Modelo de Datos de Protección Civil de Canarias recoge un inventario de elementos vulnerables con la finalidad de conocer el territorio y determinar gracias a los mismos, las personas, recursos, servicios y ecosistemas que pueden verse afectados por un accidente o

riesgo, es decir, los elementos expuestos. Este modelo de datos se implementa entre otros a partir de la información de los catálogos de elementos vulnerables de medios y recursos planteados en los planes de Protección Civil desarrollados en Canarias. Los elementos que albergan están estructurados en 3 grupos, atendiendo a su la tipología en elementos sociales, elementos tecnológicos y elementos naturales.

Este modelo de datos constituirá la base de información del Inventario de Elementos Expuestos, recogiendo la misma información y estructura organizativa.

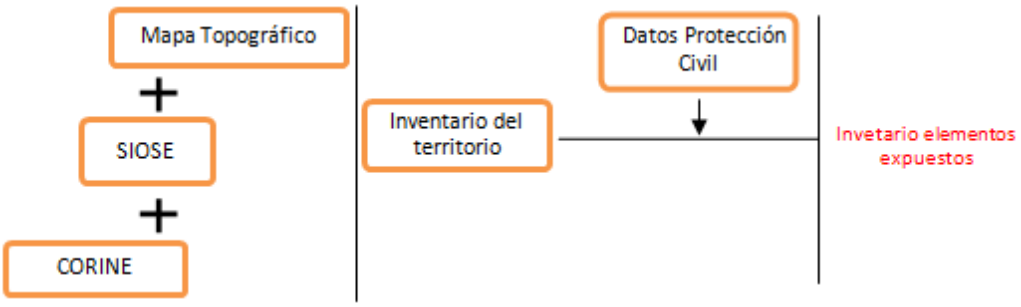
Debido a que el modelo no incluye toda la información de los elementos existentes en el territorio, sino únicamente aquellos considerados por protección Civil como vulnerables, será necesario complementar esa información, mediante la utilización de las fuentes anteriormente detalladas de usos del suelo.

Los datos de usos del suelo más recientes se corresponden al CORINE y el SIOSE, serán estos dos proyectos los que se usarán como cartografía complementaria para identificar los elementos del territorio.

Para la elaboración del proyecto SIOSE, se utilizaron como fuentes: El Mapa BCN25, el Mapa de Cultivos de Canarias, el Mapa de Vegetación de Canarias y el Catastro, así como las Ortofotos de 2006. Actualmente, es un proyecto que está en actualización con la información más reciente de 2009-2011. Al usar este proyecto, se están incluyendo en el análisis, todas las fuentes utilizadas para el desarrollo del mismo.

Para complementar la información del proyecto SIOSE, referida fundamentalmente a la ubicación de edificaciones, infraestructuras y otros elementos topográficos, se utilizará el Mapa Topográfico 1:5.000 de GRAFCAN.

Además, como se verá más adelante, en el apartado correspondiente, el objetivo del IEE es que sirva como fuente de información tanto para la ordenación y planificación territorial teniendo en cuenta los riesgos, como de forma simultánea, para servir como medio de gestión utilizado por Protección Civil para las emergencias una vez producido el riesgo, considerándose de gran importancia, que conserve la estructura de los datos desarrollada por Protección Civil para su mejor explotación.



Tabal: Fuentes utilizadas para conformar el Inventario de elementos expuestos

Cartografía	Año	Formato	Fuente
Corine Land Cover	2006	Shape	Biosfera XXI
SIOSE	2006	Shape	GRAFCAN/IGN
Mapa Topográfico 1:5.000	2012	DGN	GRAFCAN
Base de Datos Protección Civil (Catalogo de Elementos Vulnerables)	2012	Shape	Protección Civil

Fuente: Elaboración propia

En el anexo VI, se describe en mayor detalle, cada una de las fuentes utilizadas en el Inventario de Elementos Expuestos.

3.2.4.3 **Sistemática general y estructura**

El Inventario de Elementos Expuestos corresponderá a una base de datos que se constituirá a partir del Modelo de Datos de Protección cuya información será completada con la información de las fuentes de usos del suelo anteriormente analizadas.

La estructura de la base de datos será mediante tablas, permitiendo una constante implementación o actualización de los datos a medida que se vaya obteniendo una mayor cantidad de información. Con el fin de adaptar las diferentes clasificaciones de usos del suelo, a la metodología del Modelo de Datos de Protección Civil, se agrupa la información en 3 grupos de tipologías, añadiendo un cuarto grupo con el resto de tipologías existentes en el territorio y no incluidas en las 3 anteriores del modelo.

Por tanto, el Inventario de Elementos Expuestos estará estructurado en cuatro grupos, en función de las tipologías de los elementos que albergan y se exponen a continuación:

- Usos asociados a elementos sociales
- Usos asociados a elementos tecnológicos
- Usos asociados a elementos naturales
- Resto de usos del suelo (no contemplados anteriormente)

Dentro de cada grupo aparecerán diferentes tipologías que serán identificadas mediante tablas según el subtipo de las mismas. Estas tipologías son:

- *Elementos sociales:* Municipios, Islas, Centros sanitarios, Centros de asistencia social, Centros educativos, Instalaciones deportivas, Camping y zonas recreativas, Zonas de esparcimiento, edificios de espectáculos, edificios públicos, instalaciones comerciales, establecimientos hoteleros, aparcamientos, medios de comunicación social, servicios de seguridad y emergencias, bienes histórico-artístico y otros elementos sociales.
- *Elementos tecnológicos:* Vías de comunicación, Vías férreas, Puertos, Túneles, Puentes, Aeropuertos y aeródromos, Helipuertos y helisuperficies, Tomas aéreas, Instalaciones industriales, Gasolineras y almacenamiento de butano, Oleoductos, Centros de investigación, Instalaciones radiológico-nucleares, Instalaciones mineras, Instalaciones de abastecimiento hidráulico, Instalaciones de saneamiento, Red eléctrica, Redes de telecomunicación y emergencia, Redes de meteorología, Redes sísmico-vulcanológicas, Redes de contaminación, Explotaciones ganaderas, Explotaciones de acuicultura y Polígonos industriales,
- *Elementos naturales:* ENP, ZEC, ZEPA, Monte zona boscosa, Mirador y Acuífero.
- *Elementos del resto de usos del suelo:* Cultivos, pastizales, matorral, terrenos sin vegetación, coberturas húmedas, coberturas de agua y urbano.

Con la finalidad de utilizar la información de la Base de Datos del Inventario de Elementos Expuestos en un Sistema de Información Geográfica (SIG), se utilizará un feature class denominado Element_exp y que quedará incluido en la base de datos (geodatabase) del proyecto RIESGOMAP. La relación entre la base de datos del Inventario y el feature class de la geodatabase RIESGOMAP se llevará a cabo mediante una tabla denominada Telementexp, en la que se incluirá como campo común a la información gráfica el campo CODIGO_IEE.

Los detalles de la estructura e implantación del Inventario aparecen detallados en el anexo V. La relación con la geodatabase RIESGOMAP aparece detallada en el anexo V.

3.2.5 *Tipos de exposición: Exposición social*

3.2.5.1 **Introducción**

Definición

Se entiende como exposición social a la población susceptible de verse afectada por el proceso natural y las zonas donde se concentran.

3.2.5.2 **Objetivo**

El objetivo principal de la exposición social es identificar la población Canaria (nº de personas) que se puede ver afectada por un determinado peligro o amenaza y evaluar su distribución.

3.2.5.3 Metodología existente

Para identificar la exposición social existente en las Islas Canarias, es necesario analizar la población de cada una de las islas. Para ello se utilizará la distribución de los habitantes (población), utilizando como base la unidad mínima administrativa , de la que se dispone de información demográfica, que se corresponde con la sección censal.

A partir de este dato, se analizan diferentes metodologías que han sido utilizadas recientemente en planes y artículos, para estimar la exposición social.

3.2.5.3.1 *Nivel autonómico o Canarias*

Metodología desarrollada por el **INUcyl (Plan de Riesgo de inundación de Castilla y León)**, donde se evalúa la exposición social (denominada en este Plan como vulnerabilidad) a partir de la densidad de población por municipio.

Metodología desarrollada en el **PRICAM (Plan de Riesgo de Inundación de Castilla La Mancha)** para estimar la exposición social, donde dividen la estimación en 3 variables: Exposición asociada a la permanencia espacial, exposición ligada a la permanencia temporal y exposición relativa al total de población expuesta en cada núcleo de población.

3.2.5.3.2 *Nivel insular*

La metodología desarrollada por la **Universidad de las Palmas de Gran Canaria[15],** trata de afinar los datos y obtener la información en formato raster, almacenando de forma continua la población de una zona de manera que cada pixel contenga la población del área que representa, a partir de los datos de densidad de población y la realización de un mapa de usos habitados. Hasta ahora la información de la población se manejaba en formato vectorial lo que supone que la distribución de la población es homogénea a lo largo de toda la unidad administrativa. Sin embargo, en Canarias, debido en parte a la accidentada orografía, existe una gran cantidad de zonas deshabitadas y una concentración de población en determinadas zonas concretas, por lo que el supuesto de homogeneidad no se cumple, lo que genera una serie de problemas que se describen a continuación (Santos Preciados, J.M. y Garcia Lázaro F.J., 2003):

- La distribución administrativa de la información no coincide con la distribución espacial.

[15] "Generación de un modelo superficial de la población de Gran Canaria: Suárez Vega, Rafael; Santos Peñate, Dolores R. y Dota Gonzálz, Pablo. Departamento de Métodos Cuantitativos en Economía y Gestión. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

- La información estadística a partir de los datos agregados depende de la unidad espacial utilizada.
- La representación de la información puede llegar a confusiones y no expresar la realidad.
- Existencia de imprecisión al representar la densidad de población de las islas.

Mediante la utilización del formato raster, se aportará una mayor rigurosidad a los resultados obtenidos, siendo aplicable a cualquier estudio socio-demográfico.

Otras metodologías utilizadas, en este caso en Chile, Finlandia o Australia, se basan en estimar la exposición social a partir de la **carga de ocupación de las edificaciones.**

Por último, en Cataluña la **Agencia Catalana del Agua (A.C.A.)** junto a la empresa Inclam S.A. han desarrollado una metodología para estimar y cuantificar los daños y el riesgo por inundación [16] que incluye la exposición.

3.2.5.4 Desarrollo de metodologías

3.2.5.4.1 *Nivel autonómico o Canarias*

INUCYL

La metodología desarrollada en el Plan de Riesgo de Inundaciones de Castilla y León, plantea como unidad administrativa los municipios. A partir de la información del patrón municipal se obtiene la población incluida dentro del municipio. Mediante el cálculo de la densidad por municipio se expresa la vulnerabilidad social, que como se ha comentado realmente se refiere a la exposición social.

Esta metodología es muy sencilla y fácil de obtener, si bien los resultados se expresan en formato vectorial y con la unidad espacial mínima de municipio, lo que generará una gran imprecisión en los resultados, dadas las características de distribución de la población en el territorio de las Islas Canarias. Al utilizar la densidad, únicamente se tiene en cuenta la población y la superficie, obviando otras variables que pueden influir en la exposición como son las características de los edificios (altura, ocupación, tipo).

PRICAM

En este plan, la exposición social se expresa por la unidad administrativa de municipio y su estimación se lleva a cabo a partir de la combinación lineal de 3 variables:

[16] Evaluación de riesgos por inundación y cuantificación económica de daños. Martinez. E. et al 2012. Congreso Latinoamericano de Hidráulica, San José, Costa Rica.

Exposición social por permanencia espacial de la población. Para definir esta exposición la variable utilizada es la densidad de la población, determinando la distribución de la población por kilometro cuadrado. Así en función de este valor se puede discriminar el grado de ocupación del territorio, aspecto que habla de la localización de la población y por tanto de su permanencia espacial.

Exposición social por permanencia temporal de la población: Se trata de identificar variables que tratan de discernir el porcentaje de tiempo que la población se mantiene en su lugar de residencia. Esta estimación se basa en dos aspectos, por un lado la presencia de infraestructuras o construcciones que favorecen la permanencia diaria de la población en su lugar de residencia, y por otro lado aspectos sociales que nos hablan de la posibilidad o capacidad de desplazamiento diario de esa población. Para cada una de las variables de uso pertenecientes a este grupo se ha llevado a cabo una valoración de Exposición, para posteriormente proceder a la ponderación de los valores en función de los resultados obtenidos por el método DELPHI (encuesta a expertos). Las variables que componen este grupo se listan a continuación, con una breve explicación del sentido de utilización de cada una de ellas.

- Mapa de Localización de Campamentos turísticos (Camping). Con este mapa se trata de valorar el incremento de permanencia temporal de la población en la localización del campamento turístico, puesto que fija a la población durante un importante número de horas del día, estando además esta población en el caso de que suceda un fenómeno adverso. Se le da un valor 1 en la ponderación general.
- Mapa de Localización de Centros Hospitalarios. En este caso se trata de valorar la presencia de un Centro Hospitalario como factor que incrementa el grado de permanencia temporal de la población en esa localización, en función de las características propias de las personas que se encuentran dentro del mismo, las cuales y con carácter general el grado de movilidad por medios propios que en muchos casos es inferior a la media, aspecto éste que incrementa la dependencia hacia otras personas de esta población y de igual forma eleva el nivel de exposición de estas personas ante un evento.
- Mapa de Localización de Instituciones Educativas. Al igual que sucedía en los casos anteriores, la presencia de Instituciones Educativas provoca que un porcentaje que puede ser bastante significativo de la población se mantenga en su lugar de residencia durante un importante número de horas al día, lo cual provoca un incremento de la exposición de la población ante un fenómeno. En este caso, se ha tenido en cuenta no sólo la presencia de un centro de educación sino que se ha discriminado la tipología del centro (en base a la

población que en él se concentra, no será similar la exposición provocada por una guardería que por un instituto, por ejemplo), y también el número de cada uno de ellos.

- Mapa de Localización de Polígonos Industriales. La presencia de este tipo de infraestructuras tiene como resultado que un significativo número de personas se mantengan en esa localización geográfica durante un importante número de horas al día, pudiendo apuntar también la posibilidad de existencia de más de un turno de trabajo diario, que nos llevaría a una hipotética situación de ocupación del lugar durante las 24 horas del día.
- Mapa de Localización de Residencias de Ancianos. La presencia de residencias supone la existencia de un determinado número de personas que pasan prácticamente la totalidad del día en una misma localización, con el agravante en este caso de tratarse de personas que en muchos casos tienen disminuidas sus capacidades físicas o psíquicas, y por tanto con un grado importante de dependencia. Ponderación similar a los hospitales y centros sanitarios.
- Mapa de Tipología de Vivienda. Esta variable hace referencia principalmente a la ocupación de las viviendas, clasificándolas en principales o no principales (segunda residencia), y ocupadas o vacías. Existen cuatro opciones de tipología de vivienda:
- Viv. Familiar No Principal Vacía
- Viv. Familiar No Principal de otro Tipo
- Viv. Familiar No Principal Secundaria
- Viv. Familiar Principal Convencional

La valoración de la exposición por permanencia temporal asociada a la tipología de la vivienda se ha llevado a cabo a partir de la estimación de la probabilidad de ocupación de cada una de las cuatro tipologías, de tal forma que la valoración más baja se asigna a la tipología de vivienda familiar no principal vacía, siendo el otro extremo de valoración, la más alta, la asociada a la tipología de vivienda familiar principal convencional, la cual se supone que presenta la probabilidad más elevada de ocupación durante un mayor número de horas al día. La estimación de los porcentajes de cada una de las tipologías multiplicado por el valor de exposición asociado a cada una de ellas y posteriormente dividido por el número total de viviendas existentes en cada una de las Secciones Censales nos aporta la valoración final de Exposición para la variable que estamos considerando.

- Mapa del Índice de Desempleo. El objetivo de este análisis no se centra simplemente en la obtención de un índice de paro, sino que esta información se pretende utilizar como condicionante del grado de permanencia temporal de la población en su lugar de

residencia. Esta utilización se basa en el criterio de que las personas que se encuentran en situación de desempleo posiblemente tienen un grado de permanencia mayor, debido a que no han de desplazarse del mismo para ejercer sus funciones laborales, como sería el caso de muchas personas laboralmente activas. La representación de la información agrupada en esta variable se representa como porcentaje de parados con respecto a la población activa del municipio. Así, el criterio para definir la población activa se ha basado en la edad de la población, agrupando como población activa a todos aquéllos que se encuentran entre los 15 y 65 años de edad.

- Mapa de Permanencia por Sectores de Edad. La rutina de trabajo seguida ha sido determinar qué grupos de población pueden presentar un mayor grado de permanencia dentro de su municipio de residencia, estableciéndose que jubilados y jóvenes en edad pre-escolar serían aquellos grupos poblacionales de mayor permanencia. De esta forma, se ha seleccionado aquella población comprendida entre los 0 – 6 años y los mayores de 65 años, para establecer el porcentaje de población que representan frente al total.

Exposición Social por Población Total: Se estima el grado de exposición social en función del número de personas censadas en cada municipio. Es lógico pensar que el grado de exposición va a verse incrementado conforme aumenta el tamaño de las poblaciones, tanto por el hecho de que a mayor número de personas mayor probabilidad de que alguna se vea afectada, como por el incremento exponencial de los recursos necesarios para atender las necesidades de asistencia o evacuación de las poblaciones más importantes respecto a aquéllas que se encuentran menos pobladas.

El uso y peso que todas estas variables han tenido en el proceso de cálculo de los valores de Exposición Social se basa en la utilización del Método DELPHI, consistente en la valoración de las diferentes variables por un grupo de expertos independientes, a través de la utilización de un modelo de encuesta semejante para todos ellos. A partir de las respuestas o valoraciones obtenidas, se procedió a la asignación de los pesos relativos de cada una de las variables y conjuntos de variables, de tal forma que los pesos de las variables que conforman un conjunto de variables está condicionando el peso final del conjunto. Las valoraciones de los expertos pueden verse en la siguiente figura.

Figura: Valores de ponderación en la combinación lineal que permite estimar la exposición social

MAPA EXPOSICION SOCIAL	MEDIA	MODA
Exposición Total	5.00	5
Población Total Expuesta (nº habitantes censados) - (15)	4.44	5
Permanencia temporal de la Población	3.80	5
Por sectores de Edad (16)	3.00	4
Por Indice de Desempleo (17)	1.80	1
Por existencia de Instituciones Educativas (18)	3.20	3
Por existencia de Centros Hospitalarios (19)	4.00	4
Por existencia de Polígonos Industriales (14)	2.93	2
Por la Tipología de Vivienda (20)	3.67	5

Fuente PRICAM

Esta metodología implica la disponibilidad de gran cantidad de información para caracterizar cada una de las variables de las que depende la exposición social. Además, presenta el problema de que es un método subjetivo, en función de la opinión y valoración de expertos y que al utilizar como unidad espacial el municipio no recoge las peculiaridades de las Islas Canarias. Aún así, es una metodología más fiable que la anterior y se puede considerar como de un valor medio.

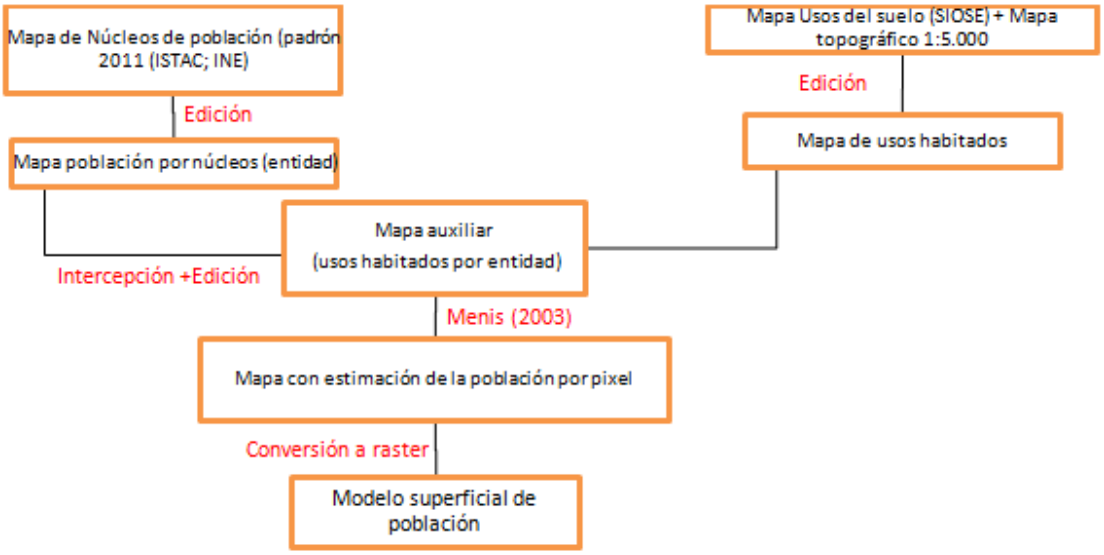
3.2.5.4.2 *Nivel insular*

ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN (UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA)

La metodología está desarrollada en el artículo *"Generación de un modelo superficial de la población de Gran Canaria".* A continuación se realiza un pequeño resumen de esta metodología, siendo explicada con mayor detalle en el artículo mencionado.

El sistema consiste en desarrollar modelos continuos de población creando una capa raster donde se almacena la información de forma continua, de manea que cada pixel contenga la población del área que representa (utilizando el método dasimétrico).

Los pasos a seguir son los siguientes:



La unidad mínima administrativa en Canarias es la entidad. Las entidades conforman el núcleo y el municipio se divide en núcleos. A partir del mapa de núcleos de población (ISTAC, escala 1:25.000) a nivel entidad, se subsanarán los posibles errores de compatibilidad de datos (entidades espaciales con datos de población), y se completarán los datos del padrón de población de 2011 de cada entidad. Se mostrará especial atención a las entidades diseminadas con más de un polígono, ya que será repartida la población en los mismos en función de las edificaciones existentes.

A partir de la base de datos del proyecto SIOSE, se seleccionan únicamente aquellas clases de suelo consideradas como habitadas (urbano mixto casco, ensanche y discontinuo, cobertura artificial: edificación y los asentamientos agrícolas residenciales). Se obtienen estos polígonos en una capa. Del Mapa topográfico 1:5.000 de GRAFCAN, se extraen las edificaciones, Lvldsc edificio. recinto y se genera una nueva capa. Uniendo ambas capas, la de edificios del mapa y la de usos habitados del SIOSE se obtiene el Mapa de usos habitados, llevando a cabo previamente una limpieza de la capa (eliminando aquellos polígonos del proyecto SIOSE que no se correspondan con edificios del mapa topográfico). Todas las edificaciones que no estén dentro de las coberturas del proyecto SIOSE se designan como agrícola (edificaciones dispersas en zonas agrícolas o rústicas).

Posteriormente, se intersecciona la capa de Mapa de usos habitados con el Mapa de población por núcleos, obteniendo el Mapa auxiliar. Además, se añade una nuevo registro que contenga a la parte no habitada de las islas, obteniendo el Mapa auxiliar definitivo (determina la zonas que están habitadas o no y de qué tipo de usos son las que lo estén).

Para hallar la población de las parcelas habitadas se realiza un procedimiento que permite estimar la demanda agregada mediante la localización de las parcelas próximas con el mismo

uso a partir de un radio de influencia (este radio puede ir aumentando) y aplicando la fórmula (suma de población/suma de superficie) de las parcelas seleccionadas. Para crear la capa final del modelo de superficie de la población, se utiliza una malla de 10 metros (pixel de 10 metros).

Para cada núcleo de población i, se calcula un parámetro para medir la importancia relativa de la densidad de población del uso j (Continuo, Disperso, Vial y Agrícola). Si ijp es la densidad estimada del uso j en la entidad de población i, la importancia relativa de este uso en este núcleo de población viene dada por

$$d_{ij} = \frac{p_{ij}}{p_{iA} + p_{iC} + p_{iD} + p_{iV}}, \; j \in \{\text{A: Agrícola, C: Continuo, D: Disperso, V: Vial}\}.$$

Seguidamente se calcula la proporción de la población total de la entidad i que es asignada al uso j,

$$f_{ij} = \frac{d_{ij} n_{ij}}{d_{iA} n_{iA} + d_{iC} n_{iC} + d_{iD} n_{iD} + d_{iV} n_{iV}},$$

donde se corresponden con el número de celdas asociadas al uso j en el núcleo i.

El siguiente paso es calcular la población asignada a cada celda del uso j en el núcleo de población i, $p_{ij} = \frac{f_{ij} p_i}{n_{ij}}$, donde ip es la población de la entidad i.

Finalmente, los valores ijp son asociados a la capa de Mapa auxiliar definitivo para convertir toda la información a una capa raster y obtener el Modelo superficial de población.

Esta metodología implica un cálculo más complejo que las anteriores, si bien, el resultado recoge en mayor detalle las peculiaridades de la distribución de población en Canarias. Al expresar la población utilizando la densidad, todos los pixeles incluidos en un uso dentro del núcleo de población presentan el mismo valor sin tener en cuenta el tipo de edificación (edificaciones residenciales, colegios o polideportivos).

Es una metodología más fiable que la anterior y se puede considerar como de un valor medio-alto en su aplicación a Canarias, porque como se ha visto presenta ciertos inconvenientes.

CARGA DE OCUPACIÓN

En Chile la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (O.G.U.C.) con vigencia del 11/09/2008 describe la carga de ocupación: *Artículo 4.2.4. La superficie de la edificación o del sector de ella que señala la tabla de éste artículo, se considerará ocupada por personas para la determinación de la carga de ocupación. En edificios cuyo destino no sea residencial u oficinas,*

cuando se contemple un número fijo de ocupantes, podrán descontarse de la carga de ocupación aplicable a las salidas comunes aquellos recintos que tendrán una ocupación no simultánea, tales como auditorios o laboratorios en establecimientos educacionales, o salas de reunión o casinos en establecimientos industriales. En cada caso la cantidad de personas se calculará de acuerdo a la siguiente tabla:

Educación:	
Salones, auditorios	0,5
Salas de uso múltiple, casino	1,0
Salas de clase	1,5
Camarines, gimnasios	4,0
Talleres, Laboratorios, Bibliotecas	5,0
Oficinas administrativas	7,0
Cocina	15,0
Salud (Hospitales y Clínicas):	
Areas de servicios ambulatorios y diagnóstico	6,0
Sector de habitaciones (superficie total)	8,0
Oficinas administrativas	10,0
Areas de tratamiento a pacientes internos	20,0
Salud (Consultorios, Policlínicos) :	
Salas de espera	0,8
Consultas	3,0
Otros :	
Recintos de espectáculos (área para espectadores de pié)	0,25
Capillas, Discotecas	0,5
Salones de reuniones	0,8
Area para público en bares, cafeterías, pubs	1,0
Restaurantes (comedores), salones de juego	1,5
Salas de exposición	3,0
Hogares de niños	3,0
Gimnasios, Academias de danza	4,0
Hogares de ancianos	6,0
Estacionamientos de uso común o públicos (superficie total)	16,0
Hoteles (superficie total)	18,0
Bodegas, Archivos	40,0

En Finlandia, las estadísticas de condiciones de habitabilidad describen diferentes características en la carga de ocupación. Consideran que la superficie por persona disminuye considerablemente cuando la unidad familiar crece. Además, también varía entre las viviendas en propiedad 41 m^2 por persona y las viviendas alquiladas 32 m^2 por persona. Estimando de media:

Tabla: Área de vivienda por persona (metros cuadrados) en función del número de personas entre los años 1990-2008:

Year	Number of persons							
	All household-dwelling units	1 person	2 persons	3 persons	4 persons	5 persons	6 persons	7+ persons
1990	31,4	51,8	37,0	29,4	25,0	21,7	19,0	14,8
1995	33,4	54,0	39,2	30,4	25,3	21,9	19,0	15,0
2000	35,3	55,6	40,8	31,4	26,0	22,5	19,4	15,4
2005	37,5	57,0	42,4	32,3	27,3	23,7	20,4	16,3
2008	38,6	58,0	43,3	32,9	28,0	23,3	20,9	16,7

Fuente Dwellings and Housing Conditions, Statistics Finland. Tarkoma, J., 2008

En EEUU y Australia, utilizan la siguiente tabla como guía de lo que se suele considerar como el área media (metros cuadrados o pies cuadrados) por persona en el interior de edificios típicos y habitaciones. Los valores también se puede utilizar para calcular la carga humana.

Type of Building	Type of Room	Área per Person		Type of Building	Type of Room	Área per Person	
		(m^2)	(ft^2)			(m^2)	(ft^2)
Apartments		9	37	Kitchens		5	14
Assembly building	Lecture room	0,6			Libraries	3	14
	Library	5			Luncheonettes	1	5
	Cinema	0,6			Lunch Rooms	1	5
	Concert hall	0,6			Malls	5	9
	Theatre	0,6			Medical Centers	5	14
Banks		5	14	Municipal Buildings		5	14
Bars		1	5	Museums		3	9
Cafeterias		1	5	Nightclubs		1	5
Churches		0	2	Nursing Home Patient Rooms		7	14
Clubhouses		1	5	Offices	Single office	10	
Cocktail Lounges		1	5		Meeting room	1,5	
Computer Rooms		7	14	Police Stations		9	46
Court Houses		5	14	Post Offices		9	46
Dental Centers	Clinic and Offices	5	14	Precision Manufacturing		9	28
Department Stores		1	7	Residential		19	56
Dining Halls		1	5	Restaurant	With service	1,5	
Drug Store		1	5		Without service	1	
Fire Stations		9	46		Retail Stores	1	7
Hotels	Rooms	5		Schools	Lecture rooms		0,6
	Lobby	0,6			Class rooms	2	
	Assembly room	1,5			Corridors	2	
Hospitals	General Areas	5	14		Laboratory	3	
	Patient Rooms	7	14	Sports	Gymnasium	1,5	
Shops	Detail	2			Swimming pools	4	
	Supermarkets	2		Supermarkets		5	9
Motels	Public Spaces	9	19	Taverns		1	5
	Guest Rooms, Dormitories	9	19	Town Halls		5	14

1 m^2 = 1550 in^2 = 10.764 ft^2 = 1.196 yd^2; 1 ft^2 = 0.0929 m^2 = 144 in^2 = 0.1111 yd^2

Fuente: FEMA

En Canarias, según el Instituto canario de la Vivienda, la vivienda deberá alcanzar una superficie igual a la suma de un módulo fijo de 5 m^2, más 10 m^2 por cada ocupante habitual de la misma, con un mínimo absoluto de 25 m^2 por dos ocupantes, según la fórmula 10 x (nº de ocupantes) + 5. Es decir para 4 personas 45 m^2.

A partir de los datos de la carga de ocupación y de la superficie de todas las edificaciones delimitadas de un territorio, identificando su uso, es posible establecer la carga de ocupación esperada de las mismas, valor que se corresponde a una estimación de la exposición social.

Esta metodología implica la consideración de que las edificaciones se encuentran en sus valores máximos de ocupación, es decir, que no se tendrá en cuenta la población existente en el municipio, lo que puede sobrevalorar los resultados, al nivel de exposición máximo posible. Es un método que se ajusta a las peculiaridades de Canarias y que tiene en cuenta el uso de la edificación en su cálculo. Su fiabilidad se puede considerar como alta.

Agencia Catalana del Agua (ACA)

Para estimar los daños debidos a una inundación sobre las personas (población) se utilizan una serie de factores, todos ellos expresados por unidad de superficie:

- Densidad de población: Todos aquellos elementos que pueden ser residencias o equipamientos llevan asociados una densidad de población predefinida. En el cálculo de la densidad, se han supuesto una serie de criterios de edificabilidad, tamaño de la vivienda media, tamaño del a familia media aplicado a diferentes tipologías de construcción residencial o su valor equivalente en otros usos del suelo.
- Bloques de pisos: 5 plantas, 4 habitantes/vivienda; 80 m^2/vivienda
- Viviendas unifamiliares: 1 planta, 4 habitantes/vivienda, 500 m^2/ vivienda
- Vulnerabilidad de las personas: Porcentaje de personas que presentan problemas de movilidad. Determinado siguiendo los criterios marcados por el *Departament for Enviroment Food, and Rural Affairs* (DEFRA). No utilizado en este epígrafe.
- Grado de exposición: Factor que pondera la exposición de las personas a los efectos de un evento (en este caso inundación), dependiendo de la composición de la habitabilidad por unidad de superficie (casa de una única planta, edificación de pisos), de tal forma que sea un factor que pondera ese grado de exposición.
- Valor de la pérdida de vidas humanas: El coste unitario asociado a la perdida de una vida se obtiene de la Ley 30/1995 de ordenación de seguros privados que establece indemnizaciones en función de unos baremos.
- Hay que tener en cuenta la salvedad de que la obtención de los costes relacionados con la pérdida de vidas humanas, lleva consigo la, aplicación de una serie de factores de difícil cálculo y evaluación, por ese motivo todos los criterios anteriores son viables para trabajar en planificación.
- Los costes asociados a pérdida de vidas humanas para los elementos de uso residencial considerados por el ACA son los siguientes:

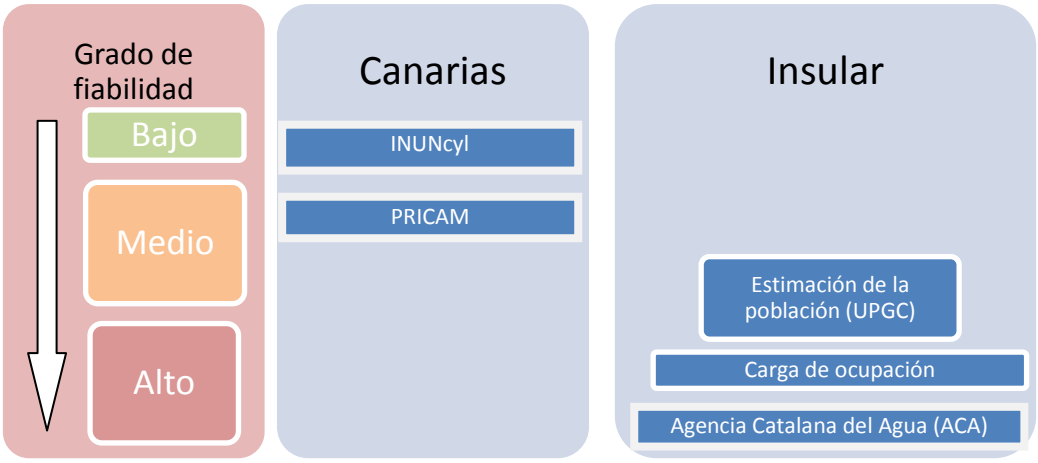
Tabla: Ejemplo de valoración y ponderación por pérdida de vidas humanas

ELEMENTO	Densidad u ocupación	Vulnerabilidad	Grado de Exposición	Valor (€/p)
Blocs de pisos	0.08	0.31	0.25	155000
Habitatges plurifamiliars en filera	0.045	0.31	0.33	155000
Habitatges unifamiliars	0.008	0.31	1	155000
Tipologia mixta d'habitatges	0.03	0.31	0.5	155000
Habitatges unifamiliars aïllats	0.004	0.31	1	155000
Masos	0.0004	0.31	1	155000
Botigues	0.08	0.31	1	155000
Grans magatzems	0.08	0.31	0.25	155000
Centres comercials	0.08	0.31	0.25	155000
Escoles bressol	0.25	0.09	0.2	155000
Centres d'ensenyament primari	0.25	0.09	0.2	155000
Centres d'ensenyament secundari	0.25	0.09	0.2	155000
Centres d'ensenyament	0.25	0.09	0.2	155000
Granges escola	0.25	0.09	0.2	155000
Hospitals	0.25	0.6	0.2	155000

Fuente: ACA, Inclam S.A.

Esta información se vuelca a un raster de usos del suelo reclasificado según las categorías necesarias. El resultado final es un grid de costes, donde cada pixel indica el valor de las afecciones por m^2, es decir el riesgo. Si en este análisis únicamente se utiliza la densidad u ocupación y el grado de exposición, se estima la exposición social.

Esta metodología desarrollada por el ACA es la más reciente de todas las utilizadas, trata la información en formato raster, considerando únicamente las zonas habitadas por lo que se adapta a Canarias y tiene en cuenta tanto el grado de ocupación (denominado densidad de población de cada edificio), como un grado de exposición dependiente de las características de las edificaciones. Es la metodología más completa y con mayor detalle, por lo que su fiabilidad se puede considerar como alta.



3.2.5.5 **Metodología aplicada**

De todas las metodologías estudiadas, son las correspondientes a la Carga de ocupación y la empleada por el ACA, las que se consideran más fiables para su aplicación a la ordenación y planificación. A partir de las mismas, se desarrollará la metodología para estimar la exposición social en Canarias.

Se parte como base de información del territorio, de la estructura de usos del suelo dada por el Inventario de Elementos Expuestos, donde aparecen delimitadas las edificaciones existentes y las tipologías principales de las mismas.

A cada tipología de edificaciones se la asignará un valor según su ocupación, nº de personas que puede contener esa edificación por metro cuadrado, estimado a partir de los valores establecidos en Chile, EEUU, Canarias y el ACA.

Tabla: Tipologías de edificaciones y usos poblacionales definidos en el Inventario de Elementos Expuestos

Clase	Tipo	Subtipo/Sufijo	OCUPACIÓN (personas/m^2)
Elementos sociales	Centros sanitarios	Hospital	0,071
		Centro de Salud	0,111
		Otros centros sanitarios	0,111
	Centros de asistencia social	Residencia 3º edad	0,027
		Centro de día	0,333
		Otros centros de asistencia social	0,333
	Centros educativos	Centro educativo infantil-preescolar	0,333
		Centro educativo Primaria/Secundaria/Especial	0,500
		Centro educativo superior	0,333
		Otros centro educativo	0,333
	Instalación deportiva	Campo de futbol	1,667
		Polideportivo	1,667
		Piscina pública	0,250
	Camping y zonas recreativas	Camping y zonas recreativas	1,000
	Edificios de espectáculos	Edificios de espectáculos	1,667
	Edificios públicos	Centro socio-cultural	0,333
		Edificio de culto	0,500
		Edificio en altura	0,100
		Estación de transporte	0,667
		Recintos feriales	1,667
	Instalaciones comerciales	Instalaciones comerciales	0,286
	Establecimientos hoteleros	Hotel	0,071
		Apartamentos	0,050
		Hostal	0,083
		Hotel casa rural	0,033
	Medios de comunicación social	Medios de comunicación social	0,100
	Zonas de esparcimiento	Parque de atracciones	1,000
		Zoológico	0,250
		Parque urbano	0,002
		Playas, dunas y arenales	0,667
	Servicios de seguridad y emergencias	Bomberos	0,037
		Policía	0,037
		Protección Civil	0,037
		TSU	0,037
		Coordinación emergencias	0,100
		Coordinación de servicios esenciales	0,100
		FCSE	0,100
		Servicio militar	0,037
Elementos tecnológicos	Instalaciones industriales	Instalaciones industriales	0,010
	Gasolineras y almacenamiento de butano	Gasolinera	0,010
	Centros de investigación	Centros de investigación	0,002
	Instalaciones radiológico-nucleares		0,0020
	Instalaciones de abastecimiento de agua	Depuración/desalación	0,002
	Red eléctrica	Producción eléctrica	0,002
		Subestación/transformador	0,002
	Instalaciones gestión de residuos	Punto limpio	0,002
		Planta de transferencia	0,002
	Explotaciones ganaderas	Ganaderas	0,002
		Agrícolas	0,002
	Explotaciones de acuicultura	Explotaciones de acuicultura	0,002
	Polígonos industriales	Polígonos industriales	0,010
	Urbano	Casco, Ensanche, Discontinuo: Edificio o bloque de pisos aislado	0,080
		Casco, Ensanche, Discontinuo: Edificio entre medianeras	0,080
		Casco, Ensanche, Discontinuo: Vivienda unifamiliar aislada	0,008
		Casco, Ensanche, Discontinuo: Vivienda unifamiliar adosada	0,020
		Casco, Ensanche, Discontinuo: Nave	0,010

Fuente: Elaboración propia

Para expresar el grado de ocupación es necesario conocer la superficie total del edificio, teniendo en cuenta el número de plantas que posee.

Esta característica se estimará mediante la aplicación y utilización de los datos que aporta el LIDAR, ya que, no es lo mismo un bloque de pisos de 5 plantas que un edificio unifamiliar de dos plantas.

El grado de ocupación se expresará como la combinación de la ocupación, la superficie de la edificación y el nº de plantas correspondiente. De este modo se estimará el número de personas expuestas al peligro por cada edificación o infraestructura.

Grado de ocupación= Ocupación (persona/metro cuadrado) x Superficie de la edificación o infraestructura (metro cuadrado) x Nº de plantas de la edificación

Según el tipo de riesgo que se produzca y en función de la tipología de la edificación, se asignará un grado de exposición, es decir, se ponderará el valor de la exposición de las personas en cada edificio, dependiendo de la composición de la habitabilidad por unidad de superficie (casa de una única planta, edificación de pisos), y del tipo de riesgo; no se le puede asignar el mismo valor a un bloque de pisos en caso de que se produzca una inundación o en caso de que se produzca un sismo.

Tabla: Valores del grado de exposición según la tipología de las edificaciones o de los usos

	Sísmico	Volcánico	Inundación	Incendio	Dinámica de ladera
Al aire libre	0,100	1,000	1,000	0,100	1,000
Al aire libre con alguna infraestructura	0,250	0,900	0,900	0,250	0,900
Edificación entre 1-3 plantas	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Edificación con más de tres plantas aislada	0,900	0,250	0,250	0,500	0,250
Edificación con más de tres plantas aislada entre medianeras	1,000	0,100	0,100	0,500	0,100

Fuente: Elaboración propia

Una vez determinados el grado de ocupación y el grado de exposición, se determinan la exposición social, mediante una combinación lineal de ambos parámetros.

Exposición social = [Grado de ocupación (nº de personas) x Grado de exposición (ponderación)]

Para valorar la exposición social se han establecido un total de 5 niveles cuyo rango se describe a continuación.

Tabla: Niveles establecidos resultado de la combinación del Grado de ocupación y el grado de exposición

Niveles	Valor
Muy bajo	< 0,1
Bajo	1-0,1
Medio	10-1
Alto	50-10
Muy Alto	> 50

Fuente: Elaboración propia

Esto implica que en infraestructuras o edificaciones en las que puedan estar expuestas la peligro, al menos de 1 de cada diez personas (valor 0,1) se considera una exposición muy baja.

Entre este valor (0,1) y 1 persona se considera bajo. Entre una y 10 personas ya se considera un valor de exposición medio. Cuando el número de personas expuestas es superior a 10 y menor de 50 se considera alto. Si es mayor de 50 se considera muy alto.

En el resto de usos del territorio no relacionados con las edificaciones, no se puede asignar un grado de ocupación de la población, puesto que en las zonas de matorral, suelo desnudo o bosques la presencia de población es muy puntual. En estas áreas la exposición social quedará valorada según lo que se indica a continuación:

Tabla: Valor del uso del suelo y del contenido de los elementos expuestos existentes en Canarias.

Clase	*Tipo*	*Subtipo/Sufijo*	*Nivel*
	Bienes histórico-artístico	BIC	Media (1-10)
		Archivo	
		Interés turístico	
		Sitio histórico	
		Monumento histórico-artístico	
Elementos tecnológicos	Vías de comunicación	Autopistas	Alta (10-50)
		Autovías	
		Vías rápidas	
		Carreteras convencionales	
		Caminos y pistas	Baja (0,1-1)
	Vías férreas	Vías férreas	Media (1-10)
	Puerto	Puerto	Alta (10-50)
	Aeropuertos y aeródromos	Aeropuerto	
	Helipuerto y helisuperficie	Helipuerto	Baja (0,1-1)
	Puentes	Puentes	
	Túneles	Túneles	
	Tomas aéreas	Tomas aéreas	Muy Baja (< 0,1)
	Oleoductos	Oleoductos	
	Instalaciones mineras		
	Instalaciones de abastecimiento de agua	Presa	
		Galería	
		Pozo	
		Canal/conducción	
		Almacenaje hidráulico	
		Red de distribución hidráulica	
	Instalaciones de saneamiento	Emisario submarino	
		Alcantarillado	
	Red eléctrica	Líneas de distribución	
	Red de telecomunicación	Red de telecomunicación	
		Red de telecomunicación emergencias	
	Red meteorológica		
	Red sísmico-volcánica		
	Red de contaminación		
	Residuos	Complejo ambiental	
		Vertedero	
Elementos Naturales	ZEC	ZEC	
	ZEPA	ZEPA	
	ENP	ENP	
	Montes Bosques	Montes Bosques	
	Mirador	Mirador	Baja (0,1-1)
	Cultivos	Cultivos herbáceos distintos del arroz	
		Frutales cítricos	

Clase	Tipo	Subtipo/Sufijo	Nivel
		Frutales no cítricos	
		Viñedo	
		Otros cultivos leñosos	
		Prados	
	Pastizales		Muy Baja (< 0,1)
	Matorral		
	Terrenos sin vegetación	Acantilados marinos	
		Coladas lávicas cuaternarias	
		Canchales	
		Afloramientos rocosos	
		Ramblas	
		Roquedo	
		Suelo desnudo	
		Zonas quemadas	
	Cobertura húmeda		
	Cobertura de agua	Cursos de agua	
		Mares y océanos	
		Lagunas costeras	

Fuente: Elaboración propia

3.2.6 *Tipos de exposición: Exposición económica*

3.2.6.1 **Introducción**

Definición

La exposición económica se refiere a la identificación de los bienes materiales o servicios de un territorio, susceptibles de verse afectados por un determinado proceso natural.

3.2.6.2 **Objetivo**

El objetivo principal de la exposición económica es identificar los elementos del territorio de Canarias (bienes, servicios o infraestructuras), que presentan un mayor valor y que se pueden ver afectados por un determinado peligro o amenaza.

3.2.6.3 **Metodología existente**

Para identificar la exposición económica existente en las Islas Canarias, es necesario analizar el valor de las pérdidas (coste) de cada uso del suelo y tipología identificada en el territorio.

En este caso la metodología es clara y se aplica en todos los planes por igual, implica los siguientes pasos:

- Identificación de los elementos existentes en Canarias (realizado ya en el inventario de elementos expuestos)
- Valoración económica de los elementos con la finalidad de obtener su valor del suelo.

La única variante que presenta está metodología son los procesos llevados a cabo para la valoración económica y si se valora el uso del suelo únicamente o también su contenido.

Se han analizado diferentes ejemplos de valoración económica que han sido utilizadas reciente en planes y artículos, para estimar la exposición económica, si bien los planes y proyectos más avanzados en la materia están relacionados con el riesgo por inundación. A continuación se recogen algunos ejemplos:

El FEMA *(Federal Emergency Management Agency)* de Estados Unidos establece la siguiente valoración: el valor de reemplazo de cada elemento o uso del suelo, el valor del contenido del uso que se vea afectado y el valor de lo que se deja de producir, al ser afectado un determinado uso.

Figura: Tablas de valoración del contenido y del uso del suelo

Contents Value as Percentage of Building Replacement Value

Occupancy Class	Contents Value (%)
Residential (including temporary lodging, dormitory, and nursing homes)	50
Commercial (including retail, wholesale, professional, services, financial, entertainment & recreation)	100
Commercial (including hospital and medical office/clinic)	150
Commercial Parking	50
Industrial (including heavy, light, technology)	150
Industrial Construction	100
Agriculture	100
Religion/Non-Profit	100
Government Emergency Response	150
Government General Services	100
Education Schools/Libraries	100
Education Colleges/Universities	150

Source: HAZUS

Annual Gross Sales or Production (Dollars per Square Foot)

Occupancy Class	Annual Sales ($ / ft²)
Commercial	
Retail Trade	30
Wholesale Trade	43
Industrial	
Heavy	400
Light	127
Food/Drugs/Chemicals	391
Metals/Minerals Processing	368
High Technology	245
Construction	431
Agriculture	
Agriculture	83

Source: HAZUS

The average replacement values were adjusted by the Consumer Price Index (CPI) to represent 2000 dollar figures.

The CPI is the ratio of the value of a basket of goods in the current year to the value of that same basket of goods in the previous year. It measures the average level of prices of the goods and services typically consumed by an urban American family. The http://woodrow.mpls.frb.fed.us/economy/calc/cpihome.html Website can be used to adjust historic dollar figures to current year dollar figures.

Average Building Replacement Value per Square Foot

Occupancy Class	Total $/sq. ft.
Single Family Dwelling	77
Mobile Home	52
Multi-family Dwelling	98
Temporary Lodging	102
Institutional Dormitory	98
Nursing Home	89
Retail Trade	67
Wholesale Trade	53
Personal/Repair Services	92
Professional/Tech. Services	87
Banks	151
Hospital	145
Medical Office/Clinic	112
Entertainment & Recreation	131
Theaters	98
Parking	30
Heavy Industrial	69
Light Industrial	69
Food/Drugs/Chemicals	69
Metals/Minerals Processing	69
High Technology	69
Construction	69
Agriculture	26
Church/Non-Profit Offices	113
General Services	88
Emergency Response	130
Schools	91
Colleges/Universities	115

Source: HAZUS

Fuente: FEMA

El PATRICOVA establece la siguiente valoración de los costes de los usos del suelo, teniendo en cuenta que se ha valorado de 0 - 100.

Tabla: Valoración de los usos del suelo

TIPO		Valor
Residencial	muy alta densidad	100
	alta densidad	75

TIPO		Valor
	baja densidad	68,7
camping		
Residencial	media	56,3
Comercial		51,8
Equipamientos	equipamientos e infra	
Terciario	terciario	
	mixto	
Industrial	industrial, alta	23,7
	industrial,	16,9
	industrial, baja	
Cultivos	hortícolas	0,89
	cítricos	0,83
	frutales	0,56
	viña	
	olivo	
	frutales	
	cereales	0,34
	arrozal	
	otros	
	herbáceos	
	otros	
	otros	0

Fuente: PATRICOVA

La Agencia Catalana del Agua (ACA) junto a la empresa Inclam S.A., han desarrollado una metodología para estimar el valor económico de los daños por inundación, estimando tanto el precio del suelo como del contenido. Se estima a partir de las indemnizaciones que el Consorcio de Compensación de Seguros otorga en el caso de daños por inundación en Cataluña. Para los valores no conocidos, se pondera este valor con distintas fuentes (FEMA[17], PATRICOVA) o bien se estiman los costes medios de construcción y mantenimiento. Los valores de referencia son precio base urbano de 434 euros/m2 y precio base de suelo industrial de 458 euros/m2. Para el contenido la metodología es análoga a partir de los precios base del contenido del suelo urbano y del industrial siendo estos respectivamente 102 euros/m2 y 152 euros/m^2.

Tabla: Ejemplo de valoración económica de tipología de edificaciones y usos del suelo

ELEMENT	unidad	Valor unidad	Valor Contenido
Blocs de pisos	m2	434	102
Habitatges plurifamiliars en filera	m2	326	77
Habitatges unifamiliars	m2	298	70
Tipologia mixta d'habitatges	m2	298	70
Habitatges unifamiliars aïllats	m2	244	57
Masos	m2	244	57
Botigues	m2	367	367
Grans magatzems	m2	367	367
Centres comercials	m2	367	367
Escoles bressol	m2	403	605

[17] El uso de los valores del FEMA se ha llevado a cabo con matices ya que la estructura territorial es Estados Unidos no es la misma que en España.

Centres d'ensenyament primari	m2	403	605
Centres d'ensenyament secundari i FP	m2	403	605
Centres d'ensenyament universitari	m2	548	823

Fuente: ACA, Inclam

En el análisis de los riesgos existentes en el **Plan de Ordenación de San Cristobal de La Laguna**, los datos económicos de los precios unitarios (m^2) del valor del suelo para cada tipología se obtuvieron a partir de los valores estimados para la isla de La Palma y para la isla de Tenerife. Para facilitar la comparación de los valores, en términos más homogéneos, se adimensiona dicho valor en un rango de variación de 0 a 1, dando como resultado la tabla que aparece a continuación:

Tabla: Valoración de la vulnerabilidad económica según usos del suelo del municipio de San Cristobal de La Laguna.

Descripción de criterios		Valor del suelo	Valoración
Zonas urbanas con elevada densidad >60 hab/ha		1	1
Zonas urbanas con elevada densidad 15 -60 hab/ha		0,98	
Zonas urbanas con elevada densidad 5 -15 hab/ha		0,93	
Zonas de menor densidad y asentamientos rurales			
Elementos estructurantes		0,90	
Zonas industriales y terciarios		0,33	0,33
Infraestructuras		0,1	0,1
Espacios libres públicos		0,02	
Zona agrícolas	Zona en producción	0,01	0,05
	Zona abandonada	0,001	
Zonas naturales Bosques y matorral			
Otros tipo de vegetación natural			

Fuente: Estudio económico y financiero de la isla de La Palma 2009 y datos relativos a los cultivos proceden del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, junio 2008.

Es importante tener cuenta que los datos de La Palma se refieren al valor del suelo y no al valor de su contenido.

3.2.6.4 **Metodología, valoración y zonificación**

La exposición económica se estima a partir del valor del suelo y del valor de su contenido.

El valor de uso se estima con la siguiente fórmula:

$$Valor\ uso = Valor\ \ de\ ese\ uso\ (€/\mathrm{m2})\ x\ Superficie\ \ que\ representa\ ese\ uso\ (m2)$$

Es decir, si una edificación de viviendas tiene un coste de 1.800 €/m^2, y la superficie del edificio es de 100 m^2 , el valor de uso se corresponderá a 1.800 x 100 = 180.000 €

El valor del contenido representa una valoración aproximada de cual podría ser el valor de los elementos incluidos en ese uso, por ejemplo si se trata de una edificación de viviendas, el valor del contenido de cada vivienda y se expresa en euros. Una vez que se dispone del valor del uso y del valor del contenido, la exposición económica se obtiene con la siguiente fórmula:

Exposición económica= [(valor uso + valor contenido)]

Para expresar la exposición económica se han establecido un total de 5 niveles cuyo rango se describe a continuación.

Tabla: Niveles establecidos de exposición económica

Niveles	Valor
Muy bajo	Valores que representen un 10% del que sería el valor máximo
Bajo	Valores que estén incluidos entre un 25% y un 10% del valor máximo
Medio	valores que estén incluidos entre un 50% y un 25% del valor máximo
Alto	valores que estén incluidos entre un 80% y un 50% del valor máximo
Muy Alto	Valores que representen más de un 80% del que sería el valor máximo

Fuente: Elaboración propia

Es decir, si se considera que el valor de exposición económica máximo en un territorio de un determinado uso es de 2.000 €. Se consideran los siguientes niveles de exposición económica:

Tabla: Niveles establecidos de exposición económica ejemplo

Niveles	Valor (€)
Muy bajo	Entre 0-200
Bajo	Entre 200-500
Medio	Entre 500-1.000
Alto	Entre 1.000-1.600
Muy Alto	Mayor de 1.600

Fuente: Elaboración propia

3.2.6.4.1 *Aplicación a Canarias según la información disponible actualmente*

A falta de datos de valores de usos del suelo (costes de construcción y del suelo) de las distintas tipologías en cada una de las islas de Canarias, se ha optado por utilizar los datos disponibles existentes en Canarias (Estudio económico y financiero de la isla de La Palma 2009 y datos relativos a los cultivos proceden del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, junio 2008), siendo importante tener en cuenta que estos datos se refieren al valor del suelo y no al valor del uso del suelo (costes de construcción, reemplazo y suelo), por lo que se han matizado y estimado siguiendo la ponderación del ACA y FEMA. Como estas metodologías, se han considerado dos parámetros: El valor del uso del suelo y el valor de su contenido. Se ha ponderado cada tipología de uso, a partir de una estimación de valores similares ACA y FEMA, siendo matizados para su aplicación en Canarias. Los valores se pueden expresar entre 0-100.

Tabla: Valor del uso del suelo y del contenido de los elementos expuestos existentes en Canarias.

Clase	*Tipo*	*Subtipo/Sufijo*	*Valor uso*	*Valor contenido*
Elementos sociales	Centros sanitarios	Hospital	60	64
		Centro de Salud	30	50
		Otros centros sanitarios	20	50
	Centros de asistencia social	Residencia 3º edad	23	30
		Centro de día	7	20
		Otros centros de asistencia social	7	20
	Centros educativos	Centro educativo infantil-preescolar	23	
		Centro educativo Primaria/Secundaria/Especial	30	40
		Centro educativo superior	40	55
		Otros centro educativo	30	40

Clase	Tipo	Subtipo/Sufijo	Valor uso	Valor contenido
	Instalación deportiva	Campo de futbol	6	
		Polideportivo	30	
		Piscina pública	6	
	Camping y zonas recreativas	Camping y zonas recreativas	6	7
	Edificios de espectáculos	Edificios de espectáculos	10	10
	Edificios públicos	Centro socio-cultural	20	29
		Edificio de culto	60	92
		Edificio en altura	12	10
		Estación de transporte	40	60
		Recintos feriales	5	2
	Instalaciones comerciales	Instalaciones comerciales	10	24
	Establecimientos hoteleros	Hotel	13	15
		Apartamentos	10	12
		Hostal	7	12
		Hotel casa rural	10	15
	Aparcamientos	Aparcamientos	5	2
	Medios de comunicación social	Medios de comunicación social	10	60
	Zonas de esparcimiento	Parque de atracciones	20	20
		Zoológico	6	40
		Parque urbano	6	5
		Playas, dunas y arenales	2	2
	Servicios de seguridad y emergencias	Bomberos		
		Policía		
		Protección Civil		
		TSU		
		Coordinación emergencias		
		Coordinación de servicios esenciales		
		FCSE		
		Servicio militar	50	80
	Bienes histórico-artístico	BIC		
		Archivo histórico		
		Interés turístico		
		Sitio histórico		
		Monumento histórico-artístico	40	92
	Otros elementos sociales	Otros elementos sociales	12	20
Elementos tecnológicos	Vías de comunicación	Autopistas	10	
		Autovías	10	
		Vías rápidas	5	20
		Carreteras convencionales	6	16
		Caminos y pistas	1	10
	Vías férreas	Vías férreas	6	6,6
	Puerto	Puerto	50	100
	Aeropuertos y aeródromos	Aeropuerto	60	100
	Helipuerto y helisuperficie	Helipuerto	14	23
	Puentes	Puentes	18	10
	Túneles	Túneles	24	10
	Tomas aéreas	Tomas aéreas	14	23
	Instalaciones industriales	Instalaciones industriales	13	10
	Gasolineras y almacenamiento de butano	Gasolinera		
	Oleoductos	Oleoductos	26	70
	Centros de investigación	Centros de investigación	15	60
	Instalaciones radiológico-nucleares		80	80
	Instalaciones mineras		5	5
	Instalaciones de abastecimiento de agua	Presa	20	60
		Galería	3	10
		Pozo	3	10
		Desalación	40	80
		Canal/conducción	3	10
		Almacenaje hidráulico	3	50
		Red de distribución hidráulica	3	10
	Instalaciones de saneamiento	Emisario submarino	10	10
		Alcantarillado	3	5
		Depuración	30	80
	Red eléctrica	Producción eléctrica	60	90

Clase	Tipo	Subtipo/Sufijo	Valor uso	Valor contenido
		Líneas de distribución	8	60
		Subestación/transformador	40	70
	Red de telecomunicación	Red de telecomunicación	10	80
		Red de telecomunicación emergencias	50	80
	Red meteorológica		8	8
	Red sísmico-volcánica		8	8
	Red de contaminación		5	5
	Residuos	Complejo ambiental	9	33
		Punto limpio	8	15
		Planta de transferencia	12	33
		Vertedero	5	5
	Explotaciones ganaderas	Ganaderas		
		Agrícolas		
	Explotaciones de acuicultura	Explotaciones de acuicultura	3	2
	Polígonos industriales	Polígonos industriales	12	10
Elementos Naturales	ZEC	ZEC		
	ZEPA	ZEPA		
	ENP	ENP	2	75
	Montes Bosques	Montes Bosques	2	40
	Mirador	Mirador	1	2
	Acuífero	Acuífero	1	20
Resto de usos del suelo	Urbano	Casco: Edificio aislado	22	
		Casco: Edificio entre medianeras	22	7
		Casco: Vivienda unifamiliar aislada	27	4
		Casco: Vivienda unifamiliar adosada	24	5
		Casco: Nave	12	3
		Ensanche: Edificio aislado	20	
		Ensanche: Edificio entre medianeras	20	7
		Ensanche: Vivienda unifamiliar aislada	25	4
		Ensanche: Vivienda unifamiliar adosada	22	5
		Ensanche: Nave	12	3
		Discontinuo: Edificio aislado		
		Discontinuo: Edificio entre medianeras	14	7
		Discontinuo: Vivienda unifamiliar aislada	16	4
		Discontinuo: Vivienda unifamiliar adosada	15	5
		Discontinuo: Nave	12	3
	Cultivos	Cultivos herbáceos distintos del arroz	0,34	0,24
		Frutales cítricos		2
		Frutales no cítricos	0,83	4
		Viñedo		4
		Otros cultivos leñosos	0,54	2
		Prados	0,1	1
	Pastizales		0,01	0,01
	Matorral		0,05	0,05
	Terrenos sin vegetación	Acantilados marinos	0,01	0,1
		Coladas lávicas cuaternarias	2	10
		Canchales		
		Afloramientos rocosos		
		Ramblas		
		Roquedo		
		Suelo desnudo		
		Zonas quemadas		0,1
	Cobertura húmeda			
	Cobertura de agua	Cursos de agua		
		Mares y océanos		5
		Lagunas costeras	0,01	5

Fuente: Elaboración propia

La exposición económica se puede describir como la siguiente fórmula:

Exposición económica= [(valor uso + valor contenido)]

Para valorar la exposición económica se han establecido un total de 5 niveles cuyo rango se describe a continuación.

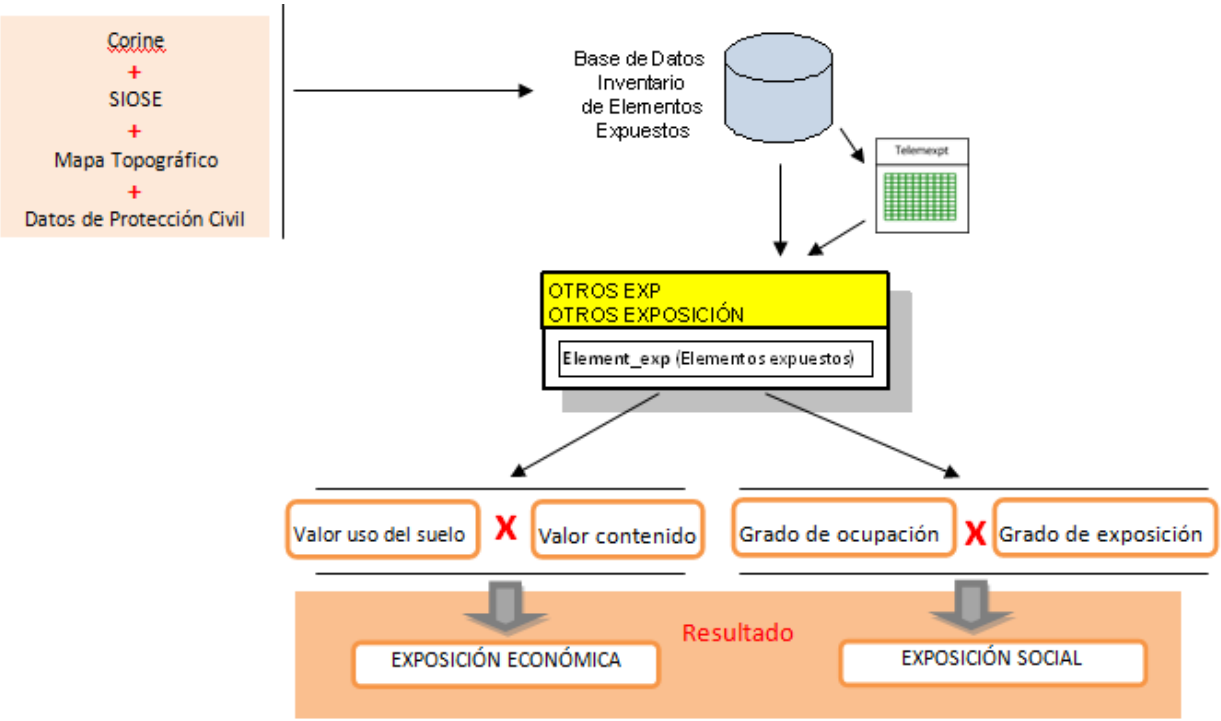
Tabla: Niveles establecidos resultado de la combinación del Grado de ocupación y el grado de exposición

Niveles	Valor
Muy bajo	< 20
Bajo	20-50
Medio	50-100
Alto	100-160
Muy Alto	> 160

Fuente: Elaboración propia

3.2.6.5 **Resumen metodológico**

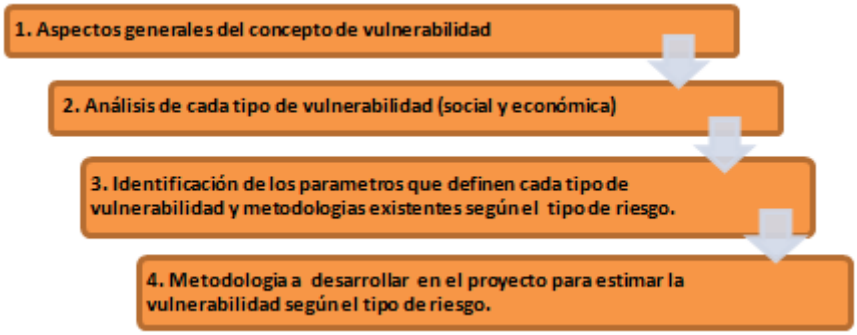
La metodología utilizada para estimar la exposición se resume con el siguiente esquema:



3.3 Vulnerabilidad (Vulnerability)

3.3.1 *Introducción*

Para analizar la vulnerabilidad se va seguir la siguiente metodología:



La vulnerabilidad en ciertos ámbitos y aspectos, se ha venido confundiendo con la exposición, si bien su definición y aplicación es muy diferente.

3.3.2 *Aspectos generales*

La vulnerabilidad es uno de los componentes que constituyen el riesgo:

$$\boldsymbol{Riesgo} = \boldsymbol{Peligrosidad} \times \boldsymbol{Exposición} \times \boldsymbol{Vulnerabilidad}$$

Según la RAE (Real Academia Española) se entiende por vulnerabilidad a la *"cualidad de ser vulnerable"*. Siendo vulnerable*, "que puede ser herido o recibir lesión, física o moralmente".*

En su aplicación a los riesgos y como se vio en la parte inicial del documento, se entiende como vulnerabilidad a la fragilidad intrínseca o el grado de daño en que las personas u otros bienes o servicios pueden verse afectados ante un peligro concreto. Es decir, se evalúan determinadas características intrínsecas de las personas, bienes o servicios, las cuales condicionan que ante un peligro se produzca un mayor o menor grado de fragilidad o daño.

Para analizar la vulnerabilidad es necesario tener en cuenta todos los elementos expuestos al peligro existentes en Canarias e identificados anteriormente y analizar las características que presentan, por lo que el Inventario de Elementos Expuestos se utilizará como base para estimar la vulnerabilidad.

Desde el punto de vista de la ordenación territorial y en función de los elementos expuestos y la componente de la exposición descrita con anterioridad, la vulnerabilidad puede dividirse en vulnerabilidad social y vulnerabilidad económica.

La estimación de la vulnerabilidad en el ámbito de los riesgos es un parámetro que actualmente en España está en fase de desarrollo. Los planes más avanzados en este aspecto son los destinados a estimar el riesgo sísmico y el riesgo de inundación.

Antes de analizar cada uno de los elementos que componen la vulnerabilidad, hay que hacer hincapié en la confusión recurrente entre la exposición y la vulnerabilidad que existe en gran parte de los planes y artículos existentes. La vulnerabilidad no se estima como tal, sino que directamente se habla de evaluación del daño o de pérdidas provocadas por un determinado nivel de peligrosidad. Este concepto de pérdidas, costes o daño sobre las personas, edificaciones o sobre los usos del suelo, esta más asociado al cálculo del riesgo, puesto que es función de una determinada intensidad y/o magnitud de la peligrosidad.

Si bien es cierto, que para estimar las características de las personas, bienes o infraestructuras que las hace ser más vulnerables, es necesario utilizar modelos predictivos que incluyan diferentes niveles de peligrosidad, para apreciar en qué grado se verían afectados y evaluar su vulnerabilidad.

Esta confusión está asociada principalmente a que la vulnerabilidad y el riesgo son conceptos muy recientes y que no existe una metodología estandarizada que regule su estimación hasta el momento, existiendo como se vio al inicio diferentes definiciones y componentes de los mismos.

Para evitar confusiones, en el presente documento el concepto de daño se considera como una herramienta para estimar los costes y las pérdidas, conceptos que expresan el riesgo, por lo que serán considerados en el apartado correspondiente.

3.3.3 *Vulnerabilidad social*

3.3.3.1 **Introducción**

Definición

Se entiende como vulnerabilidad social a la estimación del grado de fragilidad que puede sufrir la población expuesta como consecuencia de un proceso natural.

3.3.3.2 **Objetivo**

La estimación de la vulnerabilidad social tiene como objetivo identificar aquellas características que generan que un determinado grupo de la población expuesta, presente un mayor grado de fragilidad respecto al resto de población expuesta.

Antes de entrar a identificar las diferentes metodologías que definen la vulnerabilidad social, es importante tener en cuenta que las variables identificadas no varían en función del proceso natural o tipo de riesgo que se produzca. Es decir, la vulnerabilidad de una persona de más de 65 años ante un incendio forestal se produce igual ante un terremoto, debido a su falta de movilidad. Con esto se quiere explicar que los parámetros identificados que definen la vulnerabilidad social son genéricos, con independencia del riesgo que se produzca.

3.3.3.3 **Metodologías existentes**

Para estimar la vulnerabilidad social existen numerosos índices y metodologías que se han establecido en diferentes países a nivel mundial. A continuación se recoge una tabla resumen de la mayor parte de estos índices y posteriormente, se analizarán los principales parámetros que los definen y algunas de las metodologías llevadas a cabo para su aplicación.

Tabla: Ámbito de aplicación de una serie de métodos cuantitativos para la evaluación de la vulnerabilidad

		Hazard maps	Hazus	DCA	DRI	CATSIM	NDVI	SVI - Africa	DDI	PVI	CIMDEN	SoVI - USA	SFVI	RI
Exposición	**exposure**													
	pathways/location	x	x	x							x		(x)	x
	people at risk	x	x	x	x									x
	elements at risk	x	x	x		x			x					x
Vulnerabilidad	**sensitivity**													
	preparedness													
	human physical harm(casualties/health)		x	x	x									x
	economic loss		x	x		x			x					x
	construction fragility		x	x		x					x			
	social susceptibility				x					x	x	x	x	x
	resilience													
	coping/recovery rate (socioeconomic)					x								x
	general socioeconomic level				x		x	x	x	x	x	x	x	x
Escala	**scale level**													
	national/international			x	x	x	x	x	x	x	x			
	regional/provincial		x	x							x	x	x	x
	municipal/local		x	x							x			
	household/individual										x			
Peligrosidad	**hazard types**													
	Earthquakes	x	x		x	x					x			
	Volcanoes	x									x			
	Droughts													
	Floods	x	x	x	x	x							x	x
	Storms/cyclones	x	x	x	x	x								
	not specified / other						x	x	x	x		x		

Legend:

CATSIM	: Catastrophe Simulator	NDVI	: Natural Disaster Vulnerability Indicators
CIMDEN	: Household Sector Approach	RI	: Resilience Indicator
DCA	: Damage and Casualties Assessment	PVI	: Prevalent Vulnerability Index
DRI	: Disaster Risk Index	SFVI	: Social Flood Vulnerability Index
DDI	: Disaster Deficit Index	SoVI-USA	: Social Vulnerability Index-USA
Hazus	: FEMA - HAZUS model	SVI-Africa	: Social Vulnerability Index – Africa

Fuente: Elaboración propia

El Social Vulnerability Index (SoVI) es el más extendido y utilizado. Se basa en la estimación de una serie de parámetros o indicadores relacionados con determinadas características de la población y que se emplean para valorar la vulnerabilidad ante diferentes peligros.

En el caso de EEUU (University of South Carolina, FEMA, HAZUS) y Canada (Vancouver, British Columbia Willamette University), los principales parámetros utilizados para describir el SoVI (vulnerabilidad social) son los que se recogen a continuación:

Tabla: Índices utilizados para describir la vulnerabilidad social

Concepto	Descripción	Fuente	Incremento (+) o decrecimiento (-) vulnerabilidad social	Variable
Estatus socioeconómico (ingresos, poder político, prestigio)	Nivel de ingresos de la población	Cutter, Mitchell, and Scott (2000), Burton, Kates, and White (1993), Blaikie et al. (1994), Peacock, Morrow, and Gladwin (1997, 2000), Hewitt (1997), Puente (1999), and Platt (1999).	Alto estatus (+/-) y bajos ingresos (-)	% de personas con sueldos bajos
Genero	Las mujeres suelen tener más dificultades en cuanto a su recuperación, menor empleo, sueldo más bajo y mayor responsabilidad familiar	Blaikie et al. (1994), Enarson and Morrow (1998), Enarson and Scanlon (1999), Morrow and Phillips (1999), Fothergill (1996), Peacock, Morrow, and Gladwin (1997, 2000), Hewitt (1997), and Cutter (1996).	(+)	% de mujeres, o % de mujeres > 18 años, sin ocupación ni ingresos.
Raza o etnia	Falta de conocimiento de la lengua y de las costumbres.	Pulido (2000), Peacock, Morrow, and Gladwin (1997, 2000), Bolin with Stanford (1998), and Bolin (1993).	Extranjeros (+) Nativo (-)	% de población que no sabe español
Edad	Los extremos de edad sufren una alta dependencia	Cutter, Mitchell, and Scott (2000), O'Brien and Mileti (1992), Hewitt (1997), and Ngo (2001).	Ancianos > 65 años (+) Niños < 12 años (+)	% de personas > 65 años y < 12 años.
Pérdida de empleo	Los desempleados son más vulnerables	Cutter *et al.* 2003, Mileti (1999).	Desempleados (+)	% de desempleados
Propiedad residencial	Función de la tipología de la edificación	Heinz Center for Science, Economics, and the Environment (2000), Cutter, Mitchell, and Scott (2000), and Bolin and Stanford (1991).	Casas prefabricadas (+)	(ya recogido en vulnerabilidad económica)
Renta de viviendas	Las viviendas alquiladas o inquilinos genera que mucha gente no tenga donde resguardarse ante un riesgo	Heinz Center for Science, Economics, and the Environment 2000) and Morrow (1999).	Viviendas alquiladas o inquilinos (+)	% de hogares alquilados
Tipo de ocupación	Determinados trabajos generan que la vulnerabilidad sea mayor, mineros, pescadores, obreros de la construcción etc.	Heinz Center for Science, Economics, and the Environment (2000), Hewitt (1997), and Puente (1999).	Trabajadores de puestos superiores (+)	% de población > 18 años que no trabajo en puestos profesionales o de estudios superiores
Estructura familiar	Las familias con muchos hijos se muestran más vulnerables que las mono-parentales	Rygel *et al.* 2006; Dwyer *et al.* 2004; Cutter *et al.* 003, 2000, 1997; Morrow 1999; Mileti 1999, Blakie *et al.* 1994	Familia monoparental (-) Fasmilias muy numerosas (+)	% de familiar mono-parentales y % de familiar que superan el tamaño medio de miembros de la familia
Educación	Nivel de educación	Cutter *et al*, 2000 Heinz Center for Science, Economics, and the Environment (2000).	Poca educación (+)	% de población con estudios primarios
Crecimiento de la población	Cuando se produce un crecimiento muy rápido los servicios no están adecuados al mismo	Heinz Center for Science, Economics, and the Environment (2000), Cutter, Mitchell, and Scott (2000), Morrow (1999), and Puente (1999).	A mayor crecimiento de la población, más vulnerable	% de tasa de crecimiento
Dependencia social	Los discapacitados presenta una clara dependencia que los hace más vulnerables	Morrow (1999), Heinz Center for Science, Economics, and the Environment (2000), Drabek (1996) and Hewitt (2000).	Discapacitados (+)	% de personas con discapacidad o enfermedad
Urbano/rural	Los residentes en ambientes rurales son más vulnerables debido a la lejanía de servicios esenciales Las ciudades más densas poseen una mayor dificultad de evacuación	Cutter, Mitchell, and Scott (2000), Cova and Church (1997), and Mitchell (1999).	Poblaciones rurales (-) Ciudad con mucha densidad (+)	Ubicación de asentamientos rurales Poblaciones con mayor densidad.

Fuente: Cutter at al, FEMA, HAZUS, University of South Carolina y Vancouver, British Columbia Willamette University

Además, se recogen otros parámetros, de aplicación más complicada y descartados en muchas metodologías, como son: el análisis de los servicios médicos (personas con seguros médicos, cuando no hay asistencia gratuita) o el número de coches por persona, los seguros de vida que pueden tener contratados la población, o las necesidades de la población que están recogidos y son considerados en diferentes estudios de la vulnerabilidad social llevados a cabo en Australia, Japón, Canada o Estados Unidos.

El Índice de Vulnerabilidad Social (SoVI), para cada unidad censal o unidad mínima administrativa de la zona de estudio, se calcula multiplicando el peso de cada indicador obtenido a partir de una escala de 0-1, por el grado obtenido de ese indicador (valor de 0-10). W_i es el peso del indicador y g_j el grado obtenido por dicho indicador de la evaluación de la escala ordinal 0-10.

$$SVI = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} w_i g_j$$

Es importante tener en cuenta que en la definición de estos parámetros, presenta mucha relevancia el concepto de recuperación tras el peligro, es decir, que también se evalúa en muchos de los estudios, el poder de recuperación que presenta la población tras una catástrofe (de ahí que se incluyan tantos parámetros socio-económicos).

3.3.3.4 **Desarrollo de metodologías**

Al abordar la valoración de cada uno de los parámetros que se incluyen en el Índice de Vulnerabilidad Social (SoVI), según el país considerado presenta un peso diferente. A continuación se recogen algunos ejemplos de esta valoración.

JAPON

En Japón (Institut of Geodesy and Geoinformatics, Sugo, Takizawa, Iwate), en el estudio de "*Mapping Social Vulnerability to Earthquake Hazards by using Analytic Hierarchy Process (AHP) and GIS in Tehran City, Bac-Bronowicz J. et al",* se utilizan los siguientes parámetros:

- *Población (valor o peso del indicador 0,236):* Dentro de la población se incluyen los siguientes factores: % de mujeres cuyo peso dentro del parámetro de población es de 0,31, densidad de población cuyo peso es de 0,219 y edad cuyo peso es de 0,336. Por ejemplo dentro de la edad, el porcentaje de personas mayores de 66 años tiene un valor de (0,333) y de menores de 14 años (0,667) y las personas sin casa un valor de 0,106.
- *Edificios (valor o peso del indicador 0,546):* Dentro de los edificios se diferencia entre: Calidad de la edificación (valor 0,75), ocupación (valor 0,25)

- *Distancia psicológica (valor o peso del indicador 0,147):* Se corresponde a la ubicación de Instalaciones de servicios (valor 0,25), instalaciones peligrosas (valor 0,75). Por ejemplo, la distancia a instalaciones peligrosas, cuyos valores se multiplican por el peso del indicador:
- 0-300 metros: 10
- 300-600: 7
- 600-9000: 5
- > 900: 2
- *Socio-económico (valor o peso del indicador 0,082):* Analfabetismo (valor 0,33), desempleo (0,164), empleo cualificado (0,114).
- Aplicando la fórmula del SoVI, multiplicando los pesos de los indicadores por su valor, se obtiene que los rangos del SoVI varían entre 2,25 = vulnerabilidad social muy baja y 9 = vulnerabilidad social muy alta.

AUSTRALIA

En Australia, en el documento "*Quantifying Social Vulnerability: A methodology for identifying those at risk to natural hazards, Dwye A. et al 2004*", se recogen los parámetros utilizados y la metodología seguida para estimar la vulnerabilidad social. Utilizan prácticamente los mismos parámetros que en EE.UU, (parámetros ya descritos con anterioridad). La importancia dada a cada uno de los parámetros es la siguiente:

Tabla: Importancia de los indicadores

Indicador	Valor
Dependencia social	39,92
Propiedad residencial	24,23
Educación	12,36
Estatus socioeconómico	11,59
Renta de viviendas	9,61
Edad	2,1
Tipo de ocupación	0,06
Pérdida de empleo	0,05
coche	0,02
Conocimiento idioma	0,01
Estructura familiar	0,01
Urbano/rural	0,01
Tipo de residencia	0,01
Seguro de salud	0,01
Genero	0,01

Fuente: Dwyer A. et al. 2004

CANADA

- En Canada, en el documento "*Vulnerable populations: a spatial assessment of social vulnerability to earthquakes in Vancouver*", British Columbia, Fox, J.C. et al., 2008", la valoración de cada parámetro es la siguiente:

Tabla: Importancia de los indicadores

Signo	Valor	Nombre	Variables
+	1	Económico	Renta de viviendas
			estatus socioeconómico
			mujeres con ingresos bajos
			Desempleo
			educación
			raze/etnia
			tipo de ocupación
+	2	Residencia	Población menor de 18 años
			Tipo de viviendas
			Propiedad residencial
+	3	Familiar	Crecimiento de la población
			Estructura familiar
+	4	Cambio de población	Dependencia social
			% Población mayor de 65

Fuente: Fox J.C.. et al. 2008

EEUU

En EEUU, en la metodología desarrollada por la Universidad del Sur de California *("Social Vulnerability to Enviromental Hazard, Cutter S.L. et al 2003, University of South California")*, la valoración de los parámetros es la siguiente:

Tabla: Importancia de los indicadores

Indicador	Valor
Estatus socio-económico	12,4
Edad	11,9
Educación	11,2
Pérdida de empleo	8,6
Propiedad residencial	7,0
Raza/etnia	6,9- 3,9
Tipo de Ocupación	3,2
Dependencia	2,9

Fuente: Cutter S.L. et al. 2003

ISLA DE SAN VICENTE (ST. VINCENT)

Metodología desarrollada para el análisis de la vulnerabilidad por riesgo volcánico en la isla de San Vicente, en el documento "Analysing vulnerability to Volcanic Hazards: Aplication to St. Vincent, jane Lowe C., 2010, University College London". En este documento aplica la misma metodología que Cutter, aunque debido a la falta de información de la isla, los indicadores utilizados para estimar la vulnerabilidad social son limitados.

Tabla: Indicadores utilizados en el estudio de la vulnerabilidad social por riesgo volcánico de San Vicente

Variables de Cutter et al. (2003)	Variables de vulnerabilidad obtenidas por encuestas (x variable no identificada)
Estatus socioeconómico	Pobreza
Genero	x
Raza o etnia	x
Edad	> 65 y < 4 años
Desempleo	x
Urbano/rural	x
Propiedad residencial	Se diferencian 5 tipos de edificaciones
Renta de viviendas	x
Tipo de ocupación	x
Estructura familiar	Se incluye los datos de las unidades familiares
Educación	Población que no ha ido a la escuela
Crecimiento población	x
Servicios médicos	x
Dependencia social	x

Fuente: Jane Lowe C., 2010

3.3.3.4.1 *Nivel autonómico o Canarias*

Entre los estudios y planes existentes en España, el Plan de Riesgos de inundación de Castilla La Mancha (PRICAM) es uno de los planes que incorpora una metodología muy similar a la desarrollada en la estimación del SoVI.

PRICAM

Lleva a cabo un análisis cualitativo o semi-cualitativo de la vulnerabilidad social, estudiando diversos parámetros relacionados con la población que son ponderados y representados en mapas. Mediante la combinación de todos los mapas obtenidos se estima la vulnerabilidad social. En este caso la vulnerabilidad social se divide en dos grupos: individual y colectiva (Diez et al., 2008).

La vulnerabilidad individual recoge datos como: Conocimientos del idioma, edad de la población (menores de 5 años y mayores de 65 años), número de personas discapacitadas (si bien en plan no se disponían de datos y no se incorporó), enfermos en hospitales, accesibilidad a los edificios, estado de conservación de los edificios o plantas de los edificios).

Mapa de porcentaje de población desconocedora del idioma castellano: Se diferencia este personas españolas, personas extranjeras pero con conocimiento del idioma por ser el castellano y un tercer grupo conformado por población no española y cuyos países de origen tienen lenguas oficiales distintas al español

Mapa de segmentación de la población por edades: Porcentaje de población que por su edad es más vulnerable.

Vulnerabilidad Baja	10-45 años
Vulnerabilidad Media	5-10 y 45-65 años
Vulnerabilidad Alta	0-5 y >65 años

Mapa de vulnerabilidad debido a los Enfermos Hospitalarios: A partir de la ubicación de los hospitales, se estima el número de hospitales por núcleo de población y el nº de camas disponibles en cada núcleo.

Mapa de tipología de edificios en función de su accesibilidad: Los edificios se han clasificado en:

- Accesible y con Ascensor
- Accesible y sin Ascensor
- No Accesible y con Ascensor
- No Accesible y sin Ascensor

Mapa de tipologías de edificios en función de su estado de conservación: Se trata de expresar la influencia del estado del edificio sobre la vulnerabilidad de la población.

ANT. 1900				1900 - 1940				1940 - 1970				1970 - 2001			
R	M	D	B	R	M	D	B	R	M	D	B	R	M	D	B

R = RUINOSO / **M** = MALO / **D** = DEFICIENTE / **B** = BUENO

Mapa de tipologías de edificios en función del número de plantas: La población es más vulnerable en función del número de plantas del edificio, al ser más difícil su evacuación.

La vulnerabilidad colectiva se refiere a la variables como: Densidad de población por vivienda, la interrupción de las vías de comunicación, nº de vías por término municipal, nº de intersecciones vía-corriente fluvial, existencia de zonas adecuadas para la evacuación, pendiente del terreno, distancia con cauces y distancia a los núcleos de población.

Mapa de vulnerabilidad por densidad de población por vivienda: Grado de ocupación de las viviendas, cruzando la densidad de población por el nº total de viviendas pro sección censal.

Mapa de vulnerabilidad por interrupción de vías de comunicación: Se han designado las zonas de cruce de carreteras con curso de agua.

Mapa de vulnerabilidad por existencia de áreas de evacuación: Para cada núcleo de población se ha asignado un valor en función de la distancia existente entre la población y la zona de evacuación.

Para obtener el resultado final, se realiza una ponderación de cada variable, distinguiendo entre 5 valores (1,2,3,4,5) según el grado de importancia (de menor a mayor respectivamente) que cada experto asigna a esa variable en el conjunto del criterio o componente.

La valoración de estos parámetros para su combinación es la siguiente:

MAPA VULNERABILIDAD SOCIAL	MEDIA	MODA
Vulnerabilidad Individual		
Población especialmente vulnerable	4.00	4
Menores de 6 años (21)	3.75	5
Mayores de 65 años (21)	3.94	5
Discapacitados (21)	3.94	4
Conocimientos del Idioma (22)	2.56	2
Enfermos y convalecientes (hospitales) - (21)	3.81	5
Infraestructuras para vulnerabilidad (paliar o agravarla)	4.00	4
Accesibilidad de los edificios (23)	3.00	3
Estado de conservación de los edificios (24)	3.47	3
Nº de plantas sobre rasante (25)	3.67	4
Nº de plantas bajo rasante (26)	4.40	5
Vulnerabilidad Colectiva		
Existencia de zonas adecuadas para la evacuación	4.67	5
Pendiente del Terreno (6)	3.73	3
Distancia a los Cauces (3)	3.53	5
Distancia a Vías de Comunicación (27)	3.60	4
Distancia a los Nucleos de Población (28)	4.00	4
Existencia de vías de socorro, servicios y evacuación (29)	4.73	5

Está metodología presenta una serie de limitaciones, como son: La elección de forma subjetiva de estas variables, la carencia de datos y la imposibilidad de aplicar estos criterios al nivel administrativo mínimo (núcleo y entidad de población), solo es aplicable a nivel municipio, **ACA**

Otro ejemplo de identificación de parámetros que definen la vulnerabilidad social es el desarrollado por el **ACA (Agencia Catalana del Agua/INCLAM S.A.**), con los criterios del DEFRA (*Department for Environment Food and Rural Affairs, Gran Bretaña)*[18], que considera la vulnerabilidad de las personas en función de los siguientes parámetros:

- % de personas con problemas de movilidad
- % de personas con edad mayor de 65 años
- % de personas con edad inferior a 5 años

3.3.3.5 **Metodología a aplicar, zonificación y valoración**

Al analizar los parámetros que servirán para identificar la vulnerabilidad social es importante tener en cuenta la información base espacial disponible, procedente del Inventario de

[18] **DEFRA,** (2008) Assessing And Valuing The Risk To Life From Flooding For Use In Appraisal Of Risk Management Measures, Gran Bretaña

Elementos Expuestos y concretamente la población que esta expuesta estos proceso naturales (Exposición Social). Así como la información o fuente de datos INE/ISTAC cuya escala espacial mínima son los distritos censales y secciones censales, que permita caracterizar la fragilidad o vulnerabilidad de esta población expuesta existente el territorio.

Todos los elementos donde se concentre la población expuesta incluidos dentro de una misma sección censal presentarán los mismos valores, si bien, existen elementos concretos que tendrán un determinado valor por sus características (por ejemplo, en el análisis de la edad, no es lo mismo una Residencia de la 3ª edad, donde la mayor parte son personas mayores de 65 años, que una edificación urbana (presencia según la media del municipio) o unas oficinas (donde la presencia de personas de mayores de 65 años es nula al estar jubiladas).

No todos los parámetros establecidos en el SoVI serán considerados puesto que gran parte de los mismos estarán destinados a la estimación de la valoración del grado de recuperación que tiene esa población tras el peligro o catástrofe, no siendo este aspecto considerado en el presente proyecto.

Teniendo en cuenta las metodologías analizadas, se considerada adecuado dividir la vulnerabilidad social en dos grupos: individual y colectiva, de forma similar al PRICAM.

3.3.3.5.1 *Vulnerabilidad social individual*

La vulnerabilidad individual depende fundamentalmente de la fragilidad física de cada persona. Dentro de la vulnerabilidad social individual se utilizarán los siguientes parámetros para estimarla:

EDAD

La edad de la población se utiliza como parámetro identificativo, designando 3 rangos de edad:

1. Porcentaje de población entre los 14 y 65 años
2. Porcentaje de población entre los 0-17 años.
3. Porcentaje de población con edad mayor de 65 años, considerando que en este rango de edades se incluyen las personas que pueden ser dependientes y que presentan una mayor vulnerabilidad.

A partir de los datos del INE/ISTAC, que utilizan como unidad mínima administrativa ella sección censal, se estimarán los porcentajes de población comprendidos entre los rangos de edad descritos y se valorarán la mayor parte de los elementos de la forma siguiente.

$$Porcentaje\ de\ pob. = \frac{Pob.\ con\ rango\ de\ edad\ determinada\ en\ la\ sección\ censal}{Pob.\ total\ de\ la\ sección\ censal}\ x\ 100$$

Tabla: Valoración según franja de edad

Franja de edad	0-2,5% del total del municipio	2,5-5 %	5-10 %	10-15 %	> 15 %
Porcentaje de población entre 0-17 años	0,05	0,1	0,15	0,2	0,4
Porcentaje de población mayor de 65 años	0,05	0,1	0,15	0,2	0,4

Fuente: Elaboración propia

En el caso de la edad existen algunos elementos especiales donde no se aplicará el valor del municipio o sección censal sino valores fijos, estos lugares se corresponden con:

Tabla: Elementos con valoración especial

Franja de edad	Tipo-subtipo	Valor
Elementos con alto porcentaje de población inferior a 5 años	Centro de educación infantil-preescolar	1
Elementos con alto porcentaje de población entre 5 y 17 años	Centro educativo Primaria/Secundaria/Especial	1
Elementos con alto porcentaje de población mayor de 65 años	Residencia 3º edad, Centro de día	1
Elementos con escaso porcentaje población < 14 años y > 65 años	Servicios de seguridad y emergencias, instalaciones industriales, centros de investigación, Instalaciones radiológico-nucleares, mineras, abastecimiento de agua, saneamiento, red eléctrica, telecomunicación y residuos, centros de educación superior, medios de comunicación social	0

Fuente: Elaboración propia

Vul. individual edad = % pob. entre 0-17 años + % de pob. > 65 años y/o elementos especiales

Realizando la suma de los valores establecidos anteriormente, teniendo en cuenta que los elementos especiales alcanzan el valor máximo y no se les suma ningún porcentaje, se establecen los siguientes niveles de vulnerabilidad individual en función de la edad según su valor:

Tabla: Niveles de vulnerabilidad individual según la edad

Niveles	Valores
Muy Baja	0-0,24
Baja	0,25-0,29
Moderada	0,30-0,59
Alta	0,60-0,79
Muy Alta	> 0,79

Fuente: Elaboración propia

CONOCIMIENTO DEL IDIOMA

La nacionalidad de la población permite estimar el grado de conocimiento de la lengua, si bien, aunque no se indica el número de años de la población en el municipio, si refleja a grandes rasgos las población que puede presentar cierta vulnerabilidad por el idioma.

Este valor se recoge a partir del porcentaje obtenido del número de personas de países de habla no hispana resto al total de la población en esa unidad mínima administrativa.

Tabla: Valores según nacionalidad y porcentaje respecto al total de la población

Valor según porcentaje/Países	0 - 1 %	1- 3 %	3 - 10 %	10 - 25 %	> 25%
Países no habla hispana (resto de países)	0,1	0,4	0,6	0,8	1

Fuente: Elaboración propia

Vul. individual idioma = % de pob. países habla no hispana

Realizando la suma de los valores establecidos anteriormente, se establecen los siguientes niveles de vulnerabilidad individual en función del idioma según su valor:

Tabla: Niveles de vulnerabilidad individual según la edad

Niveles	Valores
Muy Baja	0-0,1
Baja	0,2-0,4
Moderada	0,5-0,6
Alta	0,7-0,9
Muy Alta	1

Fuente: Elaboración propia

PERSONAS DEPENDIENTES O ENFERMAS

A partir de la ubicación de los hospitales y de las residencias de la tercera edad, se considera estos elementos como puntos de acumulación de personas dependientes, presentando una mayor vulnerabilidad y clasificándose con un valor de 1. El resto se elementos del territorio, respecto a este aspecto se considera como 0.

NUMERO DE PLANTAS DE LOS EDIFCIOS

Se estimará el número de plantas que presentan los edificios, puesto que está relacionado con la dificultad de evacuación de la población y con el grado de fragilidad de la misma.

Tabla: Valoración según el nº de plantas del edifico

Tipo de edificio	0-2,5% del total del municipio
Edificios de una o dos plantas	0,1
Edificios de entre 2-5 plantas	0,7
Edificios de más de 5 plantas	0,5

Fuente: Elaboración propia

Los edificios de más de 5 plantas suelen tener ascensores y sistemas de evacuación, al ser con frecuencia más modernos que los de entre 2-5 plantas.

El resto de variables utilizadas en la metodología del PRICAM no se podrán utilizar actualmente en Canarias por la carencia de información y su difícil aplicabilidad a la unidad mínima administrativa, siendo un campo a profundizar en futuros desarrollos del presente proyecto. Para estimar el total de vulnerabilidad individual, se aplicará la siguiente fórmula

Vul. individual = 5 x (EDAD) + 2 x (IDIOMA) + 5 x (DEPENDIENTES) + 4 x (Nº DE PLANTAS)

Obteniendo como resultado los siguientes 5 niveles:

Tabla: Niveles de vulnerabilidad individual total

Niveles	Valores
Muy Baja	0-3,5
Baja	3,5-7
Moderada	7-12
Alta	12-15
Muy Alta	15

Fuente: Elaboración propia

3.3.3.5.2 *Vulnerabilidad social colectiva*

La vulnerabilidad colectiva se refiere fundamentalmente a las características de ciertas infraestructuras, bienes y elementos estructurantes que influyen sobre la población. Se analizarán los siguientes parámetros: densidad de población, situación de los centros sanitarios, distancia a las vías de comunicación y distancia a los transportes de evacuación.

DENSIDAD DE POBLACIÓN

La *densidad de población*, viene dada por el valor de la población de una sección censal (la unidad mínima administrativa de la que se tienen datos de población en Canarias es la sección censal) respecto a la superficie de la misma. Se utiliza como herramienta para determinar las zonas donde debido a una gran cantidad de población la evacuación puede implicar un mayor grado de fragilidad, al aumentar la cantidad teórica de gente que se ve afectada y por tanto los recursos necesario para su atención.

Tabla: Valoración de la densidad

Densidad Personas/km^2	Valor
< 250	0,2
250-500	0,5
500-1.000	0,8
> 1.000	1

Fuente: Elaboración propia

DISTANCIA A VIAS DE COMUNICACIÓN

La *distancia a las vías de comunicación principales* (autopistas, autovías y vías rápidas) es objeto de estudio, puesto que a mayor lejanía de las mismas, mayor es la vulnerabilidad social existente, al ser mayor el tiempo de evacuación. El rango en función de la distancia será de:

Tabla: Valoración según la distancia a las vías principales

VARIABLE	Valor
< 1.000 metros	0,2
1.000-5.000 metros	0,5
5.000-10.000 metros	0,8
> 10.000 metros	1

Fuente: Elaboración propia

DISTANCIA A CENTROS DE TRANSPORTE

La *distancia a los centros de transporte de evacuación (aeropuertos, helipuertos y puertos),* también se valora con la finalidad de ser una variable relacionada con el tiempo de evacuación de las personas. De igual forma que en el caso anterior, el rango en función de la distancia será:

Tabla: Valoración según la distancia a los centros de evacuación

VARIABLE	Valor
< 1.000 metros	0,2
1.000-5.000 metros	0,5
5.000-10.000 metros	0,8
> 10.000 metros	1

Fuente: Elaboración propia

A partir de la estimación de los parámetros anteriormente descritos se aplica el siguiente peso a cada uno, obteniendo mediante la multiplicación directa en función del peso de cada parámetro y su valor estimado anteriormente, un único valor que se utilizará para estimar la vulnerabilidad colectiva.

Tabla: Ubicación de infraestructuras y su vinculación con la vulnerabilidad colectiva

VARIABLE	PESO
Densidad de Población	4
Vías de Comunicación	5
Existencia zonas adecuadas para Evacuación	5

Fuente: PRICAM

Para estimar el total de vulnerabilidad individual, se aplicará la siguiente fórmula

Vul. individual = 4 x (DENSIDAD) + 5 x (VIAS DE COMUNICACIÓN) + 5 x (CENTROS TRANSPORTE)

Obteniendo como resultado los siguientes 5 niveles:

Tabla: Niveles de vulnerabilidad individual total

Niveles	Valores
Muy Baja	0-3
Baja	3-5
Moderada	5-11,2
Alta	11,2-14
Muy Alta	14

Fuente: Elaboración propia

3.3.3.5.3 *Vulnerabilidad social: Unión de vulnerabilidad individual y vulnerabilidad colectiva*

Con la finalidad de tener una información única y facilitar su manejo y representación, se llevara a cabo la unión de las valores obtenidas con anterioridad (vulnerabilidad individual y colectiva) obteniendo la vulnerabilidad social.

Para proceder a la unión entre la vulnerabilidad colectiva e individual, se procede a la suma directa de los valores de ambos parámetros, aplicando la siguiente fórmula:

Vulnerabilidad social = Vulnerabilidad individual + Vulnerabilidad colectiva

Obteniendo como resultado los siguientes 5 niveles:

Tabla: Combinación del a vulnerabilidad individual y colectiva

Vulnerabilidad social	Valor
Muy alta	0-6
Alta	6-12
Media	12-23
Baja	23-29
Muy baja	29

Fuente: Elaboración propia

3.3.4 *Vulnerabilidad económica*

3.3.4.1 **Introducción**

Definición

Se entiende como vulnerabilidad económica a la estimación del grado de fragilidad que puede sufrir los bienes, servicios, edificaciones o infraestructuras existentes en Canarias, como consecuencia de un proceso natural.

3.3.4.2 **Objetivo**

La estimación de la vulnerabilidad económica tiene como objetivo identificar aquellas características que generan un mayor grado de fragilidad en las tipologías de las edificaciones, infraestructuras, bienes y servicios ante cualquier riesgo natural.

Tabla: Caracteristicas a analizar según el riesgo

Building Characteristics	Flood	Earthquake	Tsunami	Tornado	Coastal Storm	Landslide	Wildfire
Building Type / Type of Foundation	✓	✓	✓		✓		
Building Code Design Level / Date of Construction	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Roof Material				✓	✓		✓
Roof Construction				✓	✓		✓
Vegetation							✓
Topography	✓				✓	✓	✓
Distance from the Hazard Zone	✓		✓		✓	✓	✓

Fuente: FEMA (Federal Emergency Management Agency). Understanding your Risks, Identifying hazards and estimating losses.

A la hora de analizar la vulnerabilidad económica es importante tener en cuenta que las características o parámetros de identificación del grado de fragilidad de los bienes, servicios,

edificaciones o infraestructuras, son función del tipo de riesgo que se produzca. A modo de ejemplo y para el caso de las edificaciones, el FEMA (Federal Emergency Management Agency) recoge las características a analizar de las edificaciones en función de cada tipo de riesgo.

De forma similar ocurre con el resto de usos del suelo, ya que por ejemplo, no presenta la misma vulnerabilidad económica un parque urbano ante un riesgo sísmico que ante un riesgo de inundación.

Por tanto, la vulnerabilidad económica se analizará en función del tipo de riesgo que se produce. Primero se analizará la vulnerabilidad de las edificaciones y las metodologías llevadas a cabo para estimar las mismas y posteriormente se analizará la vulnerabilidad económica del resto de usos suelo que no presentan edificaciones, todos ellos expresados según el tipo de riesgo considerado.

3.3.4.3 **Vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo sísmico**

La respuesta dinámica de una estructura a un sismo es un proceso complejo que depende de diversos parámetros interrelacionados, que son a menudo difíciles o imposibles de determinar con precisión, tales como: el carácter exacto del movimiento del terreno que experimenta el edificio, la extensión en que la estructura va a ser afectada y su respuesta ante la sacudida, la resistencia de los materiales en la estructura, la calidad de la construcción, la interacción entre los elementos estructurales y no estructurales, etc.

3.3.4.3.1 *Metodologías existentes*

Para el estudio de la vulnerabilidad económica de las edificaciones ante un riesgo sísmico existen diferentes métodos:

Métodos estadísticos: Se clasifican las construcciones en tipologías constructivas a partir de un determinado número de parámetros.

Métodos analíticos: Análisis detallado del comportamiento de las construcciones y de su interacción con el suelo a través de modelos matemáticos. Son de difícil aplicación en estudios de gran alcance, por su complejidad y la falta de conocimiento de las efectos de un sismo sobre el suelo y las edificaciones.

Modelos subjetivos: Se basan en el juicio de expertos y en datos empíricos de sismos. Son adecuados para estimar la vulnerabilidad de edificios e instalaciones en conjunto.

Dentro de estos métodos, no existe una método estándar para estimar la vulnerabilidad, sino que se utilizan diferentes metodologías según el país o la región donde se aplican:

Figura: Metodologías que evalúan la vulnerabilidad de las edificaciones.

	Vulnerability Assessment Methods	Soft Storey	Heavy Overhang	Short Column	Pounding Possibility	Structure age	Building Height	Uncertainty
1	FEMA 154	N	N	N	N	Y	Y	N
2	FEMA 310	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N
3	IITK GSDMA	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N
4	Euro Code8	-	-	-	N	Y	Y	Y
5	New Zealand Code	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
6	NRC Guidelines (NRCC)	Y	N	Y	Y	Y	-	N
7	Modified Turkish Method	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N

"N"= Not Considered, "Y"= Considered, "-"= Not Clearly Mentioned

Fuente: Elaboración propia

Estas metodologías se han ido aplicando y desarrollando en los numerosos planes de Protección Civil frente al riesgo sísmico desarrollados en España y en diversos artículos relacionados. De todos estas metodologías, los parámetros más utilizados para establecerlas son básicamente dos: Estructurar las edificaciones según clases de vulnerabilidad (Chávez,1998; y Roca et al., 2006) o según índices de vulnerabilidad, metodología desarrollada dentro del proyecto Europeo Risk-UE (Mouroux & Lebrun, 2005) por Giovinazzi & Lagomarsino (2002). A continuación se recogen algunos ejemplos, entre ellos los más recientes y aplicados en España (tienen en cuenta la tipología constructiva nacional y la información disponible):

El **Plan de Riesgos Sísmicos de Murcia (SISMIMUR)** lleva a cabo la metodología de clases de vulnerabilidad.

El **Plan de Emergencias Sísmicas de Galicia (SISMIGAL**), estima la vulnerabilidad a partir de métodos estadísticos y subjetivos, aplicando la metodología de las clases de vulnerabilidad.

En los artículos "***Realización de escenarios de daños en el principado de Andorra: aplicación a la zona más poblada del país. (González M. et al. 2007) y "Escenarios de riesgo sísmico para la ciudad de Málaga" (Irizarry J. et al. 2007)*** de la Asociación Española de Ingeniería Sísmica Girona, 8-11 mayo 2007", se desarrolla la metodología de índices de vulnerabilidad y de clases de vulnerabilidad.

La metodología de índices de vulnerabilidad también queda desarrollada en el **Plan de Emergencias por riesgo Sísmico de Navarra (SISNA).**

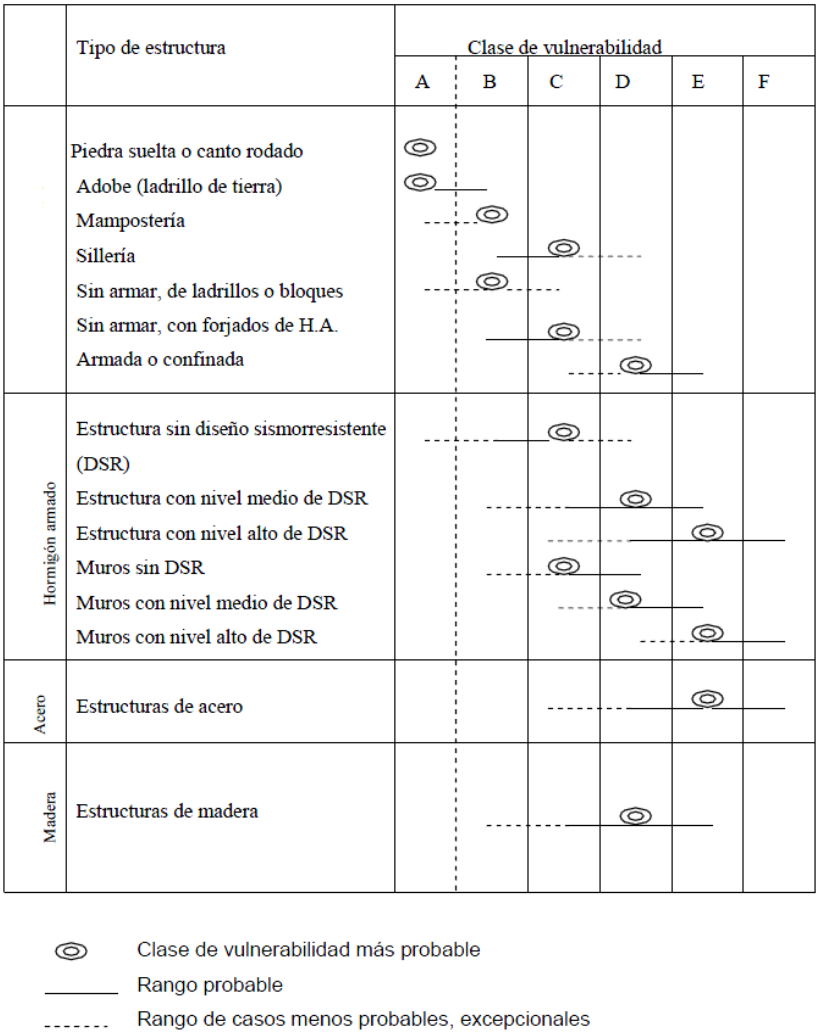
3.3.4.3.2 *Desarrollo de las metodologías*

SISMIMUR

El Plan aplica la metodología de clases de vulnerabilidad. Para ello lleva a cabo una identificación y clasificación de las tipologías constructivas de los edificios en Murcia, a partir del análisis y selección de datos existentes (datos inmobiliarios de INE y de Catastro). Estas fuentes de información no recogen la tipología constructiva, siendo determinada a partir de la fecha de construcción de la edificación y del análisis de expertos de la arquitectura de la zona. Para definir las clases según la fecha de origen de la edificación, se evalúa la aplicación de la norma sismoresistente en la zona y a partir de la misma se estima la calidad de la construcción.

Establecidos los rangos de fechas, las edificaciones se clasifican según las clases de vulnerabilidad de la EMS-98 que distingue un total de 6 tipos (A-F), excluyendo las clases E y F por considerarse tipologías no vulnerables.

Figura: Clases de vulnerabilidad consideradas de la EMS-98.



Fuente: EMS-98.

A partir de esta información, se obtienen los siguientes resultados (expresados en tanto por uno), donde se diferencia entre las zonas rurales (menos probable que sean zonas de aplicación de la norma sismoresistente) y las zonas urbanas.

Tabla: Tipo de vulnerabilidad en función del año de construcción para entornos rurales de la región de Murcia.

	<1900	1901-1920	1921-1940	1941-1950	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-1995	1996-2001
A	0.8	0.72	0.72	0.70	0,50	0,20	0,10			
B	0,2	0,28	0,28	0.30	0,50	0.65	0,55	0,53	0.38	0.31
C						0,15	0.35	0.47	0.62	0,59
D										0,10

Fuente: SISMIMUR

Tabla: Tipo de vulnerabilidad en función del año de construcción para entornos urbanos de la región de Murcia.

	<1900	1901-1920	1921-1940	1941-1950	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-1995	1996-2001
A	0.8	0.72	0.72	0.69	0.46	0,18	0.05			
B	0,2	0,28	0,28	0,28	0.49	0.38	0.40	0.38	0,28	0,18
C				0.03	0.05	0.44	0,55	0,57	0.62	0.69
D								0.05	0,1	0,13

Fuente: SISMIMUR

La información de las matrices de las tablas se utilizan para desglosar los tipos vulnerables para cada entidad de población, de tal forma que según la antigüedad de las edificaciones de una entidad de población, se estima el porcentaje de los tipos de vulnerabilidad (A-D) sobre el total para cada entidad de población. Finalmente, para estimar la vulnerabilidad económica total, se clasifica aplicando la siguiente fórmula:

- Vulnerabilidad Alta (A% >=45%)
- Vulnerabilidad Media (A% +VULNERABILIDAD B%>=50%)
- Vulnerabilidad Baja (C>=40%, el mínimo incluido es 44,5%)

SISMIGAL

En este caso, la clasificación de las tipologías de las edificaciones en Galicia se lleva a cabo en función de la antigüedad y la altura, agrupadas según las clases de vulnerabilidad de la EMS-98. Utiliza dos criterios:

- Siguiendo las indicaciones de las tipologías de las edificaciones en Cataluña (Safina, 2003), que establece tres periodos constructivos (antes de 1950, entre 1950-1970 y posterior a 1970).
- Teniendo en cuenta el proyecto SES 2002 que establece 4 clases distintas (antes de 1950, 1950-1975, 1976-1995 y posterior a 1996), puesto que esta clasificación recoge tanto la evolución histórica como el progreso de la normativa sismoresistente.
- Antes de 1950.

- Periodo entre 1950-1975. En 1968 se aprueba la norma básica sismoresistente PGS-1, en la que se prescribe el cálculo de las acciones sísmicas para determinadas estructuras, pero no es operativa hasta la Norma Tecnológica de la Edificación NTE-ECS/1973. Por otra parte es a partir de 1970 cuando se generaliza el uso del hormigón.
- Periodo entre 1976-1995. Norma sismoresistente PDS-1 (1974), que aborda de forma más detallada, el cálculo de estructuras frente a las acciones sísmicas. Coincide con la construcción relevante de edificios con estructura de acero.
- A partir de 1995, coincide con el proceso edificatorio de control de calidad, normas sismoresistentes NCS-94 y NCS-02.

En el primer caso (rango de 3 clases de antigüedad), se tiene en cuenta la altura de las edificaciones que se clasifican de acuerdo a dos valores extremos: el primero define los edificios bajos y se corresponde a una altura de 12 m, altura para la cual las paredes son suficientemente resistentes para soportar las cargas gravitacionales de seguridad, el otro margen considerado, que define los edificios altos, es la altura de 18 m. Como nivel intermedio se considera una altura de 15 metros (Mañá, F. 1995). A partir de la altura y de los rangos de fecha, se establece la siguiente distribución:

Tabla: Clasificación de los edificios de vivienda en clases de vulnerabilidad de acuerdo con la EMS-98 adaptada a Cataluña

Plantas	< 1941		1949-1971		> 1971	
	Urbano	Rural	Urbano	Rural	Urbano	Rural
< 4 plantas	20% A + 80% B	30% A +70% B	5 % A + 50% B + 45%C	15 % A + 70% B + 15%C	85%C +15%D	5% A + 20% B + 65%C + 10%D
= 4-5 plantas	20% A + 80% B	40% A + 60% B	10% A + 60% B + 30%C	20% A + 70% B + 10%C	5% A + 20% B + 65%C + 10%D	10% A + 30% B + 55%C + 5%D
> 5 plantas	40% A + 60% B	60% A + 40% B	15 % A + 70% B + 15%C	30% A + 65% B + 5%C	8% A + 27% B + 60%C + 5%D	15% A + 45% B + 40%C

Fuente: Chávez 1998 y Roca et al. (2006)

Tabla: Clasificación de los edificios de vivienda en clases de vulnerabilidad de acuerdo con la EMS-98 adaptada a Málaga

Plantas	Clase Vuln.	Hasta 1950	1951- 1960	1961- 1970	1971- 1980	Después de1980
<= 5	A	20	12	14	10	20
	B	80	40	40	40	40
	C	0	47	42	40	30
	D	0	1	4	10	10
> 5	A	40	20	20	20	30
	B	60	50	40	40	30
	C	0	30	35	35	30
	D	0	0	5	5	10

Fuente: Irizarry et al. 2006

En el segundo caso, según el SES, únicamente se tiene en cuenta la fecha y la ubicación, diferenciando entre zonas urbanas y zonas rurales.

Tabla: Clasificación de los edificios de vivienda en clases de vulnerabilidad de acuerdo con la EMS-98 adaptada a al SES 2002.

Fecha de Construcción	Urbana	Rural
Antes de 1950	35%A+65%B	45%A+55%B
1950-1975	15%A+65%B+20%C	25%A+70%B+5%C
1976-1995	7%A+20%B+58%C+15%D	5%A+20%B+65%C+10%D
Posterior a 1995	5%A+10%B+50%C+20%D+15%E	20%B+60%C+20%D

Fuente: SISMIGAL

En ambos casos, la vulnerabilidad económica total se estima mediante la siguiente relación y se expresa por la unidad mínima administrativa de Galicia (las parroquias):

Tabla: Clasificación de la vulnerabilidad según el porcentaje de edificios con vulnerabilidad A, B, C y D.

Vulnerabilidad	Condición	Descripción
Alta	1	A > 25% + B > 50% + (C+D) < 25%
Media	2 3 4	A < 25% + B > 50% + (C+D) < 25% A < 25% + B > 50% + (C+D) > 25% A < 25% + B < 50% + (C+D) < 50%
Baja	5	A < 25% + B < 25% + (C+D) > 50%

Fuente: SISMIGAL

ARTÍCULOS DE ANDORRA Y MÁLAGA

Esta metodología está desarrollada entre otros en los artículos *"Realización de escenarios de daños en el principado de Andorra: aplicación a la zona más poblada del país. (González M. et al. 2007) y "Escenarios de riesgo sísmico para la ciudad de Málaga" (Irizarry J. et al. 2007)* de la Asociación Española de Ingeniería Sísmica Girona, 8-11 mayo 2007", donde también se desarrolla la metodología de índices de vulnerabilidad y que se describe a continuación.

Este método define el índice de vulnerabilidad convencional (VI) de las edificaciones, que representa la pertenencia de una estructura a una clase de vulnerabilidad determinada. Este índice tiene en cuenta factores como: edad de la construcción, número de plantas, irregularidades en planta y en altura, material de los muros de la edificación, etc. La función de distribución de probabilidad se obtiene a partir de la distribución beta, caracterizada por un grado de daño medio µD.

$$\mu_d = 2.5\left[1 + tanh\left(\frac{I + 6.25V_I - 13.1}{2.3}\right)\right]$$

Este parámetro se calcula en función de la intensidad del movimiento I (EMS-98) y del índice de vulnerabilidad VI.

Esta metodología se ha aplicado en el proyecto Risk-UE para evaluar 7 ciudades de Europa: Barcelona (España), Bucarest (Rumania), Catania (Italia), Sofia (Bulgaria), Bitola (Yugoslavia), Thessaloniki (Grecia) y Niza (Francia) (Mouroux & Lebrun, 2006).

Las tipologías representativas son las siguientes:

Tabla: Principales tipologías de edificaciones para la zona piloto de Andorra con sus correspondientes índices de vulnerabilidad de Risk-UE

Tipología	Descripción	Risk-UE	Índice de vulnerabilidad medio (IV)
Mampostería	Piedra fragmentada, irregular o al natural	M 1.1	0.873
	Muros de Piedra Simple	M1.2	0,740
	Solera de madera	M 3.1	0.740
	Losas de hormigón armado	M 3.4	0.616
Hormigón armado	Pórticos de hormigón armado rellenos de mampostería:	RC 3	0.402
	Muros de cortante de hormigón armado	RC 2	0.386
Acero	Pórticos de acero resistentes al momento	S 1	0.363

Fuente (Mouroux & Lebrun, 2006).

La asignación de los porcentajes se realiza a partir de campañas de campo, con la confirmación de los arquitectos de la zona (conocedores de la evolución de la construcción) para todos los polígonos.

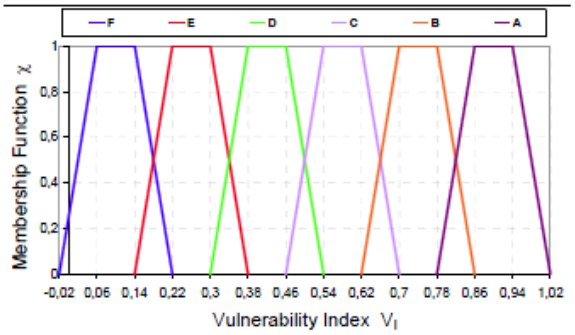
Tabla: Porcentajes de las tipologías estructurales para Andorra y Málaga

Nº plantas	Estructura	Tipología	ANDORRA			MALAGA				
			< 1950	1950-1970	> 1970	Antes 1950	1951-1960	1961-1970	1971-1980	Después de 1980
< 5 plantas	Mampostería	M 1.1	70							
		M.1.2				20				
		M 3.1	30	30	5	80				
		M 3.4		50	5		70	15		
	Hormigón armado	RC 3.1		20	80				66	100
	Acero	S1			10					
5 plantas	Mampostería	M 1.1				20				
		M 3.1	100	30	5	80				
		M 3.4		50	5		70	15		
	Hormigón armado	RC 3.1		20	80				66	100
	Acero	S1			10					
> 5 plantas	Mampostería	M 1.1								
		M 3.1	100	20	5	100				
		M 3.4		50	5					
	Hormigón armado	RC 3.1		30	80		100	100	100	100
	Acero	S1			10					

Fuente: González et al y Irizarry et al 2007

Para representar los resultados se considera la relación entre la escala EMS-98 y los índices de vulnerabilidad extraída de Giovinazzi & Lagomarsino (2004) y Giovinazzi (2005).

Figura: Relación entre la clasificación EMS-98 y los índices de vulnerabilidad



Clase A, Iv ≥ 0.82
Clase B, 0.66 ≤ Iv ≤ 0.82
Clase C, 0.50≤ Iv ≤ 0.66
Clase D, 0.340≤ Iv ≤ 0.50
Clase E, 0.18≤ Iv ≤ 0.340
Clase F, Iv ≤ 0.18

Fuente: Giovinazzi & Lagomarsino (2004) y Giovinazzi (2005).

SISNA

El Plan lleva a cabo una clasificación de las edificaciones de acuerdo a sus características constructivas, a sus prestaciones sismoresistentes exigidas en las sucesivas normas españolas y a su distribución geográfica. Para ello utiliza los criterios empleados en la escala EMS-98, el FEMA, para lo cual estima la vulnerabilidad con el método de Índice de Vulnerabilidad (RISK UE), ya desarrollado anteriormente.

3.3.4.4 Metodología a aplicar en la estimación de la vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo sísmico, valoración y zonificación

Al elegir una metodología para estimar la vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo sísmico en Canarias, es importante evaluar la información disponible de forma general (no solo a nivel local), que describe las características especificas de las edificaciones en Canarias:

- Año de construcción: Información disponible en catastro. Es posible obtener la fecha o año de construcción aproximado de la edificación a partir de los datos disponibles en catastro.
- Altura del edificio: Información disponible en Canarias, mediante la utilización de la metodología LIDAR.
- Tipología constructiva: Información no disponible en Canarias. Si bien, es posible valorar en un rango de fechas de construcción, las características de las edificaciones en Canarias. Por ejemplo, el hormigón en España no se generalizó hasta 1970.
- Tipo de cimentación: Información no disponible en Canarias, aunque según la altura de la edificación es posible establecer una relación con el tipo de cimentación. De acuerdo con el método de Terzaghi (1943) que es ampliamente utilizado en ingeniería civil para el análisis base, la cimentación puede deducirse como una función directa de la carga del edificio y el tipo de suelo. Si asumimos que todos las estructuras de los edificios se ubican en el mismo tipo de suelo, la fuerza de la cimentación se convierte en una función directa de la carga del edificio y se correlaciona con el número de pisos del mismo.

- Estado del edificio: En el Mapa Topográfico existe una categoría que registra los edificios abandonados o en ruinas. Seleccionando estas edificaciones como Edif/Const. "En ruinas". Recinto, con un nivel de 5421.

Para el cálculo de la vulnerabilidad de las edificaciones en Canarias por riesgo sísmico se utilizará la siguiente tabla, adaptada a las condiciones particulares de las mismas.

Tabla: Clasificación de los edificios de vivienda en clases de vulnerabilidad de acuerdo con la EMS-98 adaptada a Canarias en el ámbito de asentamientos urbanos

Plantas	< 1950	1950-1975	1975-1995	>1995
	Tipología	Tipología	Tipología	Tipología
< 4 plantas	30%A+70%B	15%A+70%B+15%C	5%A+20%B+65%C+10%D	20%B+60%C+20%D
= 4-5 plantas	40%A+60%B	20%A+70%B+10%C	10%A+30%B+55%C+5%D	20%B+60%C+20%D
> 5 plantas	60%A+40%B	30%A+65%B+5%C	15%A+45%B+40%C	20%B+60%C+20%D

Fuente: Elaboración propia

Tabla: Clasificación de los edificios de vivienda en clases de vulnerabilidad de acuerdo con la EMS-98 adaptada a Canarias en el ámbito de urbano

Plantas	< 1950	1950-1975	1975-1995	>1995
	Tipología	Tipología	Tipología	Tipología
< 4 plantas	20%A+80%B	5%A+50%B+45%C	85%C+15%D	5%A+10%B+50%C+35%D
= 4-5 plantas	20%A+80%B	10%A+60%B+30%C	5%A+20%B+65%C+10%D	5%A+10%B+50%C+35%D
> 5 plantas	40%A+60%B	15%A+70%B+15%C	8%A+27%B+6C+5%D	5%A+10%B+50%C+35%D

Fuente: Elaboración propia

Clases de tipo de estructura, según la EMS-98

A: Piedra suelta o canto rodado o Adobe (ladrillo de tierra).

B: Mampostería, sin armadura de ladrillos o bloques

C: Sillería, sin armar con forjados de hormigón armado, con una estructura sin diseño sismoresistente o muros sin diseño sismoresistente.

D: Armada o confinada, con estructura con nivel medio de diseño sismoresistente o muros con nivel medio de diseño sismoresistente.

Los intervalos anuales se han establecido en función de la aplicación de la normativa sismoresistente.

Periodo 1950-1975. En 1968 se aprueba la norma básica sismoresistente PGS-1, en la que se prescribe el cálculo de las acciones sísmicas para determinadas estructuras, pero no es operativa hasta la Norma Tecnológica de la Edificación NTE-ECS/1973. Por otra parte es a partir de 1970 cuando se generaliza el uso del hormigón.

Periodo 1976-1995. Norma sismoresistente PDS-1 (1974), que aborda de forma más detallada, el cálculo de estructuras frente a las acciones sísmicas. Coincide con la construcción relevante de edificios con estructura de acero.

A partir de 1995, coincide con el proceso edificatorio de control de calidad, normas sismoresistentes NCS-94 y NCS-02.

La vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo sísmico quedará establecida teniendo en cuenta los valores siguientes:

Tabla: Clasificación de la vulnerabilidad según el porcentaje de edificios con vulnerabilidad A, B, C y D.

Vulnerabilidad	Condición	Descripción
Muy Alta	5	A > 25% + B > 50% + (C+D) < 25% y todos los edificios considerados en ruinas.
Alta	4	A < 25% + B > 50% + (C+D) < 25%
Media	3	A < 25% + B > 50% + (C+D) > 25%
Baja	2	A < 25% + B < 50% + (C+D) < 50%
Muy Baja	1	A < 25% + B < 25% + (C+D) > 50%

Fuente: Elaboración propia

Por tanto, según el rango de fechas de construcción:

Tabla: Valoración de los edificios de vivienda en clases de vulnerabilidad de acuerdo con la EMS-98 adaptada a Canarias en el ámbito de asentamientos urbanos

Plantas	< 1950		1950-1975		1975-1995		>1995	
	Tipología	Valor	Tipología	Valor	Tipología	Valor	Tipología	Valor
< 4 plantas	30%A+70%B	5	15%A+70%B+15%C	3	5%A+20%B+65%C+10%D	1	20%B+60%C+20%D	1
= 4-5 plantas	40%A+60%B	5	20%A+70%B+10%C	3	10%A+30%B+55%C+5%D	2	20%B+60%C+20%D	1
> 5 plantas	60%A+40%B	5	30%A+65%B+5%C	4	15%A+45%B+40%C	2	20%B+60%C+20%D	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla: Valoración de los edificios de vivienda en clases de vulnerabilidad de acuerdo con la EMS-98 adaptada a Canarias en el ámbito de urbano

Plantas	< 1950		1950-1975		1975-1995		>1995	
	Tipología	Valor	Tipología	Valor	Tipología	Valor	Tipología	Valor
< 4 plantas	20%A+80%B	4	5%A+50%B+45%C	2	85%C+15%D	1	5%A+10%B+50%C+35%D	1
= 4-5 plantas	20%A+80%B	4	10%A+60%B+30%C	3	5%A+20%B+65%C+10%D	1	5%A+10%B+50%C+35%D	1
> 5 plantas	40%A+60%B	5	15%A+70%B+15%C	4	8%A+27%B+6C+5%D	2	5%A+10%B+50%C+35%D	1

Fuente: Elaboración propia

3.3.4.5 **Vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo volcánico**

Para estimar la vulnerabilidad económica por riesgo volcánico es necesario analizar metodologías aplicadas fuera de España, puesto que actualmente no se ha desarrollado ninguna para su aplicación en Canarias (única zona estatal que se considera que presenta riesgo volcánico).

3.3.4.5.1 *Metodologías existentes*

La información de partida se basa en la recopilación de determinadas características de las edificaciones existentes, con la finalidad de identificar su comportamiento ante los procesos

volcánicos. A continuación se recogen algunos ejemplos, entre ellos los más recientes, de aplicación de estas metodologías:

La metodología desarrollada en el artículo ***"GIS as a Tool for Assessing Volcanic Hazards, Vulnerability, and at Risk Areas of the Three Sisters Volcanic Region, Oregon"*** (Remer A. 2011), University of Minnesota, expresa la vulnerabilidad económica en función del análisis de determinadas instalaciones consideradas como críticas por su importancia (hospitales, escuelas, aeropuertos, carreteras o vías férreas).

En otros estudios llevados a cabo en islas volcánicas similares a Canarias, la metodología se desarrolla analizando la estructura de las edificaciones en funciones de una serie de parámetros (edad, material, nº de plantas, composición del techo, etc..), esto queda reflejado en la tesis ***"Analysing Vulnerability to Volcanic Hazards: Application to St. Vincent",*** (Jane Lowe C., 2010), University College London

3.3.4.5.2 *Desarrollo de las metodologías*

OREGON

En esta metodología, desarrollada en el Estado de Oregón (EEUU) se estudian aquellas infraestructuras que son consideradas como criticas, no solo las edificaciones, llevando a cabo una ponderación de las mismas, teniendo en cuenta su ubicación y la proximidad a las mismas a los centros eruptivos.

Tabla: Valoración de los elementos críticos respecto a la vulnerabilidad económica

Layer	Raster Value	Buffer Distance (ft.)
Airport	5	50
Public Health Building/Hospital	5	50
Public Safety Building	5	50
Government Building	5	50
Schools	5	50
Nursing Homes	5	50
Primary Interstate (Streets FCC Codes A1*)	5	50
Primary US and State Highway (Streets FCC Codes A2*)	4	50
Secondary State and County Highway (Streets FCC Codes A3*)	3	50
Local road (Streets FCC Codes A4*)	2	50
Railroad	5	50
Waterbody	5	20
Utilities	5	50
Municipality	10	0

Fuente: Remer A. University of Minesota

SAN VICENTE (ISLA DE SANT VICENT)

Blong (1984) publicó un libro sobre los peligros volcánicos, donde se recogen los posibles efectos de las erupciones sobre las personas y los bienes. A continuación se reproduce a partir

de Blong (1984) los diferentes tipos de daño que puede sufrir un edificio ante cada uno de los procesos que se pueden originar como consecuencia de una erupción volcánica.

Tabla: Daños de una erupción volcánica

		Volcanic hazards							
Damage	Damage mechanism	Lava flows	Tephra falls	Pyroclastic flows	Lahars	Seismic activity	Tsunami	Atmospheric effects	Acid rain and gases
Total destruction	Collapse/overturning	3	2	3	2	2	3	1	-
	Burial/inundation/flooding	4	2	3	4	1	4	-	-
	Ignition	3	1	3	1	2	1	2	1
Severe damage	Uplift/transport	1	-	3	3	-	3	2	-
	Foundation failure/deformation	1	-	1	1	3	2	1	-
	Racking	-	-	3	2	3	3	2	-
	Wall loads	4	1	4	4	-	4	3	-
	Undermining/erosion	-	-	1	2	-	2	-	-
Minor damage	Roof loads	-	4	-	-	1	-	2	-
	Projectile impacts	2	4	2	2	2	2	-	-
Negligible damage	Corrosion/discoloration	-	2	1	3	-	2	-	2

Fuente: Blong 1984

Esta tabla constituye un punto de partida para evaluar el efecto potencial de los diferentes peligros generados por un volcán en los edificios. Las características a analizar de las edificaciones son:

- Material de construcción
- Estado del edificio
- Edad
- Número de plantas
- Material del techo
- Las aberturas - puertas, ventanas, rejillas de ventilación
- El uso del edificio
- El entorno urbano donde se ubica el edificio

Entre todos los procesos volcánicos que pueden afectar a las edificaciones, este estudio se centra en el análisis de los flujos de lava o piroclásticos y la caída de tefra. Los lahares fueron excluidos del estudio debido a que ocurren a lo largo de barrancos y arroyos en los flancos de los volcanes, donde no hay edificios superpuestos en St. Vicent. Respecto a la vulnerabilidad de los edificios frente a los terremotos volcánicos (Pomonis, 1999.; Spence et al., 2005b), no se consideran, porque no existe información de isosistas St. Vincent y la probabilidad de daños en edificios de un terremoto volcánico es mucho menor que la de los flujos piroclásticos y tefra. Spence et al. (2005b), asignan un dos por ciento de probabilidad de colapso o derrumbe parcial de edificios como consecuencia de sismos volcánicos.

Tampoco fueron evaluados los efectos de la atmosfera y las lluvias acidas, puesto que no se suelen generar directamente en la zona de la erupción, sino en zonas más distanciadas.

En San Vicente, el inventario de los edificios se realizó a partir de una encuesta digital (video de los edificios). A partir del análisis del video, se construye una base de datos, categorizando los edificios. Las características determinadas son: material de la pared (hormigón o madera); tipo de techo y material (plano o inclinado, hormigón o acero galvanizado, tejas), estado del edificio y del techo (bueno o malo) y número de plantas o altura de las edificaciones (una o más de dos).

Se considera que los edificios de madera son más débiles que los de hormigón, y tienen más probabilidades de ser incendiados. Spence et al. (2005a) clasificaron los techos planos de hormigón armado como los más fuertes; mientras que los techos con chapa y techos de tejas fueron considerados como más débiles.

Finalmente, de acuerdo a Spence et al. (2005b, p.1006) *"la altura de un edificio es importante por su respuesta al flujo de piroclástico*", por lo que el número de plantas también se registra. Utilizando todos estos parámetros, se establecieron un total de doce categorías de edificaciones en la isla:

Tabla: Tipos de categorías de las edificaciones según sus características

Material del muro	Techo		Número de plantas	Categoría
	Material	Condición		
Hormigón	Teja	Bueno	1	CPG1
		Malo		CPB1
		Bueno	2 o +	CPG2+
		Malo		CPB2+
	Hormigón plano	Bueno	1	CFG1
		Malo		CFB1
		Bueno	2 o +	CFG2+
		Malo		CFB2+
Madera	Acero	Bueno	1	WPG1
		Malo		WPB1
		Bueno	2 o +	WPG2+
		Malo		WPB2+

Fuente: Jane Lowe C.

En función de las características de las edificaciones, se asigna un valor para evaluar la vulnerabilidad por flujo de piroclastos y caída de tefra.

Para la vulnerabilidad por flujo de piroclástico las dos consideraciones más importantes son: el material de construcción y el número de plantas. De acuerdo con los daños causados por flujos y oleadas piroclásticas en Montserrat (Baxter et al., 2005), los edificios de hormigón de una sola planta se consideran como los menos vulnerables.

Para la vulnerabilidad por tefra, el material y el estado del techo son los parámetros más relevantes. Spence et al. (2005a) define cuatro clases de tejado para el proyecto Exploris[19]: débil, medio débil, medio fuerte, y fuerte. Los techos "débiles" se clasificaron con un valor 4 (más vulnerable), los "medio débil" con valor 3 y así sucesivamente.

Finalmente, para estimar la vulnerabilidad económica de cada una de las categorías establecidas, se suma el valor dado a cada proceso.

Tabla: Valoración en función del proceso volcánico

Categorías	Flujo de piroclastos	Tefra	Vulnerabilidad económica
CPG1	1	2	3
CPB1	1	3	4
CPG2+	2	2	4
CPB2+	2	3	5
CFG1	1	1	2
CFB1	1	2	3
CFG2+	2	1	3
CFB2+	2	2	4
WPG1	3	3	6
WPB1	3	4	7
WPG2+	4	3	7
WPB2+	4	4	8

Fuente: Jane Lowe C.

3.3.4.6 Metodología a aplicar en la estimación de la vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo volcánico, valoración y zonificación

Los parámetros de las edificaciones que son necesarios estimar en Canarias para desarrollar las metodologías estudiadas, que permiten obtener la vulnerabilidad económica de las mismas ante un riesgo volcánico, son:

- Material del muro de la edificación o tipología de la edificación: Información no disponible en Canarias de forma general, solo es posible establecer un rango en función del año de construcción y a partir del mismo valorar de forma aproximada la tipología constructiva, como se ha realizado en la vulnerabilidad económica de las edificaciones ante el riesgo sísmico.
- Tipo de techo y/o material: Es necesario evaluar la posibilidad de si posible su estimación de forma automática foto aéreo.

[19] Exploris: Proyecto de Explosive Erupción Risk and Decision Support for EU Populations Threatened by volcanoes. Desarrollado para evaluar el riesgo volcánico y su mitigación en los volcanes explosivos. De momento se ha aplicado al Vesubio y esta en previsión su aplicación al Teide, Sete Cidades y Soufiere.

- Estado del techo y del edificio: En el Mapa Topográfico existe una categoría que registra los edificios abandonados o en ruinas. Seleccionando estas edificaciones como Edif/Const. "En ruinas". Recinto, con un nivel de 5421.
- Número de plantas o altura del edificio: Estimado a partir de la tecnología LIDAR en Canarias.

Con la información disponible de carácter general respecto a las edificaciones, es posible adaptar la metodología desarrollada en San Vicente a las islas Canarias. De forma similar al caso de la isla de San Vicente, en Canarias, únicamente se van a estudiar los procesos volcánicos de flujos de piroclastos y caída de tefra, puesto que los terremotos volcánicos ya están estudiados en el riesgo sísmico y los otros fenómenos considerados como lahares o lluvias acidas no se considera posible su estudio en Canarias ya que son procesos poco frecuentes en las islas en las erupciones históricas registradas.

El primer parámetro necesario para utilizar esta metodología es la tipología de las edificaciones. Se estima, teniendo en cuenta lo desarrollado en el riesgo sísmico y su altura, estableciéndose las siguientes categorías:

Tabla: Clasificación de los edificios de vivienda en clases de vulnerabilidad de acuerdo con la EMS-98 adaptada a Canarias en el ámbito de asentamientos rurales

Plantas	< 1950		1950-1975		1975-1995		>1995	
	Tipología	Valor	Tipología	Valor	Tipología	Valor	Tipología	Valor
Entre 1 y 2	30%A+70%B	5	15%A+70%B+15%C	3	5%A+20%B+65%C+10%D	1	20%B+60%C+20%D	1
> 2 plantas	60%A+40%B	5	30%A+65%B+5%C	4	15%A+45%B+40%C	2	20%B+60%C+20%D	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla: Clasificación de los edificios de vivienda en clases de vulnerabilidad de acuerdo con la EMS-98 adaptada a Canarias en el ámbito de urbano

Plantas	< 1950		1950-1975		1975-1995		>1995	
	Tipología	Valor	Tipología	Valor	Tipología	Valor	Tipología	Valor
Entre 1 y 2	20%A+80%B	4	5%A+50%B+45%C	2	85%C+15%D	1	5%A+10%B+50%C+35%D	1
> 2 plantas	40%A+60%B	5	15%A+70%B+15%C	4	8%A+27%B+6C+5%D	2	5%A+10%B+50%C+35%D	1

Fuente: Elaboración propia

Clases de tipo de estructura, según la EMS-98

A: Piedra suelta o canto rodado o Adobe (ladrillo de tierra).

B: Mampostería, sin armadura de ladrillos o bloques

C: Sillería, sin armar con forjados de hormigón armado, con una estructura sin diseño sismoresistente o muros sin diseño sismoresistente.

D: Armada o confinada, con estructura con nivel medio de diseño sismoresistente o muros con nivel medio de diseño sismoresistente.

Además, es necesario considerar el tipo de material del techo y el estado del edificio, estimando los siguientes valores para cada uno de los dos procesos volcánicos considerados (flujos de piroclastos y caída de tefra).

Tabla: Tipos de categorías de las edificaciones según sus características del techo, condición del edificio y altura

Techo		Número de plantas	Categoría	Ponderación Flujo de piroclastos	Ponderación Tefra	Características techo (suma ponderación flujos de piroclastos y tefra)
Material	Condición edificio					
Teja	Bueno	Entre 1 y 2	HTB1	1	2	3
	En ruinas		HTM1	2	3	5
	Bueno	> 2	HTB2+	2	2	4
	En ruinas		HTM2+	2	3	5
Hormigón plano	Bueno	Entre 1 y 2	HHB1	1	1	2
	En ruinas		HHM1	2	3	5
	Bueno	> 2	HHB2+	2	1	3
	En ruinas		HHM2+	2	2	4

Fuente: Elaboración propia

Llevando a cabo la suma de los parámetros considerados, tanto la tipología de las edificaciones como de las características del techo, se obtiene los siguientes niveles de vulnerabilidad económica de las edificaciones ante riesgos volcánicos.

$$Vul.eco.edif.riesgo\ volcánico = Tipologia\ edificaciones + \ Caracteristicas\ techo$$

Tabla: Valoración en función del proceso volcánico

Valores	Vulnerabilidad
10	Muy alta
9-7	Alta
6-4	Media
3-2	Baja
1	Muy baja

Fuente: Elaboración propia

3.3.4.7 Vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo de inundación fluvial

Al analizar la vulnerabilidad económica de las edificaciones ante el riesgo de inundación se diferencia entre inundaciones costeras e inundaciones fluviales. Entre los estudios y planes existentes en los que se aborda la vulnerabilidad económica por riesgo de inundación fluvial, a continuación se recogen algunos ejemplos.

3.3.4.7.1 *Metodologías existentes*

En el **PATRICOVA (Plan de Acción Territorial de carácter sectorial sobre prevención del Riesgo de Inundación de la Comunidad Valenciana)**, se estima el valor de mercado aplicable al coste unitario del suelo destinado a cada uno de los usos definidos, con la finalidad de obtener un

valor de la vulnerabilidad por daños directos (valor monetario) asociado a cada uno de los usos, en este sentido este parámetro ya ha sido analizado en el apartado de exposición.

Respecto a la metodología desarrollada por el **ACA (Agencia Catalana del Agua) junto a INCLAM S.A.**, utilizan los mismos criterios que el PATRICOVA, considerando como vulnerabilidad, el valor monetario (coste) de cada uso del suelo considerado así como del contenido que presentan los mismos. Sin embargo, según la metodología desarrollada por el **FEMA**, para estimar la vulnerabilidad económica por riesgo de inundación es necesario considerar las siguientes características de las edificaciones:

- Código o norma de construcción de la edificación/ año de construcción
- Tipo de edificación y número de plantas (indicando aquellas que se encuentran bajo la rasante del terreno).
- Topografía y distancia a los cauces o a la costa (indicando aquellas edificaciones que se encuentran próximas a los barrancos o a la costa).

Una de las metodologías que recoge estos parámetros está desarrollada en **Perú** y se corresponde al documento **"*Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones y sismos, de las edificaciones en centros urbanos*"** (Lozano O. 2008). En este caso recoge como elementos a estudiar de las edificaciones: materiales predominantes de construcción, estado de conservación, emplazamiento junto a cursos de agua y zonas bajas respecto a la vía.

El **FEMA** incluye en sus estudios sobre inundación el análisis de la vulnerabilidad y la resistencia o daño de las edificaciones según el material de los mismas como se recoge en *"Flood Damage-Resistant Materials Requirements for Buildings Located in Special Flood Hazard Areas in accordance with the National Flood Insurance Program"* de 2008 o *"Design Guidefor Improving Critical Facility Safety from Flooding and High Winds"* de 2007.

3.3.4.7.2 *Desarrollo de metodologías*

PERU

M. Cualitativo: Consiste en identificar las variables o indicadores críticos y a partir de los mismos, ponderar cada caso posible. Como indicadores se consideran:

Tabla: Indicadores y el valor considerado como crítico

Variable	*Indicador crítico*
Materiales de construcción	*Adobe*
Estado de conservación	*Malo y Muy Malo*
Emplazamiento al borde del río	*Sí*
Zonas bajas respecto a la vía	*Sí*

Fuente: Lozano O.

Mediante la combinación en una matriz de las variables se lleva a cabo una ponderación y se estima la vulnerabilidad.

M. Heurístico: Combina lo cualitativo con lo cuantitativo. Primero se eligen las variables más representativas de la vulnerabilidad ante inundaciones y se les asigna un valor (ponderación) de acuerdo a su incidencia.

Tabla: Ponderación y valoración de variables

Ponderación	***Variables***			
	Material	***Estado de conservación***	***Emplazamiento junto a cauces***	***Zonas bajas***
(4)	*Adobe*	*En ruinas*	*Si*	*Si*
(3)	*Quincha*	*Malo*		
(2)	*Adobe reforzado*	*Regular*		
(1)	*Ladrillo*	*Bueno*	*No*	*No*

Fuente: Lozano, 2008

Posteriormente, se asigna un peso a cada uno de los indicadores de la variable, obteniendo mediante la combinación de los mismos la vulnerabilidad, dividida en 5 rangos.

Vul= 6 x (MATERIALES) + 4 x (CONSERVACIÓN) + 10 x (EMPLAZAMIENTO) + 10 x (ZONAS BAJAS)

Tabal: Rangos de vulnerabilidad

NIVELES DE VULNERABILIDAD	RANGOS
Muy Alto	De 98 a 120
Alto	De 75 a 97a
Medio	De 53 a 74
Bajo	De 30 a 53

Fuente: Lozano, 2008

FEMA

A modo de ejemplo se adjunta una de las tablas realizadas por el FEMA, donde se valora la fragilidad de la edificación ante inundaciones según las características de las mismas.

Tabla: Características de las edificaciones

Types of Building Materials	***Uses of Building Materials***		***Classes of Building Materials***				
			Acceptable		***Unacceptable***		
	Floors	***Walls/ Ceilings***	***5***	***4***	***3***	***2***	***1***
Structural Materials (floor slabs, beams, subfloors,							
Asbestos-cement board		*x*	*x*				
Brick							
Face or glazed		*x*	*x*				
Common (clay)		*x*		*x*			
Cast stoxe (ix waterproof mortar)		*x*	*x*				
Cemext board/fiber-cemext board		*x*	*x*				
Cemext/latex, formed-ix-place	*x*			*x*			
Clay tile, structural glazed		*x*	*x*				
Coxcrete, precast or cast-ix-place	*x*	*x*	*x*				
Coxcrete block1		*x*	*x*				

Fuente: FEMA

3.3.4.8 Metodología a aplicar en la estimación de la vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo de inundación fluvial, valoración y zonificación

Las características de las edificaciones necesarias para desarrollar las metodologías estudiadas para estimar la vulnerabilidad económica de las edificaciones ante riesgo de inundación fluvial son las siguientes:

- Material o tipología de la edificación: En función de la época de construcción de la edificación se puede obtener aproximadamente la tipología de la misma, como se detalla en el apartado de vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo sísmico.
- Estado de conservación de la edificación: Como se ha visto en otros riesgos, en el Mapa Topográfico existe una categoría que registra los edificios abandonados o en ruinas.
- Emplazamiento de la edificación: Mediante la cartografía de los barrancos existentes en Canarias, es posible establecer cuáles son las edificaciones que se encuentran próximos a los mismos.
- Ubicación del edificio: Dentro de cada zona urbana o asentamiento rural se identificará el área de cota más baja y las edificaciones incluidas en la misma.

A partir del a información existente se establecen las siguientes categorías:

Tabla: Ponderación y valoración de variables

Estado de conservación	*Emplazamiento en barrancos*	*Zonas bajas*
En ruinas (valor 4)	*Si (valor 4)*	*Si (valor 4)*
Bueno (valor 1)	*No (valor 1)*	*No (valor 1)*

Fuente: Elaboración propia

La tipología de la edificación se corresponde a:

Tabla: Clasificación de los edificios de vivienda en clases de vulnerabilidad de acuerdo con la EMS-98 adaptada a Canarias en el ámbito de asentamientos rurales

Plantas	*< 1950*	*1950-1975*	*1975-1995*	*>1995*
	Valor	*Valor*	*Valor*	*Valor*
Entre 1 y 2	5	3	1	1
> 2 plantas	5	4	2	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla: Clasificación de los edificios de vivienda en clases de vulnerabilidad de acuerdo con la EMS-98 adaptada a Canarias en el ámbito de urbano

Plantas	*< 1950*	*1950-1975*	*1975-1995*	*>1995*
	Valor	*Valor*	*Valor*	*Valor*
Entre 1 y 2	4	2	1	1
> 2 plantas	5	4	2	1

Fuente: Elaboración propia

Asignado un peso a cada uno de los indicadores de la variable, obteniendo mediante la combinación de los mismos la vulnerabilidad, dividida en 5 rangos.

Vul. eco. Inund. fluvial = 6 x (TIPOLOGIA) + 4 x (CONSERVACIÓN) + 10 x (EMPLAZAMIENTO) + 10 x (ZONAS BAJAS)

Tabla: Rangos de vulnerabilidad

NIVELES DE VULNERABILIDAD	RANGOS
Muy Alto	De 110 a 136
Alto	De 85 a 109
Medio	De 60 a 84
Bajo	De 30 a 59

Fuente: Elaboración propia

3.3.4.9 Vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo de inundación costera

En España no se ha establecido ninguna metodología que permita abordar la vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo de inundación costera, si bien, a continuación se recogen algunos ejemplos fuera del ámbito nacional.

3.3.4.9.1 *Metodologías existentes*

Como se detallo en el apartado de peligrosidad, el **CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas)**, cumpliendo con las consideraciones del RD 903/2010 lleva a cabo el estudio *"Evaluación Preliminar de riesgos de inundación y selección de áreas con riesgo potencial significativo en zonas costeras de las Demarcaciones Hidrográficas de Canarias".*

En este estudio para llevar a cabo la valoración de la vulnerabilidad de las zonas inundables, se consideran los usos del suelo del territorio de Canarias, estimados a partir del SIOSE.

El **DEFRA (Departament for Environment Food and Rural Affairs)** Reino Unido, en su artículo de *"Defra Flood and Coastal Defence Appraisal Guidance Social Appraisal. Supplementary Note to Operating Authorities. Assessing and Valuing the Risk to Life from Flooding for Use in Appraisal of Risk Management Measures, May 2008";* lleva a cabo una metodologia para estimar la vulnerabilidad económica por riesgo de inundación costera.

En Australia se ha diseñado un índice que permite estimar la vulnerabilidad por riesgo costero como consecuencia de sobreelevaciones del nivel del mar y tsunamis (fenómeno que se produce como consecuencia de la interacción de otros riesgos como pueden ser el sísmico, volcánico o los movimientos de ladera). La metodología queda recogida en el documento "*Coastal vunerability to multiple inundatión sources*" de 2012 y *"A method for assessing the vulnerability of building to catastrophic (Tsunami) marine flooding",* Dall'Osso F. y Dominey-

Howes D, 2009, desarrollado por el ***Sydney Coastal Councils group y el Australian Goverment junto a la University of New South Wales Sydney-Camberra.***

3.3.4.9.2 *Desarrollo de metodologías*

CEDEX (CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS)

La valoración de la vulnerabilidad de las zonas inundables se realiza en función de los usos del suelo recogidos en el SIOSE. La vulnerabilidad se ha valorado tanto en función del grado de edificación de las zonas costeras (coberturas simples), como del uso de las edificaciones (coberturas compuestas).

Para ello, las coberturas compuestas incluidas en el SIOSE se distrinuyen en 4 clases, en función de su valor social, económico y medioambiental:

- Muy alto: Usos urbanos: casco (UCS), ensanche (UEN) y discontinuo (UDS). Industriales: polígono industrial ordenado (IPO), polígono industrial sin ordenar (IPS) e industria aislada (IAS). Terciario: comercial y oficinas (TCO), parque recreativo (TPR), complejo hotelero (TCH) y camping (TCG). Usos dotacionales: institucional (EAI), sanitario (ESN), educativo (EDU) y penitenciario (EPN). Infraestructuras: aeropuertos (NAP), nucleares (NCL), térmicas (NTM), gaseoductos/oleoductos (NGO), depuradoras (NDP), desalinizadoras (NDS) y telecomunicaciones (NTC)-
- Alto: Infraestructuras: red viaria (NRV), red ferroviaria (NRF), puertos (NPO), infraestructuras de energía eólica (NEO), solar (NSL), hidroeléctrica (NHD), eléctrica (NEL), conducciones y canales (NCC), vertederos y escombreras (NVE) y plantas de tratamiento (NPT). Usos dotacionales: religioso (ERG), cultural (ECL) y deportivo (EDP) y Asentamientos agrícolas residenciales (ARR)
- Moderado: Usos dotacionales: cementerio (ECM), parque urbano (EPU), campo de golf (ECG). Primario: agrícola/ganadero (PAG), forestal (PFT), minero extractivo (PMX) y piscifactoría (PPS). Huertas familiares (UER)
- Bajo: todos los usos que no estén incluidos en las clases anteriores.

Para cada polígono se calcula el % de clases correspondiente a sus usos. Además, para cada polígono, se calcula también el % de edificaciones, aplicando la siguiente fórmula:

Edifica= EDF + EDFva + EDFem + EDFvd + EDFea + EDFnv + EDFec + EDFvaec + EDFemec

+ EDFvdec + EDFeaec + edfNVEC

Por último, se han conjugado los dos aspectos (grado de edificación y usos de las edificaciones) en la siguiente fórmula:

Vulnerabilidad_Total = [Muy_alto]*Edificación/100 + 0,75 *[Alto]*Edificación/100 + 0,5*[Moderado]*Edificación/100 + 0,25 *[Bajo]*Edificación/100

Una vez efectuados los cálculos de la vulnerabilidad, se consideran los siguientes rangos:

- Alta (código 2): Vulnerabilidad_Tot > 20%
- Moderada (código 1): Vulnerabilidad_Tot > 0% & < 20%
- Baja (código 0): Vulnerabilidad_Tot = 0%

Como se aprecia, en esta metodología no solo estiman la vulnerabilidad de las edificaciones sino también del resto de usos del suelo.

DEFRA

Esta metodología consiste en describir la vulnerabilidad como resultado de la suma de la vulnerabilidad de la personas (social) y la vulnerabilidad de la zona (vulnerability área o económica). Esta vulnerabilidad de la zona evalúa la tipología de los usos del suelo que se verán afectados por inundación costera y distingue 3 clases:

- Apartamento de varios pisos: Valor 1, vulnerabilidad baja.
- Barrio residencial (viviendas de dos plantas), propiedades comerciales e industriales: Valor 2, vulnerabilidad media.
- Casas móviles, carreteras transitadas, parques, escuelas, camping.. etc: Valor 3, vulnerabilidad alta.

A partir de estas tres clases y en función de la distancia a la costa (0-50 m con un valor de 5; 50-100 m con valor 4; 100-250 m con valor 3; 250-500 m con valor 2; 500-1.000 m con valor 1), se evalúa la vulnerabilidad.

AUSTRALIA

Esta metodología diferencia tres tipos de inundaciones litorales: Inundaciones por mareas ocasionadas por tormentas, por mareas mareomotrices o por tsunamis.

- En las inundaciones por mareas ocasionadas por tormentas o lluvias torrenciales *(Storm surges and storm tides)* puede producir:
- Erosión de la costa, desapareciendo gran cantidad de arena en la playa, que en algunos casos, puede afectar a la base de las infraestructuras que estén sobre suelos no consolidados.
- Inundación de los edificios ubicados en zonas bajas debido al desbordamiento proveniente de un barranco o canal junto a la costa (analizado en el apartado de inundación).

La vulnerabilidad de las edificaciones en la zona costera depende del tipo de cimentación y material, ya que afectan a la base de las mismas y rara vez sufren el impacto directo de las olas, puesto que existen elementos o infraestructuras (malecón, paseo marítimo) que recibe este impacto. Estas infraestructuras son generalmente suficientes para proporcionar una protección adecuada contra la inundación, aunque el riesgo de desbordamiento se debe considerar cuando la altura entre la infraestructura y el nivel del mar es inferior a 5 m.

- Inundación por mareas astronómicas, no suelen producirse, salvo en zonas de cota inferior a 5 m sobre el nivel del mar.
- Los tsunamis, surgen como consecuencia de que se produzca un proceso natural distinto previo como son: sismos, actividad volcánica o movimientos de ladera (grandes deslizamientos) y pueden ocasionar:
- Inundación de plantas bajas y garajes.
- Presión hidrostática sobre muros de edificios e infraestructuras.
- Presión hidrodinámica causada por las corrientes de agua sobre los muros de edificios.
- Impacto de los escombros y elementos en suspensión.
- Impacto directo de olas rompiendo estructuras ubicadas en las zonas más próximas a las costas (Kelmann y Spence, 2004)

La vulnerabilidad de los edificios en este tipo de inundación está Influido por la profundidad del agua (Smith, 1994), la velocidad del flujo de agua (USBR, 1988), la duración de la inundación (Parker et al, 1987;. FEMA, 2005), la tasa de aumento de agua, sedimento o residuos de carga (Haehnel y Daly, 2002;. Thieken et al, 2005) y la onda de impacto (Kelmann y Spence, 2004; Smith y Greenway, 1994). Las características más relevantes a tener en cuenta en las edificaciones son: el tipo de cimentación, número de pisos, los materiales de construcción y las características hidrodinámicas de la planta baja, entre otras. En este tipo de inundaciones tiene una gran importancia las barreras naturales (dunas costeras y/o vegetación).

Para todos estos tipos de inundación costera y especialmente para los tsunamis, en Australia se define el Índice de Vulnerabilidad Relativa (RVI) que se calcula como la suma ponderada de dos componentes:

1. Vulnerabilidad de la capacidad de carga de la estructura de un edificio golpeado por la fuerza hidrodinámica horizontal asociada al flujo de agua.

2. Vulnerabilidad de los diferentes componentes de la construcción al contacto prolongado con el agua.

Como ejemplo se describe que: *Un edificio totalmente sumergido por el agua podría perder hasta un 40-50% de su valor económico total, sin reportar ningún daño estructural (Olivieri y Santoro, 2000). La estructura de un edificio que está parcialmente sumergido por el agua, podría verse seriamente dañado por la presión hidrodinámica del flujo del agua o por el impacto de objetos pesados y otros escombros. Un edificio de dos pisos de madera puede sufrir daños extremos en su estructura aunque solo su primera planta se inunde (Dalrymple, 2005; Warnitchai, 2005).* La construcción de estructuras muy fuertes (por ejemplo, el pilar de hormigón reforzado, en los cimientos) pueden estar totalmente sumergido en el agua sin sufrir ningún daño estructural. El Índice de Vulnerabilidad relativa se define como:

$$(RVI) = (2/3) \times (SV) + (1/3) \times (WV)$$

SV es el valor estandarizado para la vulnerabilidad estructural, y WV es el valor estandarizado para la vulnerabilidad por la intrusión de agua. Tanto SV y WV estarán en un rango entre 1 (mínimo de cotización a la vulnerabilidad) y 5 (Contribución máxima a la vulnerabilidad).

El coeficiente de ponderación de 2/3 se asigna a SV, porque el daño sobre la capacidad de carga de una estructura puede conducir a la necesidad de trabajos y reparaciones costosas, con costes que podrían ser igual o mayor que el valor total del edificio.

En el caso de que un edificio no sufra daños estructurales, pero entre en contacto con el agua de inundación, se supone que la contribución hecha por el contacto con el agua es igual a 1/3 del nivel de máxima vulnerabilidad de la estructura. Estos parámetros coinciden con los hallazgos de Olivieri y Santoro (2000).

La vulnerabilidad estructural (SV) de un edificio depende de:

1. Las características de la estructura del edificio (tales como el número de pisos, material de construcción, cimentación)

2. Profundidad del agua de la inundación en el punto donde se encuentra el edificio.

3. Grado de protección que existen en ese edificio debido a la existencia de barreras artificiales (como la vegetación costera, dunas de arena, malecones, presencia de otros edificios entre éste y la línea de costa, etc).

El SV se calcula:

$$SV\ (1{,}125) = (Bv) \times (Ex) \times (Prot)$$

donde:

Bv es el valor estandarizado que va de 1 (vulnerabilidad mínimo) a 5 (Vulnerabilidad máxima) de la vulnerabilidad estructural del edificio en sí."BV" depende de las características físicas del edificio que influyen en su resistencia a la inundación.

Prot es un valor estandarizado para el nivel de protección que proporciona el entorno a la construcción. "Prot" oscila entre 5 (sin protección) y 1 (Máxima protección).

Ex es el valor estandarizado para la exposición. La exposición está dada por la profundidad de agua que se espera que ocurra en el punto donde se encuentra el edificio. "Ex" oscila entre 1 y 5 (1 = profundidad mínima del agua, 5 = profundidad máxima del agua)

El resultado de SV se reescala a un rango entre 1 (nivel mínimo de la vulnerabilidad estructural) a 5 (muy alto nivel de vulnerabilidad estructural). Un edificio bien protegido (con Prot = 1), su valor final será SV 5 veces menor de lo que sería si no estaba presente la protección (Prot = 5). Esto es coherente con el grado de fragilidad que Reese et al., (2007) calcula para el apantallado y exposición total de edificios de hormigón armado en Java tras el tsunami de 2005.

Cálculo de la vulnerabilidad de los edificios: factor "Bv": La selección de los factores considerados en la evaluación de la "BV" se basa en resultados de los estudios de campo después de inundaciones y tsunamis (Reese et al, 2007;. Dominey-Howes y Papathoma, 2007; Rossetto et al, 2006;. Ghobarah et al, 2006;. Matsutomi et al,. 2006; Dalrymple y Kriebel, 2005; UNEP, 2005; Warnitchai, 2005; PNUD y BCPR, 2004; CEPAL, 2003; Papathoma y Dominey Howes, 2003). Los factores elegidos son:

Número de Pisos (SV_s): Los edificios de varias plantas tienen una resistencia estructural buena al impacto de inundaciones o tsunamis. Esto se debe a que los edificios normalmente necesitan tener una mayor capacidad de soporte de carga que los edificios de una planta, debido al mayor peso que debe ser soportado por estas estructuras más altas. En particular, las estructuras de varios pisos son más fuertes en la planta baja donde se espera que el impacto de la ola alcance su valor máximo (SARA, 1993).

Materiales de Construcción y Técnica de la Construcción (m): Los edificios típicos (en este caso australianos) tienen estructuras hechas de hormigón armado, con doble o una capa de ladrillos o madera. De acuerdo a las encuestas disponibles en campo, los edificios de madera sufren mayor daño estructural que los edificios hechos de ladrillos o reforzados (Reese et al, 2007;. Dominey-Howes y Papathoma, 2007;. Rossetto et al, 2006; Ghobarah et al, 2006;. Matsutomi et al, 2006;. Dalrymple y Kriebel, 2005). Durante el tsunami de 2005 en Java, el 70% de los edificios de planta de madera fueron destruidos por una ola con una profundidad de flujo de tan sólo 1,5 metros. Todos los edificios se derrumbaron cuando la profundidad de flujo superó los 2 metros. Los edificios individuales de ladrillo fallaron ligeramente cuando la profundidad del agua era superior a 2 metros. Los edificios de hormigón eran

resistentes a los daños, incluso cuando la profundidad del agua llegó a 4 metros (Reese et al., 2007).

Hidrodinámica planta baja (g): Tras el tsunami del Océano Índico de 2004, los edificios con una planta baja abierta con accesos (tales como puertas, ventanas) permitió reducir el impacto de las olas pasando a través de la planta baja. Esto redujo el daño estructural (Darlymple y Kriebel, 2005).

Cimentación (f): Cimentaciones profundas pueden resistir más eficazmente el efecto de flujo de agua y puede contrarrestar el impacto de una onda en las paredes del edificio. Durante el 2004 tsunami, edificios con cimientos poco profundos o superficiales sufrieron mayores niveles de daño (Darlymple y Kriebel, 2005; Warnitchai, 2005;. Reese et al, 2007). Desafortunadamente, no suelen existir datos sobre los cimientos de los edificios. Sin embargo, de acuerdo con el método de Terzaghi (1943) que es ampliamente utilizado en ingeniería civil para el análisis base, la cimentación puede deducirse como una función directa de la carga del edificio y el tipo de suelo. Si asumimos que todos las estructuras de los edificios se ubican en el mismo tipo de suelo, la fuerza de la cimentación se convierte en una función directa de la carga del edificio y se correlaciona con el número de pisos del mismo.

Forma y orientación de la huella del edificio (SO): Este factor se considera como un indicador de la fuerza hidrodinámica horizontal aplicada a los edificios. Después del tsunami de 2004, estaba claro desde los estudios de campo que varios edificios con formas específicas (por ejemplo, triangular, hexagonal, redondo, etc) sufrieron ligeros daños, frente a otros estructuras rectangulares y perpendiculares a la costa y dirección de flujo, con daños mayores (Warnitchai, 2005; Dominey Howes y Papathoma, 2007).

Bienes Muebles (mo): Durante las inundaciones, los bienes muebles serán arrastrados por el agua. Durante el tsunami de 2004, escombros, coches, barcos e incluso camiones fueron empujado contra los edificios, causando daños estructurales pesados. Los edificios cerca de los aparcamientos, o de cruces, son más propensos a ser dañados por este efecto secundario inundación (Darlymple y Kriebel, 2005).

Estado de conservación (pc): Los edificios que se encuentran en mal estado de conservación son más vulnerables.

A cada factor se le asigna un rango entre -1 y 1, teniendo en cuenta que los valores positivos implican una mayor vulnerabilidad y los negativos una menor, igual que el método utilizado por Cutter et al. (2003) en el índice de vulnerabilidad social.

Tabla: Valores del parámetro Bv

Valores	-1	-0,5	0	0,25	0,5	0,75	1
Nº de plantas	5 o +	4	3		2		1
Material	Hormigón armado		Doble ladrillo		Ladrillo		Madera
Planta baja	Planta abierta	Planta abierta y con ventanas	50% abierta		No abierta pero con ventanas		No abierta
Cimentación (nº de plantas)	> 5 pisos		3 pisos				1 piso
Orientación	Forma hidrodinámica pobre		Forma hidrodinámica media				Forma hidrodinámica alta
Objetos movibles			Mínimo riesgo de ser dañado por objetos movibles	Moderado riesgo	Medio riesgo	Alto riesgo	Riesgo extremo
Estado de conservación	Muy pobre	Pobre	Medio		Bueno		Excelente

Fuente: Dall'Osso F. y Dominey-Howes D.

Una vez que se ha asignado una puntuación a cada factor, un valor inicial para "BV" (entre -1-1), se calcula a través de la suma ponderada de todos los factores:

Bv (-1, +1) = (W1 xs) + (W2 xm) + (W3 xg) + (W4 xf) + (x W5 así) + (W6 x Mo) + (W7 x pc)
Donde:
"WI" es el coeficiente de peso de cada factor.

Cabe señalar que no todos los factores tienen la misma influencia sobre la vulnerabilidad de un edificio ("BV"). Antes de ser sumada, la contribución de cada factor debe ser ponderada. El número de pisos y la construcción material, son mucho más importantes que el estado de conservación, o la orientación del edificio. Las comparaciones entre los factores se llevan a cabo utilizando una evaluación matricial por medio del software M-Macbeth3, plataforma especialmente diseñada para múltiples criterios de análisis y toma de decisiones (Bana e Costa et al, 2004;. Bana e Costa et Chagas, 2004).

Las comparaciones por parejas entre los diferentes factores se lleva a cabo, en base a los resultados de los estudios de campo y el criterio experto. Esta subjetividad no se puede evitar, y es típico de todos los procesos de toma de decisión.

Una vez realizadas todas las comparaciones, el software calcula el peso relativo de cada uno de los factores. Después de escalar a 1 (cada peso se divide por la suma de todos los pesos, es decir 423), cada peso se añadió a la ecuación para dar como resultado:

Tabla: Niveles de Bv establecidos

Bv (-1, +1)	-1 a -0,6	-0,6 a-0,2	-0,2 a 0,2	0,2 a 0,6	0,6 a 1
Bv (1, 5)	1	2	3	4	5

Fuente: Dall'Osso F. et al

Bv (-1, +1) = (1/423) x [100 x (s) + 80 x (m) + 63 x (g) + 60 x (f) + 51 x (mo) +46 x (so) + 23 x (pc)]

Cálculo de la Protección "Prot": El factor de protección "Prot" se calcula como la suma ponderada de diferentes contribuciones. Los factores que afectan el nivel de protección de un edificio son:

Fila de edificios (Prot_br): Uno de los factores más importantes que pueden proporcionar la protección contra las fuerzas de impacto de una inundación o tsunami es el número de otras estructuras situadas entre un edificio en particular y la costa. Los edificios situados en las filas más hacia el interior de la costa estarán más protegidos (Dominey-Howes y Papathoma, 2007; Reese et al., 2007).

Presencia de un dique (Prot_sw): Los diques verticales, normalmente construidos para proteger contra mareas altas y mareas de tempestad, también puede proporcionar protección. Darlymple y Kriebel (2005) observó que los daños a edificios en el tsunami de 2004 en Tailandia fue menor en los lugares protegidos por diques. También señalaron que en los lugares donde no existía pared del mar (por ejemplo, para permitir el acceso peatonal a la playa), el daño a edificios fue mayor. El diseño del rompeolas era también importante.

Las barreras naturales (Prot_nb): Los bosques costeros, pueden reducir significativamente el nivel de daño estructural a los edificios situados más allá de los mismos, al constituir una barrera natural (Matsutomi et al., 2006, Olwig et al., 2007). Las barreras naturales reducen la velocidad y el impacto de los escombros al separarlos y retenerlos (Tanaka et al., 2006).

La presencia de una pared de ladrillo en todo el edificio (Prot_w): Las paredes individuales situados alrededor de las estructuras de construcción (tales como muros de los jardines) aunque no estén específicamente construidas para proporcionar protección contra las inundaciones, sí ofrecen cierta protección (Dominey-Howes y Papthoma, 2007). Altura entre 0,5 a 2 metros.

Mediante información cartográfica y la interpretación visual de imágenes aéreas se realiza una ponderación de estos parámetros.

Tabla: Valores ponderados para los parámetros que componen la variable denominada Prot.

Valores	0	0,25	0,5	0,75	1
Fila de edifices	> 10 fila	7-10 fila	4-6 fila	2-3 fila	1 fila
Barreras naturales	Muy alta protección	Alta protección	Media protección	Moderada protección	No protección
Diques	Vertical > 5 m	Vertical 3-5 m	Vertical 1,5-3 m	Vertical 0-1,5 o con pendiente 1,5-3 m	Con pendiente 0-1,5 o sin muro
Presencia de paredes	Altura del muro 80-100% profundidad del agua	60-80%	40-60%	20-40%	0-20%

Fuente: Dall'Osso F. et al

El factor de protección "Prot" se estima con la siguiente fórmula, donde el peso de cada variable se estimada de forma similar a Bv, mediante un programa informático.

Prot (0,1) = (1/301) x [100 x (Prot_br) + 73 x (Prot_nb) + 73 x (Prot_sw) + 55 x (Prot_w)]

Tabla: Niveles de Prot establecidos

Prot (0, +1)	0 a 0,2	0, a 0,4	0,4 a 0,6	0,6 a 0,8	0,8 a 1
Prot (1, 5)	1	2	3	4	5

Fuente: Dall'Osso F. et al

Cálculo de la exposición o factor "Ex": Se refiere a la profundidad del flujo de agua en el punto donde se encuentra el edificio.

El nivel del daño estructural se espera que aumente con la profundidad del agua debido a la presión aplicada a la construcción y la velocidad de flujo que son funciones directas de profundidad de flujo (Fritz et al., 2006).

Tabla: Niveles de Ex establecidos

Profundidad del agua	0 a 1 m	1 a 2 m	2 a 3 m	3 a 4 m	> 4 m
Ex	1	2	3	4	5

Fuente: Dall'Osso F. et al

Vulnerabilidad asociada con la intrusión del agua ("WV"): Una vez que el piso de un edificio ha sido inundado, todas las partes de dicho suelo que estén dañadas por el agua tendrán que ser reparadas o sustituidas. La vulnerabilidad general de un edificio por el contacto con el agua es claramente dependiente del número de pisos que están inundados en cada edificio (que incluye el sótano).

Para cada edificio: WV (0, 1) = (número de niveles inundados) / (número total de niveles)

El valor de WV para ser insertado en se ha obtenido mediante reescalamiento "WV (0, 1)" a un rango de entre 1 y 5.

Tabla: Niveles de Wv establecidos

WV (0,1)	0 a 0,2	0,2 a 0,4	0,4 a 0,6	0,6 a 0,8	0,8 a 1
WV (1,5)	1	2	3	4	5

Fuente: Dall'Osso F. et al

Una vez obtenido "SV" y "WV", se calcula el índice de vulnerabilidad relativa (RVI), que se divide en 5 intervalos según el valor obtenido.

Tabla: Niveles de RVI establecidos

RVI (1,5)	1 a 1,8	1,8 a 2,6	2,6 a 3,4	3,4 a 4,2	4,2 a 5
RVI	BAJO	MODERADO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO

Fuente: Dall'Osso F. et al

3.3.4.10 Metodología a aplicar en la estimación de la vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo de inundación litoral, valoración y zonificación

En la metodología utilizada en Australia, la estimación del Índice de Vulnerabilidad Relativa (RVI) está relacionada con el cálculo de costes y utiliza parámetros para su cálculo que se consideran conceptos de la peligrosidad como Ex (función de la altura de la ola) o WV (función de la superficie mojada), por tanto, está más relacionado con el concepto de riesgo que de vulnerabilidad. Si bien otros parámetros utilizados para el cálculo como BV (Vulnerabilidad estructural de los edificios) o Prot (nivel de protección), sí están relacionados con el concepto de vulnerabilidad económica de las edificaciones y serán los que se tendrán en cuenta a continuación.

Para ello, se realiza una adaptación de la metodología Australiana y utilizando algunos parámetros, se considera que la vulnerabilidad económica de las edificaciones ante riesgos de inundación costera se corresponde a la siguiente fórmula:

$$\text{Vul. eco. Inund. Litoral} = BV \times Prot$$

El parámetro BV (vulnerabilidad de las edificaciones), se particulariza, según la información disponible en Canarias:

$$Bv(-1,+1) = (1/360) \times [100 \times (s) + 80 \times (m) + 60 \times (f) + 51 \times (mo) + 46 \times (so) + 23 \times (pc)]$$

(se ha eliminado de la fórmula el parámetro (g), Hidrodinámica de la planta baja, debido a la falta de información al respecto en Canarias).

Número de Pisos (s): A partir de la información de la metodología LIDAR se estima el número de pisos de las edificaciones.

Materiales de Construcción y Técnica de la Construcción (m): Según el año de construcción de la edificación, es posible establecer una aproximación del tipo de material de la edificación o su tipología, como se ha realizado para la vulnerabilidad económica de las edificaciones ante el riesgo sísmico.

Cimentación (f): La cimentación, se estima en función del número de plantas del edificio, de acuerdo con el método de Terzaghi (1943), asumiendo que el tipo de suelo presenta las mismas características.

Forma y orientación de la huella del edificio (SO): Se identifican aquellos edificios que son perpendiculares a la costa como los que pueden presentar mayor daño.

Bienes Muebles (mo): Se identifican todas las zonas de parking entre la costa y edificaciones. Se seleccionaran las edificaciones ubicadas a menos de 100 metros de las mismas

Estado de conservación (pc): Se identificarán los edificios designados como en ruinas en la cartografía del Mapa Topográfico, al presentar un grado mayor de vulnerabilidad.

Tabla: Valores del parámetro Bv adaptados a Canarias

Valores	-1	-0,5	0	0,25	0,5	0,75	1
Nº de plantas	5 o +	4	3	-	2	-	1
Cimentación (nº de plantas)	> 5 pisos	4 pisos	3 pisos		2 pisos	-	1 piso
Orientación	-	-	Resto de orientaciones	-	-	-	Perpendicular a la costa
Objetos movibles	-	-	-	-	-	-	Edificaciones a menos de 100 metros de parking
Estado de conservación	Excelente	-	-	-	-	-	Ruina

Fuente: Elaboración propia

La tipología de la edificación se corresponde a:

Tabla: Clasificación de los edificios de vivienda en clases de vulnerabilidad de acuerdo con la EMS-98 adaptada a Canarias en el ámbito de asentamientos rurales

Plantas	*< 1950*	*1950-1975*	*1975-1995*	*>1995*
	Valor	*Valor*	*Valor*	*Valor*
< 4 plantas	1	0,5	-1	-1
= 4-5 plantas	1	0,5	0	-1
> 5 plantas	1	0,75	0	-1

Fuente: Elaboración propia

Tabla: Clasificación de los edificios de vivienda en clases de vulnerabilidad de acuerdo con la EMS-98 adaptada a Canarias en el ámbito de urbano

Plantas	*< 1950*	*1950-1975*	*1975-1995*	*>1995*
	Valor	*Valor*	*Valor*	*Valor*
< 4 plantas	0,75	0	-1	-1
= 4-5 plantas	0,75	0,5	-1	-1
> 5 plantas	1	0,75	0	-1

Fuente: Elaboración propia

Ponderando los valores obtenidos de Bv entre 1-5.

Tabla: Niveles de Bv establecidos

Bv (-1, +1)	-1 a -0,6	-0,6 a-0,2	-0,2 a 0,2	0,2 a 0,6	0,6 a 1
Bv (1, 5)	1	2	3	4	5

Fuente: Dall'Osso F. et al

Cálculo de la Protección "Prot": El factor de protección "Prot" se calcula como la suma ponderada de diferentes contribuciones, según la siguiente fórmula.

Prot (0,1) = (1/301) x [100 x (Prot_br) + 73 x (Prot_nb) + 73 x (Prot_sw) + 55 x (Prot_w)]

Los factores que afectan el nivel de protección de un edificio son:

Fila de edificios (Prot_br): Se identifican en los núcleos costeros, la situación de las edificaciones según se encuentran en primera línea de playa (1 fila) o sucesivas.

Las barreras naturales (Prot_nb): Identificación de las zonas que presentan dunas o vegetación costera que mitigue la inundación litoral, ubicada entre la costa y las edificaciones.

Presencia de un dique (Prot_sw): Se seleccionarán todas las zonas costeras que presenten diques, escolleras o algún sistema de protección de la costa.

La presencia de una pared de ladrillo en todo el edificio (Prot_w): Se identifican a partir de la información del Mapa Topográfico aquellos muros que son paralelos a la costa.

A continuación se incluye la tabla en la que se realiza una ponderación de estos parámetros, adaptada a Canarias.

Tabla: Ponderación de los parámetros que estiman el Prot.

Valores	0	0,25	0,5	0,75	1
Fila de edifices	> 10 fila	7-10 fila	4-6 fila	2-3 fila	1 fila
Barreras naturales	Existe barrera	-	-	-	No existe barrera
Diques	Existe dique	-	--	-	No existe dique
Presencia de paredes	Existe muro	-	-	-	No existe muro

Fuente: Elaboración propia

Ponderando los valores obtenidos de Prot entre 1-5

Tabla: Niveles de Prot establecidos

Prot (0, +1)	0 a 0,2	0, a 0,4	0,4 a 0,6	0,6 a 0,8	0,8 a 1
Prot (1, 5)	1	2	3	4	5

Fuente: Dall'Osso F. et al

Una vez que se han estimado Bv y Prot, mediante la combinación de los mismos se obtiene la vulnerabilidad económica, donde según los valores obtenidos se han establecido los siguientes niveles:

Tabla: Rangos de vulnerabilidad

NIVELES DE VULNERABILIDAD	RANGOS
Muy Alto	25-21
Alto	16-20
Medio	9-15
Bajo	4-8
Muy Bajo	1-3

Fuente: Elaboración propia

Es importante tener en cuenta, que esta metodología planteada para Canarias de estimación de la vulnerabilidad económica por riesgo de inundación litoral o costera, se aplica

únicamente a las edificaciones existente en una franja de 1.000 metros desde la costa. El resto del territorio no se considera vulnerable ante riesgos de inundación costera.

3.3.4.11 Vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo de incendio forestal

Algunos ejemplos, utilizados a nivel nacional, de metodologías que permiten abordar la vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo de incendio forestal se recogen a continuación.

3.3.4.11.1 *Metodologías existentes*

El Plan de Protección Civil de emergencias por riesgo de incendios forestales de las Islas Baleares, aborda de una forma genérica la vulnerabilidad económica.

El Plan de Protección Civil de emergencias por riesgo de incendios forestales de La Rioja, utiliza la misma metodología que la empleada en las Islas Baleares, pero llevando a cabo otra valoración.

Tecnoma S. A. desarrolla en el documento *"Estudio Básico para la protección contra incendios forestales en la interfaz urbano-forestal",* una metodología para estimar el riesgo ante incendios forestales en estas zonas.

3.3.4.11.2 *Desarrollo de metodologías*

ISLAS BALEARES

En el Plan General de Protección Civil de emergencias por riesgo de incendios forestales de las Islas Baleares, se establece la valoración de la vulnerabilidad en función de la presencia o ausencia de determinados elementos como: viales, líneas eléctricas aeropuertos, áreas recreativas o camping. Si bien, no existe un estudio especifico de la vulnerabilidad de las edificaciones.

Tabla: Elementos analizados que permiten valor la vulnerabilidad por incendio forestal

VIALES	AREAS RECREATIVAS Y CAMPINGS	RESTO DE INFRAESTUCTURAS E INSTALACIONES	VULNERABILIDAD DE INFRAESTRUCTURAS E INSTALACIONES
Autopista ó autovía	Presente o no presente alguna	Presente o no presente alguna	ALTA
Carretera comarcal o local	Presente alguna	Presente o no presente alguna	ALTA
Carretera comarcal o local	No hay presente ninguna	Presente o no presente alguna	MEDIA
Pista forestal	No hay presente ninguna	Presente alguna	MEDIA
Pista forestal	No hay presente ninguna	No hay presente ninguna	BAJA
Sin vial	No hay presente ninguna	Presente o no presente alguna	BAJA

Fuente: Plan General de Protección Civil de emergencias por riesgo de incendios forestales de las Islas Baleares

Respecto a los elementos de patrimonio histórico, también se establece una valoración:

Tabla: Elementos de interés de patrimonio valorados según su vulnerabilidad

Monumento, resto arqueológico	VULNERABILIDAD DEL PATRIMONIO HISTÓRICO- ARTÍSTICO
Presente 1 ó más	ALTA
No presente ninguno	BAJA

Fuente: Plan General de Protección Civil de emergencias por riesgo de incendios forestales de las Islas Baleares

LA RIOJA

En el Plan General de Protección Civil de emergencias por riesgo de incendios forestales de La Rioja recoge la misma metodología que el desarrollado en las Islas Baleares, cambiando la valoración:

Tabla: Elementos analizados que permiten valor la vulnerabilidad por incendio forestal

VIALES	AREAS RECREATIVAS Y CAMPINGS	RESTO DE INFRAESTUCTURAS E INSTALACIONES	VULNERABILIDAD DE INFRAESTRUCTURAS E INSTALACIONES
Autopista ó autovía	Presente o no presente alguna	Presente o no presente alguna	ALTA
Carretera comarcal o local	Presente alguna	Presente o no presente alguna	MEDIA
Carretera comarcal o local	No hay presente ninguna	Presente o no presente alguna	MEDIA
Pista forestal	Presente alguna	No hay presente ninguna	MEDIA
Pista forestal	No hay presente ninguna	Presente alguna	BAJA
Pista forestal	No hay presente ninguna	Presente o no presente alguna	BAJA
Sin vial	No hay presente ninguna	No presente alguna	SIN VULNERABILIDAD

Fuente: Plan General de Protección Civil de emergencias por riesgo de incendios forestales de La Rioja

TECNOMA S. A.

En este documento se estima la vulnerabilidad ante el riesgo de incendio forestal a partir de diferentes criterios. Antes de analizar cada uno de los criterios, es importante tener en cuenta una serie de factores:

La exposición de las edificaciones a la vegetación, en función de la proximidad de las fachadas, estableciendo el siguiente rango:

- De 0-2 metros entre la vegetación y la edificación: Las llamas están en contacto con la vivienda.
- De 2-10 metros, zona de radiación-convección: Las llamas más potentes puntualmente pueden llegar hasta la casa.
- De 10-30 metros: Pueden existir efectos de pavesas locales.
- De 30-100 metros: Efecto de pavesas de largo recorrido.

Otro factor importante a tener en cuenta en los incendios es la ubicación de la edificación respecto a la topografía de la ladera. Se considera que las viviendas localizadas en la cima de la ladera deben de protegerse mediante el alejamiento de al menos 10 metros del borde de la pendiente para los edificios de una planta y proporcionalmente distancias mayores en los edificios de más plantas, debido al efecto chimenea que se origina en los incendios en las zonas de pendiente.

Analizados estos factores previos, el único modelo existente para estimar la vulnerabilidad de un elemento constructivo frente al fuego es el denominado SIAM (Cohen), sistema radial que asume que la llama es uniforme.

En la metodología planteada por Tecnoma S. A., la vulnerabilidad está encaminada a estimar los puntos débiles de las edificaciones y del terreno que las circunda y que pueden significar la transmisión del incendio.

Se considera primero necesario llevar a cabo una zonificación del área que rodea la edificación, evaluando las siguiente zonas:

Zona prioritaria 1: Desde los muros de la vivienda a 10 metros de estos.

Zona prioritaria 2: Distancia entre los 10 metros a los 30 metros (puede variar según la topografía de la zona). Debe tratarse la vegetación para que solo permita fuegos de baja intensidad y lenta propagación.

Zona prioritaria 3: Desde los 30 metros a los 100 metros. El peligro serán las pavesas lanzadas desde las copas de los arboles en fuegos de alta intensidad que producen grandes corrientes de convección de aire caliente que pueden iniciar focos secundarios.

Posteriormente se identifican una serie de criterios que se consideran que influyen en la evaluación de la vulnerabilidad. Estos criterios serán ponderados en función de las zonas anteriormente analizadas.

Criterio 1: Posición relativa de la edificación en la ladera:

Localización adecuada: Valorada como 0. El edificio se sitúa al pie de la ladera o en su parte inferior.

Localización inadecuada: Valorada como 3. El edificio se ubica en la parte media de la ladera con vegetación. (en el caso de ser un edificio que presente materiales no inflamables se estima como 0).

Localización inadecuada: Valorada como 5. El edificio se ubica en la parte superior de la ladera con vegetación. (en el caso de ser un edificio que presente materiales no inflamables se estima como 0).

Criterio 2: Vegetación forestal colindante: Los fuegos de copas en un incendio forestal entrañan un peligro significativo, considerándose que se propagan a mayor velocidad y son más frecuentas en las masas de coníferas frente a las de frondosas, por lo que se lleva a cabo la siguiente valoración:

Tabla: Tipo de masa forestal y zona prioritaria

	Zona prioritaria 1	Zona prioritaria 2
Masa de frondosas (75%)	3	1
Masa mixta	10	5
Masa de coníferas (75%)	15 (masa aclarada) 20 (masa cerrada)	10 (masa aclarada) 15 (masa cerrada)

Fuente: Tecnoma S.A.

Entendiendo como Masa cerrada: Alta densidad de pies, cobertura total y solapamiento de copas. Masa aclarada: Cobertura escasa, copas dispersas y separadas, sin solape

Criterio 3: Utilizando la continuidad horizontal de la vegetación

Tabla: Tipo de continuidad horizontal y zona prioritaria

	Zona prioritaria 1	Zona prioritaria 2
Césped o ausencia de material combustible	0	0
Hierbas y arbustos	5	3
Combustible vegetal grueso y muerto %)	5 (disperso) 15 (abundante)	3 (disperso) 10 (abundante)

Fuente: Tecnoma S.A.

Criterio 3: Utilizando la continuidad vertical de la vegetación

Tabla: Tipo de continuidad horizontal y zona prioritaria

	Zona prioritaria 1	Zona prioritaria 2
Continuidad vertical dispersa entre 25-75%	5	3
Sin continuidad vertical	0	0
Continuidad vertical abundante > 75%	10	5

Fuente: Tecnoma S.A.

Criterio 5: Materiales de la cubierta del tejado. Las pavesas que se generan en el incendio pueden impactar con los tejados y dar lugar al comienzo de la destrucción de las viviendas. Según el material se considera:

- Metal, teja de pizarra, asfalto, tejas de materiales incombustibles (valor 0)
- Tejas de madera (valor 2)

Criterio 6: Limpieza del tejado. La acumulación de restos y combustible incrementan el peligro. Se consideran los siguientes niveles:

- Cubiertas y tejados sin material combustible (valor 0)
- Presencia de material combustible disperso (valor 2)
- Canalones atascados con material combustible (valor 3)

Criterio 7: Exterior del edificio: Según el material de composición del edificio, se produce una vulnerabilidad u otra:

- Exteriores incombustibles (metal, ladrillo, cemento, hormigón, piedra o estuco (valor 0)
- Construcción de troncos (valor 1)

- Exteriores de madera (valor 6)

Criterio 8: Aleros, respiraderos y aberturas: Los respiraderos de los tejados son diseñados para poder eliminar los excesos de humedad procedentes de áticos, paredes y tejados de la casa, sin embargo suponen una fácil entrada de ascuas y pavesas que pueden provocar el inicio de la combustión.

Los aleros, que engloban vigas vistas y cubiertas sobresalientes de la planta del edificio, provocan un aumento en el riesgo de destrucción del edificio debido a que exponen mayor cantidad de material a las llamas y al calor procedentes de un posible incendio exterior. Los respiraderos que suelen diseñarse bajo estos aleros generan corrientes que pueden aspirar elementos incandescentes hacia el interior de la cubierta.

- Aleros cerrados, respiraderos cerrados con malla metálica (Valor 0).
- Aleros cerrados, respiraderos abiertos sin malla metálica (valor 1).
- Aleros abiertos, respiraderos abiertos sin malla metálica (valor 6).

Criterio 9: Balcones, cubiertas y pórticos: El peligro que suponen se debe a que atrapan en primer lugar el calor ascendente que proceda del exterior. La estructura hueca sobre la que se apoyan, construida mayormente en materiales combustibles, permite la entrada de las llamas bajo el edificio, que provocará el debilitamiento de la misma, especialmente si bajo la cubierta o porche se había permitido la acumulación de combustible en forma de hojas, arbustos o deshechos.

- Pórticos y balcones de material resistente al fuego. Cerramiento inferior (valor 0).
- Balcones y porche de material combustible. Parte inferior no cerrada. (valor 6).
- Porches y balcones de material combustible. Cerramiento inferior (valor 0).

Criterio 10: Ventanales y puertas de cristal: Los ventanales que se rompen y desploman después en el transcurso de un incendio crean entradas por las que pueden penetrar las llamas del exterior.

- Cristal blindado (valor 0) – Máxima protección.
- Doble cristal (cristal térmico resistente) (valor 1-2) - Protección intermedia. Cristales pequeños menores de 1x1m (valor 1). Cristales >1x1m (valor 2).
- Cristal simple (valor 2-4). No ofrece una protección eficaz contra el fuego. Cristal pequeño <1x1m (valor 2), grande >1x1m (valor 4).

Criterio 11: Situación de la leña y otros combustibles: Apilamientos de leña para el hogar, material de construcción, así como otras pilas de desechos combustibles suponen todos ellos importantes riesgos para el edificio en caso de incendio. Estos elementos supondrán una

importante fuente de calor debido a que arden intensamente. Se establecen los siguientes valores:

- Más de 10 m. entre la pila de combustible y la vivienda. (valor 0).
- Entre 3 y 10 m. desde el combustible a la casa (valor 3).
- Combustible situado a menos de 3 m del edificio (valor 6).

Finalmente, mediante la suma de los valores de los 11 criterios, se establece el nivel de vulnerabilidad de los edificios y sus alrededores (denominado en el documento, nivel de riesgo).

Tabla: Niveles de vulnerabilidad

Nivel de vulnerabilidad	Valores
Bajo	0-21
Moderado	21-29
Alto	30-35
Extremo	>35

Fuente: Tecnoma S.A.

3.3.4.12 Metodología a aplicar en la estimación de la vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo de incendio forestal, valoración y zonificación

En función de la información disponible de forma general en Canarias, es necesario adaptar la metodología desarrollada por Tecnoma S.A., puesto que de los 11 criterios planteados, existen algunos que para ser completados requieren una información muy precisa de las características de las edificaciones, información disponible únicamente tras trabajos de campo y siendo su aplicación a nivel local.

Adaptando la metodología de Tecnoma S.A. para su aplicación en Canarias, se utilizarán los siguientes criterios:

Zonificación del área que rodea la edificación, evaluando las siguiente zonas:

Zona prioritaria 1: La vegetación forestal (arborea o arbustiva) se ubica a menos de 10 metros de los muros de la vivienda.

Zona prioritaria 2: Franja de distancia entre la vegetación forestal y la vivienda de 10 a 30 metros.

Zona prioritaria 3: Distancia entre los 30 a los 100 metros. Todas las edificaciones incluidas en esta franja se consideran con una Vulnerabilidad económica muy baja.

Resto de viviendas: Ubicadas a más de 100 metros de zonas forestales

Criterio 1: Posición relativa de edificaciones aisladas en la ladera:

Localización adecuada: Valorada como 0. El edificio se sitúa al pie de la ladera o en su parte inferior o en zonas llanas.

Localización inadecuada: Valorada como 3. El edificio se ubica en la parte media de la ladera con vegetación. (en el caso de ser un edificio que presente materiales no inflamables se estima como 0).

Localización inadecuada: Valorada como 5. El edificio se ubica en la parte superior de la ladera con vegetación. (en el caso de ser un edificio que presente materiales no inflamables se estima como 0).

Criterio 2: Tipo de vegetación forestal colindante a la edificación

Tabla: Tipo de masa forestal y zona prioritaria

	Zona prioritaria 1	Zona prioritaria 2
Masa de frondosas (75%)	3	2
Masa mixta	10	5
Masa de coníferas (75%)	15 (masa aclarada) 20 (masa cerrada)	10 (masa aclarada) 15 (masa cerrada)
Matorral	1	1

Fuente: Tecnoma S.A.

Entendiendo como Masa cerrada: Alta densidad de pies, cobertura total y solapamiento de copas. Masa aclarada: Cobertura escasa, copas dispersas y separadas, sin solape

Criterio 5: Materiales de la cubierta del tejado. Según la época de construcción de la vivienda (catastro), se puede estimar de forma aproximada, el material de composición del tejado del edificio, estableciéndose los siguientes criterios:

- Metal, teja de pizarra, asfalto, tejas de materiales incombustibles (valor 0)
- Tejas de madera (valor 2)

Criterio 7: Exterior del edificio: Según la época de construcción de la vivienda (catastro), se puede estimar de forma aproximada, el material de composición del edificio, estableciéndose los siguientes criterios:

- Exteriores incombustibles (valor 0)
- Construcción de troncos (valor 1)
- Exteriores de madera (valor 6)

Finalmente, mediante la suma de los valores de los criterios, se establece el nivel de vulnerabilidad económica de los edificios:

Tabla: Niveles de vulnerabilidad

Nivel de vulnerabilidad	Valores
Nula	Resto de edificaciones
Muy Bajo	0 y las edificaciones entre 30-100 metros de la vegetación forestal
Bajo	1-9
Moderado	10-20
Alto	21-28
Muy alto	29-33

Fuente: Tecnoma S.A.

3.3.4.13 Vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo de dinámica de laderas

Se han podido recopilar pocas referencias que traten el problema de la vulnerabilidad económica por movimientos de ladera, dada la escasez de los estudios sobre este componente del riesgo en particular. No obstante, en los últimos años, algunas valoraciones de la vulnerabilidad han sido introducidas en el análisis de la peligrosidad y algunas de ellas incluso han sido diseñadas específicamente para el análisis de los movimientos del terreno.

Existen cuatro fuentes principales de vulnerabilidad de las edificaciones por los riesgos de movimientos de ladera a nivel global y se refieren a la estructura de ordenación y planificación territorial de las ciudades:

- La elevada expansión de las ciudades, abarcando zonas en pendiente o bajo grandes sistemas montañosos (Cuzco, Caracas, Bogotá)
- Los suburbios o barrios con pocos recursos, ubicados a las afueras de las ciudades, en zonas de pendiente o bajo grandes sistemas montañosos (Rio de Janeiro y su escarpe próximo de Serra das Aratas)
- Las áreas montañosas que han sido habitadas y modificadas para la construcción de pueblos y ciudades (Karakorum en el Himalaya)
- Los terrenos volcánicos escarpados densamente ocupados (volcán Casita en Nicaragua).

A estas se puede añadir las áreas que han sufrido un cambio significativo en los usos del suelo, especialmente aquellas que han sido deforestadas y las zonas donde las infraestructuras y las edificaciones han interferido con la estabilidad de laderas.

La vulnerabilidad económica de los movimientos de ladera es muy difícil valorar debido a su complejidad y la gran variedad de procesos que los generan (Leone, 1996). La mayor parte de los análisis tienen en cuenta el tipo de movimiento y la intensidad del mismo, estimando el grado de daño y los costes o pérdidas, conceptos más relacionados con la estimación del riesgo (tiene en cuenta la peligrosidad) que con el concepto de vulnerabilidad. Además, se refieren a estudios muy concretos, desarrollados para la zona a estudio y de difícil aplicación a otros regiones.

La vulnerabilidad de un elemento puede ser cuantificado usando ya sea: índices de vulnerabilidad (llevando a cabo una ponderación de las características del elemento) o Curvas de fragilidad (modelo para identificar las características de las edificaciones, en el que se estima el grado de fragilidad en función de la peligrosidad). Las metodologías utilizadas para la cuantificación de la vulnerabilidad económica por movimientos de ladera pueden ser clasificadas según el tipo:

- Metodología Heurística: Los valores de vulnerabilidad son evaluados por criterio experto. Los resultados son aproximados.
- M. Empírica: Los valores de vulnerabilidad son evaluados sobre la base de los daños de los datos de eventos históricos, por lo general, se lleva a cabo un análisis estadístico. Los resultados obtenidos son más realistas que en el caso anterior, dependiendo del número de datos de eventos utilizados como muestra estadística.
- M. Analítica: Los valores de vulnerabilidad son evaluados por simulación analítica sencilla, utilizando como entrada la intensidad del fenómeno y las características de los elementos expuestos. Los métodos de análisis variará en función del tipo del elemento expuesto. Los resultados proporcionan un mayor nivel de detalle que en los casos anteriores, si bien su cálculo entraña grandes dificultades.

La elección de la metodología depende directamente de la escala y el área de estudio. La existencia y la calidad de los datos de partida también desempeña un papel fundamental.

Para pequeñas escalas regionales, hay poco datos detallados de entrada, se utilizan en su mayoría los criterios de expertos. Para las grandes escalas regionales y locales, en función de los datos de entrada que se encuentran disponibles, se puede utilizar las metodologías empíricas o los criterios de expertos. Para zonas localizadas o especificas, la evaluación de la vulnerabilidad podría ser mediante una metodología empírica o analítica. Este último método se aplica cuando el nivel de detalle requerido es alto y los datos de entrada son muy numerosos y fiables.

3.3.4.13.1 *Metodologías existentes*

A partir de los registros históricos de deslizamientos de tierra ocurridos en la ciudad de Hong Kong que constituyen una de las mejores bases de datos disponibles, se han ido desarrollando diferentes metodologías para valorar la vulnerabilidad de los edificios ante movimientos de tierra.

A continuación se recogen algunas referencias bibliográficas de metodologías que se presentan por separado según el tipo de movimiento de tierra:

Desprendimientos de rocas

Tabla: Tipo de metodologías desarrolladas para los desprendimientos de roca

Desprendimientos de rocas	Heurístico	Empírico	Analítico	Escala
Edificios	Leone (1996), Heinimann (1999), AGSO (2001), Glade and Elverfeldt	Agliardi et al. (2009), Uzielli and Lacasse (2007), Uzielli (2008 AND 2010), Li et al.	-	regional
	Leone (1996), Heinimann (1999), AGSO (2001), Glade and Elverfeldt (2005)	Agliardi et al. (2009)	-	local
	Leone (1996), Heinimann (1999)	-	Mavrouli and Corominas (2010a and	lugar especifico

Fuente: Safeland Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk assessment and zoning, Abril 2011

Flujos

Tabla: Tipo de metodologías desarrolladas para flujos

Flujos	Heurístico	Empírico	Analítico	Escala
Edificios	Leone (1996), Michael-Leiba et al. (2000), AGSO (2001), Glade and Elverfeldt (2005)	Wong et al. (1997), Uzielli and Lacasse (2007), Uzielli (2008), Kaynia et al. (2008), Li et al. (2010)	Haugen and Kaynia (2008)	regional
	Leone (1996), AGSO (2001), Glade	Wong et al. (1997)	Haugen and Kaynia (2008)	local
	Leone (1996)	Wong et al. (1997), Fuchs et al. (2007)	Haugen and Kaynia (2008)	lugar especifico

Fuente: Safeland Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk assessment and zoning, Abril 2011

Deslizamientos

Tabla: Tipo de metodologías desarrolladas para deslizamientos

Deslizamientos	Heurístico	Empírico	Analítico	Escala
Edificios	AGSO (2001)	Uzielli and Lacasse (2007), Zêzere et al. (2008), Uzielli (2008), Kaynia et al. (2008), Remondo et al. (2008), Li et al. (2010)	-	regional
	AGSO (2001)	Remondo et al. (2008), Zêzere et al. (2008)	-	local
	-	-	Fotopoulou et al. (2010)	lugar especifico

Fuente: Safeland Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk assessment and zoning, Abril 2011

Todas estas metodologías, requieren de información muy concreta de las edificaciones como es:

- Tipo de construcción: Muros de carga
- Naturaleza de los componentes verticales y horizontales que soportan la carga
- Tamaño del edificio y número de plantas
- Regularidad de la planta y alzado
- Técnicas constructivas del edificio y cimentación
- Edad del edificio
- Estado de mantenimiento del edificio.

3.3.4.13.2 *Desarrollo de las metodologías*

La mayor parte de las metodologías recogidas se aplican a lugares concretos (regionales, locales o específicos), siendo difícil su aplicación en otras regiones y con carácter general. Si bien a continuación se desarrollan algunas de estas metodologías, para intentar aplicarlas a Canarias.

HEINIMANN

Heinimann (1999) atribuyo valores de vulnerabilidad, teniendo en cuenta las diferentes tipologías estructurales de las edificaciones.

Tabla. Categorías de edificios y resistencia estimada

Categoría del edificio	Estructura del edificio	Resistencia
0	Estructura muy ligera	Nula
1	Estructura ligera	Muy débil
2	Estructura mixta /hormigón y entibación)	Débil
3	Hormigo y muros de ladrillo	Media
4	Hormigón armado	Fuerte
5	Estructuras reforzadas	Muy fuerte

Fuente: Heinimann 1999a

GRADE

En el caso de la caída de rocas, Grade, modifico la metodología de Heinimann como sigue:

Tabla: Vulnerabilidad de los edificios teniendo en cuenta la magnitud de la caída de rocas.

Estructura del edificio	Resistencia	Baja magnitud	Magnitud media	Alta magnitud
Estructura muy ligera	Nula	0,2	1	1
Estructura ligera	Muy débil	0,15	0,5	0,9
Estructura mixta /hormigón y entibación)	Débil	0,1	0,3	0,8
Hormigo y muros de ladrillo	Media	0,08	0,25	0,7
Hormigón armado	Fuerte	0,05	0,2	0,5
Estructuras reforzadas	Muy fuerte	0	0,1	0,3

Fuente: Grade, 2003

PERU

Teniendo en cuenta la metodología desarrollada en el "Manual de estimación del riesgo ante movimientos en masa en laderas" del Instituto Nacional de Defensa Civil de Perú. Se lleva a cabo una ponderación de diferentes factores. (Método Heurístico) como son: Distancia de las edificaciones, a la zona con pendiente mayor al 30%, Material de construcción, cumplimiento de la normativa vigente y características de suelo donde se ubica la edificación.

Teniendo en cuenta la distancia de las edificaciones:

Tabla: Ponderación según la distancia de las edificaciones

Distancia	Rango	Grado de vulnerabilidad
Muy cercana 0,2-0 km	0,75-1	Muy Alta
Cercana 0,2-1 km	0,50-0,74	Alta
Medianamente cerca 1-5 km	0,25-0,49	Media
Muy alejada > 5 km	0-0,24	Baja

Fuente: Instituto Nacional de Defensa Civil de Perú

Según el material de construcción que se utiliza en las edificaciones

Tabla: Ponderación según el material de construcción de las edificaciones

Material	Rango	Grado de vulnerabilidad
Estructura de adobe u otros.	0,75-1	Muy Alta
Estructura de piedra, madera	0,50-0,74	Alta
Estructura de acero, sin adecuada técnica constructiva	0,25-0,49	Media
Estructura sismoresistente	0-0,24	Baja

Fuente: Instituto Nacional de Defensa Civil de Perú

Según las características geológicas, la calidad y el tipo de suelo.

Tabla: Ponderación según la tipología o características de los suelo

Tipo de suelo	Rango	Grado de vulnerabilidad
Zona muy fracturada, fallada, suelos colapsables (relleno, mapa freática alta con turba, material inorgánico, etc.)	0,75-1	Muy Alta
Zona medianamente fracturada, suelos con baja capacidad portante	0,50-0,74	Alta
Zona medianamente fracturada, suelos con media capacidad portante	0,25-0,49	Media
Zonas sin fallas ni fracturas, suelos con buenas características geotécnicas	0-0,24	Baja

Fuente: Instituto Nacional de Defensa Civil de Perú

Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos

Tabla: Ponderación según la normativa de las edificaciones vigente

Aplicación de la normativa	Rango	Grado de vulnerabilidad
Desconocimiento e incumplimiento de la normativa vigente	0,75-1	Muy Alta
Con normativa vigente sin cumplimiento	0,50-0,74	Alta
Con normativa vigente medianamente cumplidas	0,25-0,49	Media
Con normativa vigente estrictamente cumplidas	0-0,24	Baja

Fuente: Instituto Nacional de Defensa Civil de Perú

Una vez establecidos los valores de cada variable, se procederá a determinar el grado de vulnerabilidad económica de las edificaciones. Para ello, se calcula el promedio de las cuatro variables a través de la siguiente fórmula:

$$VF = \frac{Lv + Cv + Cg + Cn}{4}$$

En donde: VF = Vulnerabilidad Física, Lv = Localización de Viviendas, Cv = Construcción Utilizada en Viviendas, Cg = Características geológicas, calidad y tipo de suelo, Cn = Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos

Una vez obtenidos los resultados a partir de la aplicación de la fórmula mostrada, se considerará la siguiente estratificación:

Tabla: Niveles de vulnerabilidad económica de la edificación por riesgo de movimiento de ladera

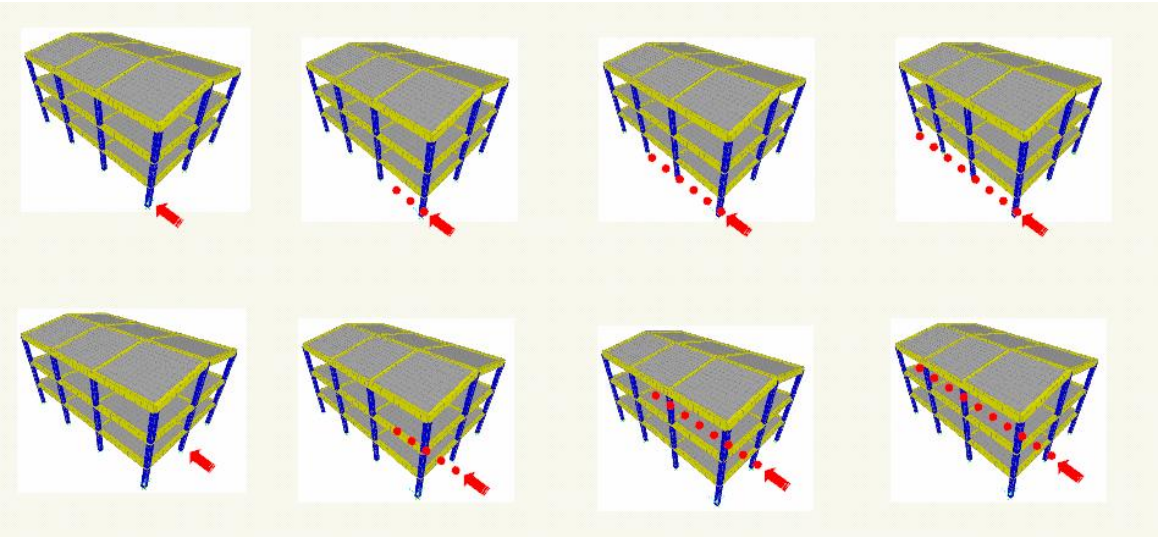
Rango	Grado de vulnerabilidad
0,75-1	Muy Alta
0,50-0,74	Alta
0,25-0,49	Media
0-0,24	Baja

Fuente: Instituto Nacional de Defensa Civil de Perú

En España, los métodos llevados a cabo se aplican a zonas muy concretas y especificas. (Remondo et al., 2005, 2008) realizó un inventario detallado de los edificios expuestos en un área de estudio concreta del norte de España, para evaluar la vulnerabilidad de los deslizamientos de tierra. A partir de la comparación de los daños experimentados en el pasado para cada tipo de edificio, establece valores de vulnerabilidad. Para ello utilizó una gran variedad de datos ,tanto históricos de eventos como los siguientes: el tipo de pendiente de la ubicación de la edificación, las características hidrológicas, el lecho de roca, la geometría de la zona de ruptura y de depósito, el tipo de movimiento, área, fecha aproximada, disparador probable, grado de actividad o daños.

Mavrouli y Corominas (2010a y 2010b), desarrolló una metodología analítica para el cálculo de la vulnerabilidad de las estructuras de hormigón armado, que se ven afectadas por el impacto en su estructura de rocas como consecuencia de la caída de rocas fragmentadas. La metodología considera la posibilidad de colapso progresivo cuando los elementos clave son destruidos por el impacto de caída de rocas y propuso la cuantificación de la vulnerabilidad en función de los lugares de impacto potencial y el perjuicio causado.

Figura: Diferentes escenarios de impactos de rocas sobre una estructura de hormigón armado.



Fuente: Corominas et al.

Ambas metodologías se aplican a casos muy concretos y condiciones muy especiales, no siendo posible su extrapolación.

3.3.4.14 Metodología a aplicar en la estimación de la vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo de dinámica de laderas, valoración y zonificación

En el caso de los movimientos de ladera, es necesario conocer diferentes parámetros de las edificaciones para desarrollar las metodologías que permiten estimar la vulnerabilidad económica de las edificaciones ante riesgo de dinámica de vertientes. Si bien, la disponibilidad de información al respecto es limitada. Utilizando las metodologías descritas como base, se desarrolla a continuación su aplicación en Canarias:

Para ellos se identifican un total de cuatro parámetros: distancia de las edificaciones a las zonas de pendiente; ubicación de las edificaciones respecto a estas zonas; material o tipología constructiva de la edificación y cumplimiento de la normativa vigente. Teniendo en cuenta la distancia de las edificaciones a la zona de pendiente superior al 30%

Tabla: Ponderación según la distancia de las edificaciones

Distancia	Rango	Grado de vulnerabilidad
Muy cercana 0,2-0 km	1	Muy Alta
Cercana 0,2-1 km	0,75	Alta
Medianamente cerca 1-5 km	0,50	Media
Muy alejada > 5 km	0,25	Baja

Fuente: Instituto Nacional de Defensa Civil de Perú

Teniendo en cuenta la disposición de las edificaciones respecto las zonas de pendiente.

Tabla: Ponderación según la distancia de las edificaciones

Distancia	Rango	Grado de vulnerabilidad
Primera fila o manzana	1	Muy Alta
Fila 2-3	0,75	Alta
Fila 3-4	0,50	Media
Fila > 5	0,25	Baja

Fuente: Elaboración propia

El material de construcción o la tipología constructiva que se utiliza en las edificaciones, se puede relacionar con la fecha de construcción, estableciendo una ponderación, como se explica en el apartado de vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo sísmico y volcánica.

Tabla: Clasificación de los edificios de vivienda en clases de vulnerabilidad de acuerdo con la EMS-98 adaptada a Canarias en el ámbito de asentamientos rurales

Plantas	*< 1950*	*1950-1975*	*1975-1995*	*>1995*
	Valor	*Valor*	*Valor*	*Valor*
Entre 1 y 2	1	0,5	0	0
> 2 plantas	1	0,75	0,25	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla: Clasificación de los edificios de vivienda en clases de vulnerabilidad de acuerdo con la EMS-98 adaptada a Canarias en el ámbito de urbano

Plantas	*< 1950*	*1950-1975*	*1975-1995*	*>1995*
	Valor	*Valor*	*Valor*	*Valor*
Entre 1 y 2	0,75	0,25	0	0
1	5	0,75	0,25	0

Fuente: Elaboración propia

Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos (en función de la fecha de construcción de la edificación, se puede estimar de forma aproximada si cumple o no con la normativa vigente sismoresistente.

Tabla: Ponderación según la normativa de las edificaciones vigente

Aplicación de la normativa	Rango	Grado de vulnerabilidad
Desconocimiento e incumplimiento de la normativa vigente (anterior a 1974)	1	Alta
Normativa vigente antigua (entre 1974-1995)	0,50	Media
Con normativa sismoresistente (> 1995)	0,25	Baja

Fuente: Elaboración propia

Una vez establecidos los valores de cada variable, se procederá a determinar el grado de vulnerabilidad económica de las edificaciones. Para ello, se calcula el promedio de las cuatro variables a través de la siguiente fórmula:

$$V.eco.edif.riesgo\ Dinámica\ de\ laderas = \frac{\mathrm{Lv} + \mathrm{Dv} + \mathrm{Mv} + \mathrm{Lv}}{4}$$

En donde: Lv = Localización de viviendas, Dv = Distribución viviendas, Mv = Material viviendas, Lv = Cumplimiento de la normativa técnica vigente de los procedimientos constructivos de las viviendas.

Una vez obtenidos los resultados a partir de la aplicación de la fórmula mostrada, se considerará la siguiente estratificación:

Tabla: Niveles de vulnerabilidad económica de la edificación por riesgo de movimiento de ladera

Rango	Grado de vulnerabilidad
0,75-1	Muy Alta
0,50-0,74	Alta
0,25-0,49	Media
0-0,24	Baja

Fuente: Elaboración propia

3.3.4.15 Metodología a aplicar en la estimación de la vulnerabilidad económica del resto de usos, valoración y zonificación

Analizada la vulnerabilidad económica de las edificaciones, a continuación se realiza una ponderación de la vulnerabilidad económica en función del tipo de uso del suelo (según los elementos expuestos) y del riesgo que se produce.

Tabla: Valoración de la vulnerabilidad económica en función de los usos del suelo y los procesos naturales

Tipo	*Subtipo/Sufijo*	*V. Sísmica*	*V. volcánica*	*V. inundación*	*V. incendios*	*V. Dinámica de vertientes*
Centros sanitarios	Hospital	5				
	Centro de Salud					
	Otros centros sanitarios					
Centros de asistencia social	Residencia 3º edad					
	Centro de día					
	Otros centros de asistencia social					
Centros educativos	Centro educativo infantil-preescolar					
	Centro educativo Primaria/Secundaria/Especial					
	Centro educativo superior					
	Otros centro educativo					
Instalación deportiva	Campo de futbol	1	4	1,4	2	3
	Polideportivo	4	4	4	4	4
	Piscina pública	1	4	1,4	1	4
Camping y zonas recreativas	Camping y zonas recreativas		5	5	5	5
Edificios de espectáculos	Edificios de espectáculos	4	4	4	4	4
Edificas públicos	Centro socio-cultural	4				
	Edificio de culto					
	Edificio en altura					
	Estación de transporte					
	Recintos feriales	1	4	4	3	4
Instalaciones comerciales	Instalaciones comerciales	4				
Establecimientos hoteleros	Hotel	5				
	Apartamentos	4				
	Hostal					
	Hotel casa rural					
Aparcamientos	Aparcamientos	2	4	5	4	4
Medios de comunicación social	Medios de comunicación social	3				
Zonas de esparcimiento	Parque de atracciones	3				
	Zoológico	1	5	5	5	5
	Parque urbano		5	5	5	5
	Playas, dunas y arenales		5	5	1	5
Servicios de seguridad y emergencias	Bomberos	3				
	Policía					
	Protección Civil					
	TSU					
	Coordinación emergencias					
	Coordinación de servicios esenciales					
	FCSE					
	Servicio militar					
Bienes histórico-artístico	BIC	4				
	Archivo histórico					
	Interés turístico					
	Sitio histórico					
	Monumento histórico-artístico					
Otros elementos sociales	Otros elementos sociales	3				
Vías de comunicación	Autopistas	1	4	4	3	4
	Autovías					
	Vías rápidas				4	
	Carreteras convencionales					
	Caminos y pistas					
Vías férreas	Vías férreas	5				
Puerto	Puerto	3	4	5	1	4
Aeropuertos y aeródromos	Aeropuerto	2	5	4	5	4
Helipuerto y helisuperficie	Helipuerto	2				

Tipo	*Subtipo/Sufijo*	*V. Sísmica*	*V. volcánica*	*V. inundación*	*V. incendios*	*V. Dinámica de vertientes*
Puentes	Puentes	5			2	5
Túneles	Túneles	5			1	
Tomas aéreas	Tomas aéreas	4				
Instalaciones industriales	Instalaciones industriales	4				
Gasolineras y almacenamiento de butano	Gasolinera	4	5	4	5	4
Oleoductos	Oleoductos	5	5	4	5	4
Centros de investigación	Centros de investigación	3				
Instalaciones radiológico-nucleares		5	5	5	5	5
Instalaciones mineras		1	4	4	2	5
Instalaciones de abastecimiento de agua	Presa	4	3	5	1	4
	Galería	2	3	5		3
	Pozo	2				
	Desalación	3				
	Canal/conducción	3				
	Almacenaje hidráulico	3				
	Red de distribución hidráulica	3				
Instalaciones de saneamiento	Emisario submarino	3				
	Alcantarillado	3				
	Depuración	3				
Red eléctrica	Producción eléctrica	3	4	4	5	4
	Líneas de distribución	5	5	5	4	5
	Subestación/transformador	3	4	4	5	4
Red de telecomunicación	Red de telecomunicación	3				
	Red de telecomunicación emergencias					
Red meteorológica						
Red sísmico-volcánica						
Red de contaminación						
Residuos	Complejo ambiental	2	4	4	5	4
	Punto limpio	2	4	4	5	4
	Planta de transferencia	2	4	4	5	4
	Vertedero	1	4	4	5	4
Explotaciones ganaderas	Ganaderas		2	3	2	2
	Agrícolas		2	3	2	2
Explotaciones de acuicultura	Explotaciones de acuicultura	3	2	2	1	2
Polígonos industriales	Polígonos industriales	4	4	4	4	4
ZEC	ZEC	1	2	2	3	2
ZEPA	ZEPA					
ENP	ENP					
Montes Bosques	Montes Bosques					
Mirador	Mirador					
Acuífero	Acuífero				1	
Urbano	Casco: Edificio aislado	4				
	Casco: Edificio entre medianeras	5				
	Casco: Vivienda unifamiliar aislada	4				
	Casco: Vivienda unifamiliar adosada	4,5				
	Casco: Nave	4				
	Ensanche: Edificio aislado	4				
	Ensanche: Edificio entre medianeras	5				
	Ensanche: Vivienda unifamiliar aislada	4				
	Ensanche: Vivienda unifamiliar adosada	4,5				
	Ensanche: Nave	4				
	Discontinuo: Edificio aislado	3,5				
	Discontinuo: Edificio entre medianeras	4,5				
	Discontinuo: Vivienda unifamiliar aislada	3,5				
	Discontinuo: Vivienda unifamiliar adosada	4				
	Discontinuo: Nave	4				
Cultivos	Cultivos herbáceos distintos del arroz	1	2		3	2
	Frutales cítricos					

Tipo	*Subtipo/Sufijo*	*V. Sísmica*	*V. volcánica*	*V. inundación*	*V. incendios*	*V. Dinámica de vertientes*
	Frutales no cítricos					
	Viñedo					
	Otros cultivos leñosos					
	Prados					
Pastizales						
Matorral						
Terrenos sin vegetación	Acantilados marinos		1			
	Coladas lávicas cuaternarias					
	Canchales					
	Afloramientos rocosos					
	Ramblas					
	Roquedo					
	Suelo desnudo					
	Zonas quemadas					
Cobertura húmeda			1			
Cobertura de agua	Cursos de agua					
	Mares y océanos					
	Lagunas costeras					

Fuente: Pablo Fraile e Ismael Vallejo. Universidad de Sevilla. Curso Evaluación de riesgos naturales en los ámbitos municipales y adaptación a Canarias.

Una vez que se han ponderado todos los usos, para estimar la vulnerabilidad económica global o total de cada tipo de riesgo se aplicará la siguiente fórmula:

$$Vul.\,económica\ total = Vul\ eco.\,edificación\ x\ Vul.\,eco.\,uso$$

Es decir, cuando una edificación, para un determinado riesgo, se incluya dentro de un determinado uso, se multiplicarán los valores de la vulnerabilidad económica de ambos. En caso de que no exista edificación, se considera solo el valor de la vulnerabilidad de ese uso.

Se establecen los siguientes niveles de vulnerabilidad económica total:

Tabla: Niveles de vulnerabilidad económica total

Rango	Grado de vulnerabilidad
25	Muy Alta
16-24	Alta
5-15	Media
2-4	Baja
1	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

4. FASE III: MÉTODOS PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE PELIGROSIDAD, EXPOSICIÓN Y VULNERABILIDAD

4.1 Introducción

La realización de una cartografía y la elaboración de mapas, tiene por finalidad, con carácter general, la división del territorio en zonas o unidades homogéneas. En el presente proyecto, el territorio quedará clasificado en diferentes grados o niveles de susceptibilidad/peligrosidad, exposición, vulnerabilidad y finalmente de riesgo. Cada mapa se obtendrá a partir del análisis de la información recopilada del proceso natural a estudiar.

A la hora de realizar un mapa, es muy importante evaluar los signos o simbología a incluir en el mismo. La semiología de los gráficos, que en ocasiones también es denominada como la semiótica de los mapas, es una subárea de la cartosemiótica que estudia los signos de los mapas. Esta subárea incluye cinco temas de interés principales: simbolismo de los mapas (lenguaje de los mapas), procesamiento de signos, los contextos en los que los signos y el procesamiento de signos están enmarcados, las notas marginales y el fenómeno de la significación periférica. El simbolismo de los mapas es el objeto central de la semiótica de los mapas, la simbolización es la pieza clave de la comunicación entre el productor de un mapa y su lector.

Salvo en algunos casos muy concretos, y fuera del ámbito nacional, no se dispone de una referencia estandarizada para el tipo de simbología que este proyecto desarrollará.

Quizá la referencia más recurrente en este sector sea el conjunto de símbolos desarrollado por el *US Federal Geographic Data Committee Homeland Security Working Group* (FGDC HSWG) que ha sido estandarizado por el *American National Standards Institute* (ANSI) bajo la denominación de ANSI INCITS 415-2006. También existen otras iniciativas dignas de mención como la iniciativa *Australasian All-Hazards Symbology* impulsada por Australia y Nueva Zelanda y desarrollada por el *Intergovernmental Committee on Surveying and Mapping* (ICSM).

El compartir una simbología única para unos conjuntos de datos espaciales aporta los siguientes beneficios:

- Mejora la legibilidad e interpretación de la información.
- Facilita el intercambio de información y datos.
- Promueve una comprensión horizontal de localizaciones de peligro y emplazamientos vulnerables.

- Regula la comunicación de información crítica a través de administraciones y organizaciones de los sectores público y privado.
- Fortalece la coordinación y comunicación entre planificadores.
- Mejora la capacidad de los gestores de emergencias para comprender de un vistazo las circunstancias que rodean a una situación en el proceso de toma de decisiones críticas.

Respecto al método de representación gráfica, es deseable considerar la naturaleza del elemento cartográfico a representar, a la hora de decidir el tipo entidad geométrica. Por lo general la cartografía modela las entidades del mundo real, naturales o ratifícales, con las siguientes geometrías y atributos:

- Puntos. Caracterizados por los atributos de color de punto y tamaño de punto.
- Líneas. Caracterizados por los atributos de color de línea, ancho de línea y estilo de línea.
- Polígonos. Caracterizados por los atributos de color de borde, ancho de borde, estilo de línea de borde, color de relleno y patrón de relleno.

Otros criterios a tener en cuenta en la representación son:

- Iconos. Son una representación alternativa de las entidades puntuales mediante un símbolo de uso convencional.
- Tipografía. Se aplican a los textos que aparecen en la cartografía. Establece los criterios que regulan el tipo de fuentes, su tamaño, color, orientación, etc.

Operations										
3.1	Access Points	General	Point	AP	Y	AP	NA	To be defined (TBC)	1) Use at Event/Incident Regional levels	created
3.2	Area of Interest	General	Polygon		Y	Same	NA	The extent and location anticipated at being at risk from a particular incident or event. Syn: Area of Concern. (TBC)	1) Label with DTG 2) Use at Event/Incident Regional levels	SA DEH
3.3	Assembly Area	General	Point	AA	Y	AA	NA	A designated location used for the assembly of emergency-affected persons. The area may also incorporate an emergency relief centre (AEM_Glossary)	1) Use at Event/Incident to Regional levels	AIIMS
3.4	Base Camp	General	Point	BC	Y	BC	NA	A location where personnel are accommodated and fed for a period of time. A camp usually contains catering, ablution and accommodation facilities, a water supply and a lighting system., and may include other facilities such as car parking, maintenance and servicing (AIIMS)	1) Use at Event/Incident to Regional levels	NSW BCC
3.5	Control Area	General	Polygon		Y	Same		A declared area in which defined conditions apply to the movement into, out of, and within, of specified animals or things. Conditions applying in a control area are of lesser intensity than those in a restricted area. The limits of a control area and the conditions applying therein may be varied rapidly according to need (AEM_Glossary).	1) Label with DTG 2) Use at Event/Incident to Regional levels	SA DEH adapted
3.6	Control / Operations Point	General	Point	CP	Y	CP	NA	To be defined (TBC)	1) Label with DTG 2) Use at Event/Incident to Regional levels	AIIMS
3.7	Declaration Area	General	Polygon		Y			A defined tract of land for the time being subject to emergency management restrictions (adapted from Declared Area in AUSVETPLAN 3.0)	1) Label with DTG 2) Use at Event/Incident to Regional levels	SA DEH adapted
3.8	Escape Route	General	Point	ER	Y	ER	NA	A pre-planned route away from danger areas at a fire (AFAC)	1) Use at Event/Incident to Regional levels	NSW BCC - ACTRFS adapted
3.9	Escape Route	General	Line		Y		NA	A pre-planned route away from danger areas at a fire (AFAC).	1) Use at Event/Incident to Regional levels	created
3.10	Evacuation Route									
3.11	Evacuation Area	General	Point	EA	Y	EA	Planned Established	A predetermined place where patients, visitors and staff are taken or are assembled in the event of an evacuation. Syn. 'evacuation assembly area' (AEM_Glossary).	1) Label with DTG for status 2) Use at Event/Incident to Regional levels	created

Figura: Extracto de la simbología All-Hazards Symbology

En el caso particular del desarrollo de iconografía se atenderá a los siguientes principios básicos:

- Los símbolos deben soportar diferentes formatos de salida y escala en los mapas. Los formatos de salida contemplarán, al menos, fuentes truetype, svg, png y tiff. En lo que respecta a las escalas esto puede significar que una misma entidad se represente con distintos símbolos en función de su escala.
- Los símbolos deben ser tan sencillos como sea posible para evitar problemas de interpretación.
- El proceso de estandarización debe involucrar tanto a usuarios de mapas como a productores de mapas.
- La categorización o jerarquización de símbolos es tan importante como los símbolos en sí mismos. Así, por ejemplo, puede existir una categoría de símbolos para "Salud" que contenga un símbolo de "Centro sanitario" que a su vez se pueda concretar en otros específicos (hospital, centro de salud, puesto de socorro, etc.)

A la hora de elaborar un mapa, también es muy importante la elección de la escala de trabajo y visualización, ya que condiciona dos aspectos fundamentales: la posibilidad de utilizar unos u otros métodos de análisis y representación; y los elementos que se pueden incluir y representar.

Por último, para realizar un mapa, es importante la utilización de una base topográfica precisa y el establecimiento de una escala adecuada con lo que se quiere representar. Actualmente, se disponen de buenas bases topográficas georeferenciadas, que permiten representar el territorio de forma precisa como son los MDT (Modelo Digital de Terreno), o las fotos aéreas de alta resolución.

La incorporación de Sistema de Información Geográfica (SIG) en la realización de mapas, permite trabajar con gran cantidad de información y tratar las bases de datos que se puedan generar en el proyecto. Este tipo de aplicaciones, permite combinar la base topográfica, con la información planimétrica disponible según la zona a estudiar (población, usos del suelo, vías de comunicación, infraestructuras, etc.).

4.2 Directiva INSPIRE

La Directiva INSPIRE (*Infrastucture for Spatial Information in Europe*) establece las reglas generales para el establecimiento de una Infraestructura de Información Espacial en la Comunidad Europea basada en las Infraestructuras de los Estados miembros. Aprobada por el Parlamento Europeo y el Consejo el 14 de marzo de 2007 (Directiva 2007/2/CE), entra en vigor

a los veinte días de su publicación, el 25 de abril de 2007, en el Diario Oficial de la Unión Europea.

La Directiva 2007/2/CE ha sido desarrollada en colaboración con los Estados miembros y países en proceso de adhesión con el propósito de hacer disponible información geográfica relevante, concertada y de calidad de forma que se permita la formulación, implementación, monitorización y evaluación de las políticas de impacto o de dimensión territorial de la Unión Europea.

La transposición de esta Directiva al ordenamiento jurídico español se desarrolla a través de la Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España (LISIGE). El Consejo Superior Geográfico ejerce como punto de contacto con la Comisión Europea para el desarrollo de la Directiva Inspire en España.

Para asegurar que las infraestructuras de datos espaciales de los Estados miembros sean compatibles e interoperables en un contexto comunitario y transfronterizo, la Directiva exige que se adopten Normas de Ejecución comunes *(Implementing Rules)* específicas para las siguientes áreas: metadatos, conjuntos de datos, servicios de red, servicios de datos espaciales, datos y servicios de uso compartido y seguimiento e informes. Estas normas se consideran Decisiones o Reglamentos de la Comisión y por tanto son de obligado cumplimiento en cada uno de los países de la Unión. La implementación técnica de estas normas se realiza mediante las Guías Técnicas o Directrices (*Technical Guidelines*), documentos técnicos basados en estándares y normas Internacionales.

A este respecto INSPIRE ha establecido Guía Técnica de los datos relacionados con las zonas de riesgo natural (*Natural Risk Zone*), febrero de 2013. En esta guía se establecen las especificaciones básicas para recopilar y tratar la información relacionada con los riesgos naturales en la Unión Europea. Estas especificaciones serán tenidas en cuenta a la hora de desarrollar las bases de datos del presente proyecto.

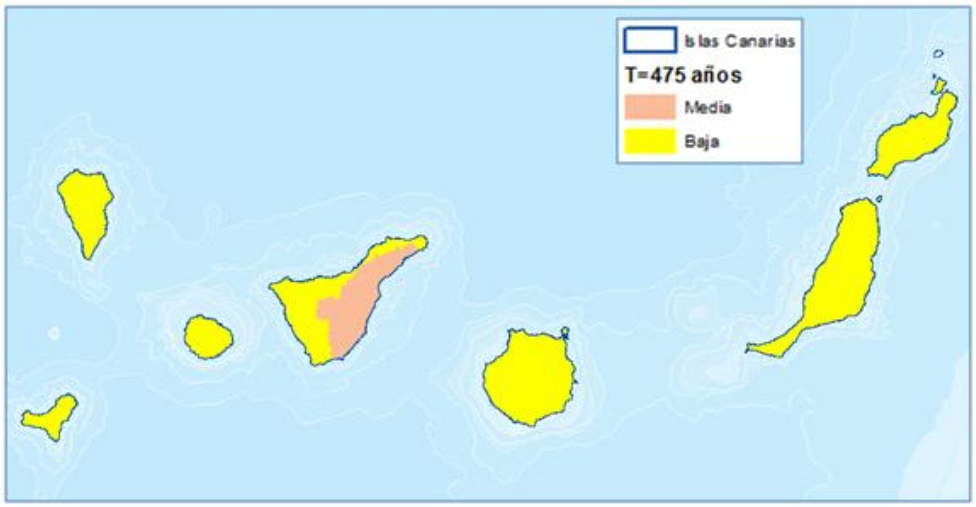
4.3 Mapas de Peligrosidad

Para representar la peligrosidad de una forma más sencilla, se establecen 5 niveles de magnitud: (muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo), que serán representados mediante una cartografía cromática de valores cualitativos, en un sistema tipo semáforo.

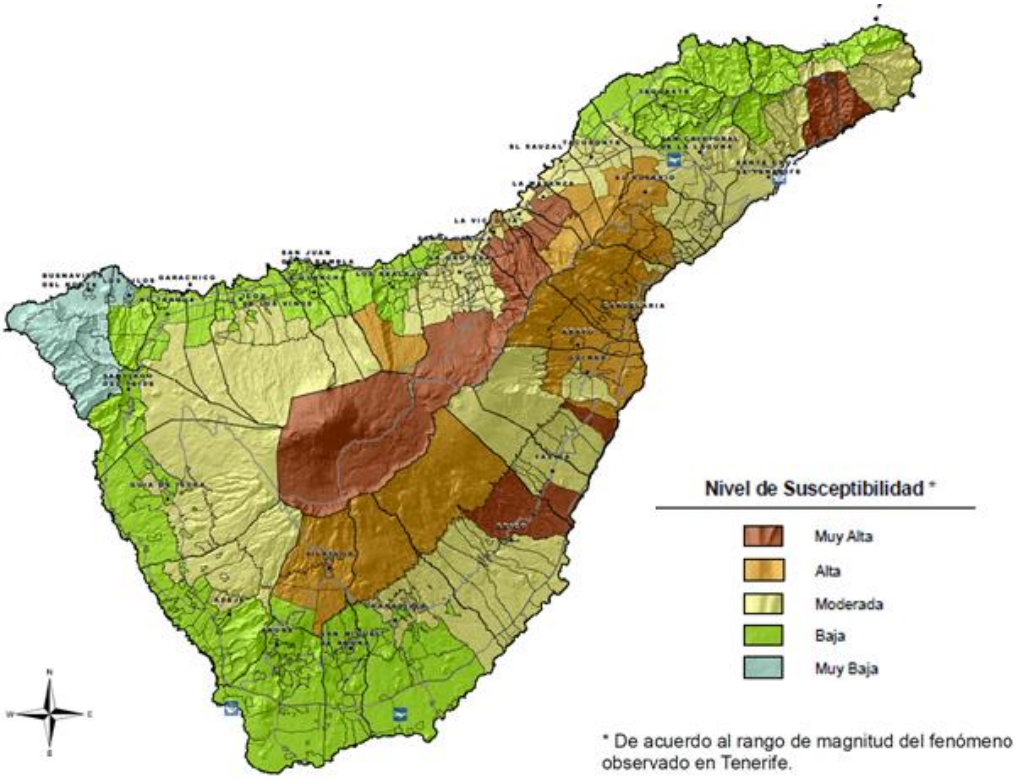
Estos niveles se asignarán, en función del rango de magnitud del fenómeno observado y la escala de aplicación, ya que no es lo mismo el rango de magnitud observado a escala nacional, que ha escala Canarias o insular.

La peligrosidad sísmica en Canarias, a escala nacional (evaluando todos los sismos ocurridos en España) se considera baja (sismos de intensidad VI).

Sin embargo, cuando se refiere a la escala en Canarias, la peligrosidad se evalúa a partir de los registros de sismos en Canarias, aplicando los 5 niveles establecidos.



De igual forma ocurre a escala insular, como se aprecia en el mapa de susceptibilidad sísmica de Tenerife (PTOPRT).



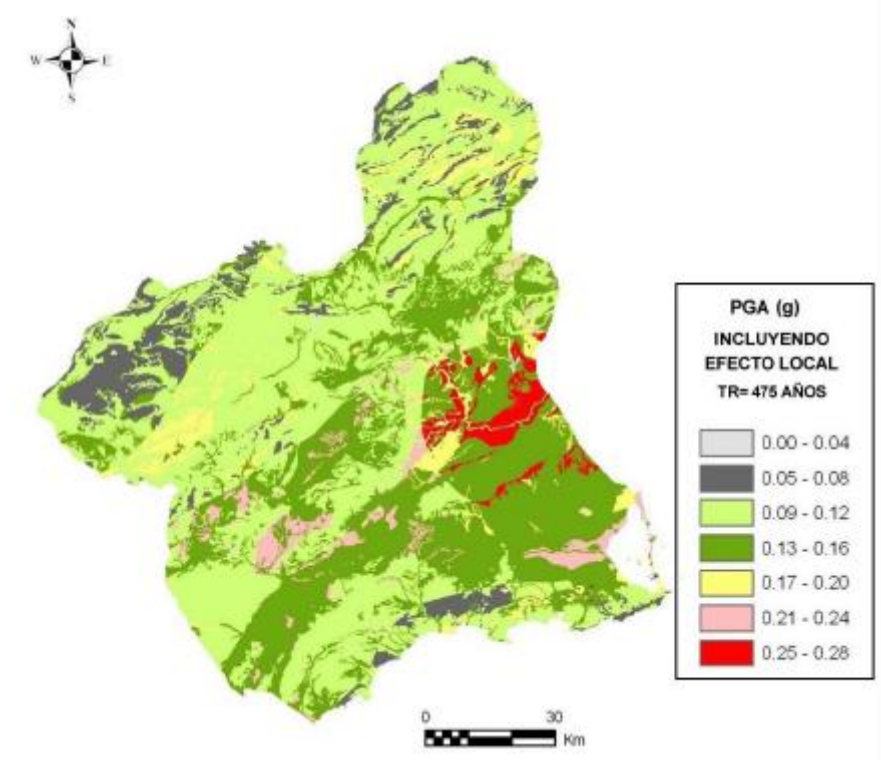
4.3.1 *Peligrosidad sísmica*

4.3.1.1 **Determinación de los criterios generales**

El mapa de peligrosidad sísmica describirá la respuesta del terreno ante un sismo producido con una cierta probabilidad en un periodo de tiempo. Hay que fijar un periodo de retorno para el que se calcula la probabilidad de ocurrencia.

El mapa de riesgo que acompaña a la Norma Sismorresistente NCSE 02, utiliza un periodo de retorno de 500 años, siendo el más utilizado, pero puede elegirse el periodo que se crea más conveniente para la unidad territorial para la que se haga el mapa. En este caso de la Norma, se representa la peligrosidad en función de la intensidad esperable del sismo en la escala MKS, pero de igual forma se puede representar según el valor pico de aceleración PGA (g).

Figura: PGA (g) de la Comunidad Autónoma de Murcia



Fuente: SISMIMUR

De esta forma se puede representar las unidades de respuesta homogénea al terremoto en función de la aceleración de pico PGA (g) probable para el periodo de retorno elegido.

El mapa de peligrosidad sísmica debe representar una clasificación del territorio, en función de la intensidad esperable de los sismos para un periodo de retorno, expresada bien en grados de intensidad (escala MKS) o en función de la aceleración pico. Siguiendo la clasificación geotécnica, lo más común es representar 5 niveles de peligrosidad, siendo necesario indicar en la leyenda el comportamiento de cada nivel. Todo el territorio donde exista algún tipo de peligrosidad sísmica quedará representado por estos 5 niveles.

4.3.1.2 **Sistema de representación**

4.3.1.2.1 *Zonificación del territorio*

Los 5 niveles en los que quedará representado todo el territorio que presente riesgo de peligrosidad sísmica serán: nivel muy alto, nivel alto, nivel medio, nivel bajo y nivel muy bajo, que van de mayor peligrosidad a peligrosidad. Estos niveles estructuran el territorio, llevando a cabo una zonificación del mismo, por lo que se representará mediante polígonos.

Para representar los 5 niveles que definirán la zonificación sísmica del territorio, se utilizará el siguiente sistema de representación:

- Muy Baja (Verde): Sin fallo del suelo. PGA <40 cm/s^2 o entre 0,01-0,04 g. Sin problemas para la edificación. Intensidad MSK I-IV.
- Baja (Verde Amarillento): Sin fallo del suelo. PGA 40-60 cm/s^2 o entre 0,04-0,06 g. Con problemas para la edificación ligeros. Intensidad MSK V.
- Moderada (Amarillo): Deslizamiento potencial en taludes muy inclinados en roca descompuesta. Se requiere un análisis detallado para la edificación. PGA 60-90 cm/s^2 o entre 0,06-0,09 g. Intensidad MSK. V-VI
- Alta (Naranja): Movimiento fuertemente amplificado. Proclive al fallo del suelo. No apropiado para la edificación. PGA 90-120 cm/s^2 o entre 0,09-0,10 g. Intensidad VI-VII
- Muy Alta: (Rojo): Movimiento fuertemente amplificado. Proclive al fallo del suelo. No apropiado para la edificación. PGA >120 cm/s^2. Intensidad mayor de VII.

Será necesario indicar el periodo de retorno al que se está representando la peligrosidad y el rango de magnitud del fenómeno observado a esa escala (Insular, Nacional, Canarias)

Como información adicional, a incluir en el mapa de peligrosidad sísmica, se propone representar las dorsales o rifts, correspondientes a zonas de concentración de centros eruptivos, origen de la mayor parte de los sismos de Canarias. Así como las fallas activas o tectónicas identificadas, a lo largo de las cuales la peligrosidad alcanzará los valores máximos.

Para representar las fisuras y dorsales se utilizan líneas, a partir de la información del feature class Fis_Dor:

- Fisuras
- Dorsales

Para representar los centros eruptivos se utilizará la información del Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias, empleando la misma simbología. A partir de la información de los feature class Bord_carter y Cntro_erupt:

- Bordes de cráter: Línea con triángulos
- Centros eruptivos sin cráter: Puntos:

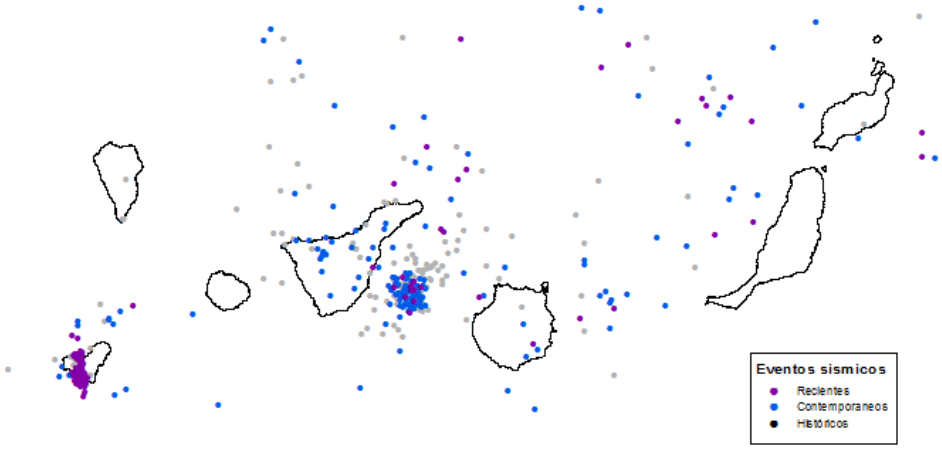
Además, se pueden incorporar a la representación, mediante puntos, los eventos sísmicos registrados. Cada evento estará caracterizado por las coordenadas del epicentro donde se ha producido. A partir de la información del feature class Cat_sismos

Eventos históricos: Eventos sísmicos cuya fecha este comprendida desde que hay registro de datos hasta el año 1950 incluido. Representado como un punto gris:

Eventos contemporáneos: Eventos sísmicos que se han producido entre los años 1951-2000. Representado como un punto azul:

Eventos recientes: Eventos sísmicos que se han producido entre los años 2001- hasta la actualidad. Representado como un punto morado:

Figura: Eventos sísmicos históricos



Fuente: Elaboración propia

Por último, se propone la representación mediante puntos, las coordenadas de la red de estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias, utilizada como sistema de vigilancia sísmica. A partir de la información del feature class red_sism_volc

Asignando a cada tipo de estación y red un icono diferente, utilizando como ejemplo los empleados por el IGN y GRAFCAN.

- Red geodésica pasiva
- Estación GPS. INVOLCAN
- Estación permanente ERGNSS. IGN
- Estación permanente ERGNSS-GPS
- Estaciones sísmicas de transmisión analógica
- Estaciones sísmicas de transmisión digital vía satélite
- Estaciones fuera de servicio

4.3.2 *Peligrosidad volcánica*

4.3.2.1 **Determinación de los criterios generales**

Los factores que hay que considerar para la elaboración de un mapa de peligrosidad volcánica son de dos tipos: geológicos y físicos.

Según Ortiz (1996), el mapa de peligrosidad volcánica es un conjunto de mapas parciales de peligros que se superponen. Así, los mapas que conviene realizar para elaborar el mapa de peligrosidad volcánica son:

- Mapa de peligros ocurridos: Refleja todos los eventos de peligro ocurridos en un determinado volcán. Realmente es casi un mapa geológico, que incluya de forma aunque secuencial, la historia eruptiva.
- Mapa de peligro específico: Refleja sólo un peligro originado por uno de los procesos volcánicos (caída de tefra, piroclastos de caída).
- Mapa de erupción esperada: Se realiza con todos los datos obtenidos del estudio del volcán y refleja los efectos de una futura erupción. Este es el mapa de peligros volcánicos que se realiza habitualmente para la cuantificación de la peligrosidad volcánica.

Hay que tener en cuenta que en muchos casos, existen varios tipos de erupciones posibles y en ese caso es necesario elaborar un mapa para cada uno de ellos, considerando el árbol de probabilidades correspondiente.

Para cada volcán sería preciso reconocer todos los mecanismos eruptivos que han tenido lugar en su historia, observando especialmente si existe alguna secuencia o correlación entre ellos, bien sea durante una misma erupción o en erupciones sucesivas.

A continuación se analizan los tipos de peligros existentes en los procesos volcánicos y la forma de representarlos o plasmarlos en un mapa.

4.3.2.1.1 *Tipos de peligros a representar*

Peligros

- Coladas de lava. Se representaran los itinerarios de circulación potencial, tanto sobre las laderas del relieve como en los cauces de la red fluvial. Habrá que indicar también las segundas trayectorias en función de los relieves que pueden ser sobrepasados. Especial atención hay que poner en los puntos en que la colada pueda llegar al mar. Posibles áreas de emanación y dispersión, según los flujos de viento dominante en la zona de emisión y, sobre todo, las áreas deprimidas donde puedan quedar acumulados los gases más pesados. Estos son puntos críticos que deberán estar perfectamente señalizados. La víctima mortal que hubo en la erupción del volcán Teneguía (1971), en la isla de La Palma, lo fue por esta causa.
- Domos. Si es posible y es una zona proclive a que se produzcan domos, se representará las áreas posibles de derrumbe y la extensión que pueden ocupar, en función del relieve.

- Piroclastos de proyección. Hay que representar las áreas que alcanzaran este tipo de elementos en su trayectoria balística, considerando, lógicamente, las condiciones del relieve en el punto de emisión y su entorno.
- Piroclastos de caída. Hay que representar las áreas que alcanzaran este tipo de piroclastos (la mayoría tienen tamaños menores a 2 mm) y en el que las cenizas quedan suspendidas en grandes extensiones. Hay que considerar, lógicamente, las condiciones del relieve en el punto de emisión y su entorno, también, hay¡ que tener en cuenta los flujos de viento dominante en la zona de emisión
- Colapsos estructurales. Señalar los puntos donde se pueden producir avalanchas y representar las áreas que serán ocupadas por los materiales desprendidos.
- Corrientes densas de piroclastos. Señalar las trayectorias que seguirán este tipo de flujos, tanto por las laderas como por los cauces fluviales. Hay que tener en cuenta que muchos flujos piroclásticos vienen a levantar una oleada que se extiende varios kilómetros más lejos y la cual puede estar lo suficientemente caliente para causar quemaduras severas a la vegetación.

Tabla: información requerida sobre cada peligro volcánico.

Peligros	Información y relación de daños
Coladas de lava	Centro de emisión, espesor, dirección de flujo, tiempos de recorrido, temperatura y área cubierta
Domos	Emplazamiento, velocidad de crecimiento, tamaño crítico, direcciones preferentes de destrucción.
Piroclastos de caída	Centro de emisión, tamaño de partículas, isopacas[20]
Piroclastos de proyección	Centro de emisión. Área de caída- Tamaño, numero de impactos y temperatura.
Colapsos estructurales	Lugar del colapso, alcance del depósito, topografía antes y después.
Corrientes densas de piroclastos	Punto de origen, espesor, dirección de flujo, tiempos de recorrido, temperatura y zona límite.

Fuente: National Land Agency of Japan, 1992. En "Modelización Física y simulación numérica de procesos eruptivos para la generación de mapas de peligrosidad volcánica. Felpeto. A.

4.3.2.1.2 *Escala de trabajo de los mapas*

Debido a que cada uno de los peligros que tiene una erupción volcánica alcanza distancias muy diferentes, las escalas de trabajo se adaptaran a cada uno de los peligros considerados.

El mapa general de peligrosidad podrá realizarse a escala 1:25.000, como el Mapa de Peligrosidad Volcánica de Tenerife (IGME). De esta manera se puede observar en su conjunto el área total que puede estar afectada por una erupción.

[20] Isopaca: Linea que se cierra uniendo puntos de igual potencia de un mismo nivel rocoso. Expresa el espesor de una unidad estratigráfica

De forma individual, según la distancia de cada peligro, se confeccionaran mapas individuales que representarán cada peligro (bien de forma simulada como el escenario de simulación de coladas de lava del Mapa de Peligrosidad Volcánica de Tenerife o a partir de la información existente). Así, para la zona de dispersión de los piroclastos de caída o el escenario de simulación de coladas de lava, las escalas pueden llegar a ser de 1:50.000 y menores (1:100.000).

4.3.2.2 **Sistema de representación**

4.3.2.2.1 *Zonificación del territorio*

Se establecerán un total de 5 niveles en los que quedará representado todo el territorio que presente riesgo de peligrosidad volcánica. Estos niveles son: nivel de peligrosidad volcánica muy alto, nivel alto, nivel medio, nivel bajo) y nivel muy bajo. La peligrosidad volcánica que constituye estos 5 niveles incluirá todos los procesos o peligros volcánicos que se registren en esa zona. Esta zonificación se representará mediante polígonos.

El sistema de representación de los 5 niveles que definirán la zonificación del territorio en función de la peligrosidad volcánica, serán:

- Verde (nivel muy bajo)
- Verde Amarillento (nivel bajo)
- Amarillo (nivel medio)
- Naranja (nivel alto)
- Rojo (nivel muy alto)

Será necesario indicar el periodo de retorno al que se esta representando la peligrosidad y el rango de magnitud del fenómeno observado a esa escala (Insular, Nacional, Canarias)

Como elementos adicionales, se representarán algunos de los elementos que se han utilizado en la peligrosidad sísmica, ya que ambos fenómenos están muy relacionados.

Se representará:

A partir de la información del feature class Fis_Dor:

- Dorsales

Los centros eruptivos a partir de la información de los feature class Bord_carter y Cntro_erupt:

- Bordes de cráter: Línea con triángulos
- Centros eruptivos sin cráter: Puntos:

Red de estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias, utilizada como sistema de vigilancia sísmica a partir de la información del feature class red_sism_volc

- Red geodésica pasiva
- Estación GPS. INVOLCAN
- Estación permanente ERGNSS. IGN
- Estación permanente ERGNSS-GPS
- Estaciones sísmicas de transmisión analógica
- Estaciones sísmicas de transmisión digital vía satélite
- Estaciones fuera de servicio

Las coladas históricas identificadas en cada una de las islas, que quedarán representadas como polígonos a partir de la información del feature Erupc_hist:

- Coladas de erupciones históricas con la trama

4.3.3 *Peligrosidad de inundación fluvial*

4.3.3.1 **Determinación de los criterios generales**

Para representar el grado de afección por efecto de una inundación fluvial, se debe elaborar un mapa que describa la importancia de la estructura del terreno y de la delimitación de barrancos y cuencas.

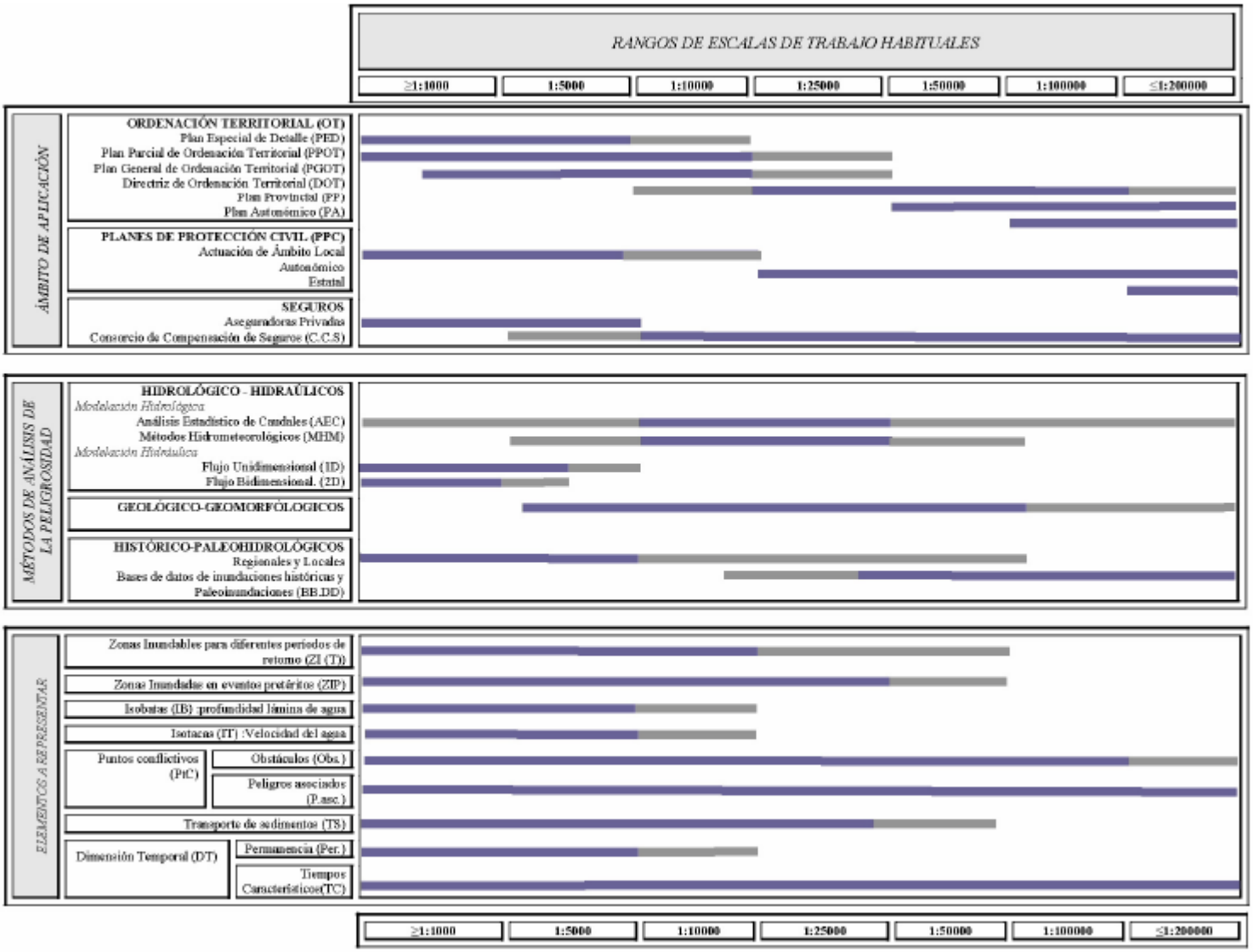
El mapa de peligrosidad de inundación identificará las zonas de mayor probabilidad de inundación en un periodo de tiempo determinado. En función del calado, la velocidad de la avenida y de los periodos de retorno de los eventos, se establecerán los diferentes niveles de peligrosidad.

4.3.3.1.1 *Escala de trabajo*

Al tener en cuenta las figuras urbanísticas relacionadas con la Ley del Suelo, de forma general, los rangos de escalas que se pueden emplear en la representación de un mapa de inundación fluvial son:

- Proyectos muy detallados e individuales 1:100 a 1:500
- Planes especiales de detalle y planes parciales de sectores urbanos 1:500 a 1:2.000
- Planes (generales) de ordenación urbana de un núcleo urbano 1:2.000-1:10.000
- Planes de ámbito municipal (o parroquias) 1:5.000 a 1:10.000
- Planes supramunicipales (mancomunales, concejos o comarcales) 1:10.000 a 1:25.000
- Planes provinciales o insulares 1:25.000 a 1:100.000
- Planes autonómicos 1:100.000 a 1:400.000 Planes nacionales 1:400.000 a 1:1.000.000

Figura: Relación de la escala de trabajo y representación de los mapas de peligrosidad de inundación



Fuente: Tomado de Ruz et al. (2008)

De esta forma, en un plan autonómico de ordenación territorial a escala 1:400.000, se considera que no pueden utilizarse determinados métodos para estimar la peligrosidad de inundación, como son los métodos hidrológico-hidráulicos de detalle, ni representar elementos como la batimetría y la velocidad de la corriente, de una forma adecuada.

Por ello, en función de la información existente y la finalidad del mapa de peligrosidad de inundación, dentro del rango de escalas de trabajo descritas, se procurará elegir aquélla que más detalle proporciona, para aumentar la precisión y aumentar el número de metodologías aplicables y de elementos a representar.

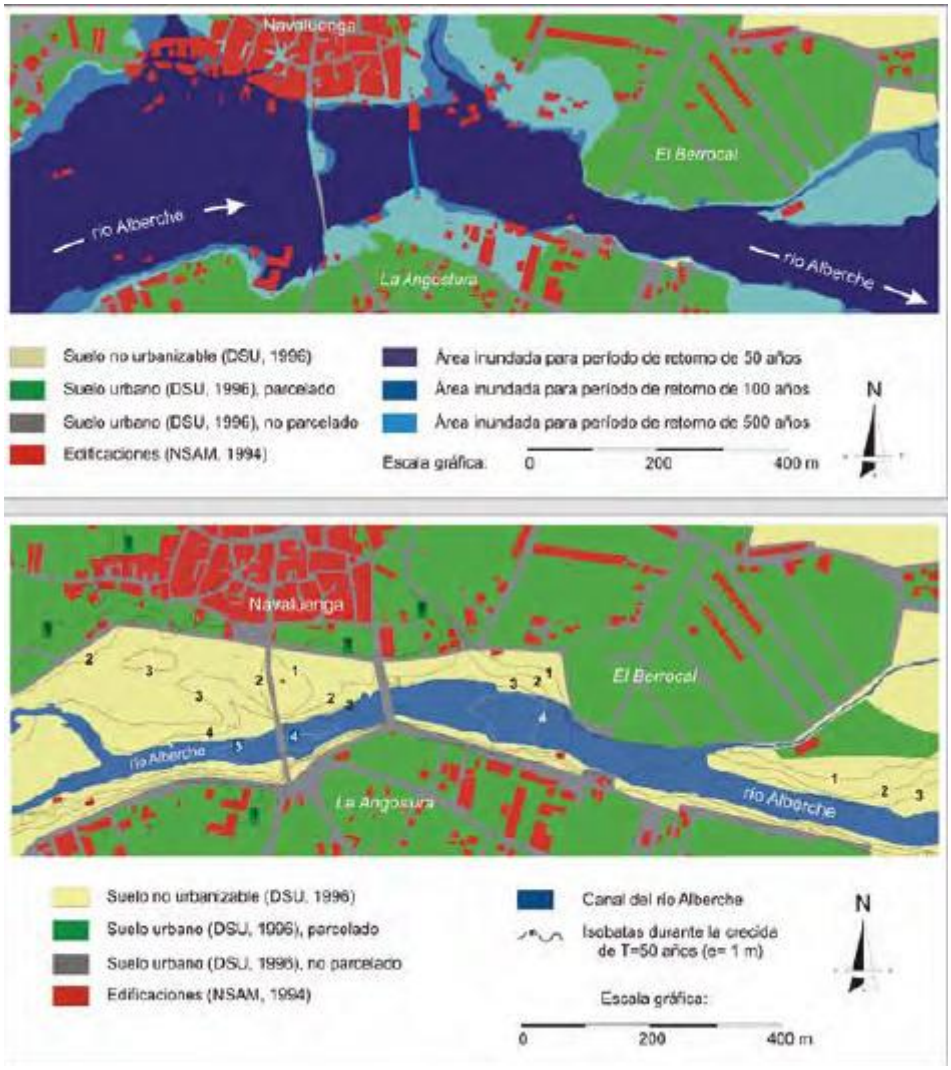
4.3.3.2 **Sistema de representación**

Para representar las zonas inundables fluviales (peligrosidad de inundación), se considera adecuado emplear polígonos con relleno completo para representar los niveles de

peligrosidad; para la carga sólida transportada se puede utilizar un rayado o trama superpuesta; mientras que otros elementos, como batimetrías o curvas de nivel, cuencas o cauces, permite emplear líneas, isolíneas o modelos digitales del terreno continuos.

Según Diez Herrero en Regueiro, M (2008), un ejemplo de representación podría ser emplearse la línea continua para los límites establecidos con dos o más criterios o métodos integrados y calibrados entre sí; la línea alternante entre punto y línea para los límites establecidos exclusivamente con criterios geológico-geomorfológicos; y la línea de puntos para los límites con criterios históricos.

Figura: Mapas de aspectos de la peligrosidad de inundaciones (mapas parciales o sectoriales), en los que aparecen representados diferentes elementos de la peligrosidad (zonas inundables para distintos periodos de retorno, e isobatas). de Río Alberche a su paso por Navaluenga, Ávila.



Fuente: Díez, 2001-2003.

En cuanto a los colores de cada uno de los elementos que complementan los niveles de peligrosidad, se procurará que tengan relación con la coloración natural o habitual de ese

elemento representado: en azul los relacionados con el agua (isobatas, isotacas...); en sepia o marrón los elementos relacionados con la carga sólida transportada o su sedimentación siempre optando, en caso de duda, por los colores estandarizados en las cartografías básicas oficiales españolas.

La figura siguiente recoge una propuesta de leyenda unificada y simplificada de los elementos representables en los mapas de peligrosidad de inundaciones, así como su método de representación.

Figura: Propuesta de leyenda unificada para los mapas de peligrosidad parciales y de síntesis

Fuente: Díez, 2001-2003 en Regueiro, M (2008), Guía Metodológica de cartografía de Riesgos Naturales

4.3.3.2.1 *Zonificación*

Se establecerán, siempre y cuando estén presentes en el área de estudio, 6 zonas de peligrosidad claramente diferenciadas, con límites netos y diferente coloración:

- Zona de peligrosidad Muy alta o extrema (ZPE, color rojo): Se corresponde a la zona del territorio donde frecuentemente existe un peligro muy grave para la integridad de las personas por la profundidad (calado) de la lámina de agua y la velocidad de la misma, o la combinación de ambas. Equivaldría a la zona inundable de alta probabilidad de la Directiva de Inundaciones; y aproximadamente al dominio público hidráulico del SNCZI.

  El principal criterio para la delimitación del contorno de esta zona será de tipo geológico-geomorfológico, pues se quiere hacer corresponder con el cauce natural. En aquellos lugares donde no sea posible reconocer con precisión, bien porque están sustituidos por otros elementos geomorfológicos o por transformación antrópica (urbanización, canalizaciones, dragados...), se podrán complementar los criterios geomorfológicos con otros históricos (registro documental de zonas afectadas por eventos pretéritos, encuestas a la población local...), botánicos (disposición y edad de las formaciones vegetales que colonizan el cauce y riberas) y/o hidrológico-hidráulicos. En conos de deyección o abanicos aluviales recientes y activos esta zona se delimitará en todos los canales distribuidores (activos y abandonados), lóbulos de derrame y zonas deprimidas entre los lóbulos. En las zonas endorreicas y/o aclinales actuales sólo formarán parte de la ZPA los terrenos encharcables estacionalmente o con depósitos recientes (holocenos) característicos de fondos de depresiones inundables (lagunas, charcas, navas, tablas, pantanos...).
- Zona de peligrosidad alta (ZPA, color naranja): Se corresponde a la zona del territorio donde frecuentemente existe un peligro grave para la integridad de las personas por la profundidad (calado) de la lámina de agua y la velocidad de la misma.
- Zona de peligrosidad media o moderada (ZPM, color amarillo): Correspondiente a aquel sector del territorio susceptible de ser anegado frecuentemente pero con calados y velocidades que no suponen peligro para la vida humana, considerando además, las zonas inundables con frecuencias a escala de una generación (T≈100 años). Equivaldría a la zona inundable de probabilidad media de la Directiva de Inundaciones. El principal criterio de delimitación será también geomorfológico, correspondiente a la parte más baja de la llanura de inundación, donde se conserven rasgos que inducen a pensar la existencia de actividad a escala inferior a la secular, como depósitos o formas (lóbulos de derrame, cintas de derrame, canales secundarios de crecida, brazos abandonados de meandro, barras, terracetas...) y/o marcas en elementos naturales (indicios dendrogeomorfológicos, líneas de flotantes...). Cuando los criterios geomorfológicos no sean suficientemente claros, se recurrirá a complementarlos con información histórica (documentos,

encuestas...) y/o hidrológico- hidráulicos (zona inundable por el caudal de 100 años de periodo de retorno). En los conos de deyección y abanicos aluviales, formará parte de la ZPM toda la superficie del cono que no esté comprendida en la ZPA. También formará parte de la ZPM la parte central de sectores del territorio aclinales (pendientes inferiores al 1%) o endorreicas; estas situaciones requerirán un pormenorizado estudio de las precipitaciones máximas esperables y de su acumulación sobre el terreno, empleando MDE y herramientas SIG.

- Zonas de peligrosidad baja (ZPB, color verde amarillento): correspondientes a aquel sector del territorio en el que sólo se producirán inundaciones con carácter extraordinario, con bajas frecuencias (equivalentes a periodos de retorno de 500 años), y calados y velocidades bajos. Equivaldría a la zona inundable de baja probabilidad de la Directiva de Inundaciones; y aproximadamente a la zona inundable excepcional del SNCZI (ver modificación del RDPH) y la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil (MJI, 1995). El principal criterio de delimitación será geomorfológico, comprendiendo la unidad o elemento geomorfológico que ocupa todo el fondo del valle, bien sea la llanura de inundación, o los rellanos de fondo de vaguadas y terrazas inferiores; equivaldría a la extensión de las zonas inundables de la Ley de Aguas. Adicionalmente se puede complementar la información geomorfológica con datos históricos, botánicos, e hidrológico-hidráulicos. En conos de deyección y abanicos aluviales, formarán parte de la ZPB las zonas interabanico o interconos, en previsión de posibles cambios bruscos por mitigación o avulsión lateral. Las zonas con escasa pendiente (<2%) formarán parte también de la ZPB.
- Zonas de peligrosidad muy baja (ZPMB, color verde): correspondientes a aquel sector del territorio en el que sólo se producirán inundaciones con carácter muy extraordinario, con bajas frecuencias (equivalentes a periodos de retorno mayores de 500 años), y calados y velocidades muy bajos.

Figura: Niveles de peligrosidad

Fuente: Elaboración propia

Como información adicional, a incluir en el mapa de peligrosidad de inundación fluvial, se propone representar los puntos donde existen denuncias de ocupación de cauces.

Representados mediante un punto o bien una línea, según la información existente, que se corresponden con la ubicación del elemento dentro del cauce. La información estará representada a partir de los feature class:

- DOcup_cauce_pt
- DOcup_cauce_li

Además, también se representarán mediante una línea, el cauce de los barrancos existentes en el territorio. Debido a que en las Islas Canarias, estos cauces presentan curos de agua fundamentalmente ocasionales se utilizará:

- Curso de agua ocasionales
- Cursos de agua permanentes

las dorsales o rifts, correspondientes a zonas de concentración de centros eruptivos, origen de la mayor parte de los sismos de Canarias. Así como las fallas activas o tectónicas identificadas, a lo largo de las cuales la peligrosidad alcanzará los valores máximos.

4.3.4 *Peligrosidad inundación litoral*

4.3.4.1 **Determinación de los criterios generales**

La elaboración de un mapa de peligrosidad litoral, debe responder a un análisis de las características litorales existentes en el territorio.

Hasta ahora, la representación de los diferentes peligros que afectan al litoral se realiza mediante cartografías independientes para cada uno de los mismos, estableciéndose, cuando sea posible, valores cuantitativos de peligrosidad y en su defecto descripciones cualitativas similares en todos los casos.

La metodología para su realización esta basada en el estudio de los antecedentes, recogiendo aquellos fenómenos litorales que han ocasionado daños en las áreas costeras a cartografiar, identificando las zonas susceptibles que pueden verse afectadas por estos eventos

Mediante trabajo de campo y gabinete, se debe cartografiar y analizar toda aquella información que condicione la intensidad y ocurrencia de estos eventos, de tal forma que permita estimar la magnitud e intensidad de los eventos esperables para un tiempo determinado y como se pueden reproducir en el tiempo y en el espacio.

4.3.4.1.1 *Escala de trabajo*

La escala de trabajo debería ser aquella que corresponda al documento de toma de decisiones para los planes municipales de urbanismo, aproximadamente 1:5.000-1.2.000. La escala

1:10.000 resulta una escala adecuada para la mayoría de los planes de ámbito municipal, aunque es posible que en determinados casos/zonas convenga acudir a escalas más detalladas o que debido a la carencia de información sea necesario expresar la peligrosidad en una escala superior repercutiendo en los resultados y su aplicación final.

4.3.4.2 **Sistemas de representación**

Para caracterizar la peligrosidad por inundación costera o litoral, se tratará de establecer los valores de elevación estimada del nivel del mar para aquellos períodos de retorno que se consideren adecuados (normalmente, 10, 100 y 500 años), estos deben superponerse a la cartografía topográfica y delimitar los perímetros de inundación para las fechas dadas.

Es la topografía costera, junto con los valores de elevación del nivel del mar, el otro factor fundamental condicionante del impacto sobre las costas.

Los elementos a representar serán:

- Máxima elevación ordinaria del nivel del mar (mareas astronómica y meteorológica).
- Máxima elevación extraordinaria, altura máxima del oleaje. El oleaje, tanto ordinario como extraordinario, y los tsunamis son los procesos que más afectan a la erosión costera y cuyos efectos son más tangibles. El oleaje ordinario permite estimar el comportamiento de cada sistema sedimentario, diferenciando cartográficamente los lugares que presentan erosión de los que presentan acreción. Del mismo modo, del oleaje extraordinario y los tsunamis, en la medida que puede estudiarse su incidencia sobre el litoral, puede estimarse la erosión que puede llegar a producir.
- La intensidad (velocidad) de los vientos predominantes se representara en la cartografía por un vector cuya orientación indica la dirección y su longitud representa la velocidad del viento. Como parámetros a considerar en la determinación de riesgos se deberán tener en cuenta las direcciones más significativas, las velocidades medias y las rachas máximas conocidas, pudiéndose establecer valores recurrentes estadísticos a efectos de previsión.

A partir de esa información que caracteriza la fuente de la inundación, se debe caracterizar el medio donde se propaga, con la finalidad de conocer el alcance de la penetración del mar tierra adentro como consecuencia de estas ondas extraordinarias. Para ello es necesario contar con información detallada tanto de la topografía como de la batimetría costera, siendo ambas responsables, respectivamente, del grado de penetración del mar tierra adentro y del grado de disipación del oleaje, y por tanto de la energía del mismo en el momento de incidir sobre la línea de costa.

Además, existe otro factor de gran importancia en la disipación progresiva de la energía de la onda de choque que es la rugosidad del sustrato, tanto geológico como vegetal. Este último es

un factor de gran repercusión en la limitación de la penetración del mar tierra adentro como consecuencia de fenómenos extraordinarios. No obstante en el caso de la cubierta vegetal, es este un factor con gran variabilidad espacio-temporal, que puede emplearse como medida mitigadora o puede magnificar el peligro por su eliminación antrópica.

Teniendo en cuenta estos elementos, se obtiene finalmente las zonas que pueden verse afectadas por la inundación costera. Estas zonas afectadas serán clasificadas en función del periodo en que se reproduce esa altura de inundación, representándose si existirá información, un máximo de 5 niveles de valor:

- Rojo: Muy Alto peligro de incidencia. Por ejemplo, altura del oleaje reproducible con un período de retorno de 5 años.
- Naranja: Alto peligro de incidencia. Por ejemplo, altura del oleaje reproducible con un período de retorno de 10 años.
- Amarillo: Peligro de incidencia medio. Por ejemplo, altura del oleaje reproducible con un período de retorno de 100 años.
- Verde amarillento: Bajo peligro de incidencia. Por ejemplo, altura del oleaje reproducible con un período de retorno de 250 años.
- Verde: Muy Bajo peligro de incidencia. Por ejemplo, altura del oleaje reproducible con un período de retorno de 500 años.

Los métodos de representación de peligros por tsunami no tienen muchos antecedentes, por lo que resulta complejo definir unas pautas que representen este fenómeno. No obstante a partir de la información consultada, es necesario tener en consideración que los tsunamis se originan como consecuencia de que se produzca otro fenómeno o proceso natural. La principal causa generadora de tsunamis es la actividad sísmica submarina, que es responsable el movimiento vertical del fondo marino, siendo a su vez este movimiento vertical trasmitido a la columna de agua suprayacente. No obstante existen otras causas naturales que pueden ocasionar tsunamis como por ejemplo: la actividad volcánica, ya sea por erupciones explosivas o por caída súbita del material deyectado por el mismo; los deslizamientos de grandes masas de tierra sobre el mar (que a su vez pueden estar también relacionados con la actividad sísmica, aunque son mucho más raros y de magnitudes muy inferiores a los de origen sísmico),

Para poder conocer cuáles son las zonas de mayor exposición a estos fenómenos, se debe identificar donde se sitúan las posibles fuentes de inestabilidad y por tanto los posibles focos generadores de tsunamis. A partir de esta información se pueden delimitar las zonas que se verían afectadas por cada uno de los posibles focos generadores de olas extraordinarias, permitiendo establecer una zonificación general de la costa en base a este criterio inicial.

Teniendo en cuenta el carácter trasfronterizo de este tipo de peligros, no se debe restringir la recopilación de información al territorio del archipiélago.

No obstante el estudio de los datos históricos contribuye a simplificar la búsqueda de posibles focos generadores y de las zonas afectadas.

De esta forma, se seleccionarán mediante una línea aquellas zonas donde se hayan registrado históricamente tsunamis.

Como otros elementos de interés, que acompañen a la peligrosidad por inundación litoral en su representación, se puede identificar la red de mareógrafos y boyas distribuidas en Canarias y sus alrededores y que aportan la información necesaria para estimar los valores de altura del oleaje y nivel del mar.

Estos elementos quedarán representados por puntos a partir del feature class red_mareo_boya, en función de las coordenadas donde se ubican y su forma de simbología será la siguiente:

- Boyas tanto REDEXT como REDCOS
- Estaciones meteorológicas
- Mareógrafos
- Punto SIMAR 44

Además, se recogerán las zonas definidas por el CEDEX en el estudio *"Evaluación Preliminar de riesgos de inundación y selección de áreas con riesgo potencial significativo en zonas costeras de las Demarcaciones Hidrográficas de Canarias",* en las que se calculan los regímenes extremales correspondientes a las direcciones dominantes del viento. Estas zonas se representarán como polígonos a partir del feature class Z_Cedex de la siguiente forma:

- Zona CEDEX

4.3.5 *Peligrosidad de incendio forestal*

4.3.5.1 **Determinación de los criterios generales**

Para llevar a cabo la representación del mapa de peligrosidad de incendios forestales es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La acción humana adquiere un papel muy importante, al ser la principal causa de los incendios en España y en las Islas Canarias.
- Algunas de las metodologías existentes para la estimación de la peligrosidad por incendios forestales, presentan un carácter dinámico, incluyendo en su cálculo

factores como temperatura, precipitaciones, *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) humedad, etc...si bien, para su aplicación a la ordenación territorial, es necesaria la utilización de factores estáticos que proporcione un mapa de peligrosidad ante incendios forestales estático.

- El concepto de peligrosidad de incendios forestales implica determinar la mayor probabilidad de incendio forestal en un periodo de tiempo determinado (periodo de retorno), utilizando métodos probabilísticos, lo que debido a la elevada influencia de los efectos antrópicos en el proceso, resulta poco eficiente y efectivo, por lo que se debe hablar de mapas de susceptibilidad ante incendios forestales.
- No todas las islas de Canarias presentan masa forestal. En este caso Lanzarote y Fuerteventura al no presentar especies forestales, la peligrosidad de incendios forestal en las mismas es nula.

Teniendo en cuenta estos aspectos, se debe elaborar un mapa que describa la importancia de los factores estáticos que influyen en los incendios forestales: la estructura de la vegetación (modelos de combustible), la topografía (pendiente, orientación), variable climáticas medias (viento), los factores antrópicos (infraestructuras viarias, eléctricas, equipamientos, zonas de cultivos) y los registros históricos de incendios forestales; asignando un peso a cada uno de los factores y mediante la combinación de los mismos, establecer los grados de susceptibilidad ante incendios forestales.

4.3.5.1.1 *Escala de trabajo*

Al tener en cuenta elementos antrópicos como carreteras o edificaciones y equipamientos, los rangos de escalas que se pueden emplear en la representación de un mapa de incendios forestales son:

- Proyectos muy detallados e individuales 1:100 a 1:500
- Planes especiales de detalle y planes parciales de sectores urbanos 1:500 a 1:2.000
- Planes (generales) de ordenación urbana de un núcleo urbano 1:2.000-1:10.000
- Planes de ámbito municipal (o parroquias) 1:5.000 a 1:10.000
- Planes supramunicipales (mancomunales, concejos o comarcales) 1:10.000 a 1:25.000
- Planes provinciales o insulares 1:25.000 a 1:100.000
- Planes autonómicos 1:100.000 a 1:400.000

4.3.5.2 **Sistema de representación**

A partir de los factores identificados que influyen en los incendios forestales, se realizará un mapa previo de cada uno de los mismos, llevando a cabo una ponderación según la influencia los elementos identificados en cada factor sobre los incendios forestales.

Mediante la combinación de los mapas, dando un peso a cada uno de los factores (el de mayor peso se corresponde a los modelos de combustible, ya que se considera el factor más determinante a la hora de iniciarse un incendio) se obtiene el mapa de susceptibilidad ante incendios forestales, según unos niveles de graduación de susceptibilidad establecidos.

4.3.5.2.1 *Zonificación del territorio*

Los 5 niveles en los que quedará representado todo el territorio que presente riesgo de peligrosidad ante incendios forestales serán: nivel muy alto, nivel alto, nivel medio, nivel bajo y nivel muy bajo, que van de mayor peligrosidad a peligrosidad. Estos niveles estructuran el territorio, llevando a cabo una zonificación del mismo, por lo que se expresarán mediante polígonos.

Para representar los 5 niveles que definirán la zonificación del territorio, se utilizará el siguiente sistema de representación:

- Muy Baja (Verde): Valores 12-1
- Baja (Verde Amarillento): Valores 16-13
- Moderada (Amarillo): Valores 24-17
- Alta (Naranja): Valores 31-25
- Muy Alta: (Rojo): Valores 37-32

Será necesario además incluir las ZARI (Zonas de Alto Riesgo de Incendio) declaradas en Canarias por los respectivos Cabildos mediante legislación (ORDEN nº 452, de 5 de agosto de 2005, ORDEN nº 127, de 23 de mayo de 2006, ORDEN nº 277, del 9 de octubre del 2007, ORDEN nº 423 del 17 de diciembre de 2008 y ORDEN de 22 de abril de 2009), en todas las islas que presentan masa forestal. estas zonas se representarán mediante polígonos a partir del feature class ZARI.

- Se utilizará la siguiente trama

Por último, también se representará como información complementaria al mapa de susceptibilidad de incendios forestales, el registro histórico de incendios forestales. Representado mediante un punto a partir de las coordenadas de los puntos de inicio de los incendios forestales ocurridos en Canarias. La información se representará a partir del feature class Ev_hist_inc_forest que proviene de la información del Catálogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias.

- Se utilizará la siguiente trama

4.3.6 *Peligrosidad por dinámica de vertientes*

4.3.6.1 **Determinación de los criterios generales**

La cartografía de movimientos de ladera ha sufrido un gran avance en las últimas décadas, estableciéndose metodologías y procedimientos específicos y aumentando considerablemente las zonas cartografiadas, lo que ha permitido tener en cuenta estos procesos en el diseño y construcción de obras de todo tipo. Desde el reconocimiento general de zonas inestables, hasta el estudio y análisis de un deslizamiento particular, las diferentes fases y trabajos tienen sus propias metodologías y procedimientos, desarrolladas en base a la experiencia y aplicación de las mismas.

En el ámbito internacional, la *International Association of Engineering Geology* (IAEG), junto con la UNESCO, fue pionera en los años 70 en el desarrollo y publicación de metodologías para mapas especializados, entre ellos de riegos geológicos.

Recientemente, el grupo de trabajo internacional sobre deslizamientos y taludes JTC1 *(Joint International Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes*), formado por representantes de las asociaciones internacionales de Mecánica de Rocas, Mecánica de Suelos e Ingeniería Geológica, ha completado el documento de referencia *"Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning"*, que pretende estandarizar los trabajos de evaluación y cartografía de susceptibilidad y peligrosidad por movimientos de ladera. En esta guía se establecen los conceptos, contenidos y aplicaciones de los mapas de susceptibilidad, haciendo especial hincapié en su aplicación a las labores de la ordenación territorial.

En España, el IGME ha realizado mapas de movimientos de ladera desde los años 80, desarrollando metodologías adecuadas según la escalas y las características de las diferentes regiones o zonas estudiadas, tanto para el estudio de los procesos como para la realización de los mapas.

Estos trabajos cartográficos realizados en España no incluyen, en general, ni la evaluación de la peligrosidad ni del riego, limitándose a definir las zonas que presentan mayor o menor posibilidad de sufrir movimientos de ladera, establecidas en función del análisis de los factores condicionantes y de la presencia de movimientos actuales.

Se distinguen varios tipos de mapas:

Mapa Inventario: Primer mapa a realizar que incluye la localización espacial de los procesos de los movimientos de ladera actuales y antiguos (dependiendo del detalle, puede indicarse el tipo de movimiento, la edad, el grado de actividad, etc.) y/o de las zonas afectadas, así como

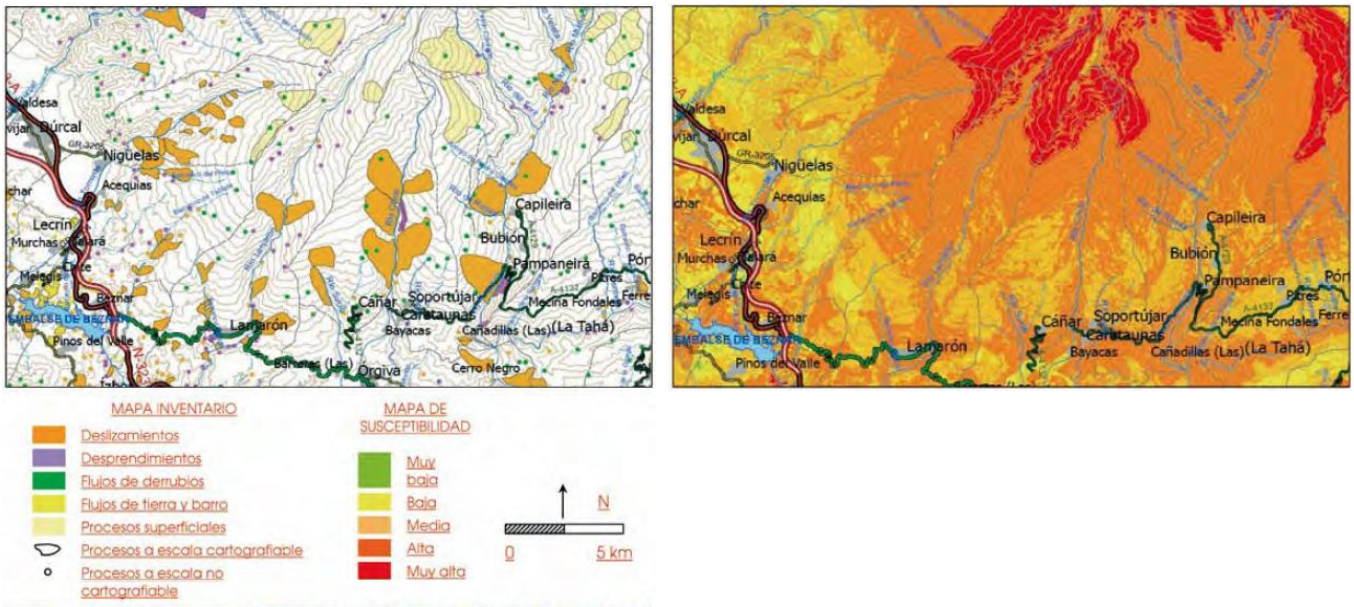
las características de los mismos. Acompañándose con la información básica topográfica y geomorfológica.

Mapa de susceptibilidad: Recoge la posibilidad de que una zona sea afectada por un movimiento de ladera, expresada en diversos grados cualitativos y relativos. Depende de los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos, que pueden ser intrínsecos a los propios materiales o externos. Los mapas de susceptibilidad pueden realizarse a partir de:

- Mapas inventario ya que indican la presencia de los movimientos actuales (las áreas que sufren o han sufrido procesos pueden volver a sufrirlos).
- Mapas de factores condicionantes y análisis de la influencia de los mismos: Recogen las áreas en que confluyen determinados factores que condicionan los procesos que originan los movimientos de ladera en una zona, aunque éstos no se hayan presentado hasta la actualidad, pueden ser zonas propensas en un futuro.

Para realizar el mapa de susceptibilidad es necesaria la elaboración de mapas temáticos de cada uno de los factores condicionantes. A partir de la superposición de los mismos, se establece el grado de susceptibilidad, en función del peso asignado a cada una de las clases de cada factor. Estos mapas se suelen preparar con técnicas SIG (Sistemas de Información Geográfica), ya que permiten el análisis automático de los datos y el establecimiento de bases de datos asociadas.

La escala de los mapas depende, en primer lugar, de su finalidad y de la cantidad y calidad de la información disponible.



Mapas de peligrosidad: Manifiestan la probabilidad de ocurrencia de un proceso en un periodo de tiempo dado y dentro de una zona específica. Para su realización es necesario conocer,

entre otros aspectos, la frecuencia de ocurrencia de los fenómenos. Esto sólo puede ser estimado si se conocen los datos cronológicos de los eventos pasados y las pautas temporales de los propios procesos o de los factores que desencadenan los procesos (por ejemplo, el periodo de retorno de las precipitaciones que desencadenan deslizamientos en una zona). Sin estos datos no es posible evaluar la probabilidad de los eventos futuros ni, por lo tanto, la peligrosidad en términos cuantitativos.

4.3.6.1.1 *Escala de trabajo*

La escala del mapa dependerá de la información a representar. En cualquier caso deberá ser igual o menor que 1:10.000, siendo recomendable usar la misma que la del documento de toma de decisiones para el que se realice el mapa; por ejemplo, si es para planes municipales de urbanismo, entre 1:2000 y 1:5000. En aquellos donde no existan elementos relevantes, ambos mapas, inventario y de susceptibilidad, pueden representarse juntos.

A continuación se analiza cada uno de estos mapas y su método de representación.

4.3.6.2 **Mapa inventario**

Este mapa muestra los procesos de inestabilidad de laderas actuales o antiguos, activos o inactivos, su extensión, tipología y los rasgos más característicos.

La escala del mapa dependerá de la información a representar, siendo lo más adecuado que sea igual o inferior a 1:10.000.

4.3.6.2.1 *Sistema de representación*

Se representarán de forma destacada los procesos de inestabilidad de ladera actuales o antiguos, depósitos y formas asociadas, su extensión y tipología. La información contenida en el mapa será obtenida a partir de documentación, mapas existentes y observaciones y datos de campo, siempre en función de la escala de trabajo. El mapa tendrá una base topográfica e información toponímica de interés. Los elementos a estudiar para identificar los tipos de procesos son:

- Litologías y estructuras geológicas destacables
- Geomorfología y pendientes
- Red de drenaje
- Niveles freáticos, manantiales, pozos, etc.
- Zonas de erosión activa
- Sondeos y calicatas realizados previamente en la zona.

A partir de esta información, se diferenciarán los siguientes tipos de procesos:

- Deslizamientos rocosos o de suelos.
- Caídas y desprendimientos de bloques de roca o suelos.
- Flujos y coladas de barro y de derrubios, reptaciones y solifluxiones.
- Avalanchas de rocas y de derrubios.

Siempre que sea posible, los procesos se clasificarán según su tipología y se representarán individualmente.

Si la extensión de los movimientos no es representable a la escala del mapa, podrán marcarse puntualmente, y en caso de aparecer varios de ellos podrán agruparse y se representarán las zonas afectadas.

Se representarán también en el mapa las diferentes dinámicas o procesos geomorfológicos identificados incluyendo los rasgos y elementos asociados a los procesos de inestabilidad:

- Escarpes y cicatrices de cabecera o laterales (dinámica fluvio-torrencial)
- Escarpes o cicatrices de deslizamiento, desprendimientos o coladas (dinámica gravitacional de ladera)
- Escarpes o socavamiento por oleaje (Dinámica marina)

Aunque no se hayan identificado procesos en la zona de estudio, existen factores naturales "proclives" que hacen pensar que puede haberlos en el futuro, por causas naturales o inducidas por el hombre. Las actuaciones antrópicas que pueden desencadenar deslizamientos naturales son principalmente las excavaciones y las actuaciones que modifiquen la red de drenaje, el flujo del agua o el contenido en humedad de los materiales. Estas actuaciones pueden causar deslizamientos, flujos o desprendimientos por erosión y descalce en laderas o escarpes, por cambio en las condiciones de resistencia de los materiales, etc. Estos elementos quedarán representados como:

- Actividad antrópica, identificando los escarpes de cantera, taludes de infraestructuras, etc identificados.

La descripción de estos aspectos se realizará mediante reconocimientos geológicos de campo y, en su caso, información previa disponible (mapas, informes, estudios...). La información incluida en los mapas podrá ser de carácter zonal, lineal, puntual y alfanumérica, reflejada mediante tramas o colores, símbolos, números y/o letras.

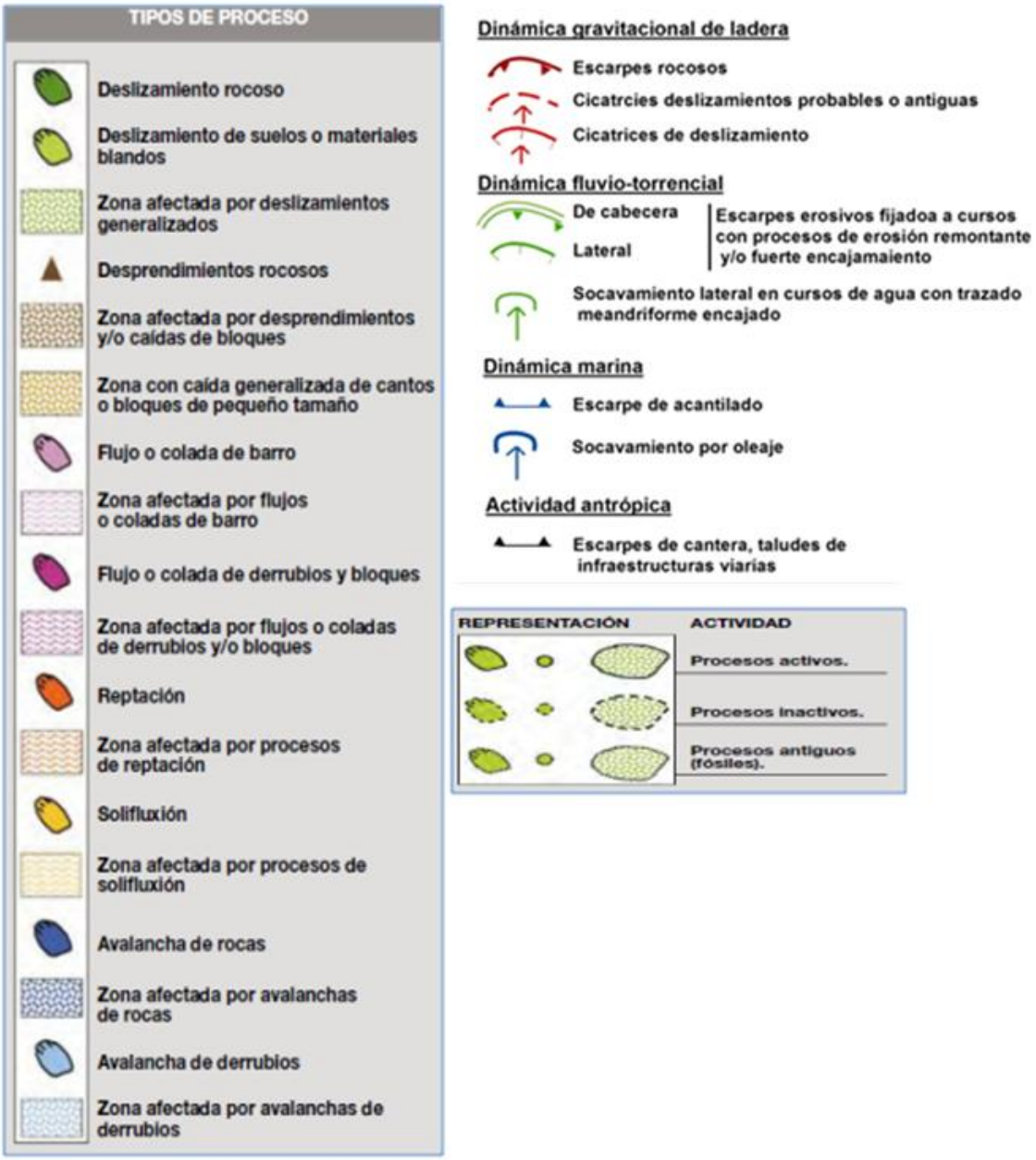
El mapa irá acompañado por una leyenda explicativa con la correspondiente simbología, y deberá ser un documento autoexplicativo, sin necesidad de recurrir a memorias o anexos para su interpretación. La leyenda deberá incluir todos y cada uno de los aspectos reflejados en el mapa:

- Tipos y datos sobre los procesos, si los hubiera; por ejemplo edad de los movimientos, profundidad de la rotura, causas, etc.
- Rasgos y elementos asociados.
- Información general: topográfica, toponímica,

Las dimensiones mínimas recomendadas que deberán tener los elementos a representar procesos particulares y/o las zonas afectadas para su cartografía son:

Escala del mapa	Representación areal o zonal	Representación puntual
1:10.000	Al menos una de las dimensiones ≥ 40 m	Ninguna dimensión ≥ 40 m
1:5.000	Al menos una de las dimensiones ≥ 20 m	Ninguna dimensión ≥ 20 m
1:2.000	Al menos una de las dimensiones ≥ 8 m	Ninguna dimensión ≥ 8 m
1:1.000	Al menos una de las dimensiones ≥ 5 m	Ninguna dimensión ≥ 5 m

En los cuadros siguientes se muestra un ejemplo de la simbología y las descripciones que pueden emplearse en el mapa inventario y en su leyenda.



Tras la evaluación preliminar del territorio a partir del mapa inventario, se decidirá si es necesario realizar el mapa de susceptibilidad tanto potencial como definitivo.

4.3.6.3 **Mapa de susceptibilidad (potencial y definitivo)**

La evaluación de la susceptibilidad se puede realizar a partir de:

- Mapa inventario: Dividiendo el territorio en diferentes zonas en función del porcentaje de área ocupada por cada proceso inventariado (deslizamientos, desprendimientos), su tipología, magnitud, etc.
- Factores que condicionan e influyen en la generación de los movimientos de ladera: Se analizarán cada uno de los factores, llevando a cabo mapas temáticos de los diferentes

factores condicionantes. Con la superposición de los mismos, se establecerá el grado de susceptibilidad en función del peso asignado a cada uno de los factores según su influencia en la generación de los procesos. Irigaray y Chacón (2003) recogen los diferentes métodos de análisis que pueden aplicarse.

Ambos procedimientos son complementarios y los resultados obtenidos en el segundo deben ser verificados con los datos del mapa inventario.

4.3.6.3.1 *Factores que influyen en los movimientos de ladera*

Los factores que influyen en los movimientos de ladera se pueden agrupar en:

- Factores intrínsecos a los materiales: litología, estructura, propiedades físicas, y geomecánicas, propiedades hidrogeológicas, etc.
- Factores externos o desencadenantes: Actúan sobre el material dando lugar a modificaciones en las condiciones iniciales, como cambios en las condiciones hidrogeológicas, factores meteorológicos, variaciones en la geometría de la ladera, la aplicación de cargas dinámicas (movimientos sísmicos naturales o inducidos), etc. Dentro de estos factores deben ser considerados las actuaciones humanas: la construcción de edificios sobre las laderas, las excavaciones, la construcción de presas y embalses, las voladuras en zonas cercanas, entre otras actuaciones, provocan la variación de las condiciones de estabilidad de las laderas.

La información sobre los diferentes factores presentes en una zona determinada debe ser obtenida de forma rigurosa, cuantificándola siempre que sea posible, y a partir de observaciones y medidas directas o de mapas existentes, siempre en función de la escala de trabajo. Deberán ser obtenidos, como mínimo, los datos referentes a:

- Pendiente: Estableciendo al menos 3 rangos: Pendientes bajas <10º, Pendientes medias 10º-30º y Pendientes altas >30º o incluso 5 Zonas llanas: <3º, Zonas suaves: 3º-7º, Relieve alomado: 7º-15º, Relieve acusado: 15º-30º y Zonas abruptas: >30º. Las pendientes se pueden representar delimitando en el mapa las zonas con diferente grado de pendiente mediante líneas. Cada zona puede tener un color o ninguno, en cuyo caso irá identificada por una letra o número dibujado en el interior del recinto.
- Litología: Las litologías deberán describirse directamente o agruparse según su comportamiento mecánico u otras características relacionadas (Rocas duras fracturadas, Rocas blandas o meteorizadas, Suelos duros, Suelos arcillosos, Suelos arcillosos, Suelos arenosos, Rocas sedimentarias, Rocas metamórficas, Rocas plutónicas). Si la geología no es muy compleja en la zona de estudio, las rocas y suelos deberán clasificarse directamente por sus litologías. Además, si existe información

deberá incluirse las propiedades geomecánicas de los materiales y la presencia de materiales alterados o meteorizados. Así como las principales estructuras geológicas, como fallas, ejes estructurales o pliegues.

- Hidrogeología, niveles freáticos, materiales permeables o impermeables. Además se puede incluir información de: barrancos permanentes o/y estacionales, límites de los cauces, llanura de inundación, zonas húmedas o pantanosas (marismas, turberas), surgencias o manantiales, sumideros, canal artificial.

Si están disponibles otros datos o se consideran necesarios, deberá obtenerse información sobre: Tipos de vegetación, Usos del suelo, Procesos dinámicos actuantes (erosivos, tectónicos).

Reconocidos los principales factores determinantes de la estabilidad de las laderas:

1. Se estimará la importancia relativa de cada uno de los factores en los procesos de inestabilidad según las observaciones de campo y la información del mapa inventario. Se asignarán pesos a cada una de las clases en las que se ha clasificado cada factor, mediante una ponderación relativa según su influencia e importancia en los procesos de inestabilidad.
2. Mediante la superposición de los mapas obtenidos y la suma de los pesos asignados se clasificará el territorio en zonas con diferentes niveles o grados de susceptibilidad obteniendo el mapa de susceptibilidad potencial:
    - Susceptibilidad baja: Zonas con pendientes bajas (<10º), litologías resistentes, macizos rocosos competentes no alterados, con nivel freático profundo (>10 m), etc.
    - Susceptibilidad media: Zonas con pendientes medias (10º-30º), litologías con resistencia media, suelos duros, macizos rocosos fracturados, alterados, con nivel freático a profundidad <10 m, etc.
    - Susceptibilidad alta: Zonas con pendientes altas (>30º), litologías blandas, suelos, macizos rocosos alterados, fracturados, nivel freático superficial, etc.

Finalmente, el mapa de susceptibilidad definitiva, se estimará a partir de la superposición del mapa inventario y del mapa de susceptibilidad potencial, con la finalidad de verificar la bondad y representatividad de la evaluación de la susceptibilidad. Pueden existir zonas que no concuerden con los procesos identificados, siendo estos casos analizados de forma pormenorizada y ajustados si fuera necesario.

4.3.6.3.2 *Sistema de representación del mapa de susceptibilidad definitivo*

La información contenida en el mapa debe ser obtenida de forma rigurosa, a partir de información, documentación y mapas existentes y/o a partir de observaciones, verificaciones y datos de campo, en función de la escala de trabajo.

Se utilizará la misma base topográfica e información toponímica que en el mapa inventario y de susceptibilidad potencial.

El mapa de susceptibilidad definitivo deberá indicar los diferentes tipos de movimientos de ladera (deslizamientos, desprendimientos, flujos, etc.), esperables en cada zona, reflejando los factores que condicionan cada uno de los tipos. Para establecer definitivamente los grados de susceptibilidad del territorio debe tenerse en cuenta el tipo de movimiento.

Tabla: Niveles de susceptibilidad

Tipos de movimientos		Áreas con grados de susceptibilidad		
		ALTA	MEDIA	BAJA
PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	**Deslizamientos y desprendimientos** *Bajo y junto a escarpes ligados a erosión remontante y/o fuerte encajamiento. Eventualmente asociados a escarpes acantilados*			
	Flujos generalmente lentos y reptaciones de material no consolidado *En laderas con depósitos coluviales*			
	Deslizamientos de materiales consolidados *En laderas sin depósitos coluviales*			
	Desprendimientos y eventualmente pequeños deslizamientos *Bloques rocosos (acantilados, escarpes de montaña, obras viarias) o de material fino (canteras de picón)*			
	Aterramientos *Por arrastres de riadas en disminuciones bruscas de pendiente de barrancos*			
	Colapsos y descalces *En áreas costeras por socavamiento debido a oleaje*			

Fuente: Antonio Pineda, 2012. Evaluación del Plan de Ordenación de San Cristobal de La Laguna

A continuación se muestra los niveles establecidos:

- Susceptibilidad Nula: Zonas estables. Ausencia de inestabilidades actuales o antiguas y ausencia de factores incidentes en los procesos.
- Baja: Zonas con inestabilidades poco importantes o de carácter esporádico. Alguno de los factores que condicionan los procesos pueden estar presentes.
- Media: Zonas con problemas de inestabilidad de relativa importancia por su frecuencia, intensidad o extensión. Algunos de los factores que condicionan los procesos están presentes.

- Alta: Zonas con problemas de inestabilidad importantes por su frecuencia, intensidad o extensión y/o con abundantes zonas inestables. Más del 30% del territorio ocupado por movimientos activos. Algunos de los factores que condicionan los procesos están presentes.

La información incluida en el mapa podrá ser de carácter zonal, lineal, puntual y alfanumérica, reflejada mediante tramas o colores, símbolos, números y/o letras.

Se indicarán preferiblemente mediante colores y/o tramas las zonas con diferente grado de susceptibilidad a los movimientos de ladera, indicando claramente, si es posible de forma cuantitativa o semicuantitativa, las características y significado de cada zona, así como el tipo de movimientos potenciales.

La leyenda deberá incluir al menos la descripción del grado de susceptibilidad, y pueden incluirse también las descripciones de los diferentes factores.

Así, mediante la combinación de tramas y colores puede establecerse la relación entre el grado de susceptibilidad y el tipo de movimiento.

4.3.6.4 **Mapa de peligrosidad**

Debido a la falta de información relacionada con la probabilidad de ocurrencia de los movimientos de ladera y con los datos cronológicos de los eventos, no es posible realizar un mapa de peligrosidad por movimientos de ladera. Por ello, no se ha analizado su sistema de representación.

4.4 Mapas de exposición

A la hora de representar la exposición, se realizarán dos tipos de mapas, de exposición social (población) y de exposición económica (valor económico).

4.4.1.1.1 *Escala de trabajo*

Tanto para el mapa de exposición económica como para el de exposición social, la escala dependerá de la información a representar y de la fuente. Se recomienda una escala de 1:10.000 o 1:5000, debido a su aplicación en la ordenación territorial.

4.4.2 *Exposición económica*

4.4.2.1.1 *Sistema de representación*

Para representar la exposición económica es necesario utilizar todos los elementos expuestos y usos del suelo identificados en el territorio. Esta información se obtiene a partir de la Base de Datos del Inventario de Elementos Expuestos representada geográficamente mediante el feature class Elem_exp (incluido en la Base de datos de RIESGOMAP).

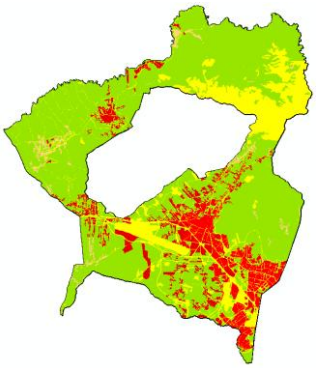
Los elementos a representar serán graduados en 5 niveles, en función de su valor económico.

- Verde (valor económico muy bajo)
- Verde Amarillento (valor económico bajo)
- Amarillo (valor económico medio)
- Naranja (valor económico alto)
- Rojo (valor económico muy alto)

El sistema de representación será a partir de polígonos

La simbología a emplear será el relleno de los polígonos según la graduación establecida.

Figura: Ejemplo de representación de las zonas de exposición económica en el municipio de San Cristobal de La Laguna



Fuente: Informe sectorial Plan Ordenación de San Cristobal de La Laguna

4.4.3 *Exposición social*

4.4.3.1.1 *Sistema de representación*

Para representar la exposición social en un mapa, se actuará de una forma muy similar a la exposición económica, puesto que los elementos del territorio serán los mismos, pero en lugar de representar su valor económico, se representará el número de personas (población) incluido en cada unos de los elementos representados.

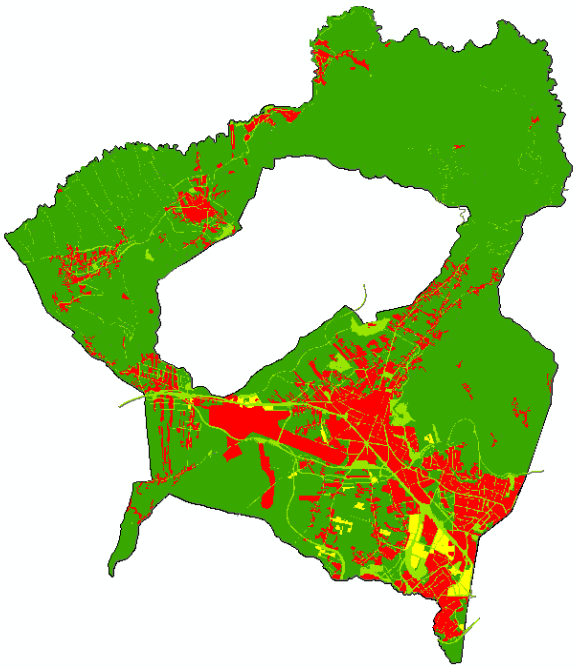
Se llevará a cabo una graduación en función de la población expuesta en varios niveles.

- Verde (población expuesta muy baja)
- Verde Amarillento (población expuesta baja)
- Amarillo (población expuesta media)
- Naranja (población expuesta alta)

  Rojo (población expuesta muy alta)

El sistema de representación será a partir de polígonos. La simbología a emplear será el relleno de los polígonos según la graduación establecida.

Figura: Ejemplo de representación de las zonas de exposición social en el municipio de San Cristobal La Laguna



Fuente: Informe sectorial Plan Ordenación de San Cristobal de La Laguna

4.5 Mapas de vulnerabilidad

A la hora de representar la vulnerabilidad, se realizarán dos tipos de mapas, de vulnerabilidad social (población) y vulnerabilidad económica (valor económico).

4.5.1 *Vulnerabilidad económica*

4.5.1.1.1 *Escala de trabajo*

El mapa de vulnerabilidad económica utilizará una escala que dependerá de la información a representar y de la fuente. Se recomienda una escala de 1:10.000 o 1:5000, debido a su aplicación en la ordenación territorial.

4.5.1.1.2 *Sistema de representación*

Para representar la vulnerabilidad económica es necesario utilizar todos los elementos expuestos descritos anteriormente. En este caso se representarán todos los elementos del territorio, evaluando en vez de la exposición, su grado de fragilidad o vulnerabilidad, tanto de las edificaciones, como del resto de usos del suelo.

De igual forma que en los casos de exposición, se llevará a cabo una graduación de los valores en función de la fragilidad de las edificaciones y del resto de usos del suelo. Los niveles establecidos serán:

- Verde (valor de fragilidad económico muy baja)
- Verde Amarillento (valor de fragilidad económico baja)
- Amarillo (valor de fragilidad económico media)
- Naranja (valor de fragilidad económico alta)
- Rojo (valor de fragilidad económico muy alta)

El sistema de representación será a partir de polígonos de forma similar a los detallados anteriormente.

4.5.2 *Vulnerabilidad social*

4.5.2.1.1 *Escala de trabajo*

El mapa de vulnerabilidad social depende de la información de partida, en este caso muy relacionada con la población. La unidad mínima administrativa de la que se dispone información es la sección censal, por lo que se representarán todos los municipios de Canarias con sus distritos y secciones censales.

utilizará una escala que dependerá de la información a representar y de la fuente. Se recomienda una escala de 1:10.000 o 1:5000, debido a su aplicación en la ordenación territorial.

4.5.2.1.2 *Sistema de representación*

Para representar la vulnerabilidad social es necesario partir de los elementos expuestos y la distribución de la población en los mismos (exposición social) y analizar el grado de fragilidad o vulnerabilidad de esta población a partir de los datos sociológicos existentes. Estos datos están disponible en la unidad mínima poblacional de sección censal, con lo que, excepto excepciones, todos los elementos donde se concentre la población expuesta incluidos dentro de una misma sección censal presentarán los mismos valores de vulnerabilidad.

De igual forma que los casos de exposición, se llevará a cabo una graduación de los valores en función de la fragilidad de la población expuesta. Los niveles establecidos serán:

- Verde (valor de fragilidad de la población muy baja)
- Verde Amarillento (valor de fragilidad de la población económico baja)
- Amarillo (valor de fragilidad de la población económico media)
- Naranja (valor de fragilidad de la población económico alta)
- Rojo (valor de fragilidad de la población económico muy alta)

El sistema de representación será a partir de polígonos de forma similar a los detallados anteriormente.

5. FASE IV: ESTIMACIÓN DEL RIESGO

5.1 Evaluación del riesgo

5.1.1 *Introducción*

Para analizar el riesgo se va seguir la siguiente metodología:

El riesgo esta compuesto por 3 componentes, a la hora de estimar el riesgo, se va seguir la misma metodología realizada para estimar dichas componentes:

- Se estimará el riesgo según el proceso natural que se produzca
- Primero se estimará el riesgo social (combinación de la peligrosidad, exposición social y vulnerabilidad social)
- Posteriormente se estimará el riesgo económico (combinación de la peligrosidad, exposición económica y vulnerabilidad económica). En este caso, además se estimará por separado el riesgo económico de las edificaciones y el riesgo económico del resto de usos del territorio.
- Finalmente se combinarán el riesgo social y el riesgo económico en un único parámetro denominado Riesgo Total.

El riesgo es un concepto que en ciertos ámbitos y aspectos, se ha venido confundiendo con cada uno de sus componentes y fundamentalmente con la peligrosidad o la vulnerabilidad.

La estimación del riesgo es un parámetro que actualmente en España está en fase de desarrollo. Existen diferentes planes en los que se estima el riesgo a partir de muy diversos métodos, si bien, en su mayor parte no han tenido en cuenta todos los componentes que lo constituyen.

5.1.2 *Aspectos generales*

El riesgo es el resultado de la combinación de 3 componentes:

$$Riesgo = Peligrosidad \times Exposición \times Vulnerabilidad$$

Según la RAE (Real Academia Española) se entiende por riesgo a la *"contingencia o proximidad de un daño "*.

En su aplicación a los riesgos y como se vio en la parte inicial del documento, se entiende como riesgo al conjunto de daños o perdidas que se pueden esperar (muertos, heridos graves, daños a la propiedad, pérdidas económicas etc.) como consecuencia de producirse un fenómeno o un proceso que puede afectar a las personas, los bienes o el medio ambiente, en una zona determinada y en un intervalo de tiempo concreto.

Para analizar el riesgo por un proceso natural es necesario tener en cuenta todos los elementos que componen el mismo, evaluados en una determinada zona o territorio.

A lo largo del presente documento se han ido describiendo y analizando cada uno de los componentes del riesgo, según el proceso natural que se produce en las Islas Canarias.

A continuación se desarrolla la metodología de combinación de estos componentes, según el proceso natural, que permita estimar las pérdidas o costes que se pueden esperar como consecuencia de que se produzca ese proceso natural.

5.1.3 *Riesgo Sísmico*

El riesgo sísmico se cuantifica a partir de la estimación del grado de daño sufrido por un elemento expuesto ante un determinado nivel de peligrosidad de un evento sísmico esperable. A partir de este grado de daño sufrido por cada elemento del territorio, es posible cuantificar en términos económicos, los costes o pérdidas que ha generado ese evento sobre esos elementos del territorio.

Existen diferentes variantes para establecer el grado daño esperado ante un cierto nivel de movimiento sísmico para cada tipología estructural, uso del suelo o población. Pueden ser expresiones graficas, matriciales o funciones matemáticas, pero en todos los casos representan relaciones entre tres términos que se pueden sintetizar como nivel de movimiento (peligrosidad), elementos expuestos y su grado de fragilidad de los mismos (vulnerabilidad) y grado de daño sufrido (costes o pérdidas).

Se describen a continuación algunas propuestas de uso más generalizado para estimar el grado de daño generado pro un proceso sísmico, siguiendo las pautas del proyecto SISMIMUR (Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo Sísmico en la región de Murcia, 2006).

Matrices de Probabilidad de Daño (MPD): Se expresan en forma discreta y permiten estimar la probabilidad condicional de obtener un determinado grado de daño, para cada tipo de estructura o clase de vulnerabilidad, ante un cierto nivel de acción sísmica.

Existen diferentes propuestas de MPD, derivadas del análisis de datos de terremotos reales, o bien a partir de datos empíricos u opiniones de expertos. Entre ellas se puede destacar las propuestas por la ATC (ATC-13, 1985), Braga et al. (1982, 1986) y Chávez (1998).

Funciones de Vulnerabilidad o Curvas de fragilidad: Son funciones matemáticas o gráficas que expresan en forma continua, la relación entre los grados o índices de daño y la intensidad del movimiento sísmico, para cada clase de vulnerabilidad. Pueden obtenerse bien mediante un ajuste numérico de observaciones de daños sobre distintas tipologías (vulnerabilidad observada) o bien mediante un proceso de simulación numérica (vulnerabilidad calculada).

Una variante de estas funciones es su expresión en términos de índice de vulnerabilidad. En este caso, en lugar de relacionar los niveles de movimiento con grados de daño para cada clase de vulnerabilidad, se relacionan los índices de vulnerabilidad con índices de daño medio para una cierta acción sísmica.

5.1.3.1 **Riesgo sísmico económico**

5.1.3.1.1 *Riesgo sísmico económico de las edificaciones*

5.1.3.1.1.1 Introducción

Según la metodología de SISMIMUR, la probabilidad de que una edificación u estructura sufra un determinado grado de daño D_k se puede definir mediante la siguiente expresión::

$$P[D_k] = \sum_I P[Dj|I.V] \cdot P[V],$$

P [V], es la probabilidad de que la edificación pertenezca a la clase de vulnerabilidad V, según la clasificación adoptada. En este caso la escala EMS-92, V varía entre las clases A y F.

P[Dj I.V] es la probabilidad condicionada de que se observe el nivel de daño k, dada una intensidad de movimiento I y una clase de vulnerabilidad V.

Para calcular el porcentaje de daños para una determinada clase de vulnerabilidad ante un cierto nivel de movimiento del suelo, se requiere el uso de curvas de fragilidad, o matrices de fragilidad. En ambas, habitualmente la intensidad del movimiento viene expresada por medio de la intensidad macrosísmica, aunque también se han desarrollado relaciones entre parámetros como la PGA (*peak ground acceleration* o aceleración máxima del suelo) o la EPA (aceleración pico efectiva) y el grado de daño. Este tipo de relaciones presentan la ventaja de caracterizar el movimiento de forma más objetiva que por medio de la intensidad macrosísmica, pero en contrapartida la aceleración correlaciona peor con el daño que la intensidad.

La elección de curvas de fragilidad es un aspecto clave para el estudio del riesgo ya que permiten “traducir” el movimiento esperado a porcentajes de daño. A tal fin es deseable disponer de datos locales, tanto de intensidad de movimiento como de daños causados en terremotos previos. Sin embargo en el caso de Canarias, la disponibilidad de datos de daños es muy limitada y los sismos más relevantes acaecidos en las islas han tenido una magnitud muy pequeña. Por lo que no es posible configurar una muestra completa, estadísticamente significativa, de datos de todo el rango de valores esperados de PGA o intensidad, para los periodos de retorno estimados en Canarias de peligrosidad sísmica de 475 o 950 años.

Por ello se propone acudir a las matrices de daño para cada clase de vulnerabilidad según Chávez (1998), cumpliendo con la metodología desarrollada en otros planes y regiones de España como son el SISMIMUR en Murcia o el SISMIGAL en Galicia.

Las matrices son las siguientes:

CLASE DE VULNERABILIDAD A

I(MSK)	GRADO DE DAÑO					
	Do	D1	D2	D3	D4	D5
V	0,441	0,392	0,14	0,025	0,002	0
V-VI	0,325	0,388	0,2115	0,0645	0,0105	0,0005
VI	0,209	0,384	0,283	0,104	0,019	0,001
VI-VII	0,145	0,324	0,314	0,165	0,047	0,005
VII	0,08	0,263	0,346	0,227	0,074	0,01
VII-VIII	0,045	0,169	0,287	0,286	0,168	0,045
VIII	0,01	0,075	0,227	0,346	0,262	0,08
VIII-IX	0,005	0,04	0,136	0,268	0,336	0,215
IX	0	0,005	0,044	0,191	0,409	0,351
IX-X	0	0,003	0,023	0,103	0,296	0,575
X	0	0	0,001	0,017	0,184	0,798

CLASE DE VULNERABILIDAD B

I(MSK)	GRADO DE DAÑO					
	Do	D1	D2	D3	D4	D5
V	0,67	0,279	0,047	0,004	0	0
V-VI	0,5555	0,3355	0,0935	0,0145	0,001	0
VI	0,441	0,392	0,14	0,025	0,002	0
VI-VII	0,325	0,388	0,211	0,064	0,011	0,001
VII	0,209	0,384	0,283	0,104	0,019	0,001
VII-VIII	0,145	0,323	0,314	0,165	0,047	0,006
VIII	0,08	0,263	0,346	0,227	0,074	0,01
VIII-IX	0,045	0,169	0,287	0,286	0,168	0,045
IX	0,01	0,075	0,227	0,346	0,262	0,08
IX-X	0,005	0,04	0,136	0,268	0,336	0,215
X	0	0,005	0,044	0,191	0,409	0,351

CLASE DE VULNERABILIDAD C

I(MSK)	GRADO DE DAÑO					
	Do	D1	D2	D3	D4	D5
V	0,755	0,218	0,025	0,001	0	0
V-VI	0,7125	0,02485	0,036	0,0025	0	0
VI	0,67	0,279	0,047	0,004	0	0
VI-VII	0,556	0,336	0,093	0,014	0,001	0
VII	0,441	0,392	0,14	0,025	0,002	0
VII-VIII	0,325	0,388	0,211	0,064	0,011	0,001
VIII	0,209	0,384	0,283	0,104	0,019	0,001
VIII-IX	0,144	0,324	0,314	0,165	0,047	0,006
IX	0,08	0,263	0,346	0,227	0,074	0,01
IX-X	0,045	0,169	0,287	0,286	0,168	0,045
X	0,01	0,075	0,227	0,346	0,262	0,08

CLASE DE VULNERABILIDAD D

I(MSK)	GRADO DE DAÑO					
	Do	D1	D2	D3	D4	D5
V	0,859	0,133	0,008	0	0	0
V-VI	0,807	0,1755	0,0165	0,001	0	0
VI	0,755	0,218	0,025	0,002	0	0
VI-VII	0,712	0,249	0,036	0,003	0	0
VII	0,67	0,279	0,047	0,004	0	0
VII-VIII	0,556	0,336	0,093	0,014	0,001	0
VIII	0,441	0,392	0,14	0,025	0,002	0
VIII-IX	0,325	0,388	0,211	0,064	0,011	0,001
IX	0,209	0,384	0,283	0,104	0,019	0,001
IX-X	0,144	0,324	0,314	0,165	0,047	0,006
X	0,08	0,263	0,346	0,227	0,074	0,01

Fuente: SISMIMUR, Chávez (1998)

Estas matrices expresan el porcentaje de probabilidad existente de que para una intensidad de un sismo (escala MSK similar a la EMS-98) según diferentes clases de vulnerabilidad de las edificaciones (escala EMS-98), se produzca un determinado grado de daño, representados con los valores Do, D1, D2, D3, D4 y D5:

- Do: No sufre daño estructural.

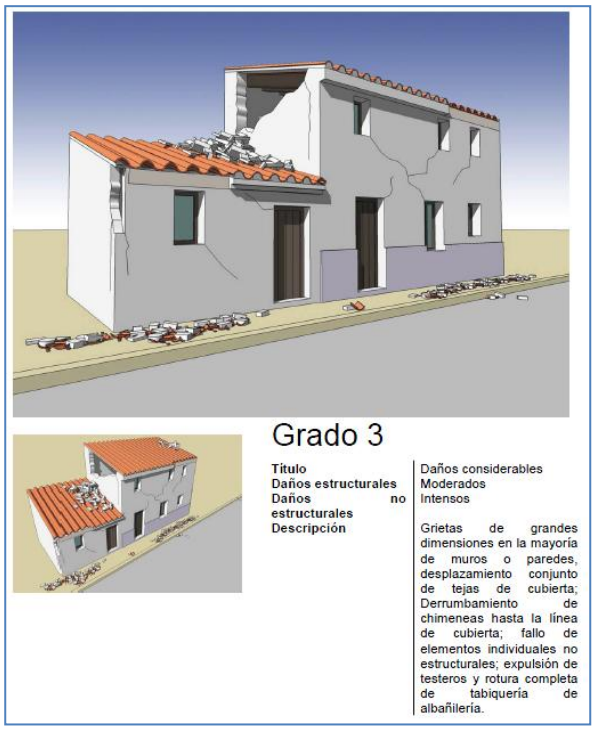
- D1 o grado 1: clase de vulnerabilidad de la edificación A y B (imagen izquierda), clases C y D (Derecha)

Fuente: SISMIMUR

- D2 o grado 2: clase de vulnerabilidad A y B (izquierda), clases C y D (Derecha)

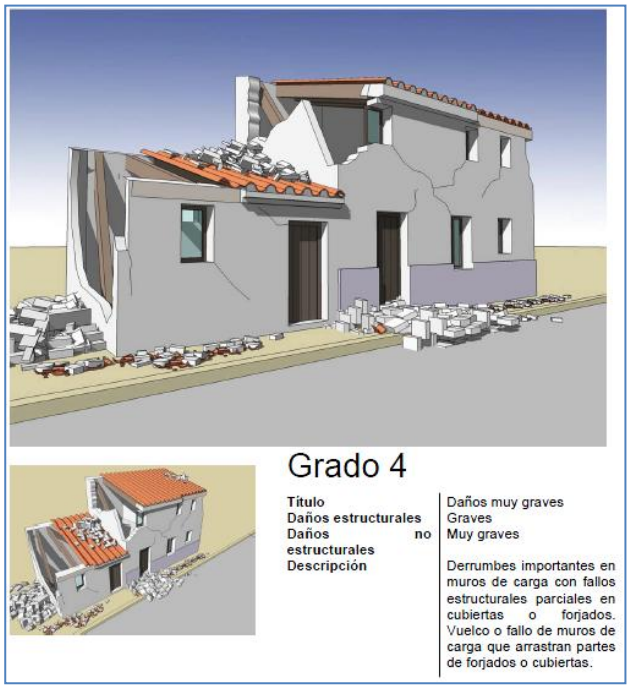
Fuente: SISMIMUR

- D3o grado 3: clase de vulnerabilidad A y B (izquierda), clase C y D (Derecha)



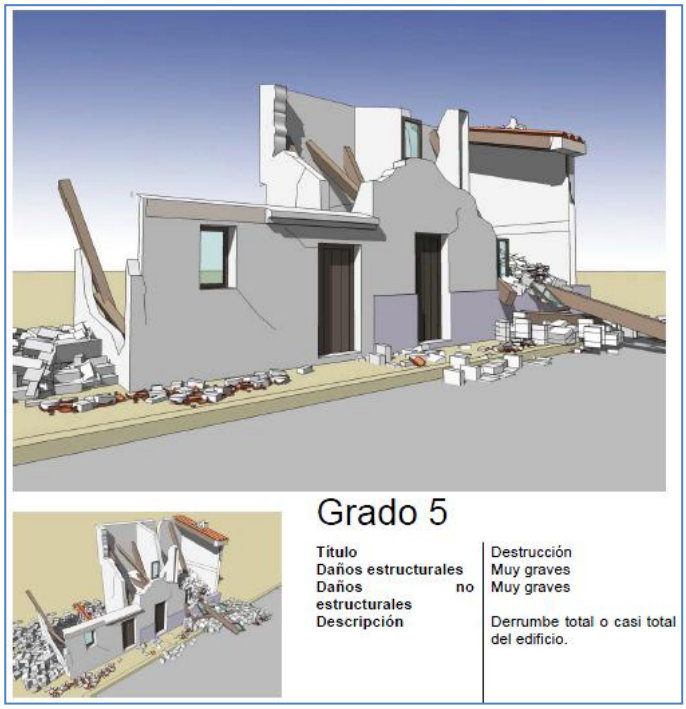
Fuente: SISMIMUR

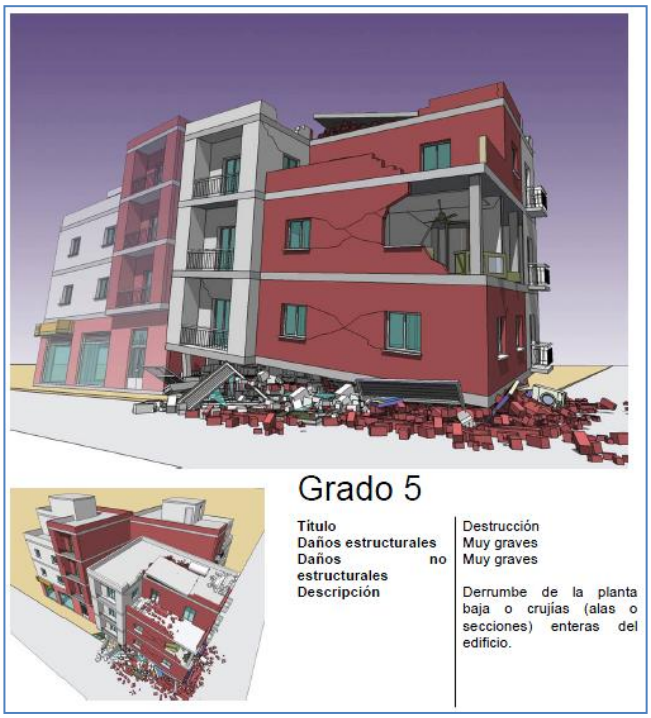
- D4 o grado 4: clase de vulnerabilidad A y B (izquierda), clase C y D (Derecha)



Fuente: SISMIMUR

- D5 o grado 5: clase de vulnerabilidad A y B (izquierda), clases C y D (Derecha)





Fuente: SISMIMUR

5.1.3.1.1.2 Exposición económica de las edificaciones

El primer componente del riesgo a considerar es la exposición, ya que se refiere a la identificación de todas las edificaciones e infraestructuras que pueden verse afectadas por el proceso natural. La exposición económica esta ponderada en función del valor económico de esos bienes.

Tabla: Niveles establecidos de exposición económica

Niveles	Valor
Muy bajo	Valores que representen un 10% del que sería el valor máximo
Bajo	Valores que estén incluidos entre un 25% y un 10% del valor máximo
Medio	Valores que estén incluidos entre un 50% y un 25% del valor máximo
Alto	Valores que estén incluidos entre un 80% y un 50% del valor máximo
Muy Alto	Valores que representen más de un 80% del que sería el valor máximo

Fuente: Elaboración propia

5.1.3.1.1.3 Peligrosidad sísmica

La peligrosidad sísmica viene expresada en función de la intensidad esperable para un periodo de retorno.

Según la escala MSK de los sismos, el valor de la peligrosidad es la siguiente:

Tabla: Valoración de la peligrosidad sísmica

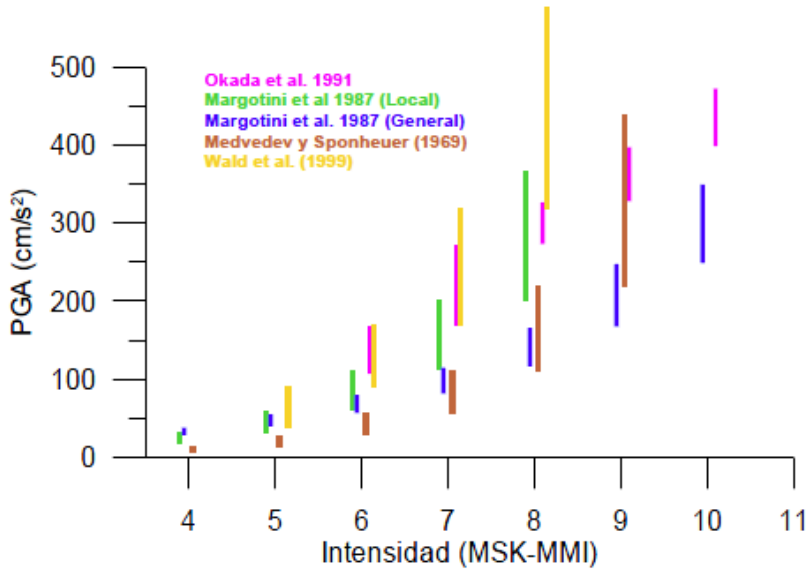
Intensidad (MSK)	Valor peligrosidad sísmica
I-IV	Muy Baja
V	Baja
V-VI	Media
VI	Media-Alta
VI-VIII	Alta
VIII-X	Muy Alta

Fuente: Elaboración propia

En Canarias, según la información existente, el valor de la peligrosidad por riesgo sísmico esta expresado en valores de PGA, para un periodo de retorno de 475 y de 950 años, es necesario relacionar los valores de PGA con los de intensidad en la escala MKS, para valorar la peligrosidad sísmica y que permita estimar el grado de daño (riesgo). Para ello, se hará uso de las distintas relaciones entre la aceleración e intensidad utilizadas en el plan SISMIMUR, a fin de determinar los rangos de aceleración que equivalen a un grado de intensidad dado.

Se calculan, para cada una de las relaciones disponibles actualmente, los valores de intensidad y se agrupan éstos de modo que a cada grado de intensidad, se le asignan todos los valores que se encuentren en el intervalo [I–0,5, I+0,5), como se aprecia en la siguiente figura:

Figura: Relaciones entre la aceleración y la intensidad sísmica, según diferentes autores.



Fuente: SISMIMUR

Los resultados ofrecen una dispersión en las estimaciones de intensidad a partir del valor de PGA, que en general crece a medida que aumenta el grado de intensidad.

En este campo es generalizado el uso de otro parámetro de movimiento, la Aceleración pico efectiva EPA (*Effective Peak Acceleration*), definida como el promedio de las aceleraciones espectrales en el intervalo de periodos de 0,1 a 0,5 segundos dividido por 2,5, que

generalmente correlaciona mejor con la intensidad que la PGA, si bien en Canarias no se dispone de esta información.

Como se detalla en el apartado de peligrosidad sísmica, los valores de PGA estimados en Canarias son inferiores a 100 cm/s^2, lo que genera una intensidad en la escala MKS alta (inferior a VII).

Estos valores concuerdan con el origen fundamental de los sismos en Canarias (origen volcánico) y con la intensidad de los sismos d3el registro histórico de Canarias (siempre inferior a VII) y en los últimos años (desde 1971) inferior a V.

Tabla: Valores de peligrosidad sísmica según los valores obtenidos del PGA en Canarias

PGA (g)	PGA (cm/s^2)	Valor peligrosidad sísmica
0,01-0,04	10-39	Muy Baja
0,04-0,06	40-59	
0,06-0,07	60-69	
0,07-0,08	70-89	Baja
0,09-0,10	90-100	

Fuente: Elaboración propia

De forma aproximada y según el gráfico anterior, se puede relacionar el PGA de Canarias con la intensidad, de la siguiente forma:

Tabla: Relación aproximada de los valores de peligrosidad sísmica y la intensidad

PGA (g)	PGA (cm/s^2)	Intensidad (MSK)	Valor peligrosidad sísmica
0,01-0,04	10-39	I-IV	Muy Baja
0,04-0,06	40-59	V	
0,06-0,07	60-69	V-VI	
0,07-0,08	70-89	VI	Baja
0,09-0,10	90-100	VI-VII	

Fuente: Elaboración propia

Estos valores coinciden con lo considerado en el Mapa de peligrosidad sísmica de España de 2002 y con los valores recogidos en el Análisis de los riesgos geológicos en España 2004.

De esta forma ya se ha estimado el primer componente para estimar el riesgo en términos de daño o pérdidas, correspondiente a la peligrosidad.

5.1.3.1.1.4 Vulnerabilidad económica de las edificaciones

Para identificar la vulnerabilidad, es necesario conocer las clases de vulnerabilidad EMS-98 (A, B, C y D) de las edificaciones, utilizadas para estimar el daño y aplicar los valores de probabilidad de las matrices de daño (Chavez, 1998), según la intensidad del sismo.

Por ejemplo, para una clase de vulnerabilidad A y una intensidad de sismo de VI (Baja), la probabilidad de que se produzca una daño determinado sobre esa edificación es la siguiente:

Do: 0,209; D1: 0,384; D2: 0,282; D3: 0,104; D4: 0,019 y D5: 0,001

Para facilitar la comprensión, los grados de daños se agrupan en 4 niveles: Nulo (D0) Ligero (D1), Moderado (D2 y D3) y Grave (D4 y D5). Es decir, los niveles se obtiene sumando los porcentajes:

- Nivel de daño Nulo: Probabilidad Do
- Nivel de daño Ligero: ProbabilidadD1
- Nivel Moderado: Probabilidad D2 + Probabilidad D3
- Nivel Fuerte: Probabilidad D4 + Probabilidad D5

En función del valor de estos niveles, se establece la siguiente graduación que indica los valores de la combinación de la Peligrosidad y la Vulnerabilidad (estimación de la probabilidad del daño).

Tabla: Niveles de combinación de la peligrosidad y vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo sísmico a partir de la probabilidad de daño.

Valores	Niveles
Nivel de daño F > 50%	Muy Alta
Nivel F > 25 % y M > 50%	Alta
Nivel Do < 50% L < 50% M > 50 % F < 25%	Media
Nivel Do < 50% L < 50% M < 50 %	Baja
Nivel Do > 50%	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

Para su aplicación a Canarias, hay que remitirse al apartado de vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgos sísmico del presente documento. En este aparatado se relaciona el año de construcción de la edificación y la altura con las clases de vulnerabilidad.

Tabla: Clasificación de los edificios de vivienda en clases de vulnerabilidad de acuerdo con la EMS-98 adaptada a Canarias en el ámbito de asentamientos urbanos

Plantas	< 1950	1950-1975	1975-1995	>1995
	Tipología	Tipología	Tipología	Tipología
< 4 plantas	30%A+70%B	15%A+70%B+15%C	5%A+20%B+65%C+10%D	20%B+60%C+20%D
= 4-5 plantas	40%A+60%B	20%A+70%B+10%C	10%A+30%B+55%C+5%D	20%B+60%C+20%D
> 5 plantas	60%A+40%B	30%A+65%B+5%C	15%A+45%B+40%C	20%B+60%C+20%D

Fuente: Elaboración propia

Tabla: Clasificación de los edificios de vivienda en clases de vulnerabilidad de acuerdo con la EMS-98 adaptada a Canarias en el ámbito de urbano

Plantas	< 1950	1950-1975	1975-1995	>1995
	Tipología	Tipología	Tipología	Tipología
< 4 plantas	20%A+80%B	5%A+50%B+45%C	85%C+15%D	5%A+10%B+50%C+35%D
= 4-5 plantas	20%A+80%B	10%A+60%B+30%C	5%A+20%B+65%C+10%D	5%A+10%B+50%C+35%D
> 5 plantas	40%A+60%B	15%A+70%B+15%C	8%A+27%B+6C+5%D	5%A+10%B+50%C+35%D

Fuente: Elaboración propia

De esta forma la probabilidad de daño para una intensidad determinada de un sismo (peligrosidad), vendrá dada en función de la fecha de construcción de la edificación, su ubicación (urbano o asentamiento rural) y la altura de la misma.

Es decir, por ejemplo según las matrices de daño, para una intensidad de V, la probabilidad de daño de la clase de vulnerabilidad A, Do es igual a 0,441, clase B Do= 0,67, clase C Do=0,755 y clase D, Do= 0,859.

Si la vivienda es del año 1950, en una zona de asentamientos urbanos y con una altura menor de 4 plantas: la tipología es de 30%A+70%B ,por lo que se aplicarán los valores siguientes, para la probabilidad de daño Do:

> 0,3 (30% en tanto por 1) x Probabilidad clase A (0,441) + 0,7 x Probabilidad clase B (0,67) = 0,1323 + 0,469 = 0,6013.

Para un sismo de intensidad V, la probabilidad de que una vivienda anterior a 1950, en zona de asentamiento urbano y menor de 4 plantas sufra un daño de grado Do es de: 0,6013, es decir un 60%.

Realizando el mismo cálculo para el resto de grados de daño: La probabilidad de que la edificación sufra un daño de grado D1 es de: 0,3129 (en 31%), de que sufra un daño de grado D2 es de: 0,0749 (en 8%); de que sufra un daño de grado D3 es de: 0,0103 (un 1%) y por último de que sufra un grado D4 es de: 0,0006.

Se agrupan los valores en 4 niveles: Nulo (Do) Ligero (D1), Moderado (D2 + D3) y Grave (D4 + D5) y se establece la siguiente graduación que indica los valores de la combinación de la Peligrosidad y la Vulnerabilidad (estimación de la probabilidad del daño).

Tabla: Niveles de combinación de la peligrosidad y vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo sísmico a partir de la probabilidad de daño.

Valores	Niveles
Nivel de daño F > 50%	Muy Alta
Nivel F > 25 % y M > 50%	Alta
Nivel Do < 50% L < 50% M > 50 % F < 25%	Media
Nivel Do < 50% L < 50% M < 50 %	Baja
Nivel Do > 50%	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

5.1.3.1.1.5 Estimación Riesgo sísmico económico de las edificaciones

Mediante la combinación de la probabilidad de daño de las edificaciones (peligrosidad y vulnerabilidad) con el valor económico de las mismas (concepto de exposición económica, analizado al principio) se obtiene el coste o las pérdidas ocasionadas por el proceso natural, es decir, el riesgo sísmico económico sobre las edificaciones.

Tabla: Riesgo sísmico económico de las edificaciones

RIESGO SÍSMICO ECONÓMICO	Probabilidad de daño (Combinación peligrosidad y vulnerabilidad)				
Exposición económica	Muy Alta (nivel daño Fuerte)	Alta (nivel daño Fuerte o Moderado)	Media (nivel daño Moderado)	Baja (nivel daño Moderado o Ligero)	Muy Baja (nivel daño Ligero)
Muy Alta (valor económico muy alto)	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Medio	Baja
Alta (valor económico alto)	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Baja
Media (valor económico medio)	Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Baja (valor económico bajo)	Medio	Media	Baja	Baja	Muy Baja
Muy Baja (valor económico muy bajo)	Medio	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

5.1.3.1.2 *Riesgo sísmico económico del resto de usos del territorio*

Para estimar el riesgo sísmico económico del resto de elementos del territorio, que no se corresponden a edificaciones, no existe una matriz de probabilidad de daño o curva de fragilidad específica para cada tipo de uso. Por tanto, el riesgo únicamente se podrá estimar mediante la combinación de los valores de forma matricial.

A continuación se lleva a cabo la combinación de los valores de vulnerabilidad económica por riesgo sísmico con la exposición económica según el uso:

Exposición económica X Vulnerabilidad económica

Tabla: Combinación de la exposición económica y de la vulnerabilidad económica del resto de usos del suelo

	Vulnerabilidad económica				
Exposición económica	Fragilidad Muy Alta	Fragilidad Alta	Fragilidad Media	Fragilidad Baja	Fragilidad Muy Baja
Muy Alta (valor económico muy alto)	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media	Baja
Alta (valor económico alto)	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Baja
Media (valor económico medio)	Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Baja(valor económico bajo)	Medio	Media	Baja	Baja	Muy Baja
Muy Baja(valor económico muy bajo)	Medio	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, para estimar el riesgo sísmico económico del resto de usos, se combina la suma de los valores del duplo, vulnerabilidad económica - exposición económica, con la peligrosidad:

Tabla: Riesgo sísmico económico del resto de usos

RIESGO SÍSMICO ECONÓMICO	Peligrosidad				
Exposición y vulnerabilidad económica	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Baja
Alta	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Baja
Media	Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Baja	Medio	Media	Baja	Baja	Muy Baja
Muy Baja	Medio	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

5.1.3.1.3 *Riesgo sísmico económico total*

El riesgo sísmico económico total surge de la combinación del riego sísmico económico de las edificaciones y el riesgo sísmico económico del resto de usos, de tal forma que se evalúen todos los elementos existentes en el territorio:

$$Riesgo\ sismico\ eco.total = Riesgo\ sísmico\ eco.edif. + Riesgo\ sísmico\ eco.uso$$

5.1.3.2 **Riesgo sísmico social**

5.1.3.2.1 *Riesgo sísmico social de las edificaciones*

5.1.3.2.1.1 Metodologías existentes

Las principales metodologías utilizadas en España y a nivel mundial, para estimar el daño físico sobre la población expuesta son dos: la metodología desarrollada por Coburn et al. (1992) y la establecida en la ATC (*Applied Technology Council*)-13 (1985). Ambas se adaptan a los datos disponibles y a los objetivos de este trabajo.

COBURN

Esta metodología que fue desarrollada a partir del análisis de más de 1.100 terremotos catastróficos ocurridos en todo el mundo, principalmente en Japón, se resume en la expresión:

$$Ksb = D5 * [M1b * M2b * M3b * (M4b + M5b)]$$

Donde:

Ksb número de muertos por colapso de edificios.

b tipología estructural del edificio.

D5 edificios colapsados

M1b población por edificio

M2b porcentaje de ocupantes del edificio en el momento de producirse el sismo.

M3b porcentaje de ocupantes atrapados por el colapso.

M4b porcentaje de muertos producidos en el momento del colapso.

M5b porcentaje de muertos posterior al colapso del edificio.

El número de heridos se calcula a partir de la siguiente fórmula:

Nº heridos= 6* Nº muertos

El número de viviendas inhabitables en cada población, siguiendo la metodología de Coburn, se calcula mediante la siguiente expresión:

Nº edificios inhabilitables= Nº edificaciones D4 + Nº edificaciones D5 + 50 % edificaciones D3

La metodología de Coburn et al. (1992) presenta como principal limitación que solo hace referencia a las víctimas provocadas por el colapso de edificios (daño D5), no teniendo en cuenta las causadas por otros tipos de daños en la edificación, por la dificultad que, según exponen los autores, tienen la determinación de una expresión que permita evaluar las víctimas provocadas por el resto de grados de daños. No obstante, el colapso de edificios es el grado de daño que más víctimas aporta al producto total de la catástrofe.

En el Plan SISMIMUR, para estimar la formula de Coburn se consideran los valores más desfavorables y se establecen las siguientes premisas:

- La población por edificio se estima, dividiendo el número de habitantes en cada entidad de población por el número de edificios correspondientes que presenta.
- El porcentaje de ocupantes de los edificios en el momento de ocurrir el sismo se considera como el 75% de la población por edificio, la cual se corresponde con la media de la ocupación típica de los edificios residenciales en poblaciones urbanas, en horas nocturnas.
- Para estimar M3 se considera que un 75% de la población estaría incapacitada de escapar del edificio.
- A M4 se asigna un valor igual al 40% (se estima por encima, pues sería un 20% las muertes provocadas por edificios de pared de muros de piedra).
- M5, que contempla la incapacidad de los equipos de rescate, es considerado igual al 95%, lo cual es el máximo porcentaje y corresponde a una incapacidad de la comunidad para realizar las tareas de rescate de las víctimas debido al elevado número de ellas o a la falta de preparación. Según Coburn et al. (1992) este factor puede disminuir hasta el 45% en el caso de disponer de planes adecuados de emergencia y de que se produjese el rescate de las víctimas atrapadas en los colapsos antes de las 36 horas, con lo cual, se reduciría considerablemente el número total de víctimas mortales.

METODOLOGÍA DE APPLIED TECHNOLOGY COUNCIL (1985)-13

La metodología ATC-13 (1985), tiene como principal ventaja el hecho de que aporta un porcentaje de víctimas para cada grado de daño, lo cual es coherente con el trabajo que se ha estado desarrollando. El inconveniente es, que esta metodología ha sido determinada para las viviendas del Estado de California en los Estados Unidos y aunque explícitamente indica que estos porcentajes son utilizables para todo tipo de viviendas, hace referencia a aquellas que han sido construidas en aquella región. A esto se ha de añadir que estos porcentajes fueron determinados partiendo de terremotos pasados ocurridos solo en los Estados Unidos. Por estas razones, es importante precisar que los resultados obtenidos con la aplicación de esta metodología no necesariamente tendrían que corresponderse con la realidad; no obstante,

resultan orientativos y de mucha utilidad principalmente en aquellos casos en los cuales no se dispone de otra información más fiable.

Tabla: Estado físico de la población en función del grado de daño.

Grado de daño	Coeficiente del Estado Físico de las Víctimas		
	Heridos leves	Heridos graves	Muertos
D1	3,3/10.000	1,1/25.000	1,1/100.000
D2	3/1.000	1/2.500	1/10.000
D3	3/100	1/250	1/1000
D4	3/10	1/25	1/100
D5	2/5	2/5	1/5

Fuente: ATC-13 (1985) en SISMIMUR

5.1.3.2.1.2 Metodología aplicada a Canarias

A continuación se llevará a cabo una adaptación de las metodologías estudiadas en Canarias, según la información disponible.

COBURN

Según los parámetros utilizados en la fórmula de Coburn, se pueden relacionar con la información disponible en Canarias de la siguiente forma:

- *La tipología estructural del edificio (b) y el nº de edificios colapsados (D5)* se estiman a partir de la relación entre el año de construcción de la edificación, la altura del edificio y las clases de vulnerabilidad con la peligrosidad (apartado de vulnerabilidad económica de las edificaciones) utilizando las matrices de probabilidad de daño.

  Se entiende como edificios que sufren colapso aquellos que presentan un daño de grado fuerte (D4 o D5) designados con vulnerabilidad económica alta o muy alta. De todas las edificaciones, se seleccionan aquellas que presentan alguna probabilidad de daño de los grados D4 y D5. Puesto que el análisis se realiza por edificación, se incluye su probabilidad de daño como valores de la fórmula D5 y b. Para la estimación de estos valores ya se ha tenido en cuenta la peligrosidad y la vulnerabilidad, aunque en este caso social.
- *Población en el edificio (M1b):* Para estimar este valor se utiliza la exposición social, y concretamente el grado de ocupación que establece el nº de personas existente en cada tipología de edificación o infraestructura.

Grado de ocupación= Ocupación (persona/metro cuadrado) x Superficie de la edificación o infraestructura (metro cuadrado) x Nº de plantas de la edificación

- *M2b: Porcentaje de población en la edificación en el momento del sismo.* Esta parámetro se entiende como un ajuste del valor anterior de grado de ocupación y para ello se

utilizará el establecido en el proyecto SISMIMUR del 75%. El valor se expresa en tanto por uno.

- *M3b: Porcentaje de ocupantes atrapados en el edificio colapsado.* Este parámetro se entiende como la fragilidad de la población existente en el edificio, concepto similar a la vulnerabilidad individual establecido en el presente proyecto. Por tanto, serán los valores de la vulnerabilidad individual (expresados en tanto por uno), los que se utilizarán en la fórmula.

  La vulnerabilidad individual, se calcula con la siguiente fórmula:

  Vul. individual = 5 x (EDAD) + 2 x (IDIOMA) + 5 x (DEPENDIENTES) + 4 x (Nº DE PLANTAS)

  Expresando los 5 niveles establecidos en tanto por uno:

  Tabla: Niveles de vulnerabilidad individual total

Niveles	Valores	Porcentaje (%)
Muy Baja	0-3,5	0-23
Baja	3,5-7	23-76
Moderada	7-12	46-80
Alta	12-15	80-100
Muy Alta	15	100

Fuente: Elaboración propia

- *M4b (porcentaje de muertos por colapso del edificio).* Se considera la misma cifra que utiliza el proyecto SISMIMUR, 40 % expresado en tanto por uno.
- *M5b (porcentaje de muertos posterior al colapso)* está relacionado con la vulnerabilidad colectiva, que analizada la fragilidad de las personas en función de la densidad de población, vías próximas o centros sanitarios próximos, es decir, según la posibilidad de llegar a un centro hospitalario para que los atiendan. Este valor se expresará en tanto por uno.

Vul. colectiva = 4 x (DENSIDAD) + 5 x (VIAS DE COMUNICACIÓN) + 5 x (CENTROS TRANSPORTE)

Expresando los 5 niveles establecidos en tanto por uno:

Tabla: Niveles de vulnerabilidad individual total

Niveles	Valores	Porcentaje (%)
Muy Baja	0-3	0-21
Baja	3-5	21-50
Moderada	7-11,2	50-80
Alta	11,2-14	80-100
Muy Alta	14	100

Fuente: Elaboración propia

Considerando la fórmula de Coburn modificada, el riesgo sísmico social (nº de personas muertas) se estima aplicando:

Nº de personas muertas (Riesgo social edificio colapsado) = [b x D5 (Probabilidad de Daño)] x [M1b (Grado de ocupación)] x [M2b (0,75)] x [M3b (% vulnerabilidad individual social)] x [M4b (0,40) + M5b (% de vulnerabilidad colectiva social)]

Como se ha comentado, esta fórmula se aplica a los edificios que sufren colapso. Para estimar el riesgo sísmico social en el resto de edificios que no sufran grados de daño D4 o D5 se aplican los valores de ATC-13.

Tabla: Coeficiente del estado físico de las victimas

Grado de daño	Coeficiente del Estado Físico de las Víctimas		
	Heridos leves	Heridos graves	Muertos
D1	3,3/10.000	1,1/25.000	1,1/100.000
D2	3/1.000	1/2.500	1/10.000
D3	3/100	1/250	1/1000

Fuente: ATC-13

Es decir, utilizando el mismo razonamiento que en la vulnerabilidad económica, para una edificación que sufra un sismo de intensidad V, la probabilidad de que una vivienda anterior a 1950, en zona de asentamiento urbano y menor de 4 plantas, no sufra ningún daño Do es de: 0,6013, es decir un 60%. La probabilidad de que la edificación sufra un daño de grado D1 es de: 0,3129 (en 31%), de que sufra un daño de grado D2 es de: 0,0749 (en 8%); de que sufra un daño de grado D3 es de: 0,0103 (un 1%).

El número de muertos en un edificio no colapsado (Menc) será:

Menc =[(probabilidad de D1) x (grado de ocupación) x 1,1/100.000(coef. del estado físico de las victimas D1)] + [(probabilidad D2) x (grado de ocupación) x 1/10.000)] + [(probabilidad D3) x (grado de ocupación) x (1/1000)].

Esta fórmula se ponderará con los valores de:

- Porcentaje de población en el edificio en el momento del sismo 75% (valor de SISMIMUR).
- Porcentaje de la vulnerabilidad individual
- Porcentaje de la vulnerabilidad colectiva

Por tanto, finalmente, el número de muertos en un edificio no colapsado total (MencT) o riesgo sísmico social en un edificio no colapsado será:

MencT = Menc x (0,m75) x (% vulnerabilidad individual social) x (% de vulnerabilidad colectiva social).

De igual forma se actuará para estimar el número de heridos graves total en un edificio colapsado (HGencT) y para el número de heridos leves total en un edificio no colapsado (HLencT)

En función de los valores obtenidos para el riesgo sísmico social de los edificios colapsados y no colapsados se establecen los 5 niveles siguientes:

Tabla: Niveles de riesgo sísmico social edificaciones

Niveles	Valores (personas afectadas)
Muy Bajo	< 0,1
Baja	1-0,1
Moderada	2 - 1
Alta	10 -2
Muy Alta	> 10

Fuente: Elaboración propia

5.1.3.2.2 *Riesgo sísmico social del resto de usos del territorio*

Para estimar el riesgo sísmico social del resto de elementos del territorio, que no se corresponden a edificaciones, no existe una metodología tipo. Por tanto, el riesgo únicamente se podrá estimar mediante la combinación de los valores de forma matricial.

A continuación se lleva a cabo la combinación de los valores de vulnerabilidad social por riesgo sísmico con la exposición social según el uso:

Exposición social X Vulnerabilidad social

Tabla: Combinación de la exposición económica y de la vulnerabilidad económica del resto de usos del suelo

	Vulnerabilidad social total				
Exposición social	Fragilidad Muy Alta	Fragilidad Alta	Fragilidad Media	Fragilidad Baja	Fragilidad Muy Baja
Muy Alta (valor económico muy alto)	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media	Baja
Alta (valor económico alto)	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Baja
Media (valor económico medio)	Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Baja(valor económico bajo)	Medio	Media	Baja	Baja	Muy Baja
Muy Baja(valor económico muy bajo)	Medio	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

Para estimar el riesgo sísmico social del resto de usos de suelo, se combina matricialmente la suma de los valores del duplo, vulnerabilidad social-exposición social, con la peligrosidad:

Tabla: Riesgo sísmico social del resto de usos

RIESGO SÍSMICO SOCIAL	Peligrosidad				
Exposición y vulnerabilidad social	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Baja
Alta	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Baja
Media	Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Baja	Medio	Media	Baja	Baja	Muy Baja
Muy Baja	Medio	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

5.1.3.2.3 *Riesgo sísmico social total*

El riesgo sísmico social total surge de la combinación del riego sísmico social de las edificaciones y el riesgo sísmico social del resto de usos, de tal forma que se evalúen todos los elementos del territorio:

$$Riesgo\ sismico\ social\ total = Riesgo\ sísmico\ social\ edif. + Riesgo\ sísmico\ social\ uso$$

5.1.3.3 **Riesgo sísmico total**

Para expresar de forma única el riesgo sísmico, es necesario llevar a cabo la combinación del riesgo sísmico económico (expresado en euros) y el riesgo sísmico social (expresado en personas).

Para expresar el riesgo sísmico social en valores económicos, se utilizará el valor de la pérdida de vidas humanas, coste unitario asociado a la perdida de una vida, que se obtiene de la Ley 30/1995 de ordenación de seguros privados. En esta Ley se establecen las indemnizaciones en función de unos baremos. Inicialmente son de aplicación en el ámbito de accidentes de coches. Un estudio de la Agencia Catalana del Agua incluido dentro del Protocolo de Repercusión de Costes en el Espacio Fluvial, comparó estos valores con las recientes indemnizaciones al accidente del Yak42, Biescas y atentado de Madrid 11M y a la vista de los resultados se aplicó el valor de la Ley 30/1995. Se considera que el valor €/persona es de 155.000.

El riesgo sísmico total, para un periodo de retorno, surge de la combinación del riego sísmico social (expresado en valores económicos) y el riesgo sísmico económico, de tal forma que el resultado aporte el valor económico (costes o pérdidas) que produce un evento sísmico:

$$Riesgo\ sismico\ total = Riesgo\ sísmico\ social\ +\ Riesgo\ sísmico\ económico$$

El riesgo sísmico total se expresará en 5 niveles.

Tabla: Niveles de riesgo sísmico total

Niveles	Valores
Muy Bajo	Valores que representen un 10% del que sería el valor máximo
Baja	Valores que estén incluidos entre un 25% y un 10% del valor máximo
Moderada	Valores que estén incluidos entre un 50% y un 25% del valor máximo
Alta	Valores que estén incluidos entre un 80% y un 50% del valor máximo
Muy Alta	Valores que representen más de un 80% del que sería el valor máximo

Fuente: Elaboración propia

Si la combinación se lleva a cabo no con valores económicos, sino con valores ponderados, se realizará la siguiente combinación:

Tabla: Riesgo sísmico total

RIESGO SÍSMICO TOTAL	RIESOG SÍSMICO ECONÓMICO				
RIESGO SÍSMICO SOCIAL	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Baja	Media
Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Media	Media
Media	Alta	Alta	Media	Media	Baja
Baja	Media	Media	Media	Baja	Baja
Muy Baja	Media	Media	Baja	Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

5.1.4 *Riesgo Volcánico*

A la hora de estimar el riesgo volcánico en España, no existe ningún plan o metodología que lo estime como tal, según su definición, considerando el grado de daño o los costes o pérdidas que implica este proceso natural. Existen artículos que se refieren al concepto de riesgo, pero más bien están orientados a la estimación de la peligrosidad y no del riesgo en sí, demostrando la confusión existente entre ambos términos riesgo y peligrosidad.

En el PEVOLCA (Plan Especial de Protección Civil y atención de emergencias por riesgo volcánico en la comunidad autónoma de Canarias), primero se analizan cada uno de los procesos volcánicos que pueden generar peligro (ya desarrollados en el apartado de peligrosidad). Posteriormente, se enumeran de forma somera los elementos más vulnerables del territorio insular y de forma preliminar, en función de las valoraciones de expertos, se identifican las zonas de mayor peligrosidad y vulnerabilidad sin representarlas gráficamente ni especificar de forma detallada su ubicación, siendo de utilidad para contrastar los resultados obtenidos a partir de otras metodologías.

Tras analizar las metodologías existentes de estimación del riesgo fuera de España, mostrando especial atención a aquellas aplicadas en zonas volcánicas que sean lo más similares posibles en sus características a las Islas Canarias, no se disponen de matrices de probabilidad de daño o curvas de fragilidad, sino que las metodologías se basan en la combinación directa mediante matrices de cada uno de los componentes que definen el riesgo (peligrosidad, exposición y vulnerabilidad).

A continuación se describen los resultados de las combinaciones de los componentes del riesgo, analizando por separado el riesgo económico y el riesgo social, para finalmente llevar a cabo una combinación de los mismos que permita estimar el riesgo total.

5.1.4.1 **Riesgo volcánico económico**

La primera combinación se llevará a cabo entre los niveles de peligrosidad y de exposición económica.

Tabla: Combinación de la exposición económica con la peligrosidad volcánica

	Peligrosidad volcánica				
Exposición económica	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Muy Alta (valor económico muy alto)	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media	Baja
Alta (valor económico alto)	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Baja
Media (valor económico medio)	Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Baja (valor económico bajo)	Medio	Media	Baja	Baja	Muy Baja
Muy Baja (valor económico muy bajo)	Baja	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

Una vez llevada a cabo la combinación entre la peligrosidad y la exposición económica, el resultado de la misma es necesario que se combine con otro componente del riesgo, la vulnerabilidad económica. En este caso se utilizará la vulnerabilidad económica total, que es el resultado de la combinación de la vulnerabilidad económica de las edificaciones y de la vulnerabilidad económica del resto de usos del suelo, ya que no existe curvas de fragilidad o matrices de daño por procesos volcánicos, que se puedan aplicar a las edificaciones de forma específica. El riesgo volcánico económico se obtiene de la siguiente matriz:

Tabla: Riesgo volcánico económico

RIESGO VOLCÁNICO ECONÓMICO	Peligrosidad volcánica + Exposición económica				
Vulnerabilidad económica total	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Muy Alta (Fragilidad muy alta)	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media	Baja
Alta (Fragilidad alta)	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Baja
Media (Fragilidad media)	Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Baja (Fragilidad baja)	Medio	Media	Baja	Baja	Muy Baja
Muy Baja (Fragilidad muy baja)	Baja	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

El riesgo volcánico económico incluye todo el área que alberga algún nivel de peligrosidad volcánica, puesto que todo el suelo afectado presentará un valor (exposición) y una fragilidad (vulnerabilidad).

5.1.4.2 **Riesgo volcánico social**

La primera combinación se llevará a cabo entre los niveles de peligrosidad y de exposición social.

Tabla: Combinación de la exposición social con la peligrosidad volcánica

	Peligrosidad volcánica				
Exposición social	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Muy Alta (valor social muy alto)	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media	Baja
Alta (valor social alto)	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Baja
Media (valor social medio)	Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Baja (valor social bajo)	Medio	Media	Baja	Baja	Muy Baja
Muy Baja (valor social muy bajo)	Baja	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

Tras la combinación entre la peligrosidad y la exposición social, el resultado se combina con la vulnerabilidad social obteniendo el riesgo volcánico social:

Tabla: Riesgo volcánico social

RIESGO VOLCÁNICO SOCIAL	Peligrosidad volcánica + Exposición social				
Vulnerabilidad social	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Muy Alta (Fragilidad población muy alta)	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media	Baja
Alta (Fragilidad alta)	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Baja
Media (Fragilidad media)	Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Baja (Fragilidad baja)	Medio	Media	Baja	Baja	Muy Baja
Muy Baja (Fragilidad muy baja)	Baja	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

Al estimar el riesgo volcánico social, las únicas zonas existentes que presentan cierto riesgo, se concentrarán en aquellas áreas urbanas, de infraestructuras y elementos estructurantes donde se pueda afectar a la población, que se ubiquen en la zona de peligrosidad volcánica. En el resto del territorio se considera que el riesgo social volcánico es muy bajo por la poca incidencia que tendrá sobre la población.

5.1.4.2.1 *Riesgo volcánico total*

Para expresar el riesgo volcánico total, se tendrá en cuenta que el valor €/persona es de 155.000.

El riesgo volcánico total para un periodo de retorno, surge de la combinación del riego volcánico social (expresado en valores económicos) y el riesgo volcánico económico, de tal forma que el resultado aporte el valor económico (costes o pérdidas) que produce un evento volcánico en un tiempo determinado:

$$Riesgo\ volcánico\ total = Riesgo\ volcánico\ social\ +\ Riesgo\ volcánico\ económico$$

El riesgo volcánico total se expresará en 5 niveles.

Tabla: Niveles de riesgo volcánico total

Niveles	Valores
Muy Bajo	Valores que representen un 10% del que sería el valor máximo
Baja	Valores que estén incluidos entre un 25% y un 10% del valor máximo
Moderada	Valores que estén incluidos entre un 50% y un 25% del valor máximo
Alta	Valores que estén incluidos entre un 80% y un 50% del valor máximo
Muy Alta	Valores que representen más de un 80% del que sería el valor máximo

Fuente: Elaboración propia

Si la combinación se lleva a cabo no con valores económicos, sino con valores ponderados, se realizará la siguiente combinación:

Tabla: Riesgo volcánico total

RIESGO VOLCÁNICO TOTAL	RIESGO VOLCÁNICO ECONÓMICO				
RIESGO VOLCÁNICO SOCIAL	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Baja	Media
Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Media	Media
Media	Alta	Alta	Media	Media	Baja
Baja	Media	Media	Media	Baja	Baja
Muy Baja	Media	Media	Baja	Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

5.1.5 *Riesgo de Inundación*

El riesgo de inundación se ha dividido en el presente estudio en riesgo de inundación fluvial y riesgo de inundación costera o litoral.

A continuación de lleva a cabo la estimación del riesgo de inundación fluvial.

5.1.5.1 **Riesgo de inundación fluvial**

En la estimación del riesgo de inundación fluvial se ha avanzado mucho en Europa y en España en los últimos años, principalmente a raíz de la Directiva 2007/60 relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación y su transposición a la legislación española en el RD 903/2010 de evaluación y gestión de riesgos de inundación, que obliga a estimar las zonas inundables y el riesgo que llevan asociado.

A este respecto, el riesgo de inundación fluvial surge como resultado de la combinación de sus tres componentes:

- *Peligrosidad*: Caracterizada por las condiciones hidráulicas de nivel de calado y de velocidad del agua de una avenida en una zona determinada, que indican la gravedad o peligrosidad prevista en esa zona para un periodo de retorno determinado (probabilidad de ocurrencia).
- Exposición: Análisis de los elementos expuestos en ese lugar (social: nº de personas expuestas; económica: valor de los elementos expuestos)
- Vulnerabilidad de los mismos (grado de fragilidad de los elementos).

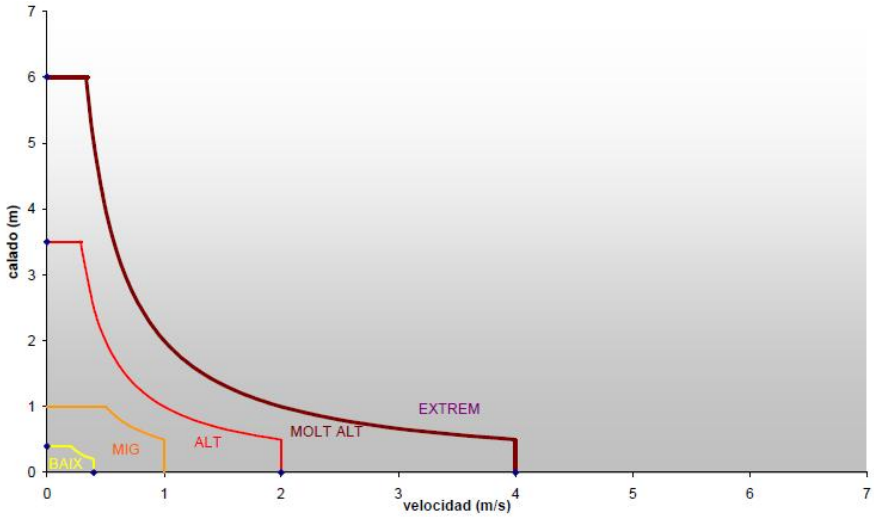
De este modo se estima el grado de daño que pueden generar estos eventos de inundación fluvial. En este sentido, el valor de la peligrosidad de inundación, según la Agencia Catalana del Agua (ACA), queda ponderado en función de criterios de gravedad o peligrosidad de la siguiente forma:

Tabal: Factor de gravedad para el cálculo de la peligrosidad

Gravedad	Descripción	Rango	Factor de Gravedad
Extrema	Zona donde las condiciones hidráulicas presentan un calado superior a 4 metros, una velocidad mayor que 6 m/s o el producto de ambas superior a 2 m2/s	c> 4m v > 6 m/s c·v >2m2/s	6.0
Muy alta	Zona donde las condiciones hidráulicas presentan un calado entre 2 y 4 metros, una velocidad entre 3,5 y 6 m/s o el producto de ambas superior a 1 m2/s	2<c< 4m 3,5<v < 6 m/s 1<c·v <2m2/s	4.0
Alta	Zona donde las condiciones hidráulicas presentan un calado entre 1 y 2 metros, una velocidad entre 1 y 3,5 m/s o el producto de ambas superior a 0,5 m2/s	1<c< 2m 1<v < 3,5 m/s 0,5<c·v <1m2/s	2.0
Moderada	Zona donde las condiciones hidráulicas presentan un calado superior a 0,4 metros, una velocidad mayor a 0,4 m/s y el producto de ambas superior a 0,08 m2/s	0,4<c< 1m 0,4<v < 1 m/s 0,08<c·v <0,5m2/s	1.0
Baja	Zona donde las condiciones hidráulicas presentan un calado inferior a 0,4 metros, una velocidad menor a 0,4 m/s y el producto de ambas menor que 0,08 m2/s	c ≤ 0,4m v ≤ 0,4 m/s c·v ≤ 0,08m2/s	0.5

Fuente: ACA

Figura: Factor de gravedad para el cálculo de la peligrosidad



Fuente: ACA

Se relaciona la velocidad de la inundación con el calado y el periodo de retorno, asignándole los siguientes factores:

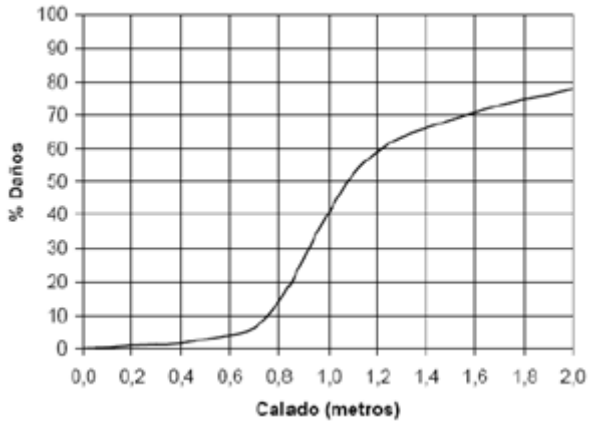
Tabla: Factor en función de la probabilidad de ocurrencia

Siglas	Nombre	Factor
T10	Período de retorno de 10 años	2
T50	Período de retorno de 50 años	1.5
T100	Período de retorno de 100 años	1.0
T500	Período de retorno de 500 años	0.5

Fuente. ACA

5.1.5.1.1 *Riesgo de inundación económico*

En el caso del riesgo de inundación fluvial económico, existen curvas de daño que relacionan el grado de peligrosidad en función del calado con el porcentaje de daño.



Fuente FEMA (Federal Emergency Management Agency, EEUU) y PATRICOVA (Plan de Acción Territorial de Carácter Sectorial sobre prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana)

En función del grado de daño sufrido por el elemento, es posible valorar tanto el coste económico o las pérdidas que ha implicado esa inundación.

Para ello primero se evalúa según el calado, el nivel de peligrosidad y el porcentaje de daño. Una vez considerado estos parámetros, se ponderan los valores mediante un factor.

Tabla: Porcentaje de daños según peligrosidad

Nivel de Peligrosidad	Calado	Porcentaje de daño	Factor
Extrema	calado superior a 4 metros	**100%**	**1.00**
Muy alta	calado entre 2 y 4 metros	**80-100%**	**0.80**
Alta	calado entre 1 y 2 metros	**40-80%**	**0.60**
Moderada	calado superior a 0,4 metros	**4-40%**	**0.35**
Baja	calado inferior a 0,4 metros	**< 4%**	**0.10**

Fuente: ACA

Obtenido un factor que relaciona la peligrosidad con el grado de daño, solo queda incluir el resto de parámetros correspondientes a la exposición (valor económico) y vulnerabilidad (grado de fragilidad). Para lo cual, primero se aplicará la siguiente matriz, que relaciona la peligrosidad con la exposición económica. Es decir se lleva a cabo una ponderación del valor económico de cada elemento del territorio multiplicándolo por el factor de ponderación de la peligrosidad del lugar donde está ubicado.

$$Valor\ económico\ ponderado = \ Factor\ peligrosidad\ x\ Exposición\ económica$$

Tabla: Combinación de la exposición económica con la peligrosidad inundación

VALOR ECONÓMICO PONDERADO	Peligrosidad				
Exposición económica	Extrema (factor 1; daño 100%)	Muy Alta (factor 0,80; daño 80-100%)	Alta (factor 0,60; daño 40-80%)	Media (factor 0,35; daño 4-40%)	Baja (factor 0,10; daño < 4%)
Muy Alta (valor económico muy alto)	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media	Baja
Alta (valor económico alto)	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Baja
Media (valor económico medio)	Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Baja (valor económico bajo)	Medio	Media	Baja	Baja	Muy Baja
Muy Baja (valor económico muy bajo)	Baja	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

Estimado el valor económico ponderado, a continuación mediante la relación de este con la vulnerabilidad se estima el riesgo económico de inundación fluvial.

Tabla: Riesgo de inundación fluvial económico

RIESGO INUNDACIÓN ECONÓMICO	Peligrosidad inundación + Exposición económica				
Vulnerabilidad económica total	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Muy Alta (Fragilidad muy alta)	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media	Baja
Alta (Fragilidad alta)	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Baja
Media (Fragilidad media)	Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Baja (Fragilidad baja)	Medio	Media	Baja	Baja	Muy Baja
Muy Baja (Fragilidad muy baja)	Baja	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja

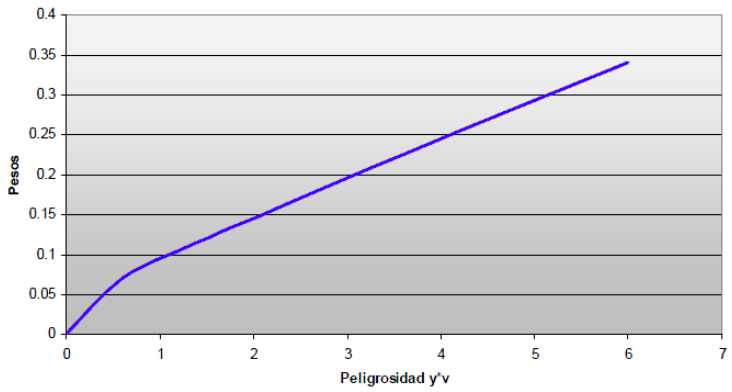
Fuente: Elaboración propia

De esta forma, se vuelve a ponderar el valor económico en función de la fragilidad de los elementos obteniendo finalmente el coste o pérdidas de los elementos del territorio que implica una inundación fluvial, es decir el riesgo económico.

5.1.5.1.2 *Riesgo social de inundación fluvial*

En el caso del riesgo de inundación fluvial social, existen curvas de daño que relacionan el grado de peligrosidad expresado según el producto del calado con la velocidad, con el porcentaje de daño sobre vidas humanas. Este número de fallecidos en función de la peligrosidad se ha obtenido de la publicación *Assessing and Valuing the Risk to Life from Flooding for Use in Appraisal of Risk Management Measures, Defra*, 2008. Los distintos porcentajes, dependiendo de la peligrosidad fueron determinados mediante el estudio de diversas inundaciones acaecidas en el Reino Unido.

Figura: Porcentaje de daños a vidas humanas según la peligrosidad



Fuente DEFRA (Departament for Environment, Food and Rural Affairs, UK) e INCLAM S.A.

Para ello primero se evalúa según el producto del calado con la velocidad, el nivel de peligrosidad y el porcentaje de daño. Una vez considerado estos parámetros, se estiman los pesos, cuyos valores de han adaptado a España.

Tabla: Porcentaje de daños según peligrosidad

Nivel de Peligrosidad	Calado x Velocidad (m^2/s)	Pesos
Extrema	> 2	**0,34 (máximo valor)**
Muy alta	>1	**0,225**
Alta	>0,5	**0,11**
Moderada	>0,08	**0,07**
Baja	< 0,08	**0**

Fuente: ACA

Obtenido un factor que relaciona la peligrosidad con el grado de daño a la población, solo queda incluir el resto de parámetros correspondientes a la exposición (población expuesta) y vulnerabilidad (grado de fragilidad de la población).

Primero se aplicará la siguiente matriz, que relaciona la peligrosidad con la exposición social, llevando a cabo una ponderación de la población expuesta de cada elemento del territorio multiplicándolo por el factor de ponderación de la peligrosidad del lugar donde está ubicado.

$$Valor\ población\ expuesta\ ponderado = \ Factor\ peligrosidad\ x\ Exposición\ social$$

Tabla: Combinación de la exposición social con la peligrosidad inundación

VALOR POBLACIÓN EXPUESTA PONDERADO	Peligrosidad				
Exposición social	Extrema (peso 0,34)	Muy Alta (peso 0,225)	Alta (peso 0,11)	Media (peso 0,07)	Baja (peso 0)
Muy Alta (población expuesta muy alta)	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media	Muy Baja
Alta (población expuesta alta)	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Media (población expuesta medio)	Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Baja (población expuesta baja)	Medio	Media	Baja	Baja	Muy Baja
Muy Baja (población expuesta muy baja)	Baja	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

Estimado el valor económico ponderado, a continuación mediante la relación de este con la vulnerabilidad, se estima el riesgo social por inundación fluvial.

Tabla: Riesgo inundación social

RIESGO INUNDACIÓN SOCIAL	Peligrosidad inundación + Exposición social				
Vulnerabilidad social total	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Muy Alta (Fragilidad muy alta)	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media	Muy Baja
Alta (Fragilidad alta)	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Media (Fragilidad media)	Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Baja (Fragilidad baja)	Medio	Media	Baja	Baja	Muy Baja
Muy Baja (Fragilidad muy baja)	Baja	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

De esta forma, se vuelve a ponderar el valor social en función de la fragilidad de los elementos del territorio, obteniendo finalmente la población o pérdidas de vidas que implica una inundación fluvial, es decir el riesgo social.

5.1.5.1.3 *Riesgo de inundación fluvial total*

Para estimar el riesgo de inundación fluvial total se considera que el valor €/persona es de 155.000.

El riesgo por inundación fluvial total para un periodo de retorno, surge de la combinación del riego por inundación social (expresado en valores económicos) y el riesgo de inundación económico, de tal forma que el resultado aporte el valor económico (costes o pérdidas) que produce una inundación:

$$Riesgo\ inund.fluvial\ \ total = Riesgo\ inund.social + Riesgo\ inund.económico$$

El riesgo por inundación fluvial total se expresará en 5 niveles.

Tabla: Niveles de riesgo volcánico total

Niveles	Valores
Muy Bajo	Valores que representen un 10% del que sería el valor máximo
Baja	Valores que estén incluidos entre un 25% y un 10% del valor máximo
Moderada	Valores que estén incluidos entre un 50% y un 25% del valor máximo
Alta	Valores que estén incluidos entre un 80% y un 50% del valor máximo
Muy Alta	Valores que representen más de un 80% del que sería el valor máximo

Fuente: Elaboración propia

Si la combinación se lleva a cabo no con valores económicos, sino con valores ponderados, se realizará la siguiente combinación:

Tabla: Riesgo inundación fluvial total

RIESGO INUNDACIÓN TOTAL	RIESGO INUNDACIÓN ECONÓMICO				
RIESGO INUNDACIÓN SOCIAL	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Baja	Media
Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Media	Media
Media	Alta	Alta	Media	Media	Baja
Baja	Media	Media	Media	Baja	Muy Baja
Muy Baja	Media	Media	Baja	Muy Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

5.1.5.2 **Riesgo de inundación costera o litoral**

En el caso del riesgo de inundación costera o litoral, se estima el resultado a partir de la combinación de sus componentes:

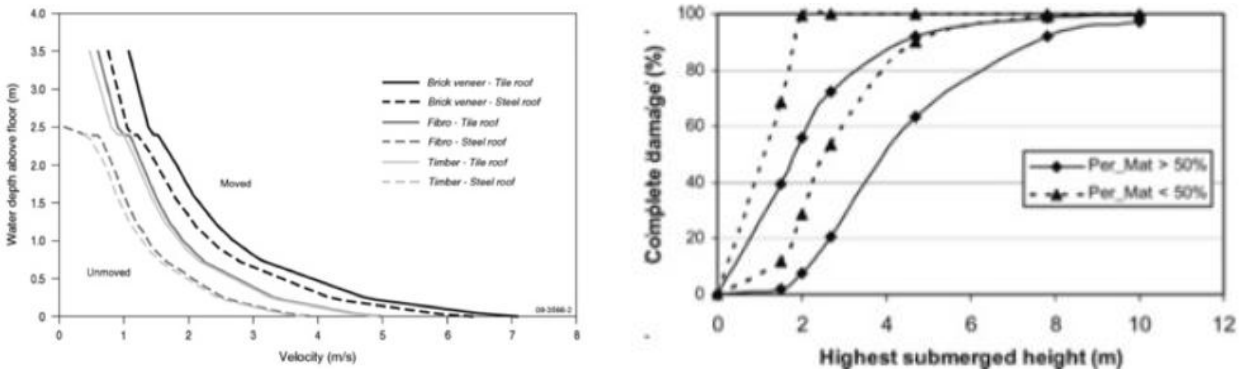
- Peligrosidad identificada en el territorio, caracterizada por las condiciones de altura de ola o marea/inundación y su velocidad, que indican la gravedad prevista en esa zona para un periodo de retorno determinado.
- Análisis de los elementos expuestos en ese lugar (social: nº de personas expuestas; económica: valor de los elementos expuestos)
- Vulnerabilidad de los mismos (grado de fragilidad de los elementos).

De este modo se estima el grado de daño que pueden generar estos eventos de riesgo costero.

5.1.5.2.1 *Riesgo de inundación costera económico*

5.1.5.2.1.1 Metodologías existentes

Para el riesgo costero, existe una gran cantidad de curvas de daño o matrices de probabilidad de daño, que relacionan el grado de peligrosidad en función de la velocidad o altura de la ola o marea y el tipo de elemento, con el porcentaje de daño.



Fuente: Pistrika & Jonkman, 2009; Middelmann-Fernandes 2010 (izquierda), Dias et al 2009 (derecha)

Reference	Area	Survey technique and buildings no.	Tsunami demand parameter	Building types for which curves were published	Curve types
Peiris et al. (2006)	Sri Lanka, 2004 IOT.	Field surveys / unknown number of buildings	Flow depth	Masonry residential buildings	Fragility curves with 3 damage levels / log normal shape
Reese et al. (2007)	Java, 2006 tsunami.	Field surveys / over 1800 buildings	Flow depth	1.Timber / one floor (non engineered) 2. Single layer of brick / one floor 3. Brick and RC columns 4. RC frames / two or more floors	Damage ratio curves / linear shape
Dias et al. (2009)	Sri Lanka, 2004 IOT.	Field Surveys / unknown number of buildings	Flow depth	1. With more than 50% of permanent materials 2. With less than 50% of permanent materials	Fragility curves for complete damage (bounding curves) / log normal shape
Koshimura et al. (2009b)	Banda Aceh, Indonesia, 2004 IOT.	Ikonos imagery / over 40000 buildings	Flow depth, velocity, hydrodynamic pressure	No classes / low rise wooden houses, timber and not engineered RC	Fragility curves for complete damage / log normal shape
Suppasri et al. (2011)	Thailand, 2004 IOT.	Ikonos imagery / 4806 buildings	Flow depth, velocity, hydrodynamic pressure	1. Wooden (after Koshimura 2009 in Japan) 2. Mixed type 3. RC	Fragility curves, with different damage level only for RC buildings / log normal shape
Leone et al. (2010)	Banda Aceh, Indonesia, 2004 IOT.	Field surveys and aerial imagery / about 1200 buildings	Flow depth	Bricks / 20 cm RC pillars / not engineered	Mean damage curves / Logarithmic shape
Valencia et al. (2011)	Banda Aceh, Indonesia, 2004 IOT.	Same dataset as Leone et al. (2010) plus Quickbird imagery / about 3800 buildings	Flow depth	1. Light beachfront wood / one storey 2. Brick not reinforced / one storey 3. Brick with RC columns / one or two storeys 4. Collective buildings, concrete not reinforced / two to four storeys, non engineered	Mean damage curves for four building classes / log normal shape
Reese et al. (2011)	Samoa 2009	Field surveys / 201 buildings	Flow depth	1. Masonry residential 2. Mixed types	Fragility curves for 5 different levels of damage / log normal shape

Fuente: Coastal Vulnerability to Multiple Inundation Sources. Sydney Coastal Councils Group. DallÓsso et al. Australian Goverment

Será necesario analizar las curvas de daño existentes y ver cuál de ellas se ajusta en mayor medida a las características de las edificaciones e infraestructuras costeras del archipiélago Canario.

Utilizando la curva de daño desarrollada por Valencia et al. (2011), debido a que es la que mayor numero de tipologías de edificación utiliza. Se establecen un total de 4 clases de edificación y 6 niveles de daño similares a los desarrollados en el apartado del riesgo sísmico (D0, D1, D2, D3,D4 y D5).

Las clases son:

Tabla: Tipología de edificios

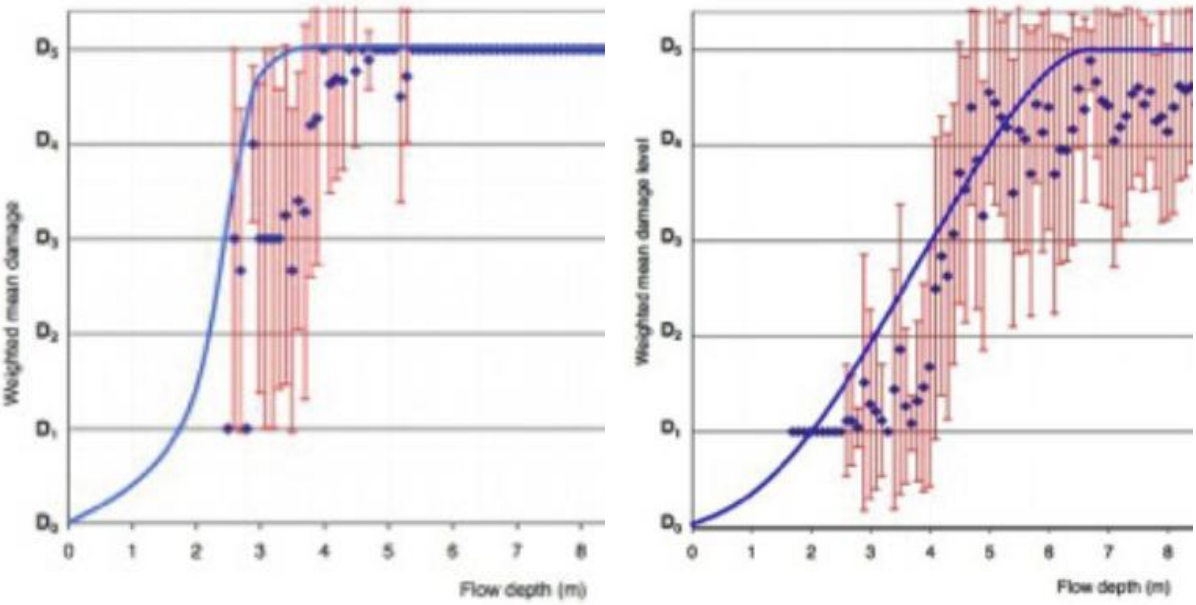
Clase	Descripción edificios	Imágenes ejemplo
A	Construcciones de madera	
B	Edificios de una planta realizados con ladrillos y cemento	

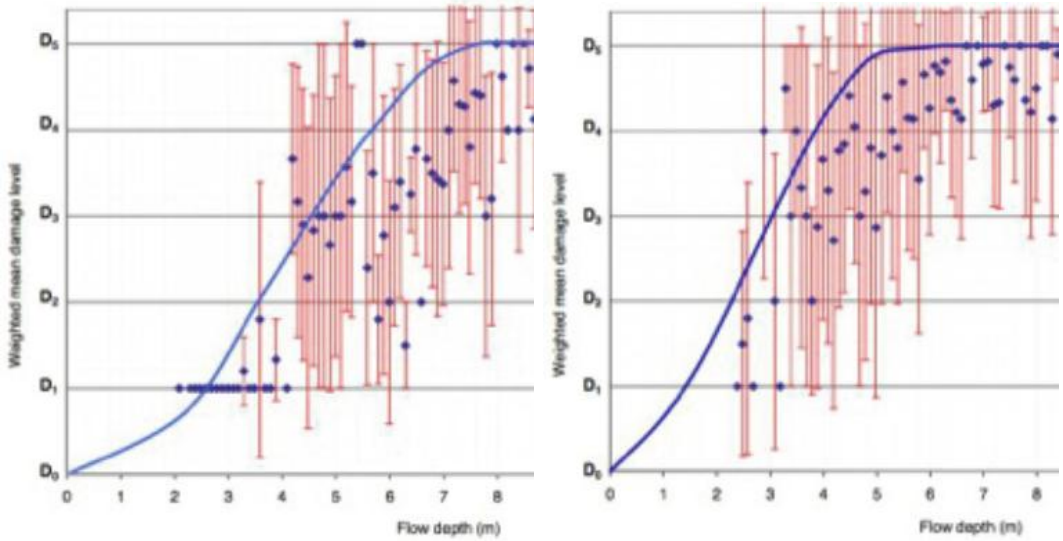
C	Edificios de 1 a dos plantas realizados con ladrillo y reforzados con hormigón armado	
D	Edificios mayores de 2 plantas realizados con hormigón armado.	

Fuente: Valencia et al. (2011)

Las curvas de daño se expresan en función de la altura de la inundación (peligrosidad) obteniendo las categorías de daño (D0, D1, D2, D3,D4 y D5) y según el tipo o clase de edificación establecida por Valencia et al.

Figura: Curvas de daño según la tipología de la edificación. Curvas de clases A (primera), B (segunda), C (tercera) y D (cuarta).





Fuente: Valencia et al (2011)

En función del grado de daño sufrido por el elemento, es posible valorar el coste económico o las pérdidas que ha implicado esa inundación costera, al relacionarlos con la exposición y la vulnerabilidad.

5.1.5.2.1.2 Metodologías aplicadas a Canarias para estimar el riesgo de inundación litoral o costera

El **CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas)**, cumpliendo con las consideraciones del RD 903/2010 lleva a cabo el estudio *"Evaluación Preliminar de riesgos de inundación y selección de áreas con riesgo potencial significativo en zonas costeras de las Demarcaciones Hidrográficas de Canarias".*

Para calcular el valor del riesgo o de los daños potenciales de las zonas inundables, la metodología que utilizan consiste en cruzar las zonas de peligrosidad tanto de las zonas inundables por marea y las inundables por oleaje, con cada una de las zonas vulnerables. En el informe preliminar desarrollado por el CEDEX, solo se incluyen las zonas de riesgo potencial significativo de Inundación denominadas (ARPSIs) para un periodo de retorno de 500 años, que son los tramos de costa con una significativa concentración en sus proximidades de zonas con vulnerabilidad Alta (código 2).

Otra metodología a considerar, es aplicar la metodología de Valencia et al. (2011), evaluando el grado de daño que sufrirán los elementos afectados, asociados a edificaciones en función de la altura de la inundación costera estimada para Canarias para un periodo de retorno determinado.

En Canarias no existe información del tipo de material de las edificaciones, pero se puede relacionar, como se ha visto en el apartado de riesgo sísmico, con la edad de la construcción y la altura del edificio.

Tabla: Clasificación de los edificios de vivienda en clases de vulnerabilidad de acuerdo con la EMS-98 adaptada a Canarias en el ámbito de asentamientos urbanos

Plantas	< 1950	1950-1975	1975-1995	>1995
	Tipología	Tipología	Tipología	Tipología
< 4 plantas	30%A+70%B	15%A+70%B+15%C	5%A+20%B+65%C+10%D	20%B+60%C+20%D
= 4-5 plantas	40%A+60%B	20%A+70%B+10%C	10%A+30%B+55%C+5%D	20%B+60%C+20%D
> 5 plantas	60%A+40%B	30%A+65%B+5%C	15%A+45%B+40%C	20%B+60%C+20%D

Fuente: Elaboración propia

Tabla: Clasificación de los edificios de vivienda en clases de vulnerabilidad de acuerdo con la EMS-98 adaptada a Canarias en el ámbito de urbano

Plantas	< 1950	1950-1975	1975-1995	>1995
	Tipología	Tipología	Tipología	Tipología
< 4 plantas	20%A+80%B	5%A+50%B+45%C	85%C+15%D	5%A+10%B+50%C+35%D
= 4-5 plantas	20%A+80%B	10%A+60%B+30%C	5%A+20%B+65%C+10%D	5%A+10%B+50%C+35%D
> 5 plantas	40%A+60%B	15%A+70%B+15%C	8%A+27%B+6C+5%D	5%A+10%B+50%C+35%D

Fuente: Elaboración propia

De esta forma es posible relacionar las edificaciones, con el tipo de curva a utilizar y en función de la altura de la ola, se obtendrá el grado de daño.

Una vez obtenido el grado de daño, para estimar el riesgo económico es necesario relacionar este daño con el valor económico del elemento afectado y su vulnerabilidad. Este proceso se lleva a cabo mediante la combinación de forma matricial de sus valores.

Primero se aplicará la siguiente matriz, que relaciona la peligrosidad con la exposición económica de las edificaciones. Es decir se lleva a cabo una ponderación de las edificaciones expuestas del territorio relacionándolo con el grado de daño estimado para esa edificación.

$$Valor\ edificación\ expuesta\ ponderado = \ Grado\ daño\ x\ Exposición\ eco.edificación$$

Tabla: Combinación de la exposición económica de la edificación con el grado de daño estimado

VALOR EDIFICACIÓN EXPUESTA PONDERADA	Grado de daño				
Exposición económica	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
Muy Alta (valor económico muy alto)	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media	Muy Baja
Alta (valor económico alto)	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Media (valor económico medio)	Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Baja (valor económico bajo)	Medio	Media	Baja	Baja	Muy Baja
Muy Baja (valor económico muy bajo)	Baja	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

Estimado el valor económico ponderado, a continuación mediante la relación de este con la vulnerabilidad, se estima el riesgo económico de las edificaciones por inundación costera.

Tabla: Riesgo inundación costera económico de las edificaciones

RIESGO INUNDACIÓN ECONÓMICO EDIFCIACIONES	Grado de daño + Exposición económica				
Vulnerabilidad económica total	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Muy Alta (Fragilidad muy alta)	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media	Muy Baja
Alta (Fragilidad alta)	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Media (Fragilidad media)	Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Baja (Fragilidad baja)	Medio	Media	Baja	Baja	Muy Baja
Muy Baja (Fragilidad muy baja)	Baja	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

De esta forma, se vuelve a ponderar el valor económico de las edificaciones en función de la fragilidad de los elementos del territorio, obteniendo finalmente las económicas que implica una inundación, es decir el riesgo económico.

5.1.5.2.1.3 Riesgo de inundación costera económico del resto de usos del territorio

Para estimar el riesgo de inundación costera económico del resto de elementos del territorio, que no se corresponden a edificaciones, no existe una matriz de probabilidad de daño o curva de fragilidad específica para cada tipo de uso. Por tanto, el riesgo únicamente se podrá estimar mediante la combinación de los valores de forma matricial. A continuación se lleva a cabo la combinación de los valores de vulnerabilidad económica por riesgo sísmico con la exposición económica según el uso:

Exposición económica X Vulnerabilidad económica

Tabla: Combinación de la exposición económica y de la vulnerabilidad económica del resto de usos del suelo

	Vulnerabilidad económica				
Exposición económica	Fragilidad Muy Alta	Fragilidad Alta	Fragilidad Media	Fragilidad Baja	Fragilidad Muy Baja
Muy Alta (valor económico muy alto)	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media	Baja
Alta (valor económico alto)	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Baja
Media (valor económico medio)	Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Baja(valor económico bajo)	Medio	Media	Baja	Baja	Muy Baja
Muy Baja(valor económico muy bajo)	Medio	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

Mediante la combinación de la suma de los valores del duplo, vulnerabilidad económica-exposición económica, con la peligrosidad de inundación costera, se obtendrá el riesgo de inundación económico del resto de usos del territorio a estudiar:

Tabla: Riesgo de inundación costera económico del resto de usos

RIESGO INUNDACIÓN COSTERA ECONÓMICO	Peligrosidad				
Exposición y vulnerabilidad económica	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Baja
Alta	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Baja
Media	Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Baja	Medio	Media	Baja	Baja	Muy Baja
Muy Baja	Medio	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

5.1.5.2.1.4 Riesgo inundación costera económico total

El riesgo por inundación costera económico total surge de la combinación del riego económico de las edificaciones y el riesgo económico del resto de usos, de tal forma que se evalúen todos los elementos del territorio:

$$R.inund.costera\ eco.total = R.inund.costera\ eco.edif. + R.inund.costera\ eco.uso$$

5.1.5.2.2 *Riesgo social de inundación costera*

En el caso del riesgo de inundación litoral social, no existen curvas de daño que relacionan el grado de peligrosidad expresado con el porcentaje de daño sobre vidas humanas.

Se podría considerar aplicar las utilizadas en la inundación fluvial, en función de la velocidad y altura o calado, si bien estos datos de la velocidad de la inundación costera probable para un periodo de retorno no están disponibles en Canarias.

Por tanto, para estimar la vulnerabilidad de inundación costera desde el punto de vista de la población se utilizará, como ya se ha realizado en el riesgo volcánico, la combinación mediante matrices de cada uno de los componentes del riesgo. La primera combinación se llevará a cabo entre los niveles de peligrosidad y de exposición social

Tabla: Combinación de la exposición social con la peligrosidad de inundación costera

	Peligrosidad inundación costera				
Exposición social	**Muy Alta**	**Alta**	**Media**	**Baja**	**Muy Baja**
Muy Alta (valor social muy alto)	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media	Baja
Alta (valor social alto)	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Baja
Media (valor social medio)	Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Baja (valor social bajo)	Medio	Media	Baja	Baja	Muy Baja
Muy Baja (valor social muy bajo)	Baja	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

Una vez llevada a cabo la combinación entre la peligrosidad y la exposición social, el resultado de la misma es necesario que se combine con otro componente del riesgo la vulnerabilidad social. El riesgo de inundación costera social se obtiene de la siguiente matriz:

Tabla: Riesgo inundación costera social

RIESGO INUNDACIÓN COSTERA SOCIAL	Peligrosidad + Exposición social				
Vulnerabilidad social	**Muy Alta**	**Alta**	**Media**	**Baja**	**Muy Baja**
Muy Alta (Fragilidad población muy alta)	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media	Baja
Alta (Fragilidad alta)	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Baja
Media (Fragilidad media)	Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Baja (Fragilidad baja)	Medio	Media	Baja	Baja	Muy Baja
Muy Baja (Fragilidad muy baja)	Baja	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

Al estimar el riesgo de inundación costera social, las únicas zonas existentes que presentan cierto riesgo, se concentrarán en aquellas áreas urbanas, de infraestructuras y elementos

estructurantes donde se pueda afectar a la población, que se ubiquen en la zona de peligrosidad costera. En el resto del territorio se considera que el riesgo social por inundación costera es muy bajo por la poca incidencia que tendrá sobre la población.

5.1.5.2.3 *Riesgo de inundación costera total*

Como se ha venido haciendo, para expresar el riesgo social de inundación costera desde un punto de vista económico, se considera que el valor €/persona es de 155.000.

El riesgo costero total para un periodo de retorno, surge de la combinación del riego costero social (expresado en valores económicos) y el riesgo costero económico, de tal forma que el resultado aporte el valor económico (costes o pérdidas) que produce una inundación litoral:

$$R.inud.costera\ total = R.inud.costera\ social\ +\ R.inud.costera\ económico$$

El riesgo de inundación costera total se expresará en 5 niveles.

Tabla: Niveles de riesgo inundación costera total

Niveles	Valores
Muy Bajo	Valores que representen un 10% del que sería el valor máximo
Baja	Valores que estén incluidos entre un 25% y un 10% del valor máximo
Moderada	Valores que estén incluidos entre un 50% y un 25% del valor máximo
Alta	Valores que estén incluidos entre un 80% y un 50% del valor máximo
Muy Alta	Valores que representen más de un 80% del que sería el valor máximo

Fuente: Elaboración propia

Si la combinación se lleva a cabo no con valores económicos, sino con valores ponderados, se realizará la siguiente combinación:

Tabla: Riesgo inundación costera total

RIESGO INUNDACIÓN TOTAL	RIESGO INUNDACIÓN ECONÓMICO				
RIESGO INUNDACIÓN SOCIAL	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Baja	Media
Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Media	Media
Media	Alta	Alta	Media	Media	Baja
Baja	Media	Media	Media	Baja	Baja
Muy Baja	Media	Media	Baja	Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

5.1.6 *Riesgo de Incendios forestales*

Para estimar el riesgo de incendios forestales es necesaria la combinación de sus componentes: peligrosidad identificada en el territorio, caracterizada por la intensidad y el tipo de incendio forestal (función de diversos parámetros como el combustible o la estructura d la edificación, del terreno, etc), previsto en esa zona determinado para un periodo de retorno. Esto debe ser combinado con los elementos expuestos en ese lugar (social: nº de personas expuestas; económica: valor de los elementos expuestos) y la vulnerabilidad de los mismos

(grado de fragilidad de los elementos). De este modo se estima el grado de daño que pueden generar los incendios forestales.

En este caso, no existen curvas de daño o matrices de probabilidad de daño, que relacionen el grado de peligrosidad con el daño, ya que pueden producirse diferentes tipos de incendios forestales.

A continuación se analizará por separado el riesgo económico y el riesgo social, para finalmente llevar a cabo una combinación de los mismos que permita estimar el riesgo total.

5.1.6.1 **Riesgo económico por incendios forestales**

Para determinar el riesgo económico por incendios forestales la combinación de cada uno de los componentes que constituyen el riesgo se llevará a cabo matricialmente. La primera combinación se corresponde a los niveles de peligrosidad y de exposición económica.

Tabla: Combinación de la exposición económica con la peligrosidad por incendios forestales

	Peligrosidad por incendio forestal				
Exposición económica	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Muy Alta (valor económico muy alto)	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media	Baja
Alta (valor económico alto)	Muy Alta	Muy Alta	Media	Baja	Baja
Media (valor económico medio)	Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Baja (valor económico bajo)	Medio	Media	Baja	Baja	Muy Baja
Muy Baja (valor económico muy bajo)	Baja	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

Una vez llevada a cabo la combinación entre la peligrosidad y la exposición económica, el resultado de la misma es necesario que se combine con la vulnerabilidad económica. En este caso se utilizará la vulnerabilidad económica total, que es el resultado de la combinación de la vulnerabilidad económica de las edificaciones y de la vulnerabilidad económica del resto de usos del suelo, ya que no existe curvas de fragilidad o matrices de daño por incendios forestales, que se puedan aplicar a las edificaciones de forma específica. El riesgo económico por incendio forestal se obtiene de la siguiente matriz:

Tabla: Riesgo económico por incendio forestal

RIESGO ECONÓMICO INCENDIO FORESTAL	Peligrosidad + Exposición económica				
Vulnerabilidad económica total	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Muy Alta (Fragilidad muy alta)	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media	Baja
Alta (Fragilidad alta)	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Baja
Media (Fragilidad media)	Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Baja (Fragilidad baja)	Medio	Media	Baja	Baja	Muy Baja
Muy Baja (Fragilidad muy baja)	Baja	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

El riesgo económico por incendio forestal incluye todo el área que alberga algún nivel de peligrosidad de incendio, es decir con vegetación, puesto que a la hora de estimar los otros

dos componentes del riesgo, todo el suelo afectado presentará un valor (exposición) y una fragilidad (vulnerabilidad).

5.1.6.2 **Riesgo social por incendio forestal**

La primera combinación se llevará a cabo entre los niveles de peligrosidad y de exposición social.

Tabla: Combinación de la exposición social con la peligrosidad de incendio forestal

	Peligrosidad por incendio forestal				
Exposición social	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Muy Alta (valor social muy alto)	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media	Baja
Alta (valor social alto)	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Baja
Media (valor social medio)	Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Baja (valor social bajo)	Medio	Media	Baja	Baja	Muy Baja
Muy Baja (valor social muy bajo)	Baja	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

Una vez llevada a cabo la combinación entre la peligrosidad y la exposición social, el resultado de la misma es necesario que se combine con la vulnerabilidad social. El riesgo social por incendio forestal se obtiene de la siguiente matriz:

Tabla: Riesgo social por incendio forestal

RIESGO SOCIAL DE INCENDIO FORESTAL	Peligrosidad + Exposición social				
Vulnerabilidad social	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Muy Alta (Fragilidad población muy alta)	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media	Baja
Alta (Fragilidad alta)	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Baja
Media (Fragilidad media)	Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Baja (Fragilidad baja)	Medio	Media	Baja	Baja	Muy Baja
Muy Baja (Fragilidad muy baja)	Baja	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

Al estimar el riesgo social por incendio forestal, las únicas zonas existentes que presentan cierto riesgo, se concentrarán en aquellas áreas urbanas, de infraestructuras y elementos estructurantes donde se pueda afectar a la población, que se ubiquen en la zona de peligrosidad de incendio. En el resto del territorio se considera que el riesgo social de incendio es muy bajo por la poca incidencia que tendrá sobre la población.

5.1.6.3 **Riesgo de incendio forestal total**

Valorando el coste de la pérdida de una vida, es posible estimar un riesgo de incendio forestal total. Se considera que el valor €/persona es de 155.000. El riesgo de incendio forestal total para un periodo de retorno, surge de la combinación del riego social de incendio (expresado en valores económicos) y el riesgo económico por incendio forestal, de tal forma que el resultado aporte el valor económico (costes o pérdidas) que produce un incendio forestal:

$$Riesgo\ de\ incendio\ forestal\ total = R.incendio\ social\ +\ R.incendio\ económico$$

El riesgo de incendio forestal total se expresará en 5 niveles.

Tabla: Niveles de riesgo de incendio forestal total

Niveles	Valores
Muy Bajo	Valores que representen un 10% del que sería el valor máximo
Baja	Valores que estén incluidos entre un 25% y un 10% del valor máximo
Moderada	Valores que estén incluidos entre un 50% y un 25% del valor máximo
Alta	Valores que estén incluidos entre un 80% y un 50% del valor máximo
Muy Alta	Valores que representen más de un 80% del que sería el valor máximo

Fuente: Elaboración propia

Si la combinación se lleva a cabo no con valores económicos, sino con valores ponderados, se realizará la siguiente combinación:

Tabla: Riesgo de incendio forestal total

RIESGO INCENDIO TOTAL	RIESGO INCENDIO ECONÓMICO				
RIESGO INCENDIO SOCIAL	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Baja	Media
Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Media	Media
Media	Alta	Alta	Media	Media	Baja
Baja	Media	Media	Media	Baja	Baja
Muy Baja	Media	Media	Baja	Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

5.1.7 *Riesgo por Dinámica de Vertientes*

Para estimar el riesgo por movimientos de tierra o dinámica de vertientes, es necesario identificar la peligrosidad en el territorio, caracterizada por la intensidad y el tipo de movimiento producido (desprendimiento de rocas, deslizamientos, flujos, aterramientos o colapsos, etc.), en esa zona para un periodo de retorno determinado. Esto unido el análisis de los elementos expuestos en ese lugar (social: nº de personas expuestas; económica: valor de los elementos expuestos) y la vulnerabilidad de los mismos (grado de fragilidad de los elementos). De este modo se estima el grado de daño que pueden generar estos movimientos de ladera.

En este caso, no se habla de peligrosidad sino de susceptibilidad, ya que es muy complejo y es necesario una serie cronológica muy elevada para determinar la peligrosidad por dinámica de vertientes. Además, tampoco existen curvas de daño o matrices de probabilidad de daño, que relacionen el grado de peligrosidad con el daño, ya que pueden producirse diferentes tipos de movimientos, cuyos daños pueden variar.

Se buscará diseñar y evaluar cuales son estos procesos más comunes en Canarias (estimación de la peligrosidad) y a partir de los mismos sería necesario diseñar curvas de daño o matrices de probabilidad de daño adaptadas a las características de las Islas Canarias.

De esta forma, a partir del grado de daño sufrido por un elemento, sería posible valorar tanto el coste económico o las pérdidas que ha implicado ese movimiento de ladera, como el número de personas que pueden verse afectadas por el mismo.

5.1.7.1 **Riesgo económico de dinámica de vertientes**

Para estimar el riesgo económico de dinámica de vertientes se propone se la combinación de sus componentes de forma matricial, al carecer actualmente de las curvas o matrices de daño correspondientes. La primera combinación se realiza de los niveles de susceptibilidad y de exposición económica.

Tabla: Combinación de la exposición económica con la susceptibilidad de dinámica de vertientes

	Susceptibilidad de dinámica de vertientes				
Exposición económica	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Muy Alta (valor económico muy alto)	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media	Baja
Alta (valor económico alto)	Muy Alta	Muy Alta	Media	Baja	Baja
Media (valor económico medio)	Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Baja (valor económico bajo)	Medio	Media	Baja	Baja	Muy Baja
Muy Baja (valor económico muy bajo)	Baja	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

Efectuada la combinación entre la susceptibilidad y la exposición económica, es necesario que el resultado se combine con la vulnerabilidad económica. En este caso se utilizará la vulnerabilidad económica total, que es el resultado de la combinación de la vulnerabilidad económica de las edificaciones y de la vulnerabilidad económica del resto de usos del suelo, ya que no existe curvas de fragilidad o matrices de daño por incendios forestales, que se puedan aplicar a las edificaciones de forma específica. El riesgo económico por incendio forestal se obtiene de la siguiente matriz:

Tabla: Riesgo económico de dinámica de vertientes

RIESGO ECONÓMICO DINÁMICA DE VERTIENTES	Susceptibilidad + Exposición económica				
Vulnerabilidad económica total	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Muy Alta (Fragilidad muy alta)	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media	Baja
Alta (Fragilidad alta)	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Baja
Media (Fragilidad media)	Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Baja (Fragilidad baja)	Medio	Media	Baja	Baja	Muy Baja
Muy Baja (Fragilidad muy baja)	Baja	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

El riesgo económico de dinámica de vertientes incluye todo el área que alberga algún nivel de peligrosidad por alguna de las tipologías de movimientos de ladera, puesto que a la hora de estimar los otros dos componentes del riesgo, todo el suelo afectado presentará un valor determinado (exposición) y una fragilidad (vulnerabilidad).

5.1.7.2 **Riesgo social de dinámica de ladera**

La primera combinación se llevará a cabo entre la susceptibilidad y de exposición social

Tabla: Combinación de la exposición social con la susceptibilidad de dinámica de ladera

	Susceptibilidad de dinámica de ladera				
Exposición social	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Muy Alta (valor social muy alto)	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media	Baja
Alta (valor social alto)	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Baja
Media (valor social medio)	Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Baja (valor social bajo)	Medio	Media	Baja	Baja	Muy Baja
Muy Baja (valor social muy bajo)	Baja	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

Una vez llevada a cabo la combinación entre la susceptibilidad y la exposición social, el resultado de la misma es necesario que se combine con la vulnerabilidad social. El riesgo social debido a dinámica de ladera se obtiene de la siguiente matriz:

Tabla: Riesgo social de movimientos de ladera

RIESGO SOCIAL DE MOVIMIENTOS DE LADERA	Susceptibilidad + Exposición social				
Vulnerabilidad social	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Muy Alta (Fragilidad población muy alta)	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Media	Baja
Alta (Fragilidad alta)	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Baja
Media (Fragilidad media)	Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Baja (Fragilidad baja)	Medio	Media	Baja	Baja	Muy Baja
Muy Baja (Fragilidad muy baja)	Baja	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

Al estimar el riesgo social ocasionado por los tipos de movimientos de ladera, las únicas zonas existentes que presentan cierto riesgo, se concentrarán en aquellas áreas urbanas, de infraestructuras y elementos estructurantes donde se pueda afectar a la población, que se ubiquen en la zona de peligrosidad, es decir próximos a zonas con determinada pendiente. En el resto del territorio se considera que el riesgo social de incendio es muy bajo por la poca incidencia que tendrá sobre la población.

5.1.7.3 **Riesgo de dinámica de ladera total**

A través de la valoración del coste de la pérdida de una vida, siguiendo las pautas del resto de riesgos, es posible estimar un riesgo de dinámica de ladera total. Se considera que el valor €/persona es de 155.000.

El riesgo de dinámica de ladera total, surge de la combinación del riego social de movimientos de ladera (expresado en valores económicos) y el riesgo económico por movimientos de ladera, de tal forma que el resultado aporte el valor económico (costes o pérdidas) que produce un tipo de movimiento:

$$R.de\ mov.de\ ladera\ total = R.mov.de\ ladera\ social\ +\ R.mov.de\ ladera\ económico$$

El riesgo de dinámica de vertientes total se expresará en 5 niveles.

Tabla: Niveles de riesgo de dinámica de vertientes total

Niveles	Valores
Muy Bajo	Valores que representen un 10% del que sería el valor máximo
Baja	Valores que estén incluidos entre un 25% y un 10% del valor máximo
Moderada	Valores que estén incluidos entre un 50% y un 25% del valor máximo
Alta	Valores que estén incluidos entre un 80% y un 50% del valor máximo
Muy Alta	Valores que representen más de un 80% del que sería el valor máximo

Fuente: Elaboración propia

Si la combinación se lleva a cabo no con valores económicos, sino con valores ponderados, se realizará la siguiente combinación:

Tabla: Riesgo de dinámica de vertientes total

RIESGO MOV. DE LADERA TOTAL	RIESGO MOV. DE LADERA ECONÓMICO				
RIESGO MOV. DE LADERA SOCIAL	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Baja	Media
Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Media	Media
Media	Alta	Alta	Media	Media	Baja
Baja	Media	Media	Media	Baja	Baja
Muy Baja	Media	Media	Baja	Baja	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

5.2 Elaboración y representación de los mapas de riesgo

5.2.1 *Introducción*

La realización del mapa de riesgo tiene por finalidad la división del territorio en zonas o unidades homogéneas que representen el mismo grado de riesgo ante un proceso natural determinado.

Uno de los principales aspectos son los tipos de elementos a representar que se utilizarán en el mapa, entre los que se pueden enumerar polígonos, líneas, puntos y/o anotaciones o texto. La simbología puede corresponderse a varios tipos: relleno, rayado, punteado, continuo, discontinuo, proporcional, etc..

Otro aspecto muy relevante es la escala de trabajo que condiciona los métodos de análisis y representación utilizados y los elementos que se pueden incluir y representar.

Hay que tener en cuenta que en la representación de los mapas de riesgo, se utilizará la misma base topográfica que la empleada en los mapas de cada uno de los componentes que lo constituyen (peligrosidad, exposición y vulnerabilidad).

5.2.2 *Representación del riesgo*

El conocimiento de la peligrosidad (probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino, de cierta intensidad, que actúa en un periodo de tiempo determinado en un sitio determinado), de la exposición (cantidad de bienes que se encuentran en un lugar y que pueden ser dañados por el fenómeno perturbador) y de la vulnerabilidad (susceptibilidad de los bienes expuestos a ser dañados o afectados por la incidencia del peligro), permite mediante su combinación, estimar el riesgo que supone un determinado proceso en un lugar concreto, a partir del cual se puede realizar el mapa de riesgos para ese proceso.

En los mapas de riesgo propiamente dichos, los únicos elementos a representar son las pérdidas potenciales, bien sean en vidas humanas (unidades de personas/año) o bienes materiales y servicios (unidades de euros/año), en caso de que se muestre por separado, el riesgo social y el riesgo económico. Para mostrar un único mapa de riesgos que incluya las pérdidas de vidas y las pérdidas económicas, es necesario llevar a cabo la valoración económica de una vida.

Así para representar el riesgo, independientemente del tipo de proceso natural, se establecerán la siguiente graduación:

- Para el **Riesgo Social** se establecerán diferentes clases o niveles en función de la población afectada, teniendo en cuenta la categorización de un evento como desastre o catástrofe

(víctimas mortales), y por la repercusión mediática que tiene el mismo (afectados). Los niveles establecidos son los siguientes:

- Zona de riesgo social bajo (verde): ≤1 persona fallecida, o menos de 10 heridas, por año.
- Zona de riesgo social medio (amarillo): entre 2 y 10 personas fallecidas, o entre 11 y 100 heridas, por año.
- Zona de riesgo social alto (naranja): entre 10-50 personas fallecidas, o más de 101 heridas, por año.
- Zona de riesgo social alto (rojo): > 50 personas fallecidas, o más de 101 heridas, por año.

Este riesgo social se representará como polígonos, a partir de los feature class R_social incluidos en el Modelo de Datos de RIESGOMAP. Se utilizará la simbología tipo semáforo que acompaña al texto.

- Para el caso del **Riesgo Económico**, las clases que se podrían establecer no deberían ser absolutas, esto es, del montante total de pérdidas esperadas; sino relativas, en tanto en cuanto ese montante supone un porcentaje más o menos elevado del total de los bienes de esa comunidad. Esta propuesta enlaza el mapa de riesgo con el concepto de resiliencia, (Conferencia de Kobe). Las clases quedarían como:
  - Zona de riesgo económico muy bajo (verde): daños anuales previsibles menores del 10 % del que sería el valor máximo de los bienes del territorio y servicios asegurados.
  - Zona de riesgo económico bajo (verde amarillento): daños anuales previsibles entre el 10 y 25 % del que sería el valor máximo de los bienes del territorio y servicios asegurados.
  - Zona de riesgo económico medio (amarillo): daños anuales previsibles entre el 25 y 50 % del que sería el valor máximo de los bienes del territorio y servicios asegurados.
  - Zona de riesgo económico alto: daños anuales previsibles entre el 50 y 80 % del que sería el valor máximo de los bienes del territorio y servicios asegurados.
  - Zona de riesgo económico muy alto: daños anuales previsibles entre el 80 y 100 % del que sería el valor máximo de los bienes del territorio y servicios asegurados. (destrucción completa).

  Este riesgo económico se representará como polígonos, a partir de los feature class R_social incluidos en el Modelo de Datos de RIESGOMAP. Se utilizará la simbología tipo semáforo que acompaña al texto.

- Considerando el valor económico que tiene una vida en España, se puede incorporar este valor al riesgo y estimar el **Riesgo Total** como:

RIESGO TOTAL = RIESGO SOCIAL (ECONÓMICO) + RIESGO ECONÓMICO

Los niveles establecidos para estimar el riesgo total son:

- Zona de riesgo económico muy bajo (verde): daños anuales previsibles menores del 10 % del que sería el valor máximo de los bienes del territorio y servicios asegurados, incluyendo el valor económico de las personas afectadas.
- Zona de riesgo económico bajo (verde amarillento): daños anuales previsibles entre el 25 y 50 % del que sería el valor máximo de los bienes del territorio y servicios asegurados, incluyendo el valor económico de las personas afectadas.
- Zona de riesgo económico medio (amarillo): daños anuales previsibles entre el 50 y 75 % del que sería el valor máximo de los bienes del territorio y servicios asegurados, incluyendo el valor económico de las personas afectadas.
- Zona de riesgo económico alto: daños anuales previsibles entre el 75 y 90 % del que sería el valor máximo de los bienes del territorio y servicios asegurados, incluyendo el valor económico de las personas afectadas.
- Zona de riesgo económico muy alto: daños anuales previsibles entre el 90 y 100 % del que sería el valor máximo de los bienes del territorio y servicios asegurados, incluyendo el valor económico de las personas afectadas.

Este riesgo social se representará como polígonos, a partir de los feature class R_social incluidos en el Modelo de Datos de RIESGOMAP. Se utilizará la simbología tipo semáforo que acompaña al texto.

El mapa de riesgos reflejará los posibles daños sobre los elementos expuestos ya existentes y servirá para prever los posibles daños futuros sobre estos elementos o sobre nuevos elementos que se lleven a cabo en el territorio, en función de su tipología, de ahí su relación con la ordenación territorial.

Independientemente de la representación del riesgo, un análisis complementario consiste en evaluar no sólo los mapas de riesgo social y económico, sino la diferencia en ambos, entre la situación preoperacional (antes del proyecto o acción urbanística programada) y la postoperacional (tras la ejecución del proyecto o acción urbanística). De esta manera se podría evaluar socio-económicamente el impacto de dicha actuación sobre la situación de riesgo. Esta propuesta enlaza con los mapas finales de riesgo obtenidos en Francia con el *"método de la inundabilidad"* (Paquier, 2006), en el que se comparan parcela a parcela el nivel de exposición

y vulnerabilidad con o sin actuaciones de protección, para así extraer conclusiones sobre priorización de medidas.

A continuación se analiza de forma concreta, el concepto del riesgo y de su representación, en función del tipo de proceso natural que se produzca.

5.2.3 *Riesgo sísmico*

El mapa de riesgo sísmico reflejará los efectos que provoca un evento sísmico de determinada intensidad sobre los elementos del territorio, a partir de los daños potenciales a la población y a los elementos expuestos en la zona, dependiendo de su valor económico y tipología.

Las escalas aconsejables serán 1:25.000 para estudios de escala más regional y de 1:10.000 o inferior para análisis más detallados o de nivel municipal.

5.2.4 *Riesgo volcánico*

Según las recomendaciones de la Asociación Internacional de Volcanología y Química del Interior de la Tierra (IAVCEI), un mapa de riesgo volcánico debe incluir:

- Base topográfica a una escala que se adapte a la información a representar
- Peligros volcánicos directos. Descripción de cada uno de ellos con las estimaciones de alcance, velocidades de propagación y tiempos de llegada. También se incluirá una estimación de los daños que sobre personas o bienes produzca cada uno.
- Peligros volcánicos indirectos. Se incluirán aquí los peligros inducidos por los daños directos establecidos en el apartado anterior.
- Superficies afectadas por los daños esperados, consideradas de manera individual y conjunta.
- Metadatos: fecha de realización, periodo de aplicación, fuentes de los datos suministrados, etc.

Para representar todos los elementos que recomienda la IAVCEI es necesario disponer de gran cantidad de información cronológica sobre los eventos volcánicos ocurridos en el territorio a analizar.

El mapa de riesgos propuesto se calcula a partir de los niveles de peligros volcánicos más relevantes en las Islas Canarias para un periodo de retorno, teniendo en cuenta el grado de daño que puede sufrir los elementos expuestos (valoración económica) ante esos peligros volcánicos.

Las escalas aconsejables serán 1:25.000 para estudios de escala más regional y de 1:10.000 o inferior para análisis más detallados o de nivel municipal.

5.2.5 *Riesgo inundación fluvial*

Para la elaboración de los mapas de riesgo de inundación, se parte de las zonas potencialmente inundables (peligrosidad) y de los análisis y valoraciones socioeconómicas del riesgo (exposición y vulnerabilidad), abordadas puntualmente a escala de parcela o edificio, para luego interpolar los valores hasta obtener distribuciones continuas de los mismos o mapas de riesgo hidrológico.

Las escalas aconsejables son de 1:25.000 para estudios de escala más regional y de 1:10.000 o inferior para análisis más detallados o de nivel municipal.

A parte de representar estas zonas continuas de riesgo, como información adicional en el mapa de riesgos se propone la incorporación de las zonas criticas por riesgos hidráulicos definidos en el "*Plan de avenidas de Tenerife*" y en los "*Estudio de Riesgos Hidráulicos Insulares (islas de El Hierro, La Palma, La Gomera, Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote)*". Esta información se utilizará para contrastar los resultados y resaltar aquellos enclaves donde existe riesgo hidráulico constatado.

Las zonas críticas por riesgos hidráulicos son puntos, líneas o polígonos que detallan las áreas de riesgos hidráulicos significativos constatados, al evaluar los cruces de los barrancos existentes en las distintas islas de Canarias con las infraestructuras, núcleos o zonas urbanas o urbanizables existentes. Estos enclaves están clasificados según el tipo de bien afectado (viviendas, equipamientos, infraestructuras...), su nivel de gravedad (escaso, moderado, grave y muy grave) y según la función de la causa del daño (concentración de accarreos sólidos, escorrentía ladera, ocupación urbana, viario a o agrícola, sección insuficiente, etc...)

Para su incorporación en el mapa el riesgos, se considerará su nivel de gravedad y su representación será la siguiente, según sean puntos, líneas o polígonos.

Tabla: Simbología zonas críticas hidráulicas

	Líneas	Puntos	Polígonos
Escaso			
Moderado			
Grave			
Muy grave			

Fuente: Elaboración propia

La información se obtiene a partir de los feature class Rpotencial_hidra, incluidos en el Modelo de Datos de RIESGOMAP.

5.2.6 *Riesgo inundación costera*

El mapa de riesgo de inundación costera tiene en cuenta los efectos de la peligrosidad por inundación costera (mareas, tsunamis), los daños potenciales a la población y el valor económico de los elementos expuestos ubicados en la franja costera.

Las escalas aconsejables serán 1:25.000 para estudios de escala más regional y 1:10.000 para análisis más detallados.

Como información adicional a las zonas continuas de riesgo representadas en el mapa de riesgos, se propone incorporar las zonas potenciales de riesgo de inundación costera identificadas por el CEDEX. De esta forma se podrán contrastar los resultados y evaluar la efectividad de las metodologías aplicadas.

Estas zonas potenciales se representan mediante puntos, según las coordenadas del centroide de la zona identificada, a partir de la información del feature class Rpotencial_inun_cost_cedex, incluido en el Modelo de Datos de RIESGOMAP.

Estos puntos se representarán mediante: ★

5.2.7 *Riesgo por incendios forestales*

En el caso del mapa de riesgo por incendio forestal, es imprescindible evaluar la ubicación de la vegetación y a partir de la misma, identificar los daños potenciales a la población y el valor económico y tipología de los elementos expuestos presentes en las inmediaciones de las zonas de vegetación.

Las escalas aconsejables serán 1:25.000 para estudios de escala más regional y 1:10.000 para análisis más detallados.

5.2.8 *Riesgo de movimientos de ladera*

El mapa de riesgo por movimientos de ladera, tendrá en cuenta los efectos del terreno o susceptibilidad según el tipo de movimiento, los daños potenciales a la población y el valor económico y tipología de los elementos expuestos presentes en la zona.

Las escalas aconsejables serán 1:25.000 para estudios de escala más regional y 1:10.000 para análisis más detallados.

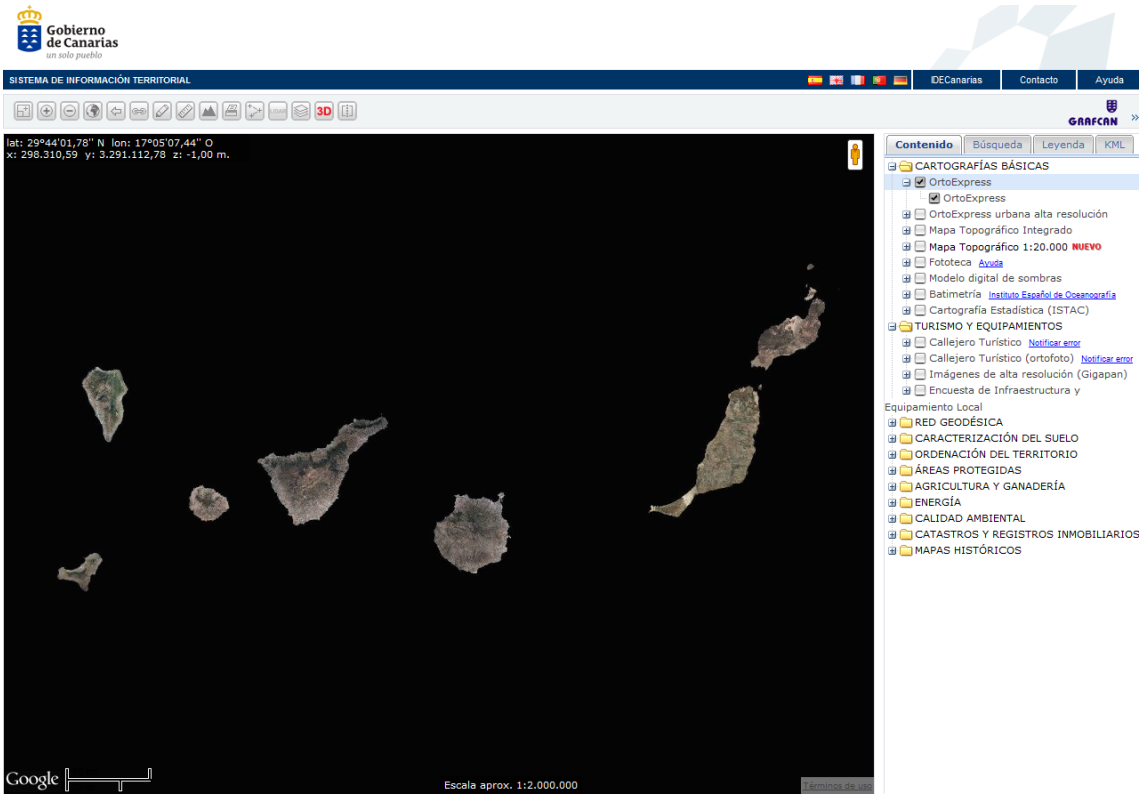
5.3 Diseño de un SIG de Riesgos en Canarias

Para la representación cartográfica, se fijará el diseño básico de un Sistema de Información Geográfica para la gestión de riesgos a escala local y los criterios para el suministro de datos espaciales.

Se propone la representación de todos los componentes de los tipos de riesgos evaluados, así como los valores obtenidos de riesgo para cada isla, incorporado al visorweb desarrollado como un Sistema de Información Geográfica y Territorial gratuito de las Islas Canarias, elaborado por GRAFCAN S.A.

El **Visor de GRAFCAN**, permite acceder a la Infraestructura de Datos Espaciales de Canarias (IDECan), mostrando entre otras las siguientes capas de información: OrtoExpress, Callejero, Mapa Topográfico 1:5.000, Modelo digital de sombras, Mapa Ocupación de Suelo, Mapa de Vegetación, Espacios Naturales de Canarias, Zonas Especiales de Conservación (ZEC), Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) y Fincas Registrales.

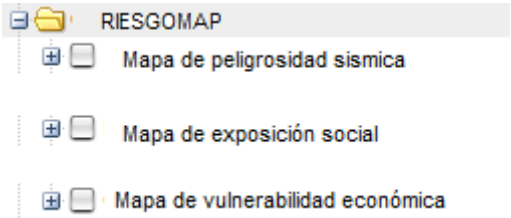
Figura: Visor 3.0 de IDE Canarias, Grafcan



Fuente. Elaboración propia

Se propone la incorporación de los mapas de riesgos en este visor, como una nueva pestaña dentro del contenido expuesto en el mismo.

De tal forma que quedará estructurada según los mapas realizados en el presente proyecto de RIESGOMAP.



RIESGOMAP

- Mapas de peligrosidad
    - Peligrosidad sísmica
    - Peligrosidad volcánica
    - Peligrosidad de inundación fluvial
    - Peligrosidad de inundación costera
    - Peligrosidad de incendio forestal
    - Peligrosidad de Dinámica de vertientes o laderas

- Mapas de Exposición
    - Exposición social
    - Exposición económica
- Mapas de vulnerabilidad
    - Vulnerabilidad social
    - Vulnerabilidad económica
- Mapas de riesgo
    - Riesgo social sísmico
    - Riesgo social volcánico
    - Riesgo social de inundación fluvial
    - Riesgo social de inundación costera
    - Riesgo social de incendio forestal
    - Riesgo social de Dinámica de vertientes o laderas
    - Riesgo económico sísmico
    - Riesgo económico volcánico
    - Riesgo económico de inundación fluvial
    - Riesgo económico de inundación costera
    - Riesgo económico de incendio forestal
    - Riesgo económico de Dinámica de vertientes o laderas
    - Riesgo sísmico
    - Riesgo volcánico
    - Riesgo de inundación fluvial
    - Riesgo de inundación costera
    - Riesgo de incendio forestal
    - Riesgo de Dinámica de vertientes o laderas

Para ello se utilizará como método de representación, la metodología desarrollada para cada uno de los mapas de los componentes del riesgos, es decir, la Peligrosidad, el Catalogo de elementos vulnerables, la Vulnerabilidad social y económica y el riesgo.

Las tareas a llevar a cabo serán las siguientes:

- Identificación de los elementos que se pueden representar en el visor (detallada en los aparatados de elaboración de mapas de peligrosidad, exposición y vulnerabilidad y elaboración y representación del riesgo).
- Metodología y estructuración de la representación de esos elementos que se proponen representar en el visor. (detallada en los aparatados de elaboración de mapas de peligrosidad, exposición y vulnerabilidad y elaboración y representación del riesgo).

- Determinación de los criterios generales de diseño para la elaboración de la cartografía y su representación aplicados al visor. Utilización de los criterios semiológicos aplicados con anterioridad de forma individual para conformar los mapas de peligrosidad, exposición, vulnerabilidad y riesgo.
- Criterios del suministro de los datos espaciales. y metodología de difusión de la información elaborada con el proyecto.
- Supervisión del visor y del resultado final obtenido.

6. FASE V: MEDIDAS A CONSIDERAR EN LA PLANIFICACIÓN

6.1 Identificación de las determinaciones a incorporar en la planificación

Antes de analizar todas las medidas existentes, para reducir cada uno de los riesgos naturales, que pueden ser incorporadas en la planificación, es importante evaluar cómo se lleva a cabo la inclusión de los riesgos en los instrumentos de ordenación, para lo cual, se utilizará la metodología propuesta en la Guía Metodológica para la elaboración de cartografías en España de Riesgo Naturales . (Regueiro, 2008).

A partir del esquema del procedimiento de Evaluación Ambiental Estratégica de Planes y Programas, se irá incluyendo el análisis de los riesgos en cada uno de los siguientes apartados:

- Evaluación Inicial del Avance del Plan de Ordenación: Es un documento donde se llevará a cabo una evaluación preliminar de los riesgos existentes en la zona a analizar.
- Informe de Sostenibilidad Ambiental (ISA) de la Aprobación Inicial del Plan: En este documento se incluirán los mapas de Peligrosidad y los mapas de Riesgo de los fenómenos naturales identificados en ese área.
- Memoria Ambiental de la aprobación definitiva del Plan de Ordenación: Este documento incluirá una evaluación de los riesgos encontrados, especificando como se llevará a cabo la gestión y proponiendo las medidas necesarias para reducir sus efectos.

6.1.1 *Documento de Evaluación inicial del avance del plan: Evaluación preliminar de riesgos*

La evaluación preliminar de los riesgos potenciales se llevará a cabo en función de la información disponible o fácilmente deducible. El contenido mínimo de la evaluación preliminar será el siguiente:

- Desarrollo de mapas a la escala adecuada que muestren la topografía y los usos del suelo actuales de la zona a estudiar.
- Descripción de aquellos riesgos ocurridos que hayan tenido impactos negativos significativos sobre la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica con una probabilidad significativa de volver a producirse. Se señalará la extensión que se prevé que se vea afectada por ese riesgo y las vías de evacuación posibles.
- Evaluación de las consecuencias negativas potenciales de futuros peligros naturales para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica,

teniendo en cuenta, siempre que sea posible, factores como la eficacia de las infraestructuras artificiales existentes de protección, la localización de las zonas pobladas, la localización de las zonas de actividad económica y la evolución a largo plazo.

A partir de los resultados de esta evaluación preliminar de los riesgos, se identificarán aquellas zonas en las que exista un riesgo potencial significativo o probable, considerando cada una de las alternativas de planeamiento.

6.1.2 *Informe de sostenibilidad ambiental: Mapa de Peligrosidad y mapas de Riesgos*

En el ISA (Informe de Sostenibilidad Ambiental), se elaborarán los mapas de peligrosidad y los mapas de riesgo, a la escala que resulte más apropiada para determinar sobre el terreno su afección y evaluar sus grados de importancia.

Los criterios generales para determinar las características de los efectos vienen establecidos en el Anexo II de la Ley 9/2006. Son los siguientes:

- *Probabilidad, duración, frecuencia y reversibilidad de los efectos.*
- *Carácter acumulativo de los efectos.*
- *Carácter transfronterizo de los efectos.*
- *Riesgos para la salud humana o el medio ambiente.*
- *Magnitud y alcance espacial de los efectos.*

Valor y vulnerabilidad del área probablemente afectada, teniendo en cuenta:

1.º Las características naturales especiales o el patrimonio cultural.

2.º La superación de estándares de calidad ambiental o de valores límite.

3.º La explotación intensiva del suelo.

4.º Los efectos en áreas o paisajes con rango de protección reconocido en los ámbitos nacional, comunitario o internacional.

5º La tipología de la edificación y sus condiciones constructivas. Así como la distribución de los equipamientos básicos en el área urbana, como son los sanitarios, docentes, de emergencias y las infraestructuras de abastecimiento.

Los Mapas de Peligrosidad incluirán las zonas geográficas que podrían ser afectadas por cada fenómeno natural y en su caso zonificarán el territorio en función de la frecuencia del suceso. Se diferenciarán los escenarios siguientes:

- *Peligrosidad baja o escenario de eventos extremos.*

- *Peligrosidad media o escenario de eventos probables.*
- *Peligrosidad alta o escenario de eventos recientes.*

Los mapas de Riesgo mostrarán las consecuencias adversas potenciales asociadas al peligro natural en los escenarios y alternativas de planeamiento, expresadas teniendo en cuenta con carácter básico, los parámetros siguientes:

- *Superficie por clases de suelo y número indicativo de habitantes que pueden verse afectados;*
- *Catálogo de urbanizaciones, poblaciones y edificios afectados en zonas de alto riesgo;*
- *Tipo de actividad económica de la zona que puede verse afectada;*
- *Instalaciones a que se refiere el anexo I de la Directiva 96/61/CE del Consejo, de 24 de septiembre de 1996, relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación (1) que puedan ocasionar contaminación accidental en caso de inundación y zonas protegidas que puedan verse afectadas indicadas en el anexo IV, punto 1, incisos i), iii) y v), de la Directiva 2000/60/CE;*
- *Cualquier otra información que se considere útil, como la indicación de zonas en las que puedan producirse estos riesgos.*

6.1.3 *Memoria Ambiental de la aprobación definitiva del plan: Evaluación y gestión de los riesgos*

A partir de los mapas de Peligrosidad y Riesgo, y los planes de Protección Civil, se establecerán medidas de gestión del riesgo, centrando su atención en la reducción de las consecuencias adversas potenciales para la vida y la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica. Estas medidas abarcarán todos los aspectos de la gestión del riesgo, centrándose en la prevención, protección y preparación, incluidos en su caso la previsión y los sistemas de alerta temprana.

6.2 Limitaciones de uso

Antes de analizar las medidas a considerar, es importante identificar las limitaciones de uso, que se pueden establecer según el grado de peligrosidad existente, independientemente del tipo de proceso natural que se produzca.

Estas limitaciones se basan en lo establecido en la Guía Metodológica para la elaboración de cartografías en España de Riesgo Naturales. (Regueiro, 2008).

Se propone la compatibilidad del tipo de peligrosidad existente con los diferentes grupos de usos y/o los tipos de ocupaciones del territorio. Se identifican los siguiente rangos o niveles: totalmente compatible (C), con algún tipo de restricción o limitación (R) e incompatible o prohibida (P).

Tabla: Limitación de usos del suelo según la peligrosidad

Tipos de usos del suelo o actividades de ocupación del territorio		PELIGROSIDAD		
		MUY ALTA	ALTA	MEDIA/BAJA
Áreas naturales y seminaturales		R	R	C
Agricultura y ganadería	Extensivas	R	C	C
	Intensivas	**P**	**R**	**C**
Ocio y recreativo	Parques y jardines	R	R	C
	Campamentos turísticos	P	P	R
Industrial	Extractiva (minería)	P	R	C
	Almacenaje inertes	P	R	C
	Transformación	P	R	R
	Energética	P	P	R
	Sustancias peligrosas	P	P	P
Urbano (residencial)	Edificaciones aisladas	P	R	R
	Baja densidad	P	P	R
	Alta densidad	P	P	R
	Centros neurálgicos	P	P	R
Infraestructuras lineales y puntuales		P	R	C

Fuente: Grado de compatibilidad de los grandes grupos de actividades de ocupación del territorio o usos del suelo, en las distintas zonas de peligrosidad establecidas en los mapas: C, perfectamente compatible sin limitaciones; R, limitaciones de implantación (se requieren estudios de detalle); P, incompatibles prohibidos. Adaptado y sintetizado de Francés (2005), CGRM (2007) y Llorente-Isidro et al. (2007).

6.3 Proposición de medidas para reducir los riesgos

6.3.1 *Introducción*

Evaluada la metodología para incluir los riesgos en la planificación y la propuesta de limitaciones de usos según el grado de peligrosidad, a continuación se especifican cada una de las medidas que se pueden considerar para reducir el efecto que generan estos fenómenos naturales sobre los elementos del territorio.

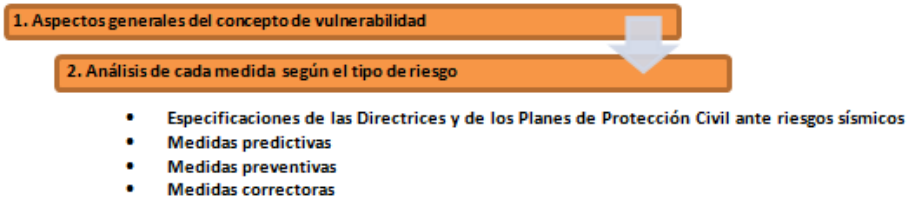
Los pasos a seguir en el presente documento para establecer las medidas son los siguientes:

Primero se evaluarán los Aspectos Generales, es decir, se describirá toda la información relevante que se considera necesaria para poder plantear las medidas, así como los tipos de medidas que se van a analizar y las pautas a tener en cuenta.

En el apartado siguiente (Análisis de cada medida según el tipo de riesgo), primero se identificarán las medidas desarrolladas y establecidas en los Planes existentes desarrollados por Protección Civil para cada tipo de riesgo (Directrices Básicas de Planificación de ante Emergencias, Planes Estatales, Planes Territoriales, Planes Especiales y/o Planes Municipales), con la finalidad de que sean incorporadas aquellas medidas o actuaciones que se propongan en los mismos.

Posteriormente, se analizarán todas las medidas, que se han venido aplicando con carácter general para cada tipo de riesgo, según su clasificación, evaluando su posible aplicación a Canarias.

Figura: Esquema seguido en la evaluación de las medidas a proponer para reducir los riesgos.



Fuente: Elaboración propia

6.3.2 *Aspectos generales*

Para establecer unas medidas adecuadas cuya finalidad sea reducir el riesgo, primero será necesario evaluar cada uno de los componentes que constituyen el riesgo:

- Peligrosidad: Se deben analizar con detalle las factores que influyen en la peligrosidad según el evento natural y la cartografía de peligrosidad resultante.
- Grado de exposición (valor en unidades monetarias del número de elementos urbanos (exposición económica) o de personas afectadas (exposición social)): La exposición es un

parámetro variable en el tiempo y por tanto es uno de los factores sobre los que se puede intervenir, tratando de reducirla lo máximo posible, puesto que si el valor de exposición es nulo, también será nulo el valor del riesgo. Si no hay exposición no hay riesgo. Es más rentable evitar la exposición que remediar el riesgo.

- Vulnerabilidad: La vulnerabilidad de los bienes expuestos a ser dañados o afectados por la incidencia del peligro puede dividirse en social y económica:
  - La vulnerabilidad social presenta un importante carácter relativo, depende no solo de las condiciones socio-económicas de los diferentes sectores de población afectados, sino también de otros factores como los educativos y los culturales (es menos vulnerable la población que sabe cómo actuar en caso de ocurrir un peligro).
  - La vulnerabilidad económica, hace referencia a los elementos físicos del medio (naturales o antrópicos) y suele ser más fácilmente cuantificable, dependiendo del tipo de proceso natural.
- Riesgo: La evaluación del riesgo de los fenómenos naturales catastróficos, es el resultado de la conjunción de las tres componentes analizadas. La identificación y el examen de las zonas que presentan mayores niveles de riesgo, constituye un elemento fundamental para la adecuada aplicación y definición de todas aquellas medidas que permitan reducir los grados de riesgos naturales en el territorio.

Las medidas a desarrollar se basan en dos conceptos, la prevención y la mitigación.

Prevención

Consiste en conocer con anticipación la ocurrencia de un fenómeno, en tiempo y/o lugar, para evitarlo (en caso de que sea posible), controlarlo (o "frenarlo") o protegerse de él cuando no pueda evitarse. La prevención se basa en el conocimiento de las características de los procesos y los factores que los condicionan, en la investigación y el análisis de datos pasados y en la monitorización y detección de anomalías y cambios y fenómenos precursores.

Si bien, algunos de los procesos naturales no se pueden predecir en el tiempo, ni controlar (terremotos, grandes deslizamientos), por lo que sólo se puede actuar protegiéndose de ellos y mitigando sus daños.

Mitigación

Consiste en moderar o disminuir los daños o pérdidas mediante el control del proceso (en los casos en los que sea posible) y/o la protección de los elementos expuestos, reduciendo su vulnerabilidad (esto incluye medidas como la evacuación de la población).

6.3.2.1 Clasificación de los tipos de medidas

De forma general, la prevención o mitigación del riesgo o al menos la minimización de las consecuencias en el caso de que el riesgo se materialice en una catástrofe o desastre, se ha abordado mediante tres grandes grupos de medidas: predictivas, preventivas (estructurales y no estructurales) y correctoras (Ayala-Carcedo, 2002).

Las **medidas predictivas** buscan evitar la exposición y vulnerabilidad al peligro tratando de conocer dónde y cuándo se producirá el riesgo. Para ellos se utilizan los sistemas de alerta temprana o de vigilancia.

Las **medidas preventivas** buscan evitar la exposición y vulnerabilidad al peligro, tratando de reducir la peligrosidad, o minimizar la vulnerabilidad de los elementos expuestos (personas o bienes). En términos generales se dividen en:

Medidas estructurales

Engloban a todas aquellas actuaciones, construcciones y obras cuya función consiste en mitigar o evitar que se produzca un riesgo.

Medidas no estructurales

Son aquellas medidas que están destinadas a mitigar el riesgo pero que no implican ninguna obra civil. Incluyen politicas, concienciación, desarrollo del conocimiento, reglas de operación, así como mecanismos de participación pública e información a la población, de modo que pueda reducirse el riesgo existente.

Tabla: Ventajas e inconvenientes de las medidas preventivas

Medidas estructurales		Medidas no estructurales	
Ventajas	Inconvenientes	Ventajas	Inconvenientes
Reducen los impactos. Protegen las zonas más vulnerables	Coste elevado difícil de justificar en un primer momento. Rigidez ya que la modificación de la actuación es muy costosa. Posibles afecciones a nuevas zonas tras la actuación.	Reducen daños, aunque en menor medida que las estructurales. Los costes de la primera inversión son reducidos (por comparación con las estructurales). Son flexibles, permiten ajustes en la gestión del riesgo con poca o nula inversión.	Exigen una organización eficiente y una coordinación eficaz entre organismos: es necesario disponer una autoridad competente principal. Necesitan una explotación y mantenimiento continuos para su correcto funcionamiento.

Fuente: Guía Metodológica para la elaboración de cartografías en España de Riesgo Naturales. (Regueiro, 2008).

Las **medidas correctoras** buscan únicamente minimizar los efectos del evento natural cuando se está produciendo o una vez que ésta ya ha ocurrido, con medidas de protección civil (emergencia, rescate y evacuación), pagos de pólizas de seguro y la declaración de zonas catastróficas e indemnizaciones especiales.

Las medidas de emergencia, rescate y evacuación, tienen un tiempo de aplicación limitado y delicado, que requiere la colaboración de la mayoría de los servicios públicos, así como la de la ciudadanía. La medida de emergencia básica es el Plan de Emergencia. Esta figura tiene varios ámbitos de aplicación, con instrumentos claramente definidos por la legislación vigente:

- Planes Insulares de Emergencia
- Planes Municipales de Emergencia
- Planes Especiales

Fuente: Curso de Especialista en el Análisis y la Gestión de los Riesgos por Avenidas e Inundaciones (CEAGRAI) 2012. Medidas tipo predictivas, preventivas y correctoras. Christine Andrés Moreno

A su vez las medidas se pueden diferenciar según su funcionamiento, actuando de tres formas diferentes, en función de que se apliquen a cada uno de los componentes que constituyen el riesgo (peligrosidad, exposición y vulnerabilidad):

Funcionamiento preventivo

Acción sobre los mecanismos de generación de los eventos naturales. Influye principalmente sobre la peligrosidad.

Funcionamiento gestor

Gestión del fenómeno para reducir el tiempo de respuesta y ordenar el territorio. Influye principalmente sobre la exposición.

Funcionamiento paliativo

Acción sobre los elementos vulnerables para reducir los daños. Influye principalmente sobre la vulnerabilidad.

6.3.2.2 Pautas a tener en cuenta para llevar a cabo el planteamiento de las medidas

A la hora de plantear las medidas para reducir el riesgo que genera un determinado evento natural en una zona del territorio, es necesario seguir unas pautas que tengan en cuenta los diversos aspectos del problema. El esquema básico sería el siguiente:

1. Análisis del daño o las pérdidas que genera ese evento natural.

2. Planteamiento de las posibles alternativas de medidas aplicables que reduzcan o minimicen ese daño.
3. Valoración de las diferentes medidas planteadas
4. Selección de la medida a desarrollar.
5. Inclusión de la medida en el programa de medidas frente a ese evento natural
6. Desarrollo de la medida a nivel de proyecto de construcción

En la valoración de las medidas, es necesario llevar a cabo un análisis del coste-beneficio, teniendo en cuenta la necesaria cuantificación de los costes y beneficios de la medida en términos monetarios.

Teniendo en cuenta estas premisas y las diferentes clasificaciones de las medidas, a continuación se describen aquellas medidas, según el tipo de riesgo, que podrían tenerse en cuenta, de tal forma que permitan predecir, prevenir, evitar o corregir estos riesgos.

6.3.3 *Medidas según el tipo de riesgo*

6.3.3.1 **Riesgo sísmico**

Con la finalidad de reducir los daños que pueden ocasionar los eventos sísmicos, hay que considerar una serie de medidas, entre las que destacan el diseño adecuado de la edificación y las obras civiles, la formación y sensibilización de la población sobre los sismos y el uso de la planificación.

A la hora de plantear estas medidas, no solo es importante conocer y analizar los daños que puede generar un evento sísmico, sino que también es necesario evaluar e incorporar al análisis las zonas de riesgo ocasionadas por aquellos procesos naturales que puedan verse inducidos por un evento sísmico. En este caso, los procesos naturales que pueden ser inducidos por un sismo son principalmente:

- Movimientos de ladera
- Tsunamis o inundaciones costeras

Por ejemplo, en las zonas donde se haya reconocido riesgo por movimientos de ladera o se hayan determinado condiciones que las hacen susceptibles a este fenómeno, debe evitarse la construcción o se deben de tomar medidas de mejora del terreno, con la finalidad de mantenerlo estable en caso de que se produzcan eventos sísmicos.

6.3.3.1.1 *Especificaciones de las Directrices y de los Planes de Protección Civil ante riesgos sísmicos*

La Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante riesgo sísmico establece como criterios, la aplicación de la Norma sismoresistente de 2002 (NCSE 02) en la construcción de las

edificaciones. Además, en las zonas donde puedan existir sismos igual o superiores a VII con periodo de retorno de 500 años, habrá que elaborar un catálogo de los elementos en riesgo ubicados en estas zonas, que incluirá el detalle de las construcciones de especial importancia.

Respecto al Plan Estatal y el Plan Especial de Protección Civil y atención de emergencias por riesgo sísmico de la Comunidad Autónoma de Canarias (PESICAN), la catalogación del riesgo sísmico está definida para zonas donde los terremotos presenten intensidades iguales o superiores a VII.

En Canarias, en base al último mapa de peligrosidad sísmica aprobado por el Instituto Nacional de Geografía IGN presentado en la modificación de la Directriz Básica del 2004, se describe a todo el archipiélago con una peligrosidad de una intensidad máxima de VI para un período de retorno de 500 años. Por tanto, actualmente no sería necesario desarrollar el Catálogo de elementos vulnerables por ser la intensidad inferior a VII, sin embargo, esto no excluye la necesidad de continuar los estudios de peligrosidad y riesgo sísmico que ayuden a tener una mejor definición del riesgo sísmico.

En estos planes las únicas medidas que se establecen son medidas de prevención (no estructurales) y de autoprotección de las personas que se describen a continuación:

Si se vive en una zona de riesgo de sufrir un terremoto, conviene adoptar una serie de medidas preventivas (se tomarán especiales consideraciones en construcciones sin diseño sismoresistente), tales como:

En relación a la estructura del edificio

- *Revisar, controlar y reforzar el estado de aquellas partes de las edificaciones que primero se pueden desprender, como chimeneas, aleros o balcones.*
- *Revisar, asimismo, aquellas instalaciones que pueden romperse: tendido eléctrico, conducciones de agua, gas y saneamientos.*
- *Toda edificación debe tener bien las señalizaciones de evacuación.*
- *Si hay dudas sobre las características de seguridad de una edificación consúltelo con un técnico responsable competente en esta materia. En especial si tiene cargo de responsabilidad con respecto a la seguridad del inmueble.*

En relación al interior de la vivienda

- *Identifique las zonas más seguras en cada cuarto: muros de carga, pilares, marcos de puertas (que no tengan cristal sobre ellos), etc. Las habitaciones grandes, con grandes ventanales y pocos elementos de apoyo suelen ser más las propensas a colapsar*

durante terremotos. Trate de evacuarlas rápidamente en caso de terremoto. Sepa qué hacer en función de la habitación de su casa en que se encuentre.

- *Hable con su familia y establezcan un lugar de reunión y quién debe ir a buscar a los más pequeños de la familia.*
- *Todos los miembros de la familia (excepto los más pequeños) conozcan dónde se encuentran las llaves de paso del agua y el gas, así como el panel de fusibles de su casa. Asegúrese de que todos saben cómo cerrar dichas llaves o cortar la corriente eléctrica en caso de necesidad. Puede ser conveniente que etiquete estas llaves, indicando claramente la posición "abierto" y "cerrado".*
- *Extremar las precauciones en cuanto a la colocación y sujeción de algunos objetos que pueden caerse como muebles, armarios o estanterías, en especial los pesados lo más bajo posible y los que pueden romperse como lámparas, espejos, botellas, etc.*
- *Tener un especial cuidado con la ubicación de los materiales peligrosos como productos tóxicos o inflamables, a fin de evitar que se produzcan fugas o derrames.*
- *Situar los muebles u objetos en sitios que no interrumpan la circulación, en especial en puertas de salida.*
- *Evitar habitaciones con árboles o postes de luz o teléfono que puedan caer por efecto de un terremoto.*
- *Evitar zonas excesivamente acristaladas.*

En el trabajo: proceda de forma similar a su casa, identificando aquellos objetos que pueden salir despedidos durante la sacudida. Siga las instrucciones del Plan de Emergencia.

En la escuela: pregunte a los profesores sobre los planes de emergencia de la escuela. ¿Si es docente conozca su responsabilidad y su papel en caso de emergencia? Asegúrese de que se enseña a los estudiantes (sus hijos) qué hacer cuando ocurra un sismo.

Además, en el PESICAN se establecen las siguientes infraestructuras que presentan importancia ante riesgos sísmicos.

Infraestructura de respuesta ante emergencias:

- *Edificios e instalaciones básicas de comunicaciones, radio, televisión, centrales telefónicas y telegráficas.*
- *Edificios para centros de organización y coordinación de funciones para casos de desastre.*
- *Edificios para personal y equipos de ayuda, como cuarteles de bomberos, policía, fuerzas armadas y parques de maquinaria y de ambulancias.*

Soporte sanitario:

- *Hospitales, centros o instalaciones sanitarias de cierta importancia.*

Servicios esenciales:

- *Las construcciones para instalaciones básicas de las poblaciones, suministro y tratamiento de aguas, generación de energía eléctrica, vías de comunicación carreteras, puentes, túneles etc.*
- *Edificios e instalaciones básicas de comunicaciones, radio, televisión, centrales telefónicas y telegráficas.*
- *Edificios e instalaciones vitales de los medios de transporte en las estaciones de ferrocarril, aeropuertos y puertos.*
- *Centros de acopio y refrigeración de alimentos.*

Edificaciones con riesgos específicos

- *Edificios e instalaciones industriales.*
- *Las construcciones destinadas a espectáculos públicos y las grandes superficies.*
- *Las construcciones catalogadas como monumentos históricos o artísticos, o bien de interés cultural.*

Como un ejemplo de las medidas a aplicar a nivel municipal, en el Plan de Emergencia Municipal de Protección Civil del ayuntamiento de San Cristobal de La Laguna, se establecen como medidas preventivas para el riesgo sísmico, lo siguiente:

- *Elaborar un catálogo de edificios con estructuras de mamposteria en seco, de adobe o de tapial en las edificaciones de importancia normal o especial*
- *Elaborar los mapas de riesgos donde se deberá reflejar información referente a zonas más vulnerables del término municipal con estimación aproximada de: número de afectados, daños a las edificaciones, en la infraestructura viaria, redes de abastecimiento, instalaciones y servicios para la atención de la emergencia, industrial, etc.*
- *Elaboración de estudios geotécnicos*
- *Aunque en Canarias no de obligada aplicación según el mapa de peligrosidad sísmica de la norma, se aplicará la normativa sismoresistente (NCSR-02), este en aquellos edificios designados como de importancia especial.*
    - *Edificar con materiales dúctiles que se deformen para absorber las vibraciones, así como construir los edificios con forma piramidal y simétrica por su mayor estabilidad*
    - *Restringir el uso del suelo en áreas con formaciones proclives al deslizamiento o a los asentamientos*

- *Seguimiento de la actividad sísmica del Instituto Geográfico Nacional*
- *Fomentar la cobertura aseguradora en la población de sus casas y sus bienes. Cobertura de riesgos extraordinarios a través del Consorcio de Compensación de Seguros.*
- *Elaboración e Implantación de Planes de Emergencia por la autoridad responsable de Protección Civil, con desarrollo de simulacros.*
- *Emisión, por parte de Protección Civil, de campañas de avisos e información a la población.*

6.3.3.1.2 *Medidas predictivas*

Como medidas predictivas de eventos sísmicos se encuentran los sistemas de alerta temprana y de vigilancia.

Actualmente, las Islas Canarias dispone de varios sistemas de vigilancia ante movimientos sísmicos. El primer sistema es la Red Sísmica Nacional (R.S.N.) de la que forma parte la Red Sísmica Canaria, desarrollada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN). En la actualidad, existen un total de 14 estaciones repartidas por todas las islas del Archipiélago. (En: Pérez, 2008)

El segundo sistema esta desarrollado por la Estación Volcanológica de Canarias (CSIC) e INVOLCAN (Instituto Volcanológico de Canarias) que dispone también de una red sísmica compuesta por 9 estaciones.

Aunque con precisión no se puede predecir cuándo se va a producir un sismo, sí es posible establecer una alerta cuando exista un registro de pequeños movimientos que pueden vaticinar movimientos de mayor intensidad.

6.3.3.1.3 *Medidas preventivas*

6.3.3.1.3.1 Medidas estructurales

Las medidas estructurales que se deben aplicar ante eventos sísmicos, se corresponden a medidas constructivas de funcionamiento gestor y paliativo, que implican la aplicación de la Norma Sismoresistente NCSE-02 en todas aquellas edificaciones de nueva construcción. Siendo necesario tener en cuenta estas normas en el diseño, los materiales a utilizar y en la calidad o métodos de construcción de una edificación. La finalidad es reducir el daño por el movimiento del suelo y reducir el colapso de los edificios, teniendo en cuenta, en caso de disponer de datos, las aceleraciones pico del suelo y el efecto local amplificador del tipo de terreno a la hora de llevar a cabo los diseños constructivos.

Se ha demostrado que en aquellos países donde es de aplicación la norma sismoresistente, los daños ocasionados por un sismo son siempre menores, que los causados en países no desarrollados en los que no se emplea una construcción sismoresistente.

6.3.3.1.3.2 Medidas no estructurales

Respecto a las medidas no estructurales, en su mayor parte se corresponden a medias de funcionamiento gestor o paliativo.

La principal medida a aplicar se corresponde a la limitación de los usos del suelo, con la restricción de la construcción, en aquellas zonas donde se identifique un riesgo sísmico alto o muy alto, que presenten además condiciones de suelo muy desfavorables para los sismos (litologías que amplifiquen las ondas sísmicas, zonas donde se pueden producir procesos de licuefacción de suelos etc). Además, hay que evitar o restringir, en la medida de lo posible, la construcción en aquellas áreas que aunque no presenten valores tan elevados de riesgo sísmico, sean zonas donde exista susceptibilidad donde como consecuencia del sismo, se produzcan otros procesos naturales como pueden ser movimientos de ladera o tsunamis. Es decir, hay que identificar las zonas de riesgo alto o muy alto de estos procesos naturales (movimientos de ladera o tsunamis) y analizar si es necesario que en estas áreas se apliquen las medidas detalladas para los eventos sísmicos.

A nivel urbanístico, los edificios deben tener una forma regular y cumplir con la norma sismoresistente. En aquellos edificios e infraestructuras, que por su antigüedad, no cumplan las normas especificas, se debe revisar periódicamente el estado de los mismos, con la finalidad de evaluar su estabilidad y la resistencia a las ondas sísmicas, al ser posible que se vayan deteriorando con el paso del tiempo.

El diseño de las calles nuevas, no debe corresponderse a un trazado sinuoso o estrecho. En las zonas de costa es imprescindible sobredimensionar los viales, para favorecer una rápida evacuación, ante posibles tsunamis. Asimismo, se favorecerá la permeabilidad peatonal junto a la costa y se establecerá un plan de evacuación, identificando los albergues de emergencia para la población en caso de catástrofe.

Otra medida a considerar, consiste en preparar y alertar a la población en caso de catástrofe. En este sentido, presenta gran importancia la educación y concienciación de la población tanto en la escuela, como mediante publicaciones, folletos y programas en los medios de comunicación. En los folletos hay que difundir las medidas de protección personal y medidas de protección de los bienes en las casas. Existen buenos ejemplos de este tipo de publicaciones como la editada por el *US Geological Survey* para el área de San Francisco con el sugerente título "*The next big earthquake, are you prepared?*" y la "Guía ciudadana de los

riesgos geológicos", editada por el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de España, una adaptación a nuestro país de *"The Citizen´s Guide to Geological Hazards"* del Instituto Americano de Geólogos profesionales. Como parte del "Programa de educación para la prevención de riesgos naturales en centros escolares", de la Escuela Nacional de Protección Civil, se editó en 1999 el documento: "Riesgo sísmico, programa para centros escolares: Guía Didáctica para profesores", por parte de la Dirección General de Protección Civil.

6.3.3.1.4 *Medidas correctoras*

Los planes desarrollados por Protección Civil: Plan Estatal y el Plan Especial de Protección Civil y atención de emergencias por riesgo sísmico de la Comunidad Autónoma de Canarias (PESICAN), incluyen los protocolos de actuación ante la emergencia, tanto en el rescate como en la evacuación.

Además, otras medidas correctoras a considerar son: los pagos de las pólizas de seguro en caso de siniestros o daños y/o la declaración de zona catastrófica e indemnizaciones especiales por parte del gobierno.

6.3.3.2 **Riesgo volcánico**

En los últimos años, la vulcanología ha avanzado considerablemente y mediante los sistemas de vigilancia, se está en disposición de predecir sí puede producirse una erupción. Sin embargo, aun es insuficiente la información que se dispone para definir con exactitud el tipo de erupción ya que no se entiende muy bien qué es lo que dispara en un momento dado una erupción.

Respecto a los riesgos naturales inducidos por eventos volcánicos, se pueden citar principalmente:

- Sismos
- Movimientos de ladera
- Tsunamis o inundaciones costeras
- Incendios forestales

6.3.3.2.1 *Especificaciones de las Directrices y de los Planes de Protección Civil*

La Directriz Básica de Protección Civil frente al Riesgo Volcánico, concreta que en los Plan Estatales y Especiales se establecerán las competencias y la organización de las entidades, especificando sus funciones, estructura, composición y medios, para el desempeño de las actuaciones de intervención siguientes:

- Reconocimiento y evaluación de la situación y de los daños.
- Actuación sobre el flujo de lava.

- Evacuación, albergue y asistencia social.
- Retirada de piroclastos de las cubiertas de las edificaciones, de las vías y de los centros de comunicación terrestres, marítimos y aéreos.

Respecto al Plan Estatal y el Plan Especial de Protección Civil y atención de emergencias por riesgo volcánico de la comunidad autónoma de Canarias (PEVOLCA), es en este último donde se especifican las medidas de autoprotección de las personas frente a los eventos volcánicos. Además, se establece que el Comité Científico de Evaluación y Seguimiento de los Fenómenos Volcánicos establecido en Canarias, será el encargado de formular las recomendaciones a las autoridades competentes sobre las medidas a desarrollar para disminuir los riesgos que puedan generar una erupción volcánica.

El Plan de Emergencia Municipal de Protección Civil del ayuntamiento de San Cristobal de La Laguna establece como medidas de planificación a nivel municipal para el riesgo volcánico, lo siguiente:

La vigilancia y prevención de los riesgos volcánicos se debe de apoyar en tres puntos principales:

- *Mapa de riesgo volcánico, mediante la reconstrucción detallada de la actividad pasada del volcán.*
- *Vigilancia instrumental a través de sismógrafos alrededor del cráter.*
- *Planificación de las medidas a adoptar en cado de una crisis.*

Como medidas de aplicación se detalla que las autoridades deben tener en cuenta los avisos de los geológicos y tomar las medidas para desalojar las áreas de peligro. El aviso más común de una erupción se corresponde a una serie de terremotos armónicos que pueden generar protuberancias en las cumbres volcánicas.

6.3.3.2.2 *Medidas predictivas*

El sistema de vigilancia o alerta temprana de riesgo volcánico, se basa en la observación y la vigilancia, a través de la instalación de diferentes redes de sensores que anuncien cualquier anomalía que se produzca en el entorno del volcán vigilado. Si bien, ninguna de las técnicas empleadas en la vigilancia es infalible, por lo que es necesaria la conjunción de varias de ellas para rebajar el grado de incertidumbre.

El periodo que transcurre entre los primeros indicios de erupción hasta que ocurre es variable, depende del grado de apertura que tenga el conducto de emisión y de la profundidad de la cámara del magma. Es más fácil predecir una erupción en un volcán efusivo (poco explosivo) activo con alta frecuencia de erupción, que en un volcán explosivo que se encuentra inactivo desde hace tiempo.

Los signos más evidentes de que un volcán puede entrar en erupción son:

- El aumento del número y la magnitud de los sismos en la zona.
- Deformación del suelo y de las laderas.
- Escape de gases.
- Los cambios en los campos gravitatorios y magnéticos.

En Canarias, los sistemas de vigilancia volcánica existentes son: la Red de vigilancia volcánica del IGN y la Red de vigilancia volcánica del ITER (Instituto Tecnológico y de Energías Renovables de Canarias) INVOLCAN (Instituto Volcanológico de Canarias).

Como sistema de alerta a la población, teniendo en cuenta que el riesgo volcánico comprende una serie de acciones a desarrollar en forma secuencial, se establece a nivel mundial un sistema de alerta basado en la selección de tres colores, (verde, amarillo y rojo). Siendo el color verde la fase de normalidad, el color amarillo la fase de pre-emergencia y el color rojo la fase de emergencia. Estas fases quedan analizadas en el apartado *3.2.1.4 de Peligrosidad de riesgo volcánico.*

6.3.3.2.3 *Medidas preventivas*

6.3.3.2.3.1 Medidas no estructurales

En las zonas de volcanes activos o potencialmente activos, la prevención del riesgo eruptivo mediante medidas no estructurales se basa en:

Funcionamiento gestor y paliativo:

Desarrollo de planes:

- Plan de Mitigación del Riesgo Volcánico que evalúe la peligrosidad, el riesgo y la prevención de la erupción.
- Plan de Evacuación actualizado para ser aplicado por las autoridades civiles (Protección Civil) y militares.

Planificación y ordenación urbanística: Se debe impedir cualquier tipo de construcción, en zonas próximas a los centros de emisión y en los cauces o vaguadas que se corresponde a zonas de evacuación de lava. Además, se debe limitar la construcción de elementos estructurantes (hospitales, bomberos, aeropuertos) en zonas donde la probabilidad de lluvia de cenizas sea muy elevada.

Las urbanizaciones ubicadas en zonas de riesgo (moderado, alto o muy alto) deben contar con dos viales públicos de acceso y las carreteras se realizarán elevadas en terreno llano al menos 1 metro respecto al nivel del suelo y contarán con grandes rotondas a lo largo de las zonas de riesgo, que permitirán el aterrizaje en su centro de helicópteros.

Elaboración de mapas de peligrosidad y riesgo: El único mapa existente hasta el momento que incluye la peligrosidad volcánica como tal, es el de la Isla de Tenerife realizado por el Área de Riesgos Naturales del Instituto Geológico y Minero de España, en el que se establecen, según la información representada, las siguientes medidas ante la caída de piroclastos:

- Identificación de una zona, donde como medida se límite la realización de operaciones de tráfico aéreo (en tierra). Espesores superiores a 2 mm generalmente crean graves problemas en la realización de maniobras en tierra de los aparatos, así como daños en elementos como turbinas y motores.
- Identificación de una zona con límite de maniobra de tráfico terrestre, marcada en un espesor de 1 cm. En este caso, se establece como medida que aunque los vehículos pueden operar habitualmente con espesores algo superiores de ceniza, es aconsejable que en estas zonas sólo realicen desplazamientos aquellos que estén especialmente diseñados, ya que las características corrosivas de la ceniza volcánica afecta tanto a partes móviles como a los motores, por lo que deben estar especialmente protegidos.

Además, se mostrará especial atención a las zonas designadas como de riesgo alto y/o muy alto, en aquellos procesos naturales que pueden ser inducidos por eventos volcánicos, donde serán de aplicación las medidas detalladas anteriormente.

Formación y educación: De forma similar al riesgo sísmico, como otras medidas no estructurales a considerar, se contemplan preparar y alertar a la población en caso de evento volcánico. En este sentido como parte del "Programa de educación para la prevención de riesgos naturales en centros escolares", de la Escuela Nacional de Protección Civil, aparece el documento, "Riesgo Volcánico, programa para centros escolares: Guía Didáctica para profesores" por parte de la Dirección General de Protección Civil.

6.3.3.2.3.2 Medidas estructurales

Respecto a las actuaciones que se pueden a llevar a cabo ante un evento volcánico, se pueden diferenciar dos tipos, en función del proceso volcánico que se produzca, todas ellas correspondientes a medidas de funcionamientos gestor o paliativo:

- Coladas de lava: La medida clásica es la construcción de diques para desviar el flujo de lava incandescente en las poblaciones.
- Lluvia de piroclastos: La carga sobre el tejado de las cenizas será tenida en cuenta para mayorar los cálculos de resistencia de las cubiertas de las edificaciones. Además, también es necesario que las cubiertas presenten cierta inclinación para que las cenizas no provoquen el colapso del edificio, lo que no se cumplen en la mayor parte de las edificaciones tradicionales de Canarias.

El problema más relevante para prevenir y mitigar los efectos del riesgo volcánico es la gran cantidad de peligros que implica.

DEFENSA CONTRA LOS FLUJOS LÁVICOS

Las medidas estructurales activas para recudir los efectos que puedan ocasionar las erupciones volcánicas van encaminadas principalmente a frenar los flujos lávicos, debido a que son las causas menos complicadas de combatir. Sin embargo, se ha comprobado que los muros o diques no resultan del todo eficaces cuando se trata de lavas viscosas o de lavas de bloques. En la construcción de los diques resulta más eficaz la altura que el tipo de material o forma de la estructura constructiva.

Otras medidas adoptadas con éxito han sido la utilización de chorros de agua para enfriarla. En la erupción del Etna (Sicilia) de 1991-93, se construyeron primero barreras de tierra y después se desvió la colada a un canal artificial excavado cerca de la boca eruptiva, (Barberi et al., 1993).

DEFENSA CONTRA LA CAIDA DE PIROCLASTOS

Para evitar el hundimiento de los tejados originado por el peso de los piroclastos, es importante elegir un material de construcción resistente y configurar un diseño constructivo que no favorezca su acumulación. También el colapso de las construcciones se puede producir por el impacto y la acumulación de tefra en las paredes del edificio.

Respecto a la población, para protegerse de los daños que ocasionan las cenizas volcánicas, se recomienda el uso de paraguas o impermeables especiales. Es recomendable que las personas con problemas respiratorios utilicen máscaras de gas o trapos para taparse la boca. Si permanecen en el interior de las casas, se recomienda que pongan plásticos en puertas y ventanas para aislar la vivienda de la nube de cenizas.

DEFENSA CONTRA LOS TERREMOTOS

Los sismos son precursores de una erupción volcánica. En las áreas volcánicamente activas como Canarias, los edificios deberán construirse con las especificaciones de la norma sismoresistente.

DEFENSA CONTRA LAS ONDAS DE CHOQUE

La medida más segura para defenderse contra las ondas de choque provocadas por las violentas explosiones volcánicas es la de reforzar los cristales de puertas y ventanas. Hoy en día existen excelentes materiales de vidrio muy resistentes a las ondas de choque.

Respecto a la medidas de funcionamiento preventivo:

DEFENSA CONTRA LOS LAHARES

Debido a que los lahares siguen casi siempre los cauces de la red hidrográfica en dirección hacia las zonas topográficas más bajas, resulta más fácil definir con antelación cual será el área afectada. Las medidas defensivas incluyen sistemas de alarma en las zonas de cabecera, estructuras constructivas para desviar o frenar el avance y revegetación de laderas para disminuir el volumen de agua que podría participar en el lahar. Ya en el volcán Kelut, se construyeron presas defensivas para frenar los lahares en 1905. (Smart, 1981).

6.3.3.2.4 *Medidas correctoras*

Los planes desarrollados por Protección Civil: Plan Estatal y Plan Especial de Protección Civil y atención de emergencias por riesgo volcánico de la comunidad autónoma de Canarias (PEVOLCA), incluyen los protocolos de actuación ante la emergencia, tanto en el rescate como en la evacuación. Además, como otras medidas correctores se pueden citar los pagos de pólizas de seguro y la declaración de zonas catastróficas e indemnizaciones especiales por parte del gobierno.

6.3.3.3 **Riesgo de inundación fluvial**

Las medidas a desarrollar con la finalidad de reducir el riesgo de inundación, pueden actuar como una herramienta de mucha utilidad si se actúa sobre los factores que influyen en la generación y propagación de la inundación y su capacidad de transporte de carga sedimentaria.

A priorí, las inundaciones fluviales no inducen ningún otro tipo de riesgo natural.

A continuación se describen las medidas que con carácter general se especifican para los riesgos de inundación.

6.3.3.3.1 *Especificaciones de las Directrices y de los Planes de Protección Civil u otros*

La Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones, establece que habrán de contemplarse, de acuerdo con las especificidades funcionales correspondientes a cada nivel de planificación, las siguientes actuaciones necesarias para la protección de personas y bienes en caso de emergencia:

a) Avisos e información a la población.

b) Control de accesos y mantenimiento del orden en las áreas afectadas.

c) Salvamento y rescate de personas.

d) Alejamiento de la población de las zonas de peligro y refugios en lugares de seguridad. Evacuación y albergue.

e) Abastecimiento y control sanitario de alimentos y agua.

f) Asistencia sanitaria.

g) Asistencia social.

h) Levantamiento de diques provisionales y otros obstáculos que eviten o dificulten el paso de las aguas.

j) Reparación de urgencia de los daños ocasionados en diques o en otras obras de protección y, en su caso, en elementos naturales o medio ambientales.

k) Eliminación de obstáculos y obstrucciones en puntos críticos de los cauces o apertura de vías alternativas de desagües.

l) Limpieza y saneamiento de las áreas afectadas.

m) Restablecimiento de los servicios básicos de la comunidad.

Además, en la Directriz Básica se plantean las siguientes fases de emergencia:

A) Fase de pre-emergencia.

B) Fase de emergencia:

- *Situación 0: Los datos meteorológicos e hidrológicos permiten prever la inminencia de inundaciones en el ámbito del Plan, con peligro para personas y bienes.*
- *Situación 1: Se han producido inundaciones en zonas localizadas, cuya atención puede quedar asegurada mediante el empleo de los medios y recursos disponibles en las zonas afectadas.*
- *Situación 2: Se han producido inundaciones que superan la capacidad de atención de los medios y recursos locales o aun sin producirse esta última circunstancia, los datos pluviométricos e hidrológicos y las predicciones meteorológicas, permiten prever una extensión o agravación significativa de aquéllas.*
- *Situación 3: Emergencias que, habiéndose considerado que está en juego el interés nacional, así sean declaradas por el Ministro de Justicia e Interior.*

C) Fase de normalización

El RD 903/2010 de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación establece la realización de los Planes de Gestión del Riesgo, donde a partir de la Evaluación Preliminar del

Riesgo (EPRI) y los Mapas de Peligrosidad y Riesgo, se establecerá un programa de medidas para disminuir el riesgo de inundación en cada ámbito territorial.

Primero definen los tipos de medidas a considerar:

- *Medidas estructurales: Son las consistentes en la realización de obras de infraestructura que actúan sobre los mecanismos de generación, acción y propagación de las avenidas alterando sus características hidrológicas o hidráulicas, así como del oleaje, de las mareas o de la erosión en las zonas costeras.*
- *Medidas no estructurales: Son aquellas que sin actuar sobre la avenida en sí o sobre la acción del mar, modifican la susceptibilidad de la zona inundable frente a los daños por inundación.*
- *Medidas de protección: Aquellas actuaciones, incluyendo las medidas estructurales y no estructurales necesarias para mejorar la protección de las personas y bienes.*

El RD especifica, que los tipos de medidas que al menos habrá que considerarse son las siguientes:

1. *Medidas de restauración fluvial, conducentes a la recuperación del comportamiento natural de la zona inundable, así como de sus valores ambientales asociados y las medidas para la restauración hidrológico-agroforestal de las cuencas con objeto de reducir la carga sólida arrastrada por la corriente, así como de favorecer la infiltración de la precipitación.*
2. *Medidas de mejora del drenaje de infraestructuras lineales, que incluirán la descripción de los posibles tramos con un insuficiente drenaje transversal, así como de otras infraestructuras que supongan un grave obstáculo al flujo, y las medidas previstas para su adaptación.*
3. *Medidas de predicción de avenidas, que incluirán al menos:*
   - *Las medidas adoptadas para el desarrollo o mejora de herramientas para predicción o de ayuda a las decisiones relativas a avenidas, temporales marítimos o erosión costera.*
   - *Las normas de gestión de los embalses durante las avenidas.*
4. *Medidas de protección civil, que incluirán al menos:*
   - *Las medidas de coordinación con los planes de protección civil, y los protocolos de comunicación de la información y predicciones hidrológicas de los organismos de cuenca a las autoridades de protección civil.*
   - *Las medidas planteadas para la elaboración de los planes de protección civil en caso de que éstos no estén redactados.*
5. *Medidas de ordenación territorial y urbanismo, que incluirán al menos:*
   - *Las limitaciones a los usos del suelo planteadas para la zona inundable en sus diferentes escenarios de peligrosidad, los criterios empleados para considerar el territorio como no*

urbanizable, y los criterios constructivos exigidos a las edificaciones situadas en zona inundable.

- *Las medidas previstas para adaptar el planeamiento urbanístico vigente a los criterios planteados en el plan de gestión del riesgo de inundación, incluida la posibilidad de retirar construcciones o instalaciones existentes que supongan un grave riesgo, para lo cual su expropiación tendrá la consideración de utilidad pública.*

6. Medidas consideradas para promocionar los seguros frente a inundación sobre personas y bienes y, en especial, los seguros agrarios.

7. Medidas estructurales planteadas y los estudios coste-beneficio que las justifican, así como las posibles medidas de inundación controlada de terrenos.

Por su parte el Plan Estatal de Protección Civil ante el Riesgo de Inundación establece la organización y los procedimientos de actuación para asegurar una respuesta eficaz ante los diferentes tipos de inundación que pueden ocurrir en España, sin especificar ninguna medida a considerar en la planificación de forma concreta.

El Plan Especial de Defensa frente a avenidas de Tenerife propone una serie de medidas, a llevar a cabo en aquellos puntos donde se ha identificado un riesgo constatado de avenida en la isla. Estas medidas quedan clasificadas en el plan según el método operativo (medidas estructurales, no estructurales, informativas o de emergencia) y según el ámbito de aplicación (generales o particulares).

El Plan define las medidas estructurales como aquéllas que, mediante inversiones en encauzamientos defensas, etc.., pretenden eliminar o reducir las causas del riesgo, bien reduciendo los caudales de avenida en un determinado tramo, bien reduciendo la extensión de la llanura de inundación ocupada por las aguas cuando se desborda el cauce. Las medidas no estructurales son aquellas que no están asociadas a inversiones en construcción de obras civiles. En general, persiguen más la reducción de los efectos de las avenidas que la de las causas de éstas. Las medidas de emergencia están encaminadas a la gestión del riesgo, al desarrollo de planes de emergencia (insulares, municipales y especiales) y a la vigilancia y predicción. Por último, las medidas informativas son aquellas que permiten ser consciente del riesgo, activar los procedimientos de protección y conocer cuáles son los pasos que se deben seguir durante la emergencia.

Respecto al ámbito de aplicación, las medidas particulares son todas aquellas medidas de tipo estructural o no estructural que puedan estar directamente vinculadas a los registros de riesgo. Dentro de las medidas generales quedarán englobadas el resto de medidas no

estructurales, informativas y de emergencia, que puedan aplicarse a otros niveles, ya sea el insular, el municipal o el de zona susceptible de riesgo hidráulico.

Método operativo	Ámbito de aplicación		Tipo de medida
Medidas estructurales	Medidas particulares	Registros de riesgo	Obras de infraestructuras y otras
Medidas no estructurales	Medidas generales	Isla	Adscripción de personal al Programa de seguimiento, coordinación y control
		Zonas susceptibles de riesgo hidráulico	Estudio de drenaje urbano
			Estudio hidráulico del barranco
	Medidas particulares	Registros de riesgo	Estudios específicos y otras
Medidas informativas	Medidas generales	Isla	Planes de información a la población
			Resumen no técnico del PDA
Medidas de emergencia			Sistemas de alerta temprana: vigilancia y control con radar y red de pluviómetros
			Convenios de colaboración y coordinación informativa
			Sistemas de información
			Planes de emergencia
		Municipios	Planes de emergencia

Medidas a desarrollar en el PDA. Fuente: Plan de Defensa frente a Avenidas en la isla de Tenerife

El PDA establece de forma concreta, las siguientes medidas a llevar a cabo en la isla:

Medidas no estructurales:

- Estudio hidráulico del barranco
- Estudio del drenaje urbano
- Estudio de seguridad en presas y embalses
- Estudio del tráfico urbano de una determinada carretera que cruza un barranco
- Estudios geotécnicos o de estabilización de macizos rocosos
- Instrucciones de autoprotección
- Liberaciones del suelo
- Limpieza y mantenimiento de cauces
- Planes de Seguros

Medias estructurales:

- Azud de retención de acarreos
- Corte de autopista o carretera con IMD > 7.000 veh/día
- Demolición de infraestructuras
- Encauzamiento con muros de hormigón en masa
- Encauzamiento cubierto con marco de hormigón
- Estabilidad de taludes de ladera
- Mejora puntual de drenaje
- Muro de contención de hormigón armado
- Obras de paso: Marco y tubería
- Protección de vial frente a desprendimientos

- Protección frente a desprendimientos
- Reposición trama urbana
- Reposición de vial
- Reubicación de instalaciones
- Revestimiento del cauce

Estas medidas se encuadran en un total de 9 programas de actuación:

Programa 1: Seguimiento, coordinación y control

Programa 2: Estudios técnicos

Programa 3: Infraestructura de defensa

Programa 4: Adecuación de la red vial

Programa 5: Ordenación territorial y urbanística

Programa 6: Corrección hidrológico forestal

Programa 7: Conservación de cauces

Programa 8: Información y formación

Programa 9: Protección Civil

Respecto a las medidas que se establecen a nivel municipal, el Plan de Emergencia Municipal de Protección Civil del ayuntamiento de San Cristobal de La Laguna, describe como medidas de planificación para el riesgo de inundación, las siguientes:

Prevención del fenómeno y gestión del espacio fluvial:

- *Aplicación de la normativa vigente*
- *Seguimiento por parte del organismo competente de la Planificación Hidrológica*
- *Regular la construcción, explotación y mantenimiento de las balsas de agua, dotándolas con instrumentes de media de entrada y salida de agua y controlando las fugas que se pueden producir.*
- *Obligación de la autorización administrativa de nuevos depósitos (mayores a 1.000 m^3) y obligación a los propietarios e informar cuando sea necesaria de los depósitos de capacidad inferior.*
- *Mantenimiento y repoblación de la vegetación autóctona en sus climáticas y prácticas de cultivo adecuadas*
- *Mantenimiento y creación de nuevos aterrazamientos, en todas las zonas cultivadas con pendiente*
- *Laminación mediante embalses*

- *Desbordamientos controlados aguas arriba*
- *Canalización de los barrancos que no lo estén actualmente a su paso por núcleos urbanos*
- *Programación de la concertación de seguros según el mapa de zonación de riesgos*
- *Ubicación de colectores para la canalización de aguas pluviales.*
- *Instalación de estaciones de bombeo y mantenimiento adecuados de las existentes*
- *Zonificación de usos del suelo en función de determinados periodos de recurrencia, basándose en los mapas de riesgo en los que se delimitarán las líneas de avenidas de 25, 50, 100 y 500 años de periodo de retorno.*
- *Información en tiempo real de los sistemas de Vigilancia y alerta meteorológica*
- *Limpieza de la red de saneamiento y aguas pluviales, colectores, gavias, sumideros, etc.*
- *Eliminación y creación de obstáculos susceptibles de transformase en represas en los cauces de barrancos*
- *Adopción de medidas de seguridad y previsión de sistemas de alerta y evacuación*
- *Establecimiento de las zonas seguras altas no alcanzables por el nivel máximo de las aguas.*
- *Desarrollo de medidas de información y difusión entre la población ante el riesgo y las medidas a tomar en caso de avenida.*

Control del fenómeno natural

La Comisión Técnica de Emergencia por Inundaciones a partir del Plan de Acción para el control de las inundaciones, establecerá un sistema de alarma y control de las inundaciones en tiempo real y elaborará un plan de medidas estructurales (encauzamientos, presas, etc..).

Gestión post-catástrofe

Ayudas por pólizas de seguros: Seguro de riesgos catastróficos gestionado por el Consorcio de Compensación de Seguros que se encarga de fijar las indemnizaciones en caso de daños producidos por un fenómeno catastrófico.

Ayudas públicas al declararse zona catastrófica. El Gobierno ofrece ayudas, créditos y medidas excepcionales como la exención de impuestos. etc..

6.3.3.3.2 *Medidas predictivas*

Como medidas predictivas se pueden utilizar:

- Las predicciones meteorológicas a partir del sistema de METEOALERTA, que proporciona avisos en aquellas situaciones donde la meteorología es adversa. Están basados en el uso de radares meteorológicos y de modelos de simulación (HIRLAM). Los niveles de alerta se

basan en un sistema semáforo donde, el color rojo representan las situaciones de mayor riesgo y el verde las que menos.

- Las predicciones hidrológicas, basadas en la modelación en tiempo real de la información de las redes de puntos de aforo ordinarias o sistemas automáticos de información hidrológica (SAIH). Este sistema no existe actualmente en Canarias, debido a las características y condicionantes de las cuencas de las islas, como son: la escasa longitud y superficie de las cuencas, la enorme dispersión de los elementos a proteger frente al riesgo de inundaciones y la gran variabilidad espacial de las precipitaciones, íntimamente ligada al régimen hidrológico tan irregular que presentan los cauces, además de su marcado carácter torrencial, tanto por el pequeño tamaño de sus cuencas aportadoras como por sus elevadas pendientes y bajos tiempos de concentración.

  Teniendo en cuenta estas peculiaridades, podrían plantearse en Canarias, sistemas de alerta hidrológica integrados por distintos instrumentos, con capacidad para procesar en cada instante la información proveniente de los datos de las estaciones meteorológicas automáticas y radiosondeos, imágenes de radar meteorológico e imágenes de satélite. Estos sistemas de alerta, además de generar el aviso correspondiente al alcanzar un determinado umbral de adversidad, proporcionarían también las entradas de precipitación en los modelos de simulación hidrológica en tiempo real.

6.3.3.3.3 *Medidas preventivas*

El escaso desarrollo y la limitada efectividad de las medidas predictivas en Canarias, junto con el rechazo social que produce la aplicación de medidas correctoras, genera que la mayor parte de las actuaciones para reducir el riesgo de inundación fluvial deban ir dirigidas hacia las medidas preventivas, y en particular hacía las denominadas como medidas no estructurales, por ser éstas las más acordes con el desarrollo sostenible.

6.3.3.3.3.1 Medidas no estructurales

Como medidas no estructurales para el riesgo de inundación se pueden citar: la ordenación del territorio en áreas inundables, la reforestación/conservación de suelos, la planificación preventiva de protección civil (Díez, 2002b), los sistemas de aseguramiento progresivos, y la educación e información en el riesgo.

A continuación se analizan de forma concreta cada una de las medidas que se suelen aplicar para minimizar los efectos de las inundaciones fluviales (fuente: el Curso de Especialista en el Análisis y la Gestión de los Riesgos por Avenidas e Inundaciones (CEAGRAI)):

Funcionamiento preventivo

- Programas de reforestación/conservación de suelos: Tienen como función reducir los caudales circulantes mediante la mejora del suelo y de la cobertura vegetal de la cuenca aportadora, con la finalidad de aumentar la capacidad de infiltración y reducir la erosión y la escorrentía. Mientras que una cuenca adecuadamente vegetada puede llegar a absorber los primeros 70-100 mm de precipitación sin que se produzca escorrentía, otra deforestada o impermeabilizada produce la circulación superficial de agua a partir de los primeros 5 mm de precipitación. Entre los factores que controlan el umbral de escorrentía se encuentra igualmente la pendiente que, si bien de forma genérica no puede ser modificada, sí puede ser adaptada localmente mediante acciones de aterrazamiento y abancalamiento de las laderas. De esta forma se promueve la infiltración, aumentando el umbral de escorrentía y disminuyendo la circulación superficial del agua; pero la alteración de la estructura del suelo puede aumentar considerablemente el transporte de carga sólida, agravando la inundación. En este grupo de medidas se encuentra el promover el cultivo en fajas o franjas paralelas a las isohipsas (curvas de nivel), que disminuye simultáneamente la escorrentía y la carga sólida arrastrada (Mintegui, 2007).

  Es una medida que presenta varias ventajas entre las que se pueden citar: la reducción y retraso de los caudales punta, la reducción del sólido circulante o la mejora de la vida útil de las obras situadas aguas abajo. En algunos casos, es suficiente con el cambio de las técnicas de laboreo, según las curvas de nivel y en surcos profundos, para obtener una mejora considerable en la reducción de la escorrentía. Respecto a los inconvenientes, es necesario un estudio de especies autóctonas para evitar especies invasoras que acaben afectando el ecosistema natural, es necesaria la adquisición de terrenos a ocupar y en algunos casos el cambio de uso es imposible por la ocupación humana.

  En España se dispone como herramienta de ordenación de los cauces, de los Planes Integrales de Restauración Hidrológica Ambiental.

Funcionamiento gestor

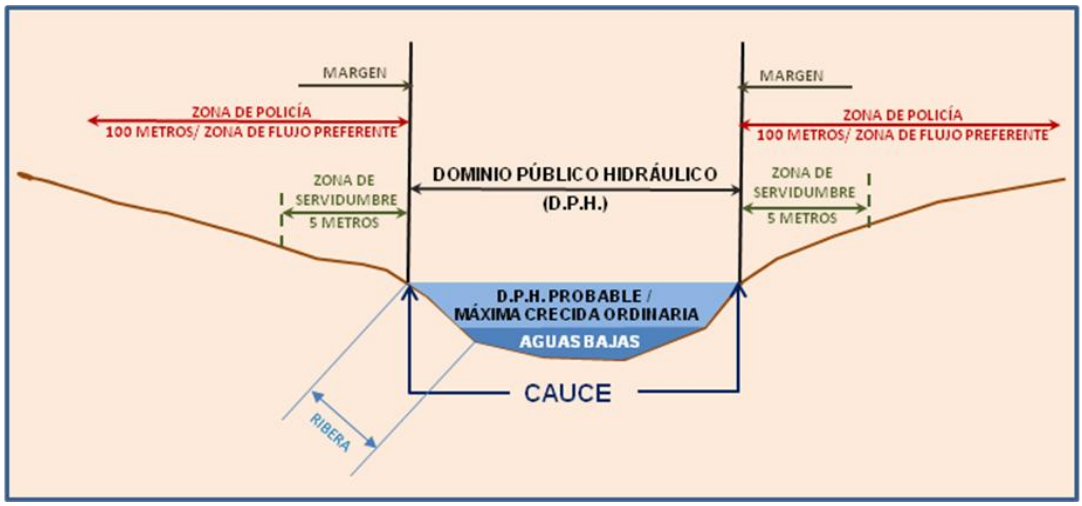
- Ordenación territorial: La utilidad preventiva de la ordenación del territorio para la mitigación de las inundaciones se puede concretar en cuatro aspectos:
  a. Definición de usos para minimizar la peligrosidad.
  b. Preservación de suelo del proceso de desarrollo urbano y establecimiento de medidas de protección (suelo no urbanizable, rústico o rural), para disminuir la exposición.

c. Definición de la estructura, usos, intensidades y tipologías de desarrollo urbano (suelo urbanizable), o regulación de los usos y de las renovaciones y reformas necesarias (suelo urbano o urbanizado), para reducir la vulnerabilidad.

d. Normalización de los materiales de construcción.

Para ello se plantean entre otras las siguientes medidas:

1. Delimitación de las zonas de policía, servidumbre, zonas de flujo preferente y régimen sancionador: En estas zonas se aplica la limitación de usos establecida en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico. Si bien, de forma tradicional, estas zonas legales se han visto invadidas por construcciones, limitando la capacidad de los cauces o barrancos y provocando un incremento de los daños en caso de avenidas.



Fuente: Curso de Especialista en el Análisis y la Gestión de los Riesgos por Avenidas e Inundaciones (CEAGRAI) 2012. Medidas tipo predictivas, preventivas y correctoras. Christine Andrés Moreno.

La regulación de dichas zonas tiene como finalidad preservar el estado del dominio público hidráulico, prevenir el deterioro de los ecosistemas acuáticos, contribuyendo a su mejora, y proteger el régimen de las avenidas, favoreciendo la función que tiene los terrenos colindantes en el proceso de laminación de caudales y de reducción de la carga sólida transportada.

Según el Reglamento de Dominio Público Hidráulico (DPH) (2008), se establecen las siguientes criterios:

Cauce. Terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias. Es un terreno público.

Zona de servidumbre: Esta permitido:

- *Paso para servicio del personal de vigilancia del cauce*
- *Paso para el ejercicio de actividades de pesca fluvial*

- *Paso para el salvamento de personas o bienes*
- *Varado y amarre de embarcaciones de forma ocasional y en caso de necesidad*

Zona de policía: Son zonas donde las siguientes actuaciones quedan sometidas a la necesidad de autorización administrativa del Organismo de la Cuenca.

- *Alteraciones sustanciales del relieve natural del terreno.*
- *Las extracciones de áridos.*
- *Las construcciones de todo tipo, tengan carácter definitivo y provisional.*
- *Cualquier otro uso o actividad que suponga un obstáculo para la corriente en régimen de avenidas o que pueda ser causa de degradación o deterioro del DPH.*
- *Resto de trabajos*

Zona de flujo preferente: Zona compuesta por la envolvente de la VID (Vía de Intenso Desagüe) y la ZIP (Zona de Inundación Peligrosa) .

2. Coordinación entre organismos: Al realizar la planificación de la ordenación urbanística es necesario consultar con diferentes organismos la viabilidad de la misma en las zonas próximas a cauces o barrancos. En el caso de las zonas de dominio público hidráulico, (zonas de policía y servidumbre) se consultará con los Cabildos Insulares de Aguas de cada una de las islas.
3. Reubicación y ordenación de los usos de los elementos expuestos con la finalidad de la reducción de su exposición. La limitación de usos en zonas con riesgo de inundación debe estar regulada de forma que se cumplan los siguientes requisitos en zonas de nueva construcción:

- Prohibir nuevas edificaciones en zona inundables con periodo de retorno de 100, excepto que estén pilotadas.
- Prohibir edificaciones en conos de deyección, ya que su tiempo de respuesta es demasiado corto.
- Prohibir el almacenamiento de sustancias peligrosas por debajo de la cota de afección de la zona inundable (hasta periodo de retorno de 500 años).
- Forzar que los accesos estén sobre elevados por encima de la cota de la zona inundable para un periodo de retorno de 100 años.

- En zonas inundables de periodos de retorno entre 100 y 500 años o con niveles freáticos elevados:
    - Limitar la construcción de garajes, salvo que se impermeabilicen y dispongan de elementos de achique.
    - Considerar el empuje hidrostático en el diseño de las edificaciones.
    - Impermeabilizar las plantas bajas y limitar los huecos.
    - Disponer de válvulas antirretorno en los desagües de las viviendas.

- Planificación preventiva de la actuación de los servicios de Protección Civil: Elaboración de mapas de riesgo, y establecimiento y diseño de los protocolos de actuación, señalización y los planes de evacuación ante inundaciones. Para ello se elaboran las Directrices Básicas y los Planes de Emergencia Estatales y Especiales ante el riesgo de inundación. En estos planes se dan a conocer las vías de evacuación y los sistemas de señalización de aviso a la población.
- Formación y educación de la población: La población situada en una zona inundable debe ser consciente de ello y debe estar informada de los procedimientos y vías de evacuación, ya que de esta forma se podrá reducir los daños y las víctimas ante un evento. En este sentido dentro del "Programa de educación para la prevención de riesgos naturales en centros escolares", de la Escuela Nacional de Protección Civil, está incluido el documento, "Riesgo Inundaciones, Programa para centros escolares: Guía Didáctica para profesores" con fecha de publicación de 2003. En esta guía se establecen medidas de prevención y autoprotección a adoptar frente al riesgo de inundaciones.
- Mejora y ampliación del conocimiento: Se realiza a partir de la transmisión de información mediante la utilización de visores cartográficos (El Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI) y otros) y la ampliación del conocimiento a partir de nuevos estudios y metodologías. Para poder aplicar las medidas correctaente, es necesario disponer de un conocimiento adecuado sobre las zonas inundables relativo a las zonas de peligrosidad y riesgo existentes. (el MAGRAMA ha editado una Guía metodológica de elaboración de los mapas de peligrosidad, y está redactando una metodología simplificada para realizar los mapas de riesgo).
- Normativa: Las normas son consideradas como otro tipo de medidas a aplicar, que en la actualidad tienen gran relevancia. El objetivo es evitar que la situación futura de Canarias empeore con respecto a la actual. Para ello, mediante normas de aplicación directa y recomendaciones se pretende marcar las pautas del diseño y adecuación de infraestructuras y servicios, así como indicar las posibilidades de gestión de los usos del suelo en zonas de riesgo y la gestión de éste en zonas urbanas ya consolidadas.

Funcionamiento paliativo:

- Fomento de la adquisición de seguros de los elementos vulnerables en las zonas identificadas como inundables. Consiste en la implantar la obligación de asegurar los bienes y servicios situados en la zona inundable. Las primas podrían ser función de la zona en que se encuentre el elemento asegurado, del cumplimiento de requisitos de construcción de la zona y de los medios implantados para aumentar la resiliencia del objeto asegurado. En la riada de Levante en 1982, menos del 40% de los elementos vulnerables estaban asegurados. En ningún evento se ha alcanzado siquiera el 50% de aseguramiento.

  Actualmente, en una zona afectada por una catástrofe de tipo natural, el Consorcio de Compensación de Seguros se hace cargo de las indemnizaciones siempre y cuando se disponga de una prima que asegure el elemento vulnerable, ya que un porcentaje de cada prima se destina al Consorcio. Si no se dispone de ese seguro, se hace cargo la Administración, con los importantes retrasos que eso conlleva.
- Adaptación al medio mediante la modificación de edificios, la optimización del interior de los mismos y su autoprotección en las zonas designadas como inundables.

  Gran parte de las medidas que permiten proteger instalaciones o viviendas se localizan y se deben realizar por los propietarios. Dar a conocer el riesgo a éstos y proporcionarles instrucciones y soporte técnico para aumentar su nivel de protección particular, modificando algunas características de sus propiedades, puede reducir extraordinariamente los daños.

  Las medidas de autoprotección pueden ser:

  - Básicas: Disponer los elementos electrónicos elevados: televisores en pared, ordenadores en primeras plantas, lavadoras y hornos elevados, en oficinas elevar los servidores principales…
  - De tipo medio: Barreras en las puertas y ventanas de sótanos, puertas especiales anti-inundaciones, rejas para proteger los cristales de las ventanas, escalones de acceso principales.
  - De tipo avanzado: modificación de las viviendas unifamiliares con piso de escape superior y trampilla.

6.3.3.3.3.2 Medidas estructurales

Entre las medidas estructurales que se pueden plantear se encuentran: la construcción de presas de embalse y azudes para la laminación de crecidas y avenidas, diques o malecones artificiales, limpieza y dragado de cauces, canalizaciones y encauzamientos, cortas de meandros, desviación de cauces, canales o túneles de derivación, drenajes, etc.

Funcionamiento preventivo

- Construcción de embalses/balsas de laminación: Consiste en la creación de un embalse o una balsa que se debe mantener vacía para acumular el volumen de la avenida y conseguir una laminación de los valores punta de caudal. Presenta la ventaja de reducir de forma significativa la avenida, permitiendo un mayor tiempo de respuesta. Como inconvenientes destaca su elevado coste, la afección medioambiental al cauce, la ocupación de terrenos que implica expropiaciones y el riesgo de rotura.
- Encauzamientos: Se corresponden a defensas a lo largo del cauce que mejoran la capacidad del mismo debido a la ampliación de la sección y/o la reducción de la rugosidad. Pueden ser de dos tipos:

  Acondicionamientos: Son diques laterales (motas) fuera del cauce, que no afectan a la morfología del mismo para periodos de retorno reducidos y que permiten una mayor sección con menos altura de obra que las canalizaciones. Sus costes son elevados, además impiden el drenaje natural del cauce e implican la ocupación de terrenos, y puede tener riesgo de rotura.

  Canalizaciones: Modifican la sección del cauce mediante muros laterales que si están bien calculados, puede proteger las inundaciones para periodos de retorno de hasta como mínimo 25 años. Además, protegen las zonas urbanas implicando una pequeña ocupación que es mínima si discurren en soterrado. Sus costes son elevados (superiores a los acondicionamientos), produciendo una afección medioambiental al modificar la morfología de las cauces. En caso de ser canalizaciones soterradas, pueden tener problemas por acumulación de sedimentos y arrastres, que disminuyen su capacidad y son difíciles de limpiar.

- Correcciones de cauces aumentando su capacidad: Son obras que permiten modificar el cauce actual aumentando su capacidad de transporte. Son de tres tipos:

  Reducción de la rugosidad mediante la limpieza de la vegetación. Presenta como ventaja que los costes son moderados y la ocupación mínima. Si bien, implica un aumento de la velocidad del agua pudiendo generar erosiones a nivel local, aumento del caudal solido y afección al ecosistema hídrico.

  Dragados: Aumento de la sección incrementando el ancho o la profundidad. Sus costes son moderados y su ocupación reducida, pero implican la destrucción del equilibrio dinámico del cauce y una afección medioambiental.

  Cortas: Enlace mediante un nuevo cauce artificial de menor longitud y mayor pendiente, de dos puntos de un barranco meandriforme. Son obras que exigen un

conocimiento profundo de la problemática hidráulica y de la dinámica erosiva y sedimentaria del barranco. Como ventajas permite liberar zonas para otros usos, aunque su coste es medio, genera un aumento la velocidad del agua que puede provocar erosión, aumenta el caudal sólido y se produce una afección medioambiental. Además, puede existir un peligro inducido en zonas del antiguo cauce por fallos de diseño.

- Zonas de sacrificio: Se corresponden a zonas cuya inundabilidad controlada se permite con la finalidad de la reducción general del riesgo. Se puede realizar de varias formas:
    - Habilitando zonas nuevas para su inundación controlada con compuertas abiertas en motas.
    - Retranqueando o incluso eliminando motas que impiden la libertad del río en zonas rurales.

  La actuación de implantar zonas de sacrificio Implica la reducción de la avenida por laminación y un mayor tiempo de respuesta, protegiendo las zonas situadas aguas abajo. Si bien, sus costes son elevados y necesita nuevos terrenos de inundación que no tengan riesgos.

- Trasvases: Son nuevos cauces que acogen, total o parcialmente los caudales circulantes por el barranco al llegar a una zona ocupada urbanísticamente y sin disponibilidad de terrenos para otro tipo de actuaciones. Los trazados nuevos necesitan por lo general mayor longitud, por lo que su pendiente será menor y necesitarán una mayor sección. Es importante el diseño de la toma, y tener en cuenta que para grandes avenidas, el agua puede volver por el cauce inicial. Es un sistema que protege las zonas urbanas con problemas serios de inundación. Su coste es elevado, implica la utilización de nuevos terrenos para el nuevo trazado del cauce, evitando el desarrollo en el cauce antiguo de usos vulnerables.
- Elevación de rasantes: Consiste en la modificación de aquellos elementos transversales pertenecientes a obras lineales que supongan una obstrucción al cauce. Mediante este sistema se produce una mejora general del funcionamiento de la red de drenaje, pero implica una elevado coste y el corte de la obra lineal afectada.
- Mejora del drenaje: Utilización de diferentes elementos cuya misión sea captar, filtrar, retener, transportar, almacenar e infiltrar al terreno el agua. Existen diferentes tipologías: Cubiertas Ecológicas, Superficies Permeables, Franjas Filtrantes, Pozos y Zanjas de Infiltración, Drenes Filtrantes, Cunetas Verdes, Depósitos de Infiltración, Depósitos de Detención, Estanques de Retención. Presenta las ventajas generales de que reduce los

caudales punta de la avenida y los retrasa. Mejora la calidad de las aguas efluentes y además, integran la gestión y el tratamiento de las aguas de lluvia en el paisaje.

- Restauración hidrológica/forestal: Consiste en la retención de sólidos y consolidación de cauces de tipo torrencial protegiendo las infraestructuras situadas aguas abajo, si bien puede generar cierta afección ambiental. Pueden ser de tipo:
    - Longitudinal: construcción de muros de defensa para contención de deslizamientos de laderas y defensa de márgenes; construcción de encauzamientos escalonados, rastrillos y solera resistente a la erosión; y mediante tramos erosionables entre rastrillos.
    - Transversal: diques de retención de materiales (total o selectiva).
- Limpieza de sistemas de saneamiento: Limpieza por medios manuales y/o mecánicos de las obras de drenaje transversal que se obstruyen y reducen su capacidad, creando cuellos de botella que provocan remansos aguas arriba. De esta forma se mejoran las deficiencias locales de drenaje con costes moderados. Como inconvenientes esta medida presenta que es necesario un mantenimiento continuo de la limpieza, prestando especial atención a la seguridad y salud.

Funcionamiento gestor y paliativo

Respecto a las actuaciones o medidas estructurales a llevar a cabo sobre los elementos expuestos y vulnerables, se pueden citar las siguientes:

- Sobreelevar la solera de los edificios respecto al nivel natural de la llanura en la que se ubican.
- Disponer en planta los edificios elongados paralela u oblicuamente (nunca perpendicular) a la dirección preferente de movimiento de agua, de manera que las calles o espacios entre ellos sirvan de canales de evacuación rápida de la corriente.
- Diseñar los edificios con morfologías husiformes en planta, potenciando las formas hidrodinámicas, sobre todo aguas arriba, donde el primer edificio puede actuar como tajamar.
- Evitar la incorporación de sótanos, bodegas y garajes excavados bajo el nivel de la llanura, en ningún caso habilitados como alojamiento (sólo lugares de paso ocasional).
- No situar los dormitorios o salas de estancias prolongadas de las personas en las plantas bajas de los edificios.
- No colocar en los pisos bajos mercancías tóxicas, peligrosas, o que se deterioren por humectación.
- Evitar la existencia de habitáculos de alta vulnerabilidad ante corrientes, como tiendas de campaña, caravanas o autocaravanas.

- Evitar los sistemas de seguridad que impliquen dificultades de evacuación, como la instalación de rejas en las ventanas de las plantas bajas.
- Facilitar la perfecta comunicación entre la planta baja de los edificios y las plantas superiores, con sistemas sin automatismos, como las escaleras diáfanas; igualmente habilitar accesos a los tejados y azoteas, para facilitar la evacuación.
- Asegurar la impermeabilización y aislamiento de los sistemas de abastecimiento de energía y comunicaciones (electricidad, gas, teléfono...).

Todas estas medidas exceden el ámbito puramente local o municipal, ya que requieren una actuación en amplios sectores del territorio, por lo que se deben implementar en figuras de ordenación como los Planes Hidrológicos de Cuenca (Cabildo insular de Aguas) o las Directrices de Ordenación Territorial (comunidades autónomas).

En el caso específico de Canarias, dentro del anterior conjunto de medidas, las de menor aplicabilidad son las asociadas con balsas o embalses de laminación, dadas las características de los cauces y fundamentalmente la gran pendiente, que conduciría a la necesidad de construir presas de una gran altura para conseguir un volumen de almacenamiento suficiente. También son de escasa aplicabilidad los diques o motas de protección, normalmente más propios de zonas de vega con una gran anchura de la llanura de inundación. Existen, sin embargo, numerosos ejemplos de encauzamiento, desvíos y defensas.

Ejemplo de encauzamiento llevado a cabo en el barranco de Guargacho a su paso por el Parque de Guaraña, Tenerife. Fuente: La Voz de Tenerife

6.3.3.3.3.3 Medidas correctoras

Los planes desarrollados por Protección Civil: Directriz Básica ante el riesgo de inundación y Plan Estatal, incluyen los protocolos de actuación ante la emergencia, tanto en el rescate como en la evacuación.

Además, como otras medidas correctoras aparecen los pagos de los seguros en caso de catástrofe y la declaración por parte del gobierno de zona catastrófica, con las aportaciones económicas y ayudas que ello implica.

6.3.3.4 **Riesgo de inundación litoral o costera**

6.3.3.4.1 *Especificaciones de las Directrices y de los Planes de Protección Civil u otros*

Actualmente no existe ningún plan desarrollado por Protección Civil, que sea especifico del riesgo de inundación litoral, sino que las medidas propuestas al respecto quedan incluidas en la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones y en el RD 903/2010 de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación, ambos detallados en el apartado anterior.

Si bien el Plan de Emergencia Municipal de Protección Civil del ayuntamiento de San Cristobal de La Laguna establece como medidas de planificación para el riesgo de tsunamis, lo siguiente:

- *Elaborar los mapas de riesgos donde se deberá reflejar información referente a zonas más vulnerables del término municipal con estimación aproximada de: número de afectados, daños a las edificaciones, en la infraestructura viaria, redes de abastecimiento, instalaciones y servicios para la atención de la emergencia, industrial, etc.*
- *Desarrollar como sistemas de vigilancia, la red sísmica del I.G.N. o el observatorio de la marina de San Fernando (Cádiz).*
- *Fomentar la cobertura aseguradora en la población de sus casas y sus bienes. Cobertura de riesgos extraordinarios a través del Consorcio de Compensación de Seguros.*
- *Emisión por parte de Protección Civil, de campañas de avisos e información a la población.*
- *Diseñar sistemas de alarma que permitan evacuar a la población hacía zonas seguras.*
- *Evacuar a la población en caso de aviso sobre la cercanía de un tsunami a las zonas más altas a alturas de 30 metros sobre el nivel del mar, alejándose de ríos, ramblas y marismas.*
- *Resguardar a la población en edificios altos de hormigón armado.*

6.3.3.4.2 *Medidas predictivas*

Las medidas predictivas están caracterizadas por la existencia de sistemas de vigilancia y alerta temprana ante cualquier tipo de riesgo.

La peligrosidad de inundaciones litorales está muy ligada a los fenómenos meteorológicos adversos. En este sentido, existe el sistema METEOALERTA, que proporciona avisos de las condiciones meteorológicas adversas. La red de observación y el sistema marino de alerta temprana desarrollado por Puertos del Estado, a partir de sensores o redes de medida (boyas y mareógrafos) que monitorizan el estado de la mar, se puede considerar como otro sistema que se corresponde a una medida predictiva.

La detección de tsunamis se desarrolla a partir de sensores de presión que se alojan en el fondo del mar, a veces a 4.000 y 5.000 metros de profundidad. Estos aparatos analizan la mayor presión que ejerce sobre el fondo una ola gigante. La señal es enviada a una boya de superficie que la envía a un satélite y de ahí a la sala de control de la red de alerta. Estos sistemas son cada vez más comunes pero su instalación es lenta dado su gran coste económico. Actualmente, en Canarias debido a la poca probabilidad de tsunami, no existe ningún sistema similar.

6.3.3.4.3 *Medidas preventivas*

6.3.3.4.3.1 Medidas estructurales

Como medidas estructurales para el riesgo de inundación litoral o costera se pueden citar las siguientes: la construcción de edificios resistentes a condiciones meteorológicas adversas o la realización de diques que protejan los elementos expuestos y vulnerables. A continuación se detalla cada una de estas medidas cuyo funcionamiento es gestor o paliativo:

Construcción de edificios resistentes a inundaciones litorales: Implican la aplicación de las normas sismoresistentes y la realización de construcciones bajas que estén diseñadas para que no opongan resistencia al agua. Las edificaciones elevadas, deberán de disponer de una planta baja abierta, que permitan el paso del agua.

Construcción de Diques: La construcción de diques impermeables a lo largo de la línea de costa se utiliza para proteger los elementos costeros interiores, de tal forma que se reduzca el riesgo. Es una medida que supone un coste elevado, implica la necesidad de considerar la dinámica marina con vistas a no modificar la morfología de las playas. Además, en el diseño de los diques es necesario asegurar el drenaje de los elementos fluviales al mar y en caso de rotura, es importante evitar que el agua quede confinada en la zona inundada, ya que sería necesario bombearla para su evacuación.

6.3.3.4.3.2 Medidas no estructurales

Respecto a las medidas no estructurales para evitar el riesgo de inundación litoral o costera se pueden citar según su funcionamiento las siguientes:

Funcionamiento preventivo

Desarrollo de estudios que permitan un conocimiento preciso de los fenómenos y procesos naturales que regulan la inundación litoral en Canarias, y la elaboración de mapas de peligrosidad y riesgos que permitan determinar aquellas zonas que presentan un mayor riesgo de inundación.

Elaboración de un programa de recuperación medioambiental de las zonas intermareales o de probable inundación costera, de tal forma que permita recuperar la funcionalidad de estas áreas, no solo como ecosistema sino también como barrera de defensa ante eventos mayores. Las zonas dunares constituyen un reservorio de sedimentos que, además de equilibrar el balance sedimentario, contribuye a disipar la energía del oleaje de forma más eficaz que cualquier intervención antrópica. Siempre tendrá un mayor coste proteger una propiedad que el valor en sí de la misma.

Funcionamiento gestor y paliativo

Planificación y ordenación territorial adecuada, de tal forma que no se efectúen ordenaciones urbanísticas sobre aquellos espacios intermareales o que puedan verse afectados por una inundación costera, dejándolos como espacios libres. Parte de estos espacios pertenecen al dominio público marítimo-terrestre Ley 22/88, de Costa (Art. 3.1.a), conforme a la legislación vigente en materia de costas. Es decir, consiste en no ubicar ninguna edificación en estas zonas y dejar a los procesos geológicos naturales que sigan su evolución natural. Además ,se deben reservar las zonas situadas a nivel topográfico superior a la elevación de las mareas ordinarias de temporales normales para las actuaciones urbanísticas.

Utilización de las recomendaciones, normas y procedimientos vigentes, en el diseño de las obras o instalaciones de protección de la costa. Entre ellas se recogen las siguientes: (ROM) Recomendaciones Geotécnicas para las Obras Marítimas y Portuarias adaptadas al nuevo Procedimiento General y de Cálculo y a los requerimientos sobre Seguridad, aptitud para el Servicio y el Uso o la Explotación de Obras Marítimas y Portuarias. De tal forma que se tenga en cuenta el comportamiento del suelo y la verificación de los distintos modos de fallo geotécnicos posibles debido los fenómenos adversos en estas instalaciones.

Educación y formación: Sensibilización a la población que habita en las zonas costeras del riesgo que presentan de inundación costera, a partir de campañas de formación e información de los lugares de defensa y evacuación. En este sentido dentro del “Programa de educación para la prevención de riesgos naturales en centros escolares”, de la Escuela Nacional de Protección Civil, está incluido el documento, “Riesgo de Tsunamis, Programa para centros escolares: Guía Didáctica para profesores” con fecha de publicación de 2011. En esta guía se

establecen medidas de prevención y autoprotección a adoptar frente al riesgo de inundaciones.

Al igual que para el riesgo de inundación fluvial, de debe fomentar la adquisición de seguros en aquellas zonas consideradas de riesgo elevado de inundación litoral.

6.3.3.4.4 *Medidas correctoras*

Los planes desarrollados por Protección Civil: Directriz Básica ante el riesgo de inundación y Plan Estatal, incluyen los protocolos de actuación ante una inundación que incluye la inundación costera, tanto en el rescate como en la evacuación. Como otras medidas correctoras, se pueden citar: el pago de indemnización de seguros en caso de catástrofe y las ayudas del gobierno si es un área declarada como zona catastrófica.

6.3.3.5 **Riesgo de incendios forestales**

6.3.3.5.1 *Especificaciones de las Directrices y de los Planes de Protección Civil u otros*

La Directriz Básica de Planificación de Protección Civil de Emergencia por Incendios forestales establece las actuaciones básicas siguientes:

a) Detección, extinción y aviso.-La red de detección y aviso de incendios forestales, así como el despliegue de los medios de extinción, deberá organizarse de manera que puedan evaluar y proporcionar la información inmediata sobre los incendios que pudieran dar lugar a situaciones de emergencia.

b) Seguridad ciudadana.-Se habrán de prever las actuaciones necesarias para el control de accesos y la vigilancia vial en las proximidades de las zonas afectadas, facilitar el tráfico de los medios de transporte relacionados con la emergencia, etc,

c) Apoyo sanitario.-Se incluirá en el Plan el dispositivo médico sanitario necesario para la atención de accidentados y heridos y la coordinación para su traslado a centros sanitarios.

d) Evacuación y albergue.-EI Plan preverá las vías de evacuación. las acciones encaminadas al traslado de la población que se encuentre en la zona de riesgo y a su alojamiento adecuado en lugares seguros.

e) Información a la población.-Se determinarán los mecanismos adecuados para el aviso a la población, con la finalidad de alertarla en caso de incendio e informarla sobre las actuaciones más convenientes en cada caso y sobre la aplicación de otras medidas de protección.

f) Apoyo logístico.-Se prevé la provisión de todos los equipamientos y suministros necesarios para llevar a cabo las acciones antes citadas, as; como para las labores de extinción y para el resto de las actividades que hayan de ponerse en práctica en el transcurso de la emergencia.

Además, en la Directriz Básica se establece respecto a las medidas predictivas, el necesario establecimiento de un Sistema de Información Meteorológica desarrollado por AEMET. Este sistema tendría el objetivo del conocimiento anticipado de situaciones meteorológicas que propiciarán la aparición y desarrollo de incendios forestales, para la toma de medidas de vigilancia, información y movilización de los medios que permitan reducir la incidencia e importancia de los mismos. En el Plan Estatal se especificarán los procedimientos que permitan asegurar la valoración del peligro de incendios forestales y que los datos meteorológicos básicos utilizados en la misma, sean transmitidos oportunamente a los órganos de dirección de los Planes de Comunidades Autónomas.

En el Plan Estatal y el Plan Canario de Protección Civil para emergencias por incendios forestales (INFOCA), se detallan los órganos competentes para la toma de decisiones y el planteamiento de medidas necesarias, en caso de que se produzca un incendio forestal. Además, se establecen épocas de peligro a lo largo del año, en las que se limitan las actividades y niveles de gravedad de los incendios para evaluar si es necesario la aplicación de medidas de protección de bienes y/o personas, ambas consideradas como medidas de carácter preventivo no estructural.

A nivel insular se desarrollan los Planes de Prevención y Extinción de incendios forestales de la isla de Tenerife (INFOTEN), donde se establecen las siguientes medidas preventivas que actúan sobre las causas de los incendios forestales:

Persuasión e Información

Conjunto de medidas para informar a la población de la problemática del riesgo en particular de realizar actividades que puedan generar incendio.

- *Desarrollo de un programa de Concienciación, prioritariamente en las zonas de Alto Riesgo de incendio, destinados a los colectivos de riesgo y público en general.*
- *El operativo realizará labores de vigilancia disuasoria adecuada a la situación de riesgo y casuística de las diferentes zonas.*
- *En situación de alto riesgo de incendios se difundirá por los medios que se dispongan, principalmente a ayuntamientos, a la población de riesgo y otras entidades, información*
- *sobre la situación, medidas preventivas a realizar y actividades prohibidas. En esta línea de trabajo, se establecerán mecanismos para su difusión en medios de comunicación, a través del Gabinete de Prensa del Cabildo, paneles informativos en carreteras, operativos o dispositivos de información.*

Conciliación de intereses

Constituyen las medidas encaminadas a la realización con la mayor seguridad posible de actividades de riesgo. Entre ellas estarán:

A. AUTORIZACIÓN DE ACTIVIDADES DE RIESGO: La Unidad de Incendios podrá solicitar informes a los mandos de cada territorio, de la viabilidad y condicionantes a establecer para autorizar actividades que entrañen riesgo de incendio forestal.

B. TUTELADO DE ACTIVIDADES DE RIESGO: El tutelado de la actividad en la zona de Riesgo, consistirá en el seguimiento de la misma, verificación de medidas preventivas, asesoramiento técnico y ayuda a la ejecución y cuantas medidas minimicen el riesgo de incendio forestal. La Unidad de incendios de oficio o por solicitud de mandos de incendios o el promotor, podrá establecer servicios especiales de prevención para el tutelado de la actividad. En particular, serán objeto de tutelado, siempre según el criterio del operativo:

- *Quemas agrícolas o forestales*
- *Hogueras*
- *Fuegos artificiales en zonas de riesgo*
- *Romerías y peregrinaciones*

El Plan de Emergencia Municipal de Protección Civil del ayuntamiento de San Cristobal de La Laguna, establece como medidas de planificación para el riesgo de incendios forestales, las siguientes:

- *Campañas de concienciación a la población*
- *Actualización de los Planes especiales frente a este riesgo*
- *Legislación y política forestal para eliminar los conflictos que se manifiesten a través de incendios.*
- *Mantenimiento de cortafuegos o de las infraestructuras susceptibles de actuar como tal (carretera, caminos, sendas etc.)*
- *Limpieza y poda anual de toda la masa forestal en su época correspondiente.*
- *Recogida y limpieza de los restos orgánicos de la poda*
- *Desbroce de matorral bajo o pastizal*
- *Ubicación y diseño de puntos de almacenamiento de agua en las zonas forestales y con mayor riesgo de incendio, para facilitar la extinción.*
- *Incluir una zona de separación de la zona urbanizada y el monte con el fin de crear un cortafuegos.*
- *Acondicionar las nuevas urbanizaciones para evitar igniciones en ellas y facilitar la intervención de los medios de extinción por las mismas, en caso de necesidad.*

Por último, en el Decreto 146/2001 de 9 de julio, por el que se regula la prevención y extinción de incendios forestales en Canarias, se establecen las normas y recomendaciones de prevención y extinción de incendios forestales en consonancia con el INFOCA. Estas normas constituyen medidas preventivas y son con carácter general las siguientes:

Artículo 4. Queda prohibido, con carácter general, en los montes y terrenos forestales:

a) Encender fuego para cualquier uso distinto de la preparación de alimentos, y ello tan sólo en lugares acondicionados al efecto.

b) La utilización de cartuchos de caza con taco de papel.

c) El estacionamiento de vehículos en las proximidades de cualquier depósito o tomas de agua de las existentes en el monte que impidan el acceso o maniobrabilidad de los mismos.

d) En las épocas de Peligro Medio y Alto, el lanzamiento de globos o artefactos de cualquier clase que contengan fuego.

e) El vertido o abandono de objetos y residuos fuera de los lugares autorizados.

f) Acampar sin el permiso correspondiente, que deberá emitirse por el Cabildo Insular, en los términos que se establezcan por la Consejería competente en materia de medio ambiente.

Artículo 5. En los caminos, carreteras, vías pecuarias, líneas eléctricas y otras instalaciones que discurran por terrenos forestales, deberá observarse, con carácter general, las siguientes medidas de prevención:

a) Los fumadores que transiten por los montes deberán apagar cuidadosamente los fósforos y puntas de cigarros, quedando prohibido arrojar unos y otras.

b) Por razones climatológicas y de altos índices de riesgo de incendios podrá quedar restringido el acceso y tránsito por el monte y demás terrenos forestales cuando así sea determinado y comunicado por el Cabildo Insular correspondiente en coordinación con las Administraciones afectadas.

c) Los caminos, pistas o fajas cortafuegos de las explotaciones y aprovechamientos forestales deberán mantenerse libres de obstáculos que impidan el paso y la maniobra de vehículos, y limpios de residuos o desperdicios.

d) El tránsito rodado por pistas que transcurran por los cortafuegos, podrá ser restringido por los correspondientes Cabildos Insulares, cuando las circunstancias de conservación para la rápida intervención de medios de prevención y extinción de estas vías lo aconsejen.

e) Los lugares de emplazamiento o manipulación de motosierras, aparatos de soldadura, grupos electrógenos y motores o equipos eléctricos o de explosión, deberán

mantenerse limpios de vegetación. La carga de combustible en las motosierras se hará en frío, sin fumar y no debiendo arrancar el motor en el mismo lugar de la carga.

f) Los emplazamientos de aparatos de soldadura se rodearán de una faja limpia de vegetación de 3 metros de anchura mínima, y los emplazamientos de grupos electrógenos y motores o equipos eléctricos o de explosión tendrán al descubierto el suelo mineral, y las fajas de seguridad alrededor del emplazamiento tendrán una anchura mínima de 5 metros.

g) Las colmenas en zonas de riesgos de incendios próximas a terrenos forestales o en su interior, deberán de tomar medidas preventivas mediante fajas de seguridad libres de matorrales y vegetación seca, debiéndose asegurar el correcto uso de los quemadores y cerciorándose de no dejar pavesas al finalizar las labores culturales.

h) Las carboneras solamente podrán instalarse fuera del monte o en los claros del mismo, siempre en el centro de círculos de 15 metros de diámetro mínimo, sin vegetación y con el suelo mineral al descubierto.

i) Las entidades responsables de las líneas eléctricas deberán revisar sus elementos de aislamiento con anterioridad al 1 de junio de cada año. Se respetarán las especificaciones de los correspondientes reglamentos electrotécnicos en cuanto a distancia mínima desde los conductores a las copas de los árboles.

Artículo 6. Las viviendas, edificaciones e instalaciones de carácter industrial en zona forestal deberán estar dotadas de una franja de seguridad de 15 metros de anchura mínima, libres de residuos, de matorral espontáneo y de vegetación seca, debiendo colocar, además, matachispas en las chimeneas.

Artículo 7. Con carácter general, se somete al régimen de autorización administrativa previa la ejecución de operaciones culturales con empleo de fuego en fincas agrícolas o forestales, así como la quema de residuos forestales, agrícolas o de otra naturaleza, en cualquier época del año.

Artículo 8. Cualquier actividad que por los titulares de las fincas agrícolas o forestales, se proyecte realizar con empleo de fuego o la quema de residuos, tales como basura, leñas muertas, cortezas, rastrojos o malezas y otros análogos, se llevarán a efecto debiendo cumplir los interesados determinadas prescripciones previas de carácter general.

Artículo 9. La operación de quema se realizará necesariamente con arreglo a las siguientes normas:

a) Preparación del terreno, mediante cortafuego en el borde de la zona, que en ningún caso será inferior a dos metros.

b) No iniciar la quema antes de salir el sol y darla por terminada cuando falten dos horas por lo menos para su puesta.

c) Efectuar la quema con la presencia del Agente de Medio Ambiente de la zona, si fuese aconsejable por la proximidad a masas de vegetación, y no abandonar, por el interesado, la vigilancia de la zona quemada hasta que el fuego esté completamente extinguido.

d) Cualquier otra disposición que, a tenor de las circunstancias del momento, estime necesaria la autoridad o sus agentes, bajo su responsabilidad.

Artículo 10. 1. En ningún caso podrá realizarse la quema si el viento sopla hacia edificios, masas arboladas, matorrales, arbustos o cualquier otro espacio en que el fuego pueda entrañar peligro de producir daños graves. 2. De interrumpirse la quema o de no poder realizarse por las circunstancias descritas en el apartado anterior, ésta se reanudará o iniciará en el primer día en que dejen de concurrir dichas circunstancias.

Artículo 11. El interesado comunicará a todos los propietarios colindantes la realización de las quemas previstas en la presente sección, al menos con cuarenta y ocho horas de antelación. Tanto la notificación de quema como la acreditación de las notificaciones a los colindantes, serán exhibidas a los Agentes de la Autoridad que se personen en el acto de la quema.

Artículo 12. Los interesados en la quema de residuos en las fincas agrícolas y forestales podrán obtener información y orientación acerca de las condiciones técnicas en que deba efectuarse este tipo de actividades que se propongan realizar, del servicio competente en la gestión de montes del Cabildo Insular. Podrán recibir, además, si así lo solicitan en la petición de la autorización, las ayudas materiales y humanas del Cabildo Insular para realizar la quema, bajo la supervisión del Agente de Medio Ambiente de la zona y con carácter gratuito.

Artículo 13. 1. Quedan sujetos a autorización previa:

a) La utilización de fuegos artificiales en toda clase de fiestas, ferias y actos al aire libre, y el empleo de fuego en actividades lúdico recreativas tales como las hogueras de San Juan, que se sitúen ambas en zonas próximas a terrenos forestales o en su interior.

b) El empleo de fuego en operaciones de carboneo, destilación con equipos portátiles o para cualquier otra finalidad.

c) El tránsito y estancia de personal y vehículos por zonas expresamente acotadas en razón de su alto peligro de incendios.

d) La ubicación de colmenas y carboneras en zonas consideradas de riesgo de incendios en terrenos forestales o próximos a éstos.

2. Las autorizaciones necesarias para realizar cualquiera de las actividades señaladas en el apartado anterior serán solicitadas con, al menos, 10 días de antelación a la fecha prevista de celebración de la actividad, y se dirigirán al Cabildo Insular D146/2001 correspondiente. Las solicitudes de autorización para el empleo de fuego en operaciones culturales también podrán ser cursadas a través de las oficinas comarcales de Medio Ambiente dependientes del Cabildo Insular.

6.3.3.5.2 *Medidas predictivas*

Como medidas predictivas ante el riesgo de incendios forestales, se pueden citar las siguientes:

Establecimiento de épocas de mayor riesgo: En los planes analizados anteriormente, se han establecido unos niveles de riesgo en función de la época del año. AEMET emite partes diarios que recogen el riesgo (índice canadiense) según las condiciones meteorológicas, en la época del año considerada como de mayor riesgo, utilizando un sistema de tipo semáforo para alertar a la población. Rojo (mayor riesgo), Verde (sin riesgo).

Sistemas de vigilancia y detección: En las zonas de masa forestal existe una red de vigilancia (torres, casetas o refugios en accidentes naturales, automóviles y avionetas, sistema de radio conectado con la central) llevada a cabo por personas como la Guardería Forestal o la Guardia Civil, que emiten un aviso de alarma en caso de determinarse cualquier indicio de inicio de un incendio. Las nuevas tecnologías permiten otros sistemas de detección, que se basan en circuitos cerrados de televisión, detección por medio de rayos infrarrojos, con rayos láser e incluso con imágenes satélite. En caso de observar indicios de un incendio, todo ciudadano tiene la obligación de avisar, llamando al 112.

6.3.3.5.3 *Medidas preventivas*

6.3.3.5.3.1 Medidas estructurales

Las medidas preventivas estructurales para reducir el riesgo de incendio se basan fundamentalmente en actuar sobre aquellos elementos o factores que influyen en el grado de peligrosidad de incendio forestal, principalmente actuando sobre el combustible o la vegetación. Son consideradas como medidas de funcionamiento preventivo, puesto que actúan sobre la peligrosidad:

Existen distintas medidas que actúan disminuyendo el combustible; como serían los trabajos realizados durante todo el año de tratamiento de la vegetación, denominados selvicultura preventiva.

Selvicultura preventiva: Consiste en el tratamiento tratamiento de la vegetación con la finalidad de eliminar el combustible fino (ramas. matorral, etc ..) y romper la continuidad horizontal y vertical del combustible, realizando desbroces, claras y aclareos, podas y astillados. De esta forma se consiguen estructuras de masa con menor grado de combustibilidad, además se contribuye a vigorizar la masa arbolada con mayor resistencia a la propagación del fuego.

Mantenimiento y/o construcción de infraestructuras de defensa contra incendios forestales:

Realización de pistas y red de caminos que permitan el accesos al monte y que actúen como cortafuegos.

Disponibilidad de puntos de agua: Creación de una red de puntos de agua con la finalidad de que sirvan de almacén para su uso posterior en caso de incendio, por los medios de transporte terrestres o aéreos.

Realización y mantenimiento de cortafuegos: Faja de anchura fija en la que se elimina la vegetación hasta descubrir el suelo mineral. Mediante el cortafuegos se evita el avance de las llamas de unas zonas a otras, permitiendo un mayor control del incendio en caso de que se produzca.

6.3.3.5.3.2 Medidas no estructurales

Respecto a las medidas no estructurales que permiten reducir el riesgo de incendio forestal, se pueden citar las siguientes, todas ellas consideradas como de funcionamiento preventivo:

Planificación de la prevención: Desarrollo de Planes de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN) del monte o Planes de Gestión, Proyectos de Ordenación de Montes o Planes Técnicos. El objetivo es llevar a cabo un aprovechamiento ordenado de los productos maderables y no maderables del monte (frutos, corcho, resinas, etc), así como los aprovechamientos ganaderos extensivos (pastoreo de cabras que elimina el combustibles mediante el llamado " ramoneo") que constituyan una garantía para la conservación del monte.

Planes de Prevención de Incendios forestales y planes de Protección Civil: Estos planes deben contemplar las actuaciones a realizar para defender los terrenos forestales frente a los incendios, desarrollando la planificación de las infraestructuras de defensa contra incendios y elaborando los protocolos de actuación.

Regulación de usos y control de las actividades: En las zonas de riesgo elevado o donde exista masa forestal, es necesario controlar las actividades forestales, ganaderas y agrícolas que puedan suponer un riesgo innecesario de incendios, como es el caso de la quema de restos

(rastrojos), utilización de maquinaria, limitación de acampadas y uso de barbacoas o utilizar fuego, etc.

Respecto a las medidas que tiene un funcionamiento gestor o paliativo:

Formación adecuada de los equipos de extinción: Para combatir los incendios forestales existe personal cualificado como son: los técnicos de incendios, las BRIF (Brigadas de Refuerzo de Incendios Forestales) o los retenes forestales (cuadrillar de personas que actúan como bomberos forestales) o brigadas helitransportadas.

Aplicación de la normativa y las recomendaciones existentes respecto a los incendios forestales: En Canarias, es de aplicación el Decreto 146/2001 de 9 de julio, por el que se regula la prevención y extinción de incendios forestales en Canarias.

Programas de educación y concienciación: Existen campañas anuales destinadas a distintos colectivos de la sociedad, implicados tanto en la gestión y conservación del monte como son agricultores, ganaderos y personas del entorno rural; como destinadas al resto de la sociedad que utiliza las zonas forestales como áreas de ocio, deporte, esparcimiento o zonas recreativas. Cerca del 95% de los incendios son causados por el ser humano, siendo necesario desarrollar programas permanentes de educación ambiental sobre éste y otros temas claves en nuestro entorno. En este sentido dentro del "Programa de educación para la prevención de riesgos naturales en centros escolares", de la Escuela Nacional de Protección Civil, está incluido el documento, "Riesgo Incendios Forestales, Programa para centros escolares: Guía Didáctica para profesores" con fecha de publicación de 2006. En esta guía se establecen medidas de prevención y autoprotección a adoptar frente al riesgo de incendios forestales.

Medidas para las edificaciones y urbanizaciones aisladas en zonas forestales: Deberán cumplir las condiciones de protección contra incendios en los edificios reguladas mediante el RD 2177/1996 de 4 de octubre por que se aprueba la Normas Básica de Edificación (NBE-CPI/96). Algunas medidas de las edificaciones aisladas en masas forestales estás establecidas en el Decreto 146/2001 de 9 de julio, por el que se regula la prevención y extinción de incendios forestales en Canarias.

- *Las viviendas, edificaciones e instalaciones de carácter industrial en zona forestal deberán estar dotadas de una franja de seguridad de 15 metros de anchura mínima, libres de residuos, de matorral espontáneo y de vegetación seca, debiendo colocar, además, matachispas en las chimeneas.*

6.3.3.5.4 *Medidas correctoras*

Los planes desarrollados por Protección Civil: Directriz Básica ante el riesgo de incendios forestales, Plan Estatal, PLATECA, INFOCA y planes insulares y municipales y el RD 2177/1996,

incluyen los protocolos de actuación ante una incendio forestal correspondientes a los planes de extinción, rescate o evacuación.

Además, como otras medidas correctoras que se pueden llevar a cabo se pueden citar: los pagos de las pólizas de seguro y la declaración de las zonas donde se han producido incendios de gran magnitud como áreas o zonas catastróficas, lo que implica indemnizaciones especiales por parte del gobierno.

6.3.3.6 **Riesgo de dinámica de vertientes o movimientos de ladera**

6.3.3.6.1 *Especificaciones de las Directrices y de los Planes de Protección Civil u otros*

Los únicos planes que establecen específicamente medidas para reducir el riesgo por movimientos de ladera son los planes municipales. A modo de ejemplo, se describen las medidas consideradas en el Plan de Emergencia Municipal de Protección Civil del ayuntamiento de San Cristobal de La Laguna:

Las medidas más eficaces a adoptar ante los movimientos de ladera son las de carácter preventivo, entre ellas destacan:

- *Control de las laderas por geólogos expertos para determinar si alguna ladera se encuentra en movimiento.*
- *Calculo del factor de seguridad, relación entre las fuerzas que tienden a retener el material y las que tienden a que deslice, es un requisito en los proyectos de ingeniería y de construcción sobre laderas y terreno con pendiente.*
- *Determinación de la cantidad de lluvia necesaria para mover el terreno.*
- *Determinación de la profundidad del nivel freático.*
- *Provisión de un drenaje que arroje fuera del talud las aguas pluviales e impida la degradación del mismo, sobre todo por infiltración a través de las grietas de tracción.*
- *Reforestación de las laderas.*
- *Desde el punto de vista geotécnico, el arrastre de elementos finos aconseja la previsión en las conducciones de aguas pluviales de decantadores adecuando su limpieza, y de un diseño adecuado de este tipo de obras de drenaje para evitar problemas de atasco.*
- *Ante un movimiento inminente o que ya ha comenzado, se puede tomar una serie de medidas correctivas, destinadas a detener el proceso o/y a disminuir sus efectos:*
- *Construcción de muros de contención y contrafuertes para prevenir el desmoronamiento de los taludes. En caso necesario se forman escolleras acumulando grandes piedras en la base de los taludes.*

- *Los taludes permanentes deben ser sumamente tendidos y en la medida de lo posible protegidos del efecto de la alteración.*
- *La caída de piedras se puede prevenir con el tendido de redes metálicas sobre la superficie del escarpe.*
- *Fijado de los bloques inestables con bulonado y anclado.*
- *Uso de hormigón para crear apoyos a bloques sueltos y sellado de grietas.*
- *Medidas de drenaje para las aguas superficiales.*

6.3.3.6.2 *Medidas predictivas*

Respecto a las medidas predictivas de movimientos de ladera, actualmente no existe ningún sistema en funcionamiento de alerta temprana ante este proceso.

6.3.3.6.3 *Medidas preventivas*

Las medidas preventivas incluyen las acciones encaminadas a evitar los procesos de inestabilidad de laderas y sus efectos (no únicamente las medidas de mitigación cuando el riesgo no puede evitarse). En el caso de los movimientos de ladera, las actuaciones posibles en cada caso dependerán de las características del proceso (velocidad, magnitud, extensión, etc.) y de la posibilidad de prevenirlo.

6.3.3.6.3.1 Medidas no estructurales

Las medidas no estructurales son las más efectivas, se basan fundamentalmente en la ordenación del uso del territorio, sobre todo en aquellas zonas de nuevo o reciente desarrollo, donde no existen condicionantes previos al uso del terreno.

Para identificar las zonas restrictivas, o las que pueden ocuparse con determinadas condiciones, es necesario realizar mapas de susceptibilidad o de peligrosidad. En estos mapas de identificarán las zonas mayor peligrosidad (media, alta o muy alta), que se corresponderán a áreas donde se limitarán los usos urbanísticos.

6.3.3.6.3.2 Medidas estructurales

Entre las medidas estructurales se encuentran las obras o actuaciones para evitar, controlar o estabilizar los movimientos de ladera (drenajes, muros, etc.), que se analizan según el tipo de movimiento de ladera:

Deslizamientos

Las medidas estabilizadoras o de funcionamiento preventivo para los deslizamientos pueden consistir en:

- Modificación de la pendiente de la ladera.
- Drenajes superficiales y subterráneos.

- Aumento de la resistencia del terreno mediante la introducción de elementos estructurales resistentes.

Desprendimientos

En el caso de desprendimientos rocosos y caídas de bloques, procesos muy frecuentes, las medidas preventivas o de funcionamiento preventivo más habituales son:

- Instalación de bulones y anclajes para fijación de los bloques independizados y con peligro de desprendimiento.
- Instalación de sistemas de cables y mallas metálicas fijados o anclados a las laderas para estabilización de zonas fracturadas.

Las medidas pasivas o de funcionamiento gestor para evitar o mitigar los daños por desprendimientos son:

- Mallas metálicas para guiado de pequeños bloques desprendidos
- Cunetones o zanjas para recogida de los bloques caídos
- Muros o barreras estáticas para frenado y contención de los bloques
- Barreras dinámicas con la misma finalidad anterior
- Falsos túneles en carreteras y ferrocarriles.

Las diferentes medidas se aplican según la cantidad, volumen y peso de los bloques, pendiente de la ladera, modelos de trayectorias de los bloques, energía de impacto, distancias de alcance, grado de riesgo potencial de los desprendimientos, accesibilidad a la ladera y disponibilidad de espacio para su instalación.

Escarpes rocosos

Las medidas de protección superficial o funcionamiento preventivo desarrolladas en los escarpes rocosos, consisten en:

- Eliminar los problemas de caída de rocas de pequeño tamaño
- Aumentar la seguridad frente a desprendimientos superficiales
- Evitar o reducir la erosión y la meteorización en el frente del talud
- Evitar la entrada de agua de escorrentía.

Las actuaciones o medidas de funcionamiento gestor o paliativo más frecuentes son:

- Instalación de mallas metálicas
- Gunitado de los frentes de los escarpes
- Construcción de muros de revestimiento a pie del escarpe
- Instalación de materiales geotextiles
- Impermeabilización.

6.3.3.6.4 *Medidas correctoras*

Dentro de las medidas correctoras ante movimientos de ladera, se pueden considerar los pagos de las pólizas de seguro en caso de catástrofe y la declaración de zonas catastróficas con la finalidad de obtener indemnizaciones especiales por parte del gobierno.

ANEXOS

ANEXO I: BIBLIOGRAFÍA

RIESGO GENERAL

- *Regueiro, M. (ed.) (2008): Guía Metodológica para la elaboración de cartografías de riesgos naturales en España. Ministerio de Vivienda y Colegio Oficial de Geólogos, Madrid, 187 pp.*

PELIGROSIDAD SÍSMICA

- *Romeo, R.; Prestininzi, A. (2000). "Probabilistic versus Deterministic Hazard Analysis: an Integrated Approach for Sitting Problems." Soil Dyn. Earthquake Engineering, Vol. 20, pp. 75–84.*
- *ATC-13 (1985). "Earthquake damage evaluation data for California". Applied Technology Council (ATC). Redwood City, California.*
- *Marcellini, A.; Daminelli, R.; Franceschina, G.; Pagani, M. (2001). "Regional and Local Seismic Hazard Assessment." Soil Dyn. Earthquake Engineering, Vol. 21, pp. 415-429.*
- *Orozova, I.M.; Suhadolc, P. (1999). "A Deterministic–Probabilistic Approach for Seismic Hazard Assessment." Tectonophysics, Vol. 312, Nº 2-4, pp. 191-202.*
- *Mezcua, J., J.; Galán, J. J. Rueda, J. M. Martínez, and E. Buforn (1990). Sismotectónica de las Islas Canarias, estudio del terremoto del 9 de mayo de 1989 y su serie de réplicas. Publicación técnica núm. 23. IGN, Madrid, Spain. 24 pp.*
- Yépez Moya F., Barbat y Josep, A.H, CANAS A., (1996). "Simulación de escenarios de daño sísmico en zonas urbanas". Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño de Ingenieria. Vol. 12,3, 331-356.
- García-Mayordomo, J. y Seisdedos Santos, Julia y Insua Arévalo, J.M. y González de Vallejo, Luis I. (2008) Escenarios sísmicos en la isla de Tenerife (Canarias): Aplicación a los emplazamientos de los paleo-deslizamientos de Güímar y La Orotava. Geotemas, 10 (4). ISSN 1576-5172.
- Benito, B., Gaspar-Escribano, J. M., , García-Mayordomo J., Jiménez Peña M. E. y García-Rodríguez M. E., (2006). Evaluación de la peligrosidad sísmica en la región de Murcia". Proyecto RISMUR. 5º Asamblea Hispano Portuguesa de Geodesia y Geofísica.
- *Monge, F. (1981). Sismicidad en el archipiélago canario. Relación con las erupciones. Actas de la 4a Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica. Zaragoza. Tomo 1, 457-471*
- *Irizarry, J., A. Macau, T. Goded, D. Clavero, A. Pazos , S. Figueras, R. Garcia, and ERSE Working Group (2006), Preliminary Seismic Risk Scenarios for Malaga, Spain, 8th U.S. National Conf. on Earthquake Engineering, San Francisco, USA, 10 pp.*

- *Mezcua, J., E. Buforn, A. Udías, and J. Rueda (1992). Seismotectonics of the Canary Islands. Tectonophysics, 208, 447-452.*
- Iglesias Asenjo, S., Irigaray Fernández, C. y Chacón Montero, J.. 2006. Análisis del riesgo sísmico en zonas urbanas ,mediante sistemas de información geográfica. Aplicación a la ciudad de Granada". ISSN 02110-5462, Nº 39, Tecnologias de la información geográfica. 147-166.
- *González de Vallejo, L. I., R. Capote, L. Cabrera, J. M. Insua, and J. Acosta (2003). Paleoliquefaction evidence in Tenerife (Canary Islands) and possible seismotectonic sources. Mar. Geophys. Res. 24, 149-160.*
- *Martin, A.J., 1984. Riesgo Sísmico en la Península Ibérica. T I-II. Tesis Doctoral. I.G.N. Madrid*
- *Costa R.A. y Oliveira C.S., (1991). On the Intensity-Magnitude interrelationship in the Ibero-Mogrebi region. En: Publicación IGN, Serie Monografia, 8, 349-356.*
- *González de Vallejo, L. I, García-Mayordomo, J. y Insua J.M. (2005). Seismotectonics and Seismic Hazard of the Canary Islands. International Conference 250th Anniversary of the 1755 Lisbon earthquake (1-4 November 2005 Lisbon – Portugal)*
- *Navarro, J. M. (1974). Estructura geológica de la isla de Tenerife y su influencia sobre la hidrogeología. Actas del I Congreso Internacional sobre Hidrología en Islas Volcánicas, Lanzarote, Spain. 13 pp.*
- *Carbó, A., A. Muñoz-Martín, P. Llanes, J. Álvarez, and the ZEE Working Group (2003). Gravity analysis offshore the Canary Islands from a systematic survey. Mar. Geophys. Res. 24, 113-127.*
- *Munson, C. G. and C. H. Thurber (1997). Analysis of the Attenuation of Strong Ground Motion on the Island of Hawaii. B. Seism. Soc. Am. 87 no. 4, 945-960.*
- *Bosshard, E. and D. J. MacFarlane (1970). Crustal structure of the westerm Canary Islands from seismic refraction and gravity data. J. Geophys. Res. 75, 4901-4918.*
- *Romeo, R.; Prestininzi, A. (2000). "Probabilistic versus Deterministic Hazard Analysis: an Integrated Approach for Sitting Problems." Soil Dyn. Earthquake Engineering, Vol. 20, pp. 75–84.*
- *Douglas, J. (2003). Earthquake ground motion estimation using strong-motion records: A review of equations for the estimation of peak ground acceleration and response spectral ordinates. Earth-Sci. Rev. 61, 43-104.*
- *Giovinazzi, S. & Lagomarsino, L. (2002). "A methodology for the vulnerability analysis of built-up areas". Proceedings of the International Conference on Earthquake Loss Estimation and Risk Reduction, Bucharest.*

- *Safina, S. (2003). Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones Esenciales. Análisis de su Contribución al Riesgo Sísmico. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña UPC, Barcelona, España.*
- *Marcellini, A.; Daminelli, R.; Franceschina, G.; Pagani, M. (2001). "Regional and Local Seismic Hazard Assessment." Soil Dyn. Earthquake Engineering, Vol. 21, pp. 415-429.*
- *McGuire, R.K. (2001). "Deterministic vs. Probabilistic Earthquake Hazards and Risks." Soil Dyn. Earthquake Engineering, Vol. 21, pp. 377-384.*
- *Kochkin, V.G.; Crandell, J.H. (2003). New Madrid Seismic Zone: Overview of Earthquake Hazard and Magnitude Assessment Based on Fragility of Historic Structures. Partnership for Advancing Technology in Housing, PATH Research Center, Upper Marlboro, 110 pp.*
- *McGuire, R.K. (1995). "Probabilistic Analysis and Design Earthquakes: Closing the Loop." Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 85, Nº 5, pp. 1275-1284.*
- *Cornell, A.C. (1968). "Engineering Seismic Risk Analysis." Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 58, Nº 5, pp. 1583-1606.*
- *Ordaz, M.; Aguilar, A.; Arboleda, J. (2001). CRISIS-2001, Program for Computing Seismic Hazard. Instituto de Ingeniería UNAM, México.*
- *Frankel, A. (1995). "Mapping Seismic Hazard in the Central and Eastern United States." Seism. Res. Lett., Vol. 66, pp. 8-21.*
- *Algermisen et al., 1976. SEISRISK I.*
- *García-Mayordomo, Seisdedos, Insua Arévalo y González de Vallejo, "Seismic scenarios for Tenerife (Canary Islands): Application to Güímar and La Orotava paleo-landslides sites", 2008*
- *Mouroux, P. & Lebrun, B (2006). "RISK-UE: an advanced approach to earthquake risk scenarios with application to different European towns In: C. S. Oliveira, A. Roca and X. Goula, (Editors), Assessing and Managing Earthquake Risk,479-507, Springer.*
- *Ordaz, M., A. Aguilar, and J. Arboleda (1999). CRISIS 99-18 ver. 1.018. Program for Computing Seismic Risk. Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.*
- *Ordaz M., Aguilar A. and Arboleda J. (2003): CRISIS 2003 ver. 3.1.0. Program for Computing Seismic Risk, Instituto de Ingeniería, UNAM, Mexico City.*
- Gónzalez de Vallejo, L.I., García-Mayordomo, J., y Insua, J.M., 2005. *Seismotectonics and Seismic Hazard of the Canary Islands. Complutense University, Department of Geodynamics, Madrid, Spain. International conference 250th anniversary of the 1755 Lisbon earthquake (1-4 November 2005 Lisbon – Portugal).*

PELIGROSIDAD VOLCÁNICA

- *Gómez-Fernández, F. (2000). Contribution of Geographical Information Systems to the management of Volcanic Crises. Natural Hazards, 21: 347-360.*
- *Alexander, D. (1993). Natural Disasters. UCL Press, London, 632 pp.*
- *Pérez N. M. & Hernández P. A. (2008). La vigilancia volcánica en España: una apuesta crucial para la reducción del riesgo volcánico. En: Galindo Jiménez I., Lain Huerta L., y Llorente Isidro M. (Eds.) El estudio y la gestión de los riesgos geológicos. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie. Medio Ambiente. Riesgos Geológicos Nº12. 159-174. Madrid.*
- *Araña, V. y Ortiz, R. (1993). Riesgo Volcánico. En J. Martí y V. Araña (Ed.) La Volcanologia actual. Serie Nuevas Tendencias. CSIC. Madrid. 277-385.*
- *Blanco Sánchez M. J. (1992). Red de Vigilancia Geofísica del IGN en Canarias. En: Elementos de Volcanología (Ed. José Luis Diez Gil), Serie de la Casa de los Volcanes, Cabildo Insular de Lanzarote, 2, 235-239.*
- *Smart, G.M. (1981). Volcanic debris control, Gunung Kelut, East Java. International Association of Hydrological Sciences Publication, 132, 604-623.*
- *Pomonis, A. (1997), Soufriere Hills volcanic eruption: a risk assessment to buildings from volcanic block impacts and tephra fall loading, In: Cambridge Architectural Research Ltd Internal Rep.*
- *Pomonis, A., Spence, R.J.S., Baxter, P. (1999), Risk assessment of building structures for an eruption in Furnas Volcano, Sao Miguel, the Azores, J. Volcano. Geotherm. Res., 92(1- 2): 107-131.*
- *Felpeto, A.; García, A. y Ortiz, R. (1996). Mapas de riesgo. Modelización. En R. Ortiz (Ed.) Riesgo volcánico. Serie Casa de los Volcanes, 5. Cabildo de Lanzarote, Lanzartoe, 67-98.*
- *Miller, C. Dan (1989).- Potential Hazards from Future Volcanic Eruptions in California. U.S. Geol. Survey Bull. 1847*
- *Ortiz, R.(1996). Riesgo volcánico. Serie Casa de los Volcanes, 5. Cabildo de Lanzarote, Lanzarote, 67-98.*
- *Spence, R.J.S., Coburn, A.W., Pomonis, A., Sakai, S. (1992), Correlation of ground motion with building damage: the definition of a new damage-based seismic intensity scale, 10th World Conf. on Earthq. Eng., Madrid, July 1992, pp. 551-556.*
- *Spence, R.J.S., Pomonis, A., Baxter, P.J., Coburn, A.W., White, M., Dayrit, M. (1996), Building damage caused by the Mount Pinatubo eruption of June 14-15, 1991, In: C.G. Newhall, R.S. Punongbaya (Eds.), "Fire and Mud: Eruptions and Lahars of Mount*

Pinatubo, Philippines", Philippine Institute of Volcanology and Seismology, Quezon City and University of Washington Press, Seattle, 1115p. (pubs.usgs.gov/pinatubo/spence/index.html).

- *Spence, R.J.S., Baxter, P.J., Zuccaro, G. (2004a), Building vulnerability and human casualty estimation for a pyroclastic flow: a model and its application to Vesuvius, J. Volcano. Geotherm. Res., 133(1-4): 321-343.*
- *Spence, R. J. S., Zuccaro, G., Petrazzuoli, S., Baxter, P. J. (2004b), Resistance of Buildings to Pyroclastic Flows: Analytical and Experimental Studies and Their Application to Vesuvius, Natural Hazards Review, 5(1): 48–59.*
- *Spence, R.J.S., Kelman, I., Baxter, P.J., Zuccaro, G., Petrazzuoli, S. (2005), Residential building and occupant vulnerability to tephra fall, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 5(4): 477-494.*
- *Spence, R.J.S., Kelman, I., Brown, A., Toyos, G., Purser, D., Baxter, P.J. (2007), Residential building and occupant vulnerability to pyroclastic density currents in explosive eruptions, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 7: 219-230.*
- *Carracedo, J.C., 1988. El riesgo volcánico. Riesgos Geol., Ser. Geol. Ambiental, IGME, pp. 83-97.*
- *Carracedo , J.C. Guillou, H, Paterne, M, Scaillet, S. Rodríguez Badiola, E., Paris, R., Pérez Torrado F.J. y Hansen Machín, A., (2004)."Análisis del riego volcánico asociado al flujo de lavas en Tenerife (Islas Canarias): Escenarios previsibles para una futura erupción en la isla". Estudios Geológicos, 60: 63-93 (2004).*
- *Carracedo, J.C. y Rodríguez Badiola, E., 1991. La Erupción de Lanzarote de 1730 (con un mapa geológico a color a escala 1/25.000 de la erupción de 1730). Serv. Public. Cabildo Insular de Lanzarote, Las Palmas de Gran Canaria. 184 págs.*
- *Carracedo, J.C., Pérez Torrado, F.J., Rodrlguez Badiola, E. and Soler, V., in prep. Evolutive stages and related magmas of a fast-growing oceanic island. E1 Hierro, Canary Islands. Carracedo, J.C., 1994. The Canary Islands: an example of structural control on the growth of large oceanic island volcanoes. J. Volcanol. Geotherm. Res., 60, 3/4: 225-242.*
- *Carracedo, J.C., 1999. Growth, structure, instability and collapse of Canarian volcanoes and comparisons with Hawaiian volcanoes. J. Volcanol. Geotherm. Res., Special Issue, 94, 1-4: 1-19.*
- *Carracedo, J.C. y Pérez Torrado, F.J., 2001. Mantle Plumes. Volcanic history, geological features and volcanic hazards: The Canary Islands. Editorial: Instituto Tecnológico de Aragón, 111 Congreso Ibérico de Geoquímica 1 VIII Congreso de Geoquímica de España. Editores científicos: M. Lago y E. Arranz. 207-*

- *Carracedo, J.C., 2002. La Erupción del Nevado del Ruiz y ellahar catastrófico del 13 de Noviembre de 1985. En: Riesgos Naturales (Ayala-Carcedo y Oleína Cantos, eds.). Ariel Ciencia. 295-305.*
- *Carracedo J.C., 1996. A simple model for the genesis of large gravitational landslide hazards in the Canary Islands. In: Va/cano lnstability on the Earth and other Planets, (McGuire, Jones and Neuberg, edts). Geological Society London Sp. Pub. 110: 125-135.*
- *Carracedo, J.C. y Tilling, R. 1., 2003a. Geología y volcanología de la islas volcánicas oceánicas: CanariasHawaii, Servicio de Publicaciones de la Caja General de Ahorros de Canarias (Pub. nº 293), 73 págs*
- *Guillou, H., Carracedo, J.C., Pérez Torrado, F. y Rodríguez Badiola, E., 1996. K-Ar ages and magnetic stratigraphy of a hotspot-induced, fast grown oceanic island: El Hierro, Canary Islands. J. Volcanol. Geotherm. Res., 73: 141-155.*
- *Guillou, H., Carracedo, J.C. y Day, S.J., 1998. Dating of the Upper Pleistocene-Holocene volcanic activity of La Palma using the Unspiked K-Ar technique. J. Volcanal. Geotherm. Res., 86: 137-149.*
- *Guillou, H., J.C. Carracedo, R. Paris y F.J. Pérez Torrado, 2004a. K/ Ar ages and magnetic stratigraphy of the Miocene-Pliocene shield volcanoes of Tenerife, Canary Islands: Implications for the early evolution of Tenerife and the Canarian Hotspot age progression. Earth & Planet. Sci. Letts., 222, 599-614.*
- *Fernández, C., J. de la Nuez, R. Casillas, and E. García Navarro (2002). Stress fields associated with the growth of a large shield volcano (La Palma, Canary Islands). Tectonics 21, no.4, 13–1-13–18.*
- *Guillou, H., F. J. Pérez Torrado, A. R. Hansen Machin, J.C. Carracedo y D. Gimeno, 2004b. The Plio-Quaternary volcanic evolution of Gran Canaria based on new K-Ar ages and magnetostratigraphy. J. Volcanol. Geotherm. Res., 135, 221-246.*
- *Tilling, R. 1., 1993. Los Peligros Volcánicos, Organización Mundial de Observatorios Volcanológicos (WOVO), 125 págs.*
- *Carracedo, J.C., Day, S., Guillou, H., Rodríguez Badiola, Canas, J.A. y Pérez Torrado, F.J., 1998a. Origen y evolución del volcanismo de las Islas Canarias. En: Ciencia y Cultura en Canarias, Pub. Museo de la Ciencia y El Cosmos, Cabildo de Tenerife: 67-89.*
- *Carracedo, J.C., Rodríguez Badiola, E. y Soler, V., 1990a. Aspectos volcanológicos y estructurales, evolución petrológica e implicaciones en riesgo volcánico de la erupción de 1730 en Lanzarote, Islas Canarias. Estudios Geol., 46: 25-55.*
- *Carracedo, J.C., Rodríguez Badiola, E. y Soler, V., 1992. The 1730-36 eruption of Lanzarote, Canary Islands: a long, high magnitude basaltic fissure eruption. J. Volcanal. Geotherm. Res., 53: 239-250.*

- *Carracedo, JC., B. Singer, B. Jicha, H. Guillou, E. Rodríguez Badiola, J. Meco, F. J. Pérez Torrado, D. Gimeno, S. Socorro y A. Láinez, 2003b. La erupción y el tubo volcánico del volcán Corona (Lanzarote, Islas Canarias). Estudios Geol., 59: 277-302.*
- *Carracedo, JC., Guillou, H., Pateme, M., Scaillet, S., Rodríguez Badiola, E., Pérez Torrado, F.J., Hansen, A. and Paris, R., 2004a. Nested central volcanism related to rift development and giant landsliding in oceanic islands. IAVCEI General Assamb. 2004, Pucón, Chile.*
- *Carracedo, JC., Guillou, H., Paterne, M., Scaillet, S., Rodríguez Badiola, E., Paris, R., Pérez Torrado, F.J., Hansen Machín, A., Bermejo Domínguez, J.A., Pestana Pérez, G., Cabrera Peraza, J.M., Rodríguez Valdés y E., García Martínez, A., 2004b. Avance de un Mapa de Peligros Volcánicos de Tenerife. Escenarios previsibles para una futura erupción en la isla. Serv, Pub. de la Caja Gral. de Ahorros de Canarias, 46 págs.*
- *Gómez, F., M. Barazangi, and M. Bensaid (1996). Active tectonism in the intracontinental Middle Atlas Mountains of Morocco: Synchronous crustal shortening and extension. J. Geol. Soc. London 153, 389-402.*
- *Emery, K. O. and E. Uchupi (1984). The Geology of the Atlantic Ocean. Springer-Verlag, New York, 1050 pp.*
- *Bosshard, E. and D. J. MacFarlane (1970). Crustal structure of the westerm Canary Islands from seismic refraction and gravity data. J. Geophys. Res. 75, 4901-4918.*
- *Felpeto, A.; Araña, V.; Ortiz, R.; Astiz, M. y García, A., (2001): Assessment and modelling of lava flow hazard on Lanzarote (Canary Islands). Natural Hazards 23, p. 247-257.*
- *Malin, M. C. and Sheridan, M. F.: 1982, Computer-assisted mapping of pyroclastic surges, Science 217, 637–639.*
- *Folch, A., Felpeto, A., 2005. A coupled model for dispersal of tephra during sustained explosive eruptions. Journal of Volcanology and Geothermal Research 145, 337–349.*
- *Toyos, G.P., Cole, P.D., Felpeto, A., Martí, J., 2007. A GIS-based methodology for hazard mapping of small pyroclastic density currents. Natural Hazards 41 (1), 99–112.*
- *Barberi, F., 1990. Mt. Etna and its most recent activity. In: Barberi, F., Bertagnini, A., Landi, P. (Eds.), Mount Etna: the 1989 Eruption. Giardini, pp. 7–9.*
- *Hulme, G. 1974. The interpretation of lava flow morphology. Geophys. J R. Astron. Soc. 39, 361–383.*
- *Carracedo, J. C. y Rodríguez Badiola, E. (1991). Lanzarote La erupción volcánica de 1730. Excmo. Cabildo Insular de Lanzarote. Madrid. Editorial MAE. 183 págs.*

- *Cantagrel, A., Cendrero, J.M., Ftister, J.M., Ibarrola, E. and Jamond, C., 1984. K-Ar chronology of the volcanic eruptions in the Canarian Archipelago: Island of Gomera. Bull. Volcanol., 47 (3): 604-609.*
- *Diggle, P. J. and Milne, R. K. (1983). Negative binomial quadrat counts and point processes. Scand. J. Statist., 10:257–267.*
- *Gómez, F. (1996). Los Sistemas de Información Geográfica en la evaluación del riesgo volcánico. En R. Ortiz (Ed.) Riesgo volcánico. Serie Casa de los Volcanes, 5. Cabildo de Lanzarote, Lanzarote, 67-98.*
- *Gómez, F. (1997). Desarrollo de una Metodología para el análisis del Riesgo Volcánico en el marco de un Sistema de Información Geográfico. Tesis Doctoral. Universidad Complutense, Madrid 225 p.*
- *Gómez Fernández, F. (1998): Development of a Volcanic Risk Assessment Information System for the prevention and management of volcanic crises: stating the fundamentals. En C.A. Brebbia & P. Pascolo (eds.): GIS technologies and their environmental applications. Computational Mechanics Pubs., p. 111-120.*
- *Gómez Fernández, F. (2000a): Contribution of Geographical Information Systems to the Prevention and Management of Volcanic Crises. Natural Hazards, p. 347-360.*

PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN

- *Ruiz, V.; Díez, A.; Laín, L.; Llorente, M. (2008). Elaboración de Mapas de Peligrosidad de Inundaciones según su ámbito de aplicación y escala: propuesta metodológica. Geotemas, Comunicaciones del VII Congreso Geológico de España, Sociedad Geológica de España, Las Palmas de Gran Canaria, julio de 2008.*
- *Díez Herrero, A.; Laín Huerta, L. y Llorente Isidro, M. (2009): A Handbook on Flood Hazard Mapping. IGME. 190. pp. ISBN: 978-84-7840-813-9.*
- *Benito, G.; Díez, A. and Fernández de Villalta, M. (2004): Flood response to NAO and Solar Activity in the Tagus Basin (Central Spain) over the last millennium. Climatic Change, 66, 27-28.*
- *Benito, G. (2006): Riesgos de inundaciones: tendencias históricas y perspectivas de acuerdo con el cambio climático. Revista Cuaternario y Geomorfología, 20(3-4)- 29-44.*
- *Walker, P.J. y Willgoose G.R. (1999): On the effect of digital elevation model accuracy on hydrology and geomorphology. Water Resources Research, 35 (7): 2259-2268.*
- *Hardy, R.J., Bates, P.D. and Anderson, M.G. (1999): The importance of spatial resolution in hydraulic models for floodplain environments. Journal of Hydrology, 216: 124-136.*

- *Casas A., Benito G., Thorndycraft V. R. y Rico M. (2004): La importancia del Modelo Digital del Terreno en Modelos Hidráulicos de Crecidas. En: Riesgos naturales y antrópicos en Geomorfología. (Benito G. y Díez A., eds.), SEG y CSIC, Madrid.*
- *Ayala, F.J. (Coord.) (1985). Geología y prevención de daños por inundaciones. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 421 pp.*
- *Baker, V.R.; Kochel, R.C.; Patton, P.C. (Eds.) (1988). Flood Geomorphology. John Wiley & Sons, New York, 503 pp.*
- *Ortega, J.A. y Garzón, G. (2006). Interpretación de los depósitos de avenida como clave para establecer la dinámica de la llanura de inundación. En: A. Pérez Alberti y J. López Bedoya (Eds.), Geomorfología y territorio. Actas de la IX Reunión Nacional de Geomorfología, Universidade de Santiago de Compostela, 629-644.*
- *Lastra, J.; Fernández, E.; Díez, A. y Marquínez, J. (2008). Flood hazard delineation combining geomorphological and hydrological methods: an example in the Northern Iberian Peninsula. Natural Hazards. DOI 10.1007/ s11069-007-9164-8.*
- *Menéndez, M.; Marco, J.B.; Valdés, J.B. (Dtors.) (1996). Curso sobre métodos para el cálculo hidrológico de crecidas. CEDEX, UPV y TA&MU, Madrid, pag. var.*
- *Montalbán, F.; Manzano, A.; Correa, L.; Cabot, J.; Godé, L.X. (2003). Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local. Guia Técnica. Agència Catalana de l'Agua, Generalitat de Catalunya, Barcelona, 89 pp.*
- *Francés, F. (Coord.)(2005). Avance de las Directrices Técnicas para la Elaboración de Estudios de Inundabilidad en la Comunidad Autónoma de Murcia. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia. Informe I+D+I (inédito), Valencia, 47 pp.*
- *CGRM (2007). Decreto número 258/2007, de 13 de junio, por el que se establece el contenido y procedimiento de los estudios de inundabilidad en el ámbito del Plan de Ordenación Territorial del Litoral de la Región de Murcia. Boletín Oficial de la Región de Murcia, 173, sábado 28 de julio de 2001, pp. 23145-23165*
- *Marquínez, J.; Lastra, J.; Fernández, E. (2006). Metodología utilizada para cartografiar la peligrosidad de inundaciones en las cuencas del Norte. En: Díez, A.; Laín, L. y Llorente, M. (Eds.). Mapas de peligrosidad de avenidas e inundaciones. Métodos, experiencias y aplicación. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, Serie Medio Ambiente, Riesgos Geológicos nº 7, págs. 125- 141, Madrid.*
- *Kelman, I., Spence, R. (2003), A flood failure flowchart for buildings, Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Municipal Engineer, 156, September 2003, Issue ME3, pp. 207-214.*

- *Kelman, I., Spence, R. (2004), An overview of flood actions on buildings. Eng. Geol., 73: 297-309.*
- *Smith, D.I. (1994), Flood Damage Estimation - A Review of Urban Stage-Damage Curves and Loss Functions, Water South Africa, 20(3): 231-238.*
- *Green, C.: Handbook of water economics: principals and practice. Chichester: John Wiley, 2003.*
- *Mintegui, J.A. (2007). La ordenación agro-hidrológica y la restauración hidrológico-forestal.*
- *Lección Inaugural de Curso Académico 2007- 2008, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 67 pp.*
- *Parker, D.J., Green, C.H. & Thompson, P.M: Urban flood protection benefits: a project appraisal guide (The red manual . Aldershot: Gower Technical Press, 1987.*
- *NSW State Emergency Service: "New South Wales State Storm Plan", 2007. OEH (NSW Office of Environment and Heritage : Guide to Climate Change Risk Assessment for NSW Local Government, ISBN 978 1 74293 284 2, December 2011.*
- *Olivieri, E., and Santoro, M.: Estimation of urban structural flood damages: the case study of Palermo, Urban Water, 2, 223B234, 2000.*
- *Omira, R., Baptista, M., Miranda, J., Toto, E., Catita, C. & Catal„o, J. 2009. Tsunami vulnerability assessment of CasablancaBMorocco using numerical modelling and GIS tools, Natural Hazards, 1B 21.*
- *Papadopoulos, G.: A Tsunami Catalogue of the Area of Greece and the Adjacent Seas. Institute of Geodynamics, National Observatory of Athens Publication, 17, 1998.*
- *Papathoma, M. & DomineyZHowes, D.: Tsunami vulnerability assessment and its implications for coastal hazard analysis and disaster management planning, Gulf of Corinth, Greece. Natural Hazards and Earth System Sciences, 3, 733–747.*
- *Papathoma, M.: Assessing Tsunami Vulnerability Using GIS with Special Reference to Greece. PhD thesis, Coventry University, 2003.*
- *Parker, D.J., Green, C.H. & Thompson, P.M: Urban flood protection benefits: a project appraisal guide (The red manual . Aldershot: Gower Technical Press, 1987.*
- *Peiris, N.: Vulnerability functions for tsunami loss estimation, paper presented at First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Geneva, Switzerland, 3B8 September 2006.*
- *Pattiaratchi, C.: Tsunamis, presented at the UNESCO IOC "Tsunami Numerical Modelling Course", University of New South Wales, Sydney, Australia 6 B 10 February, 2012.*

- *PenningZRowsell, E.C., Green, C.H., Thompson, P.M., Coker, S.M., Tunstall, S.M., Richards, C.,*
- *Parker, D.J.: The Economics of Coastal Management: A Manual of Benefit Assessment Techniques (nicknamed the Yellow Manual . Belhaven Press, London, 1992.*
- *PenningZRowsell, E.C., Johnson, C., Tunstall, S., Tapsell, S., Morris, J., Chatterton, J., Coker, A.,*
- *Green, C.: The Benefits of flood and coastal defence: techniques and data for 2003, Flood Hazard Research Centre, Middlesex University, 2003.*
- *Pistrika, A. and Jonkman, S.N.: Damage to residential buildings due to flooding of New Orleans after hurricane Katrina. Natural Hazards. DOI: 10.1007/s11069B009B9476By. Accepted, Published online, 2009.*
- *Queensland Reconstruction Authority: Planning for a Stronger, More Resilient North Queensland – Part 1 – Rebuilding in Storm Tide Prone Areas: Tully Heads and Hull Heads, 2011. Reese, S., Bradley, B.A., Bind, J. et al.: Empirical building fragilities from observed damage in the 2009 South Pacific tsunami. EarthBScience Reviews 107: 156–173, 2011.*
- *Reese, S., Cousins, W. J., Power, W. L., Palmer, N. G., Tejakusuma, I. G., and Nugrahadi, S.: Tsunami vulnerability of buildings and people in South Java: field observations after the July 2006 Java tsunami. Natural Hazards and Earth System Science, 7(5 :573;589, 2007.*
- *Rossetto, T. & Elnashai, A.: Derivation of vulnerability functions for EuropeanBtype RC*
- *structures based on observational data. Engineering Structures, 25, 1241–1263, 2003.*
- *Saatcioglu, M., Ghobarah, A., and Nistor, I.: Performance of structures in Thailand during the december 2004 great Sumatra earthquake and Indian ocean tsunami, Earthq. Spectra, Special Issue III, 22, S355–S375, 2006.*
- *Saaty, T.L.: Axiomatic foundation of the Analytic Hierarchy Process, Management Science, 32, 841B855, 1986.*
- *SCCG (Sydney Coastal Councils Group , CSIRO and USC: Systems Approach to Regional Climate Change Adaptation Strategies in Metropolises. www.csiro.au/files/files/pk2x.pdf, 2008.*
- *Simm, J.D., Brampton, A.H., Beech, N.W. & Brooke, J.S.: Beach Management Manual. CIRIA. Report No 153, 1996*
- *Smith D.I.: Flood damage estimation – A review of urban stageBdamage curves and loss functions. Water SA,20, (3 , 231–238, 1994.*

- *Smith, D.I., Greenaway, M.A.: Tropical Storm Surge, Damage Assessment and Emergency Planning: A Pilot Study for Mackay, Queensland. Resource and Environmental Studies Number 8, IDNDR Project 9/92. Centre for Resource and EnB vironmental Studies, Australian National University, Canberra, Australia, 1994.*
- *Suleman, M.S., N'Jai, A., Green, C.H., PenningBRowsell, E.C.,: Potential Flood Damage Data: A Major Update (nicknamed the Update Report . Middlesex Polytechnic Flood Hazard Research Centre, London, 1988.*
- *Suppasri, A., Koshimura, S., and Imamura, F.: Developing tsunami fragility curves based on the satellite remote sensing and the numerical modeling of the 2004 Indian Ocean tsunami in Thailand. Natural Hazards and Earth System Science, 11(1 :173;189, 2011.*
- *Synolakis, C. E. & Bernard, E. N.: Tsunami science before and beyond Boxing Day 2004, Philosophical Transactions A, 364, 223, 2006.*
- *Synolakis, C. E., Bernard, E. N., Titov, V.V., Kanoglu, U., and Gonzalez, F.: Standards, criteria, and procedures for NOAA evaluation of tsunami numerical models, NOAA OAR Special Report, Contribution No 3053, NOAA/OAR/PMEL, Seattle, Washington, 55 pp, 2007.*
- *Synolakis, C. E., Bernard, E.N., Titov, V.V., Kanoglu, U., and Gonzalez, F.: Validation and verification of tsunami numerical models, Pure Appl. Geophys. 165(11B12 , 2197–2228, 2008.*
- *Jiménez, J.A. (2008). Guidelines on Coastal Flood Hazard Mapping. Integrated Flood Risk Analysis and Management Methodologies.Floodsite T03-08-02.*
- *Benavente, J.; Del Río, L.; Gracia, F.J. and Martínez-del-Pozo, J.A., 2006. Coastal flooding hazard related to storms and coastal evolution in Valdelagrana spit (Cadiz Bay Natural Park, SW Spain). Continental Shelf Research, 26, 1061-1076.*
- *Benavente, J., Rodríguez-Rodríguez, M., y Moral, F. 2007. Anthropogenic alterations and hydrological functioning of a semi-arid playa-lake complex and related detritic aquifer (Seville province, Spain). Pages 97-98. XXXV International Association of Hydrogeologists Congress. Groundwater and Ecosystems., Lisboa, Septiembre 2007.*
- *Tang, L., Titov, V.V., and Chamberlein, C.D.: Development, testing, and applications of siteBspecific tsunami inundation models for realBtime forecasting, J. Geophys. Res., 114, C12025, doi:10.1029/2009JC005476, 2009.*
- *Tarbotton, C., DomineyBHowes, D., Goff, J.R., PapathomaBKohle, M., Dall'Osso, F., Turner, I.: GISB based techniques for assessing the vulnerability of buildings to tsunami: current approaches and future steps, Geological Society, London, Special Publications; v. 361; p. 115B125 doi: 10.1144/SP361.10, 2012.*

- *Tarrant, M.: Risk communication in the context of emergency management: [article] planning "with" rather than "for" communities. Australian Journal of Emergency Management, 12, 20B21, 1998.*
- *Thieken, A. H., Muller, M., Kreibich, H. & Merz, B. Flood damage and influencing factors: new insights from the August 2002 flood in Germany. Water Resour. Res. 41, 1–16, 2005.*
- *Thywissen, K.: "Core terminology of disaster reduction: a comparative glossary". 448B496 in: Birkmann, J. (ed. , Measuring vulnerability to natural hazards: towards disaster resilient societies. United Nations University, 2006.*
- *Tinti, S., Maramai, A., Armigliato, A., Graziani, L., Manucci, A., Pagnoni ,G., Zaniboni, F.: Observations Of Physical Effects From Tsunamis Of December 30, 2002 At Stromboli Volcano, Southern Italy. Bulletin of Volcanology 68, 450B461, 2006.*
- *Tinti, S., Tonini, R., Bressan, L., Armigliato, A., Gardi, A., Guillande, R., and Scheer, S.: Handbook on Tsunami Hazard and Damage Scenarios. EUR 24691 EN, JRC61463, 2011.*
- *Titov, V. V. & Gonzalez, F.: Implementation and testing of the method of splitting tsunami (MOST model, 1997.*
- *Titov, V. V. & Synolakis, C.: Numerical modeling of tidal wave runup, Journal of Waterway Port Coastal and Ocean Engineering, 124, 157B171, 1998.*
- *Titov, V. V., Gonzalez, F.I., Bernard, E.N., Eble, M.C., Mofjeld, H.O., Newman, J.C., and Venturato,*
- *A.J.: RealBtime tsunami forecasting: Challenges and solutions, Nat. Haz. 35(1 , 41–58. Special Issue, US National Tsunami Hazard Mitigation Program. doi:10.1007/s11069B004B2403B3, 2005.*
- *Titov, V. V.: Chapter 12: Tsunami forecasting, The SEA, Tsunamis, vol. 15, Harvard University Press, p. 371–400. ISBN 978B0B674B03173B9, 2009.*
- *Titov, V.V., Moore, C.W., Greenslade, D.J.M., Pattiaratchi, C., Badal, R., Synolakis, C.E.: A new tool for inundation modeling: Community Model Interface for Tsunamis (ComMIT , Pure Appl.*
- *Geophys, 168, 2121B2131, 2011.*
- *UN ISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction : 2009 UNISDR Terminology on Disaster Reduction, Geneva, May 2009.*
- *United Nations, Department of Humanitarian Affairs: Internationally Agreed Glossary of Basic Terms Related to Disaster Management, Geneva, Switzerland, 1992.*
- *USBR (U.S Department of the Interior Bureau of Reclamation : Downstream hazard classification guidelines, ACER technical memorandum No. 11, Colorado, Denver, 1988. Valencia, N., Gardi, A., Gauraz, A. L., Leone, F., and Guillande, R. (2011 . New*

tsunami damage functions developed in the framework of SCHEMA project: application to EuroBMediterranean coasts. Natural Hazards and Earth System Science.

- *Perez, S., Álvarez, E., Pérez, B., de Alfornso, M y Gómez, M., (2011). Sistema marino de Alerta Temprana, una nueva herramienta para la ayuda en la toma de decisiones. XI Jornadas de Costas y Puertos. Clima Marítimo. Oceanografía Física.*
- *VerdonZKidd, D.C., Kiem, A.S., Willgoose, G. and Haines, P.: East Coast Lows and the Newcastle/Central Coast Pasha Bulker storm. Report for the National Climate Change Adaptation Research Facility, Gold Coast, Australia, 2010. Walters, R.: Coastal ocean models: two useful finite element methods, Continental Shelf Research, 25, 775B793, 2005.*
- *Watson, P.J. and Lord, D.B.: Fort Denison Sea Level Rise Vulnerability Study, a report prepared by the Coastal Unit, NSW Department of Environment and Climate Change, October 2008.*
- *Wei, Y., Bernard, E.N., Tang, L., Weiss, R., Titov, V.V., Moore, C., Spillane, M., Hopkins, M., and Kanoglu, U.: RealB time experimental forecast of the Peruvian tsunami of August 2007 for U.S. coastlines, Geophys. Res. Lett. 35, L04609. doi:10.1029/2007GL03225, 2008.*
- *White, A.V., Burton, I.: Environmental Risk Assessment, John Wiley and Sons (Eds. , Chichester, 1980.*
- *Wood, N. & Good, J.: Vulnerability of port and harbor communities to earthquake and tsunami hazards: The use of GIS in community hazard planning, Coastal Management, 32, 243B269, 2004.*
- *Wood, N. & Stein, D.: A GISBbased vulnerability assessment of Pacific Northwest ports and harbours to tsunami hazards, ITS 2001 Proceedings, Session 1, Number 1B13., 367B374, 2011.*
- *Wood, N., Good, J. & Goodwin, R.: Vulnerability assessment of a port and harbor community to earthquake and tsunami hazards: Integrating technical expert and stakeholder input, Natural Hazards Review, 3, 148, 2002.*
- *Young, R., Bryant, E., Price, D.: Catastrophic wave (tsunami? transport of boulders in the southern New South Wales, Australia. Z. Geomorph. N.F 40, (2 , 191B207, 1996. Young, R., Bryant, E., Price, D.: The imprint of tsunami in Quaternary coastal sediments of southeastern Australia. Bulgarian Geophysical Journal 21, (4 , 24B32, 1995.*
- *Ansell, J., Wharton, F.: Risk: Analysis, Assessment, and Management, John Wiley & Sons, Chichester, England, 1992.*

- *AU/NZS ISO31000: Risk management— Principles and guidelines, jointly published by Standards Australia, GPO Box 476, Sydney, NSW 2001 and Standards New Zealand, Private Bag 2439, Wellington 6140, 2009.*
- *Bana e Costa, C. A., Chargas, M.P.: An example of how to use MACBETH to build a quantitative value model based on qualitative value judgments, European Journal of Operational Research, 153, 323 – 331, 2004.*
- *Bana e Costa, C. A., Da Silva, P. A., Correia, F. N.: Multicriteria Evaluation of Flood Control Measures: The case of Ribeira do Livramento, Water Resources Management, 18, 263 – 283, 2004.*
- *Bennett, C.: Dictionary of insurance. Pitman, London, 1992 Bird, D. K.: The Use Of Questionnaires For Acquiring Information On Public Perception Of Natural Hazards And Risk Mitigation – A Review Of Current Knowledge And Practice. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 9. 1307B1325, 2009.*
- *Boen, T.: Observed reconstruction of houses in Aceh seven months after the Great Sumatra earthquake and Indian Ocean tsunami of December 2004. Earthquake Spectra, 22(S3 , S803eS818, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, USA, 2006.*
- *Boen, T.: Observed reconstruction of houses in Aceh seven months after the Great Sumatra earthquake and Indian Ocean tsunami of December 2004. Earthquake Spectra, 22(S3 , S803eS818, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, USA, 2006.*
- *Booth P. and Cox, R.: Final Stage 1 Report B Case Studies Of Climate Change Adaptation Tools And Application Processes Used By Local Government Practitioners, Australian Climate Change Adaptation Research Network for Settlements and Infrastructure (ACCARNSI , May 2012a. Booth P. and Cox, R.: Portfolio of Case Studies and StateBWide Synopses, document accompanying the Final Stage 1 Report (Booth and Cox, 2012a , available at*
- *http://www.nccarf.edu.au/wwwold/settlementsBinfrastructure/, last access in June 2012, 2012b.*
- *Booth P. and Cox, R.: Final Stage 2 Report B National Survey Of Climate Change Adaptation Tools And Processes Used In The Local Government Sector, Australian Climate Change Adaptation Research Network for Settlements and Infrastructure (ACCARNSI , May 2012c.*
- *Boschi, E. and Dragoni M.: Sismologia, UTET, EAN: 9788802055862 (Italian , 1999. Bruun P.: Sea level rise as a cause of shore erosion, Journal of Waterways Harbours Division, 88: 117–30, 1962.*

- *Bruun P.:The Bruun Rule of erosion by sea level rise, Journal of Coastal Research, 4: 627–48, 1988.*
- *Bryant, E. and Nott, J.: Geological indicators of large tsunami in Australia, Nat. Hazards, 24, 231– 249, 2001.*
- *Bryant, E., Nott, J.: Geological indicators of large tsunami in Australia. Natural Hazards 24, 231B 249, 2001.*
- *Bryant, E., Young, R., Price, D., Short, A.: Evidence for Pleistocene and Holocene raised marine deposits, Sandon Point, New South Wales. Australian Journal of Earth Sciences 39, 481B493. 1992b.*
- *Bryant, E., Young, R., Price, D.: Evidence of tsunami sedimentation on the southeastern coast of Australia. Journal of Geology 100, 753B765, 1992.*
- *Bryant, E., Young, R.: BedrockBsculpting by tsunami, south coast New South Wales, Australia. Journal of Geology 104, 565B582, 1996.*
- *Bryant, E.: Tsunami: The underrated hazard (2nd ed. : Chichester, Springer Praxis Publishing, 342 p, 2008.*
- *Calvi, G., Pinho, R., Magenes, G., Bommer, J., RestrepoBVelez, L. & Crowley, H.:Development of seismic vulnerability assessment methodologies over the past 30 years. ISET Journal of Earthquake Technology, 43, 75–104, 2006.*
- *Chen, K. and McAneney, J.: HighBresolution estimates of Australia's coastal population, Geophys. Res. Lett., 33, L16601, doi:10.1029/2006GL026981, 2006.*
- *Church, J.A., Hunter, J.R., McInnes, K. L., White, N.J.: SeaBlevel rise around the Australian coastline and the changing frequency of extreme seaBlevel events, Australian Meteorological Magazine 55:4, December 2006.*
- *Cluff, S. L.: Effects of the 2004 SumatraBAndaman Earthquake and Indian Ocean Tsunami in Aceh Province, The Bridge B National Academy of Sciences, Vol. 37, No. 1, Spring 2007. Dale, K., Edwards, M., Middelmann M. & Zoppou C. Structural flood vulnerability and the Australianisation of Black's curves. Risk 2004 conference proceedings. Risk Engineering Society, 8–10 November 2004, Melbourne, 2004.*
- *Dall'Osso, F., Gonella, M., Gabbianelli, G., Withycombe, G., and DomineyBHowes, D.: A revised (PTVA model for assessing the vulnerability of buildings to tsunami damage. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 9, 1557B1565, 2009a.*
- *Dall'Osso, F. & DomineyZHowes, D.: A method for assessing the vulnerability of buildings to catastrophic (tsunami marine flooding, Report prepared for the Sydney Coastal Councils Group Inc., pp. 138, 2009.*

- *Dall'Osso, F., Gonella, M., Gabbianelli, G., Withycombe, G. and DomineyBHowes, D.: Assessing the vulnerability of buildings to tsunami in Sydney. Natural Hazards and Earth System Sciences, 9, 2015 – 2026, 2009b.*
- *Dall'Osso, F., Maramai, A., Graziani, L., Brizuela, B., Cavalletti, A., Gonella, M., Tinti, S.: Applying and validating the PTVAB3 Model at the Aeolian Islands, Italy: assessment of the vulnerability of buildings to tsunamis. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 10, 1547–1562, 2010.*
- *Dalrymple, R.A., Kriebe, D.L.: Lessons in Engineering from the Tsunami in Thailand, The Bridge, 35, 4B13, 2005.*
- *Dawson, A.: Linking tsunami deposits, submarine slides and offshore earthquakes. Quaternary International, 60 (1 , 119B126, 1999. DCC (NSW Department of Climate Change and Energy Efficiency : Climate Change Adaptation Actions for Local Government, Commonwealth of Australia, ISBN: 978B1B921298B89B9, 2009.*
- *Deyle, R., French, S., Olshansky, R., Paterson, R.: Hazard assessment: the factual basis for planning and mitigation, in: Cooperating With Nature: Confronting Natural Hazards With LandB Use Planning, Burby, R. J. (Eds. , Joseph Henry Press, Washington DC, 119B166, 1998.*
- *Dias, W., Yapa, H. & Peiris, L.: Tsunami vulnerability functions from field surveys and Monte Carlo simulation, Civil Engineering and Environmental Systems, 26, 181B194, 2009.*
- *DomineyZHowes, D. & Papathoma, M.: Validating a tsunami vulnerability assessment model (the PTVA model using field data from the 2004 Indian Ocean tsunami. Natural Hazards, 40, 113–136, 2007.*
- *DomineyZHowes, D. and Thaman, R.: UNESCOBIOC International Tsunami Survey Team Samoa (ITST Samoa . Goff, J. (ed. Interim Report of Field Survey 14th – 21st October 2009. UNESCOBIOC and Australian Tsunami Research Centre Miscellaneous Report No. 2: 172pp. Available at: www.nhrl.unsw.edu.au, 2009.*
- *DomineyZHowes," D.," Dunbar," P.," Varner," J." &" PapathomaBKo#hle,# M.:# Estimating# probable# maximum loss from a Cascadia tsunami. Natural Hazards, 53, 43–61, 2010.*
- *DomineyZHowes, D., Humphreys, G. and Hesse, P.: Tsunami and palaeotsunami depositional signatures and their potential value in understanding the lateBHolocene tsunami record. The Holocene, 16 (8 , 1095B1107, 2006.*
- *DomineyZHowes, D., Papadopoulos, G. A. & Dawson, A. G.: Geological and historical investigation of the 1650 Mt. Columbo (Thera Island eruption and tsunami, Aegean Sea, Greece, Natural Hazards, 21, 83B96, 2000.*

- *DomineyZHowes, D.: Documentary and geological records of tsunamis in the Aegean Sea region of Greece and their potential value to risk assessment and disaster management. Natural Hazards, 25, 195 – 224, 2002.*
- *DomineyZHowes, D.: Geological and historical records of Australian tsunami, Mar. Geol., 239, 99–123, 2007.*
- *Douglas, J.: Physical vulnerability modelling in natural hazard risk assessment. Natural Hazards and Earth System Sciences, 7, 283–288, 2007.*
- *Felton, A., Crook, K.: Evaluating the impacts of huge waves on rocky shorelines: an essay review of the book 'Tsunami – the underrated hazard'. Marine Geology, 197, 1B12, 2003.*
- *FEMA (Federal Emergency Management Agency : Effects of long and short duration flooding on building materials. Orlando: DFO, Federal Emergency Management Agency, DRB 1539/1545/1551/1565, 2005.*
- FEMA. 2007. *National Flood Insurance Program: Flood Insurance Manual*, Revised October 2007.
- *FEMA (Federal Emergency Management Agency : Multi hazard identification and assessment, Washington, 1997.*
- *Forman, E. and Peniwati, K.: Aggregating individual judgments and priorities with the Analytic Hierarchy Process. European Journal of Operational Research 108, 165B169, 1998.*
- *Foytong, P.: Fragility of buildings damaged in the 26 December 2004 tsunami, Master thesis, Graduate School of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, 2007 (in Thai Galanopoulos, A., Delibasis, N. & Comninakis, P.: A tsunami generated by an earth slump set in motion without shock, Annales Geologique des pays Helleniques (in Greek , 93B110, 1964.*
- *Ghobarah, A., Saatcioglu, M. & Nistor, I.: The impact of the 26 December 2004 earthquake and tsunami on structures and infrastructure. Engineering Structures, 28, 312–326, 2006.*
- *Gibbs, M and Hill, T.: Coastal Climate Change Risk – Legal and Policy Responses in Australia, Blake Dawson, Commonwealth of Australia (Department of Climate Change and Energy Efficiency , 2011.*
- *Glenn, K. C., Post, A., Keene, J., Boyd, R., Fountain, L., Potter, A., Osuchowski, M., and Dando, N.: NSW Continental Slope SurB vey – Post Cruise Report, Geoscience Australia, Record 2008/14, 160 pp., 2008.*

- *Godschalk, D.R.: Disaster mitigation and hazard management. Emergency Management: principles and practice for local government, Drabek, E. T. and Hoetmer, G. J. (Eds. , International City Management Association, Washington DC, 1991.*
- *Goff, J., Hulme, K., McFadgen, B.: "Mystic Fires of Tamaatea": attempts to creatively rewrite New Zealand's cultural and tectonic past. Journal of the Royal Society of New Zealand 33, (4 , 795B809, 2003.*
- *Gordon, A.D., Lord, D.B., Nielsen, A.F.: "NSW Coastal Protection Act – a disaster waiting to happen, Proceedings of the 2011 NSW Coastal Conference, 2011.*
- *Gordon, A.D.: Beach Fluctuations and Shoreline Change – NSW, 8th Australasian Conference on Coastal and Ocean Engineering, Launceston , 1987.*
- *Green, C.: Handbook of water economics: principals and practice. Chichester: John Wiley, 2003.*
- *Greenaway M.A. & Smith D.I.: ANUFLOOD field guide. Canberra: Centre of Resource and Environmental Studies, Australian National University, 1983.*
- *Haehnel, R.B. and Daly, S.F.: Maximum impact force of woody debris on floodplain structures.*
- *Harig, S., Chaeroni, Pranowo, W. S. and Beherens, J.: Tsunami simulations on several scales: Comparison of approaches with unstructured meshes and nested grids, Ocean Dynamics. 58, 429–440. doi:10.1007/s10236B008B0162B5, 2008.*
- *Helman, P., Thomalla, F. and Metusela, C.: Storm tides, coastal erosion and inundation, report for the National Climate Change Adaptation Research Facility, Gold Coast, Australia, 2010.*
- *Imamura, F.: Tsunami numerical simulation with the staggered leapBfrog scheme, manuscript for TUNAMI code. School of Civil Engineering, Asian Inst. Tech., 45 p ISBN 0 7337 9289 8, 2009.*
- *Kelman, I. and Spence, R.: An overview of flood actions on buildings. Engineering Geology 73 297–309, 2004.*
- *Koshimura, S., Namegaya, Y., and Yanagisawa, H.: Tsunami Fragility: A new measure to assess tsunami damage. Journal of Disaster Research, 4:479;488, 2009a.*
- *Koshimura, S., Oie, T., Yanagisawa, H. & Imamura, F.: Developing fragility functions for tsunami damage estimation using numerical model and postBtsunami data from Banda Aceh, Indonesia, Coastal Engineering Journal, 51, 243B273, 2009b.*
- *Leone, F., Lavigne, F., Paris, R., Denain, J.C., and Vinet, F.: A spatial analysis of the December 26th, 2004 tsunamiBinduced damages: Lessons learned for a better risk assessment integrating buildings vulnerability. Applied Geography, 31(1 :363 ; 375. Natural Hazards, 2011. LGSA (Local Government and Shires Association of NSW :*

Climate Change Action Planning for Local Government Workshop Package, http://www.lgsaB plus.net.au/www/html/3063BclimateB changeBactionBplanningBforBlocalBgovernment.asp, 2011.

- *Liu, P., Synolakis, C. & Yeh, H.: Report on the international workshop on longBwave runBup, Journal of Fluid Mechanics, 229, 675B688, 1991.*
- *Lovholt, F., Pesersen, G., and Glimsdal, S.: Coupling of dispersive tsunami propagation and shallow water coastal response, The Open Oceanography Journal, In Caribbean Waves Special Issue (Ed. E. Pelinovsky , 4, 71–82, 2010. Manly Hydraulics Laboratory (MHL : NSW Estuary and River Water Levels Annual Summary 2007B2008. Technical Report No: MHL1847, October 2008.*
- *McInnes, K. L. and Hubert, G. D.: The impact of eastern Australian cutBoff lows on coastal sea levels, Meteorol. Appl. 8, 229–244, 2001.*
- *McInnes, K. L., Lipkin, F., O'Grady, J., Inman, M.: Mapping and responding to coastal inundation, Sydney Coastal Councils & CSIRO, in review.*
- *McInnes, K.L., Abbs, D. J., O'Farrell, S.P., Macadam, I., O'Grady, J., Ranasinghe, R.: Projected changes in climatological forcing for coastal erosion in NSW BA Project Undertaken for the NSW Department of Environment and Climate Change, CSIRO, August 2007.*
- *Messner, F., Penning BRowsell E., Green C., Meyer V., Tunstall S., van der Veen A: Evaluating flood damages: guidance and recommendations on principles and methods. FLOODsite report number T09B06B01, FLOODsite consortium, 2007.*
- *Middelmann Fernandes M., Sheehan D., Jordon P., Zoppou C. & Druery C. National catalogue of flood studies. New South Wales Floodplain Management Conference, 22–25 February 2005, Narooma, 2005.*
- *Middelmann Fernandes, M.H.: Flood damage estimation beyond stage damage functions: an Australian example. Journal of Flood Risk Management 3, 88–96, 2010. Ministry of Environment: Coastal Hazards and Climate Change. A Guidance Manual for Local Government in New Zealand. 2nd edition. Revised by Ramsay, D, and Bell, R. (NIWA . Prepared for Ministry for the Environment. viii+127 p., 2008.*
- *Morrison, C., Lucher, B., Withycombe, G.: What's the magic number – How can councils consider and plan for rising sea levels? Proceeding of the 2009 NSW Coastal Conference, 2009.*
- *Nicholls, R. J. et al. : Ranking Port Cities with High Exposure and Vulnerability to Climate Extremes: Exposure Estimates. OECD Environment Working Papers, No. 1, OECD Publishing. doi:10.1787/011766488208, 2008.*

- *Nielsen, A.F., Lord, D.B., Poulos, H.G.: Dune Stability Considerations for Building Foundations, Engineers Australia, Vol. CE34 No. 2, 1992.*
- *Nistor, I., Palermo, D., Nouri, Y., Murty, T. & Saatcioglu, M.: TsunamiBInduced Forces on Structures. In: Y. C. Kim (eds Handbook of Coastal and Ocean Engineering, World Scientific, Singapore, 261B286, 2009.*
- *Noormets, R., Crook, K. and Felton, E.: Sedimentology of rock shorelines 3. Hydrdynamics of megaBclast emplacement and transport on a shore platform, Oahu, Hawaii. Sedimentary Geology, 172, 41B65, 2004.*
- *Nott, J.: Extremely high energy wave deposits inside the Great Barrier Reef, Australia: determining the cause – tsunami or tropical cyclone. Marine Geology 141, 193B207, 1997.*
- *Nott, J.: The tsunami hypothesis – comparisons of the field evidence against the effects, on the Western Australian coast, of some of the most powerful storms on Earth. Marine Geology, 208 (1 , 1B12, 2004. NSW Government: Coastline Management Manual. ISBN 0730575063, 1990.*
- *Ferrer, F.J. (1993). Recomendaciones para el Cálculo Hidrometeorológico de Avenidas. Monografías, M37. CEDEX, Madrid, 76 págs.*
- *Ferrer, J. (1992). Análisis estadístico de caudales de avenida. Monografías, M26. Centro de Estudios Hidrográfi cos (CEDEX, MOPT), Madrid, 42 págs.*
- *Ferrer, M. (2003). Análisis de nuevas fuentes de datos para la estimación del parámetro número de curva: perfi les de suelos y teledetección. Cuadernos de Investigación C48. CEDEX, Madrid, 346 pp.*
- *Ferrer, M. (Dtora.); González de Vallejo, L.I.; García López-Davalillo, J.C.; Rodríguez, J.A.; Estévez, H.; Trimboli, M. (2004). Pérdidas por terremotos e inundaciones en España durante el periodo 1987-2001 y su estimación para los próximos 30 años (2004-2033). Instituto Geológico y Minero de España y Consorcio de Compensación de Seguros, Madrid, 126 pp.*
- *Camarasa, A.M., (2002). Crecidas e inundaciones. En: F.J. Ayala-Carcedo y J. Olcina Cantos (Coords.), Riesgos Naturales. 46, 859-877, Editorial Ariel, Ariel Ciencia, 1ª edición, 1512 pp., Barcelona.*
- *Guza, R. T., and E. B. Thornton, Wave set-up on a natural beach, d. GeophysR. es.,8 6, 4133-4137, 1981.*
- *Thornton,E . B., and R. T. Guza, Energys aturationa nd phases peeds measuredo n a natural beach,J . Geophys_. Res8.,7 , 9499-9508, 1982.*
- *Ruggiero, P., R.A. Holman, and R.A. Beach. 2004. Wave runup on a high energy dissipative beach, Journal of Geophysical Research, 109, 1-12.*

- *Stockdon, H.F., R.A. Holman, P.A. Howd, and A.H. Sallenger, Jr. 2006. Empirical parameterization of setup, swash and runup. Coastal Engineering, 53, 573-588.*
- *Holman, R.A. and R,T, Guza. 1984. Measuring runup on a natural beach. Coastal Engineering, 8, 129-140.*
- *Holman, R.A. and A.H. Sallenger. 1985. Setup and swash on a natural beach. Journal of Geophysical Research, 90(C1), 945-953.*
- *Hunt, I.A. 1959. Design of seawalls and breakwaters, J. Waterway Harbors Coastal Eng. ASCE, 85, 123-152.*
- *Díez Herrero, A.; Ballesteros, J.A.; Bodoque, J.M.; Eguíbar, M.A.; Fernández, J.A.; Génova, M.; Laín, L.; Llorente, M.; Rubiales, J.M.; Stoffel, M. (2008a). Mejoras en la estimación de la frecuencia y magnitud de avenidas torrenciales mediante técnicas dendrogeomorfológicas. Boletín Geológico y Minero, 118 (4).*
- *Díez Herrero, A. (2002a). Condicionantes geomorfológicos de las avenidas y cálculo de caudales y calados. En: F.J. Ayala-Carcedo y J. Olcina Cantos (Coords.), Riesgos Naturales. Cap. 49, págs. 921-952, Editorial Ariel, Ariel Ciencia, 1ª edición, 1512 págs., Barcelona.*
- *Díez Herrero, A. (2002b). Análisis del riesgo de inundación y Protección Civil. En: F.J. Ayala- Carcedo y J. Olcina Cantos (Coords.), Riesgos Naturales. Caso 12, págs. 1013-1020, Editorial Ariel, Ariel Ciencia, 1ª edición, 1512 págs., Barcelona.*
- *Díez Herrero, A. (2002c). Aplicaciones de los sistemas de información geográfica al análisis del riesgo de inundaciones fluviales. En: Laín Huerta, L. (Ed.), Los Sistemas de Información Geográfica en la Gestión de los Riesgos Geológicos y el Medio Ambiente, Serie: Medio Ambiente. Riesgos Geológicos, nº 3, págs. 85- 112, Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Madrid, 288 págs.*
- *Díez, A. (1997). Aplicación de la planificación para prevención de riesgo hidrológico en ámbito municipal. Diario de Sesiones del Senado, VI Legislatura, Comisiones, 162, 10-14.*
- *Díez, A. (2001-2003). Geomorfología e Hidrología fluvial del río Alberche. Modelos y SIG para la gestión de riberas. Serie Tesis Doctorales nº 2. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España (Ministerio de Ciencia y Tecnología), Madrid, 587 pp.+ anexo + CD-ROM.*
- *Díez, A. y Pedraza, J. de (1996). Procesos fluviales. En: J. de Pedraza (Dtor.), Geomorfología.*
- *Benito, G. (2002). La paleohidrología en el análisis de inundaciones. En: F.J. Ayala-Carcedo y J. Olcina Cantos (Coords.), Riesgos Naturales. Cap. 50, págs. 953-967,*

Editorial Ariel, Ariel Ciencia, 1ª edición, 1512 págs., Barcelona Principios, Métodos y Aplicaciones, pp. 199-257, Ed. Rueda, Madrid.

- *Díez, A. y Pujadas, J. (2002). Mapas de riesgos de inundaciones. En: F.J. Ayala-Carcedo y J. Olcina Cantos (Coords.), Riesgos Naturales. Cap. 53, págs. 997-1012, Editorial Ariel, Ariel, 1ª edición, 1512 págs., Barcelona.*
- *Barriendos M. y Coeur D. 2004. Systematic, palaeoflood and historical data for the estimation of flood risk assessment.*
- *Lastra, J.; Fernández, E.; Díez-Herrero, A. & Marquínez, J. (2005). Comparison of geomorphological-historical and hydrological-hydraulic methods in the análisis of flood risks: Some examples of watersheds in the northern Iberian Peninsula. In: F. Gutiérrez, M. Gutiérrez, G. Desir, J. Guerrero, P. Lucha, C. Martín, J.M. García-*
- *Ruiz (Eds.), Abstracts Volume, Sixth Intenational Conference on Geomorphology. Fluvial Geomorphology and Palaeohydrology, pag. 115. Zaragoza (Spain) September 7-11, IAG-SEG-UZAR, D.L. Z-2.162/2005.*
- *Benito, G.; Lain-Huertas, L.; Rey, R.; Machado, M.J.; Ojeda, R. & Romanos, M.J. (1996). Palaeotagus Database: Regional Palaeoflood Information for evaluating Flood Hazard and Water Resources in Central Spain. GLOCOPH' 96 Abstracts of Conference Papers, Toledo, pp. 31.*
- *Divoky, D. and McDougal, W.G. (2006) Response-based coastal flood analysis. Proc. 30th ICCE, ASCE, 5291-5301.*
- *Garrity, N.J., Battalio, R., Hawkes, P.J. and Roupe, D. (2006) Evaluation of the event and response approaches to estimate the 100-year coastal flood for Pacific coast sheltered waters. Proc. 30th ICCE, ASCE, 1651-1663.*
- *FEMA 2005. Wave runup and overtopping. FEMA Coastal Flood Hazard Analysis and Mapping Guidelines Focused Study Report, 51 pp.*
- *FEMA. 2003. Guidelines and specifications for Flood Hazard Mapping Partners. Appendix*
- *D: Guidance for Coastal Flooding Analyses and Mapping.*
- *Burchath, H.F. and Hughes, S.A. (2003). Fundamentals of Design (Part VI). In: Coastal Engineering Manual, US Army Corps of Engineers.*
- *Van der Meer, J. W. and Jansen, P. F. M. (1995) Wave Run-up and Wave Overtopping at Dikes. In: Demirbilek, Z. (ed.), Wave Forces on inclined and vertical wall structures, ASCE, 1-27.*
- *Sallenger, A. (2000). Storm impact scale for barrier islands. Journal of Coastal Research, 16, 890-895.*

- *Van Gent, M., Coeveld, E.M., DE Vroeg, H. and Van de Graaf, J. 2007. Dune erosion prediction methods incorporating effects of wave periods. Coastal Sediments 2007, ASCE, 612-625.*
- *Vellinga, P., 1986. Beach and dune erosion during storm surges. PhD thesis, Delft Hydraulics Communications No. 372, Delft Hydraulics Laboratory, Delft, The Netherlands.*
- *Larson, M., ERIKSON, L. and Hanson, H. (2004). An analytical model to predict dune erosion due to wave impact. Coastal Engineering 51, 675– 696.*
- *Komar, P.D., MCDougal, W.M., Marra, J.J. and Ruggiero, P. (2001). The rational analysis of setback distances: Applications to the Oregon Coast. Journal of Coastal Research 17, 407–419.*
- *Komar, P.D., MCDougal, W.M., Marra, J.J. and Ruggiero, P. (1999). The Rational Analysis of Setback Distances: Applications to the Oregon Coast. Shore & Beach 67, 41-49.*
- *Wise, R.S., Smith, S.J. and Larson, M. (1994). SBEACH: Numerical model for simulating storm-induced beach change, CERC, US Army Corps of Engineers, Vicksburg.*
- *Cañizares, R. and Irish, J.L. (2008). Simulation of storm-induced barrier island morphodynamics and flooding. Coastal Engineering, doi:10.1016/j.coastaleng.2008.04.006.*
- *Allsop, W., Kortenhaus, A. and Morris, M. (Eds) (2007) Failure mechanisms for flood defence assets. FLOODsite report T04-06-01.*
- *Tuan, T.Q., Verhagen, H.J., Visser, P. and Stive, M.J.F. 2006. Numerical modeling of wave overwash on low-crested sand barriers. Proc. 30th ICCE, ASCE, 2831-2843.*
- *Tuan, T.Q., Verhagen, H.J., Visser, P. and Stive, M.J.F. 2008. Process-based modeling of the overflow-induced growth of erosional channels. Coastal Engineering, 55, 468-483.*
- *Oumeracil, H., D'Eliso, C. and Kortenhaus, A. (2005) Breaching of coastal dikes: state of the art. FLOODsite report, LWI 910.*
- *Reeve, D. (Ed.) (2007) Predicting morphological changes in rivers, estuaries and coasts. FLOODsite report T05-07-02.*
- *Woodhead, S. (Ed.) (2007) Evaluation of inundation models. FLOODsite report T08-07-01.*
- *Prinos, P. (Ed) (2007) Review on Flood Hazard Mapping. FLOODsite Report T03-07-01.*
- Fritz, M., Borrero, J. C., Synolakis, C.E., Yoo, J. (2006). 2004 Indian Ocean tsunami flow velocity measurements from survivors videos, Geophysical Research Letters, 33, L24605.

- Wallingford, HR. (2003). Guide to Best Practice in Coastal Flood Forecasting. R&D Technical Report FD2206/TR2, DEFRA

PELIGROSIDAD DE INCENDIOS FORESTALES

- *Salas, F.J., y Chuvieco, E. (1995). Aplicación de imágenes Landsat-TM a la cartografía de modelos combustibles. Teledetección. 5: 1-12.*
- *Chuvieco, E. Cocero D. Riaño, D. et al. (2004): Combining NDVI and surface temperature for the estimation of live fuel moisture content in forest fire danger rating, 92: 322-331.*
- *Chuvieco, E., Salas, F.J., de la Riva, J., Pérez-Cabello, F. y lana-Renault, N.; 2004. Métodos para la integración de variables de riesgo: el papel de los sistemas de información geográfica (SIG). En Chuvieco, E. (Ed.) Nuevas tecnologías para la estimación del riesgo de incendios forestales. I.E.G. (CSIC). Madrid: 143-183*
- *Chladil M.A. y Nuñez M. (1995): Assessing grassland moisture and biomass in Tasmania. The application of remote sensing and empirical models for a cloudy environment, International Journal of Wildland Fire, 5: 165-171.*
- *Jang J. D. (2006): Thermal-Water stress index from satellite images. International Journal of Remote Sensing, (27) 8: 1619-1639.*
- *Leblon B. (2001): Forest wildfire hazard monitoring using remote sensing, a review. Remote Sensing Reviews, 20(1): 1-57.*
- *Chuvieco E., Aguado I., Cocero D. et al. (2003): Design of and empirical index to estimate fuel moisture con-tent from NOAA-AVHRR images in forest fire danger studies, International Journal of Remote Sensing, 24: 1621-1637*
- *Blas Morato, R. y Nieto Masot, A. (2008): SIG_Rural: una aplicación para la gestión de iniciativas de desarrollo rural en Extremadura. LEADER-PRODER. En: Hernández, L. y Parreño, J. M. (Eds.), Tecnologías de la Información Geográfica para el Desarrollo Territorial. Servicio de Publicaciones y Difusión Científica de la ULPGC. Las Palmas de Gran Canaria. Pp. 355-369.*
- *González-Calvo, A.; Hernández-Leal, P. A.; Alonso-Benito, A.; Arbelo, M. y Arvelo-Valencia, L. (2008): Modelado del riesgo de incendios forestales en las Islas Canarias usando datos de satélite y aplicaciones SIG. En: Hernández, L. y Parre-ño, J. M. (Eds.), Tecnologías de la Información Geográfica para el Desarrollo Territorial. Servicio de Publicaciones y Difusión Científica de la ULPGC. Las Palmas de Gran Canaria. Pp. 588-596.*
- *Chuvieco, E., Aguado, I., Yebra, M., Nieto, H., Martín, M. P., Vilar L., Martínez, J., Padrón, D., Martín, S. y Salas, J. 2007. Generación de un Modelo de Peligro de*

Incendios Forestales mediante Teledetección y SIG. XII Congreso de la Asociación Española de Teledetección. Mar de Plata, Argentina.

- *Díaz-Avalos, C., D. L. Peterson, E. Alvarado, S. A. Ferguson y J. E. Besag. 2001. Space–time modelling of lightning-caused ignitions in the Blue Mountains, Oregon. Canadian Journal of Forest Research, Vol. 31:1579- 1593.*
- *Podur. 2003. Spatial patterns of lightning-caused forest fires in Ontario, 1976–1998. Ecological Modelling, Vol. 164:1-20.*
- *Vilar, L. 2006. Empleo de regresión logística para la obtención de modelos de riesgo humano de incendios forestales. . p. CdRom XII Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica, Granada.*
- *Latham, D. y E. Williams. 2001. Lightning and forest fires. pp. 375-418 en E. A. Johnson, and K. Miyanishi, editores. Forest fires. Behavior and ecological aspects. Academic Press, San Diego, California.*
- *Wotton, B. M. y D. L. Martell. 2005. A lightning fire occurrence model for Ontario. Canadian Journal of Forest Research, Vol. 35:1389- 1401.*
- Cruz, M. G., Alexander, M. E. y Wakimoto, R. H. (2003): Assessing the probability of crown fire initiation based on fire danger indices. *Forestry Chronicle*, 79: 976-983.
- *Dissing, D. y D. L. Verbyla. 2003. Spatial patterns of lightning strikes in interior Alaska and their relations to elevation and vegetation. Canadian Journal of Forest Research, Vol. 33:770-782.*
- Holben B. N. (1986): Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. *Inter-national Journal of Remote Sensing*, 11: 1511-1519.
- *González-Calvo, A.; Hernández-Leal, P. A.; Alonso-Benito, A.; Arbelo, M. y Arvelo-Valencia, L. (2008): Modelado del riesgo de incendios forestales en las Islas Canarias usando datos de satélite y aplicaciones SIG. En: Hernández, L. y Parre-ño, J. M. (Eds.), Tecnologías de la Información Geográfica para el Desarrollo Territorial. Servicio de Publicaciones y Difusión Científica de la ULPGC. Las Palmas de Gran Canaria. Pp. 588-596. ISBN: 978-84-96971-53-0.*
- *González, C. (2006): "Análisis de Datos Cualitativos", Curso de Metodología de Investigación Cuantitativa. Técnicas Estadísticas. CSIC*
- *Pew, K.L., Larsen, C.P.S (2001): "GIS analysis of spatial and temporal patterns of humancaused wildfires in the temperate rain forest of Vancouver Island, Canada", Forest Ecology and Management, 140, pp. 1-18*
- *Rorig, M. L. y S. A. Ferguson. 2002. The 2000 Fire Season: Lightning-Caused Fires. Journal of Applied Meteorology, Vol. 41:786-791.*

- *Vélez, R. 2000. La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias. McGraw-Hill. Interamericana de EspañaS.A.U., Madrid.*
- *Martín Fernández, S., E. Martínez Falero y J. M. Pérez. 2002. Optimization of resources management of in wildfire combat. Environmental Management, Vol. 30:352-336. Holben, "Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data," International Journal of Remote Sensing, 7, p.p. 1417–1434, 1986.*
- *Gitelson, A., J. Y. Kaufmam, R. Stark y D. Rundquist. 2002. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. Remote Sensing of Environment, Vol. 80:76-87.*
- *Garcia, M. 2007. Estimación y cartografía del contenido de humedad del combustible vivo a partir de imágenes NOAA/AVHRR. Departamento de Geografía, Alcala de Henares Andrews, P. L. y C. H. Chase. 1990. The BEHAVE Fire Behavior Prediction System. The Compiler, Vol. 8:4-9.*
- *Cerccato, P., N. Gobron, S. Flasse, B. Pinty y S. Tarantola. 2002. Designing a spectral index to estimate vegetation water content from remote sensing data: Part 1 Theoretical approach. Remote Sensing of Environment, Vol. 82:188–197.*
- *Rouse, J. W., R. W. Haas, J. A. Schell, D. H. Deering y J. C. Harlan. 1974. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (Greenwave effect) of natural vegetation. NASA/GSFC, Greenbelt, MD. USA.*
- Nelson, R. (2001): *Forest fires: behavior and ecological effects.* Johnson and Miyanishi, editors, San Diego, 90 pp.
- Afifi, A. y Clark, V. (1998): *Computer-Aided multivariate analysis*. Chapman & Hall, London, 455 pp.
- Gitelson, A. A., Y. Zur, O. B. Chivkunova, and M. N. Merzlyak (2002), Assessing carotenoid content in plant leaves with reflectance spectroscopy, Photochem. Photobiol., 75, 272– 281.
- Rouse, J. W., R. W. Haas, J. A. Schell, D. H. Deering y J. C. Harlan (1974). Monitoring the vernal advancement and retrogadation (Greenwave effect) of natural vegetation. Greenbelt, MD. USA, NASA/GSFCT.
- Modugno*, S; Serra, P. y Badia, A. (2008): Dinámica del riesgo de ignición en un área de interfase urbano-forestal. En: Hernández, L. y Parreño, J. M. (Eds.), Tecnologías de la Información Geográfica para el Desarrollo Territorial. Servicio de Publicaciones y Difusión Científica de la ULPGC. Las Palmas de Gran Canaria. Pp. 650-659. ISBN: 978-84-96971-53- 0.*

PELIGROSIDAD DE DINAMICA DE VERTIENTES

- *Ayala-Carcedo, F.J. (2002). Análisis de riesgos por movimientos de ladera. En: Ayala-Carcedo, F.J. y Olcina, J. (Eds.). Riesgos naturales. Ed. Ariel, Barcelona, 379- 407.*
- *Ayala-Carcedo, F.J., Ferrer, M., González de Vallejo L.I., y Bertran de Herdia F. (1988). Catálogo nacional de riesgos geológicos. Instituto Tecnológico GeoMinero de España, Madrid.*
- *Carracedo, J.C., Guillou, H., Rodríguez Badiola, E., Pérez-Torrado, F.J., Rodríguez González, A., Paris, R., Troll, V., Wiesmaier, S., Delcamp, A. y Fernández-Turiel, J.L. (2009). La dorsal NE de Tenerife: hacia un modelo del origen y evolución de los rifts de islas oceánicas (The NE Rift of Tenerife: towards a model on the origin and evolution of ocean island rifts). Estudios Geológicos, 65 (1), 5-47*
- *Terlien, M.T.J. 1996. Modelling Spatial And Temporal Variations In Rainfall-Triggered Landslides. Ph.D. Thesis. ITC. Netherlands. Publication number 32.*
- *DeGraff, J.V. & Rosemberg, H.C. 1980. Regional landslide- susceptibility assessment for wildland managementa matrix approach. In Coates, D.R. & Vitek, J.D.(eds.), Thresholds in Geomorphology, Binghamton Symposium in Geomorphology, Allen and Unwin, London, pp. 401-415.*
- *Irigaray, C. (1995). "Movimientos de ladera: inventario, análisis y cartografía de la susceptibilidad mediante un Sistema de Información Geográfica. Aplicación a las zonas de Colmenar (Málaga), Rute (Córdoba) y Montefrío (Granada)". Tesis Doctoral, Universidad de Granada.*
- *Ferrer, M. y Ayala, F., 1997. Relaciones entre desencadenamiento de movimientos y condiciones meteorológicas para algunos deslizamientos de España. IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. Vol. I, pp. 185-198.*
- *Corominas, J. (2002). Predicción temporal de los movimientos de la ladera. En: F. J . Ayala-Carcedo y J . Corominas, (eds.). (2003). Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG. Fundamentos y aplicaciones en España. Instituto Geológico y Minero de España, 37-54.*
- *Irigaray, C. (1999). "Análisis de la susceptibilidad a los movimientos de ladera mediante un Sistema de Información Geográfica". Memoria del Proyecto Investigador del la Plaza de Profesor Titular de Universidad. Granada. (Inédito).*
- *Bosque, J. (1992). "Sistemas de Información Geográfica". Rialp ed. Madrid. 451 pp.*
- *Brabb, E.E. (1991). "The World Landslide Problem". Episodes 14, 52-61.*

- *Chacón, J. e Irigaray. C. (1992). "Metodología para la elaboración de mapas de riesgos de movimientos de ladera" III Congreso Geológico de España; Simposios, 2: 620-627. Salamanca.*
- *Chacón, J. (1999). "Riesgos naturales en el borde suroriental de la Depresión de Granada" Ciclos Naturales y Desarrollo Sostenido; Grupo Editorial Universitario. Granada. 71-134.*
- *El Hamdouni, R. (2001). "Estudio de movimientos de ladera en la cuenca del río Ízbor mediante un SIG: contribución al conocimiento de la relación entre tectónica activa e inestabilidad de vertientes" Tesis Doctoral; Universidad de Granada. 429 pp.*
- *Felicísimo, (1994). ""Modelos Digitales del Terreno. Introducción y aplicación en las Ciencias Ambientales" Pentalfa Ediciones. Oviedo. 221 pp.*
- *Fernández, T. (2001). "Cartografía, análisis y modelado de la susceptibilidad a los movimientos de ladera en macizos rocosos mediante SIG: Aplicación a diversos sectores del sur de la provincia de Granada" Tesis Doctoral; Universidad de Granada. 648 pp.*
- *Bonham-C arter, G.F., Agterberg, F.P. and Wright, D.F., 1990 , Weights of evidence m odelling: A new approach to mapping min eral pote ntial, in Ag terberg, F .P. and Bonham-Carter, G.F ., (eds.), Statistical Applications in the Earth S ciences: Geol. Survey of Ca nada, Pap er 89-9 , p. 171 -183.*
- *Carrara A., 1983. Multivariate Models for Landslide Hazard Evaluation, Mathematical Geology, Vol. 15, No. 3, 1983*
- *Carrara A, M. Cardinali, and F. Guzzetti 1992. Uncertainty in Assessing Landslide Hazard and Risk. ITC Journal, No. 2, pp. 172-183.*
- *Carrara A., M. Cardinali, R. Detti, F. Guzzetti, V. Pasqui, and P. Reichenbach 1991. GIS Techniques and Statistical Models in Evaluating Landslide Hazard. Earth Surface Processes and Landforms, Vol. 16, 427-445 (1991)*
- *Carrara A., M. Cardinali, F. Guzzetti, and P. Reichenbach, 1995. GIS Technology in Mapping Landslide Hazard, Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards (A. Carrara and F. Guzzetti, editors, Kluwer Academin Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 135-175.*
- *Chung C.F., A.G. Fabbri and C.J. van Westen, 1995. Multivariate Regression Analysis for Landslide Hazard Zonation, Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards (A. Carrara and F. Guzzetti, editors, Kluwer Academin Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 107-133.*
- *Chung C.F., and A.G. Fabbri, 1999. Probabilistic Prediction Model for Landslide Hazard Mapping. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Vol. 65, No. 12 1999*

- *Hammond, C., D. Hall, S. Miller and P. Swetik, (1992), "Level I Stability Analysis (LISA) Documentation for Version 2.0," General Technical Report INT-285, USDA Forest Service Intermountain Research Station.*
- *Hervas, J., Barredo, J. & Lomoschits, A. (2002). Elaboración de mapas de susceptibilidad de deslizamientos mediante SIG, teledetección y métodos de evaluación multicriterio. Aplicación a la depresión de Tirajana (Gran Canaria). En F. J. Ayala – Carcedo y J. Coraminas, (eds). (2003) Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG. Fundamentos y aplicaciones en España. Instituto Geológico y Minero de España. 169-180*
- *Santacana N, Baeza C, Corominas J, de Paz A and Marturià J (2003) A GIS-based multivariate statistical analysis for shallow landslide stability mapping in La Pobla de Llet area (Eastern Pyrenees, Spain. Natural Hazards.*
- *Santacana N and Corominas J (2002) Example of validation of landslide suceptibility maps. Rybár J, Stemberk J and Wagner P (Eds.) Landslides, 24-26 June 2002. Prague, Czech Republic, A.A. Balkema:305-10.*
- *Saaty, T.L. (1980) The Analytic Hierarchy Process, New York: McGraw Hill. International, Translated to Russian, Portuguese, and Chinese, Revised editions, Paperback (1996, 2000), Pittsburgh: RWS Publications.*
- *Eastman, J.R. ,W. Jin, P. Kyem, y J. Toledano. 1992. Participatory procedures for multi criteria evaluations in GIS. Proceedings, in GIS'92, pp. 281–88. Buffalo, N.Y.*
- *Eastman, J.R. , P. Kyem, y J. Toledano. 1993. A procedure for multi-objective decision making in GIS under conditions of multiple objectives. Proceedings, EGIS'93, pp. 438–47.*
- *Eastman, J.R. ,W. Jin, P. Kyem, y J. Toledano. 1995. GIS in Decision Making. UNITAR. Vol. 4. Explorations in Geographic Information Systems Technology. Clark University.*
- *Eastman, J.R. ,W. Jin, P. Kyem, y J. Toledano. 1995. Raster procedures for multi criteria? Multi-objective decisions. Photogrammetric Enginnering & Remote Sensing. 61(5): 539–47. Voogd, H. (1983) Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning, Pion, Londres.*
- *Ferrer, M. (1991). Mapas de peligrosidad por movimientos de ladera. I Bienal Española de Ingeniería Geológica y Minera. Tomo I. IGME. Madrid.*
- *Varnes, D.J. (1984). Landslide Hazard Zonation: a review of principles and practice. Commission on landslides of the IAEG, UNESCO. Natural Hazards No. 3, 61 pp.*
- *Corominas, J. 1992. Landsliderisk assessment and zoning. En: Cendrero, A. Luttig, G. y Wolff, F. CH. eds, Planing the use of the Earths Surface. Lecture Notes in Eath Sciencies 42. Springer-Verlag, 141-173*

- *Ayala-Carcedo, F.J. y Andreu, F. J. (eds) 1987. Manual de Taludes. Serie Geotécnica. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. 456 pp.*
- *Alonso, E. 1989. Análisis de la estabilidad de taludes. Casos simples. En: Estabilidad de taludes y laderas inestables. Monografía S.E.G., 3, 97-118.*
- *Ferrer , M. y Ayala, F. 1997. Relaciones entre desencadenamiento de movimientos y condiciones meteorológicas para algunos deslizamientos en España. IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. Vol I. pp. 185-198.*
- *Terlien, M.T.J. 1996. Modelling Spatial And Temporal Variations In Rainfall-Triggered Landslides. Ph.D. Thesis. ITC. Netherlands. Publication number 32.*
- *Carracedo, J.C., Guillou, H., Rodríguez Badiola, E., Pérez-Torrado, F.J., Rodríguez González, A., Paris, R., Troll, V., Wiesmaier, S., Delcamp, A. y Fernández-Turiel, J.L. (2009). La dorsal NE de Tenerife: hacia un modelo del origen y evolución de los rifts de islas oceánicas (The NE Rift of Tenerife: towards a model on the origin and evolution of ocean island rifts). Estudios Geológicos, 65 (1).*
- *Ayala-Carcedo F.J. y Coraminas, J. (eds). (2003) Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG. Fundamentos y aplicaciones en España. Instituto Geológico y Minero de España. 169-180.*
- *Yin, K.L.y Yan, T.Z. (1988). Stadistical preidiction model for slope instability of metamorphosed rock. Proceeding 5º International Symposium on Landslides, Lausanne, Switzerland, 2 1269-1272.*
- *Rogers, C.T. y Sitar, N. 1994. Integrating expert opinion and empirical data to evaluate landslide hazard. I Simposio Panamericano de deslizamientos de tierra, 1, 264-279.*

EXPOSICIÓN

- *Suárez Vega, Rafael; Santos Peñate, Dolores R. y Dorta González, Pablo (2008): Generación de un modelo superficial de la población de Gran Canaria. En: Hernández, L. y Parreño, J. M. (Eds.), Tecnologías de la Información Geográfica para el Desarrollo Territorial. Servicio de Publicaciones y Difusión Científica de la ULPGC. Las Palmas de Gran Canaria. Pp. 183-193. ISBN: 978-84-96971-53-0.*
- *Santos Preciado, J.M. y García Lázaro, F.J. (2003): El Método Dasimétrico-Picnofiláctico: Un procedimiento para la desagregación de datos censales. IX Conferencia Iberoamericana de SIG, Cáceres.*
- *Tarkoma, J. (2008). Dwellings and Housing Conditions. Statistics Finland 2008.*

VULNERABILIDAD

- *Cutter, Susan L. and Christopher T. Emrich (2006),"Moral Hazard, Social Catastrophe: The Changing Face of Vulnerability along the Hurricane Coasts", The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science, 604, pp.102-112.*
- *Cutter, Susan L.; Boruff, Bryan J. and W. Lynn Shirley (2003),"Social Vulnerability to Environmental Hazards", SOCIAL SCIENCE QUARTERLY, Volume 84, Number 2, pp. 242-261.*
- *Davidson, R (1997) An Urban Earthquake Disaster Risk Index. PhD thesis, Department of Civil Engineering, Stanford University, USA, California, USA.*
- *Dwyer, A., Zoppou, C., Nielsen, O., Day, S. & Roberts, S. (2004), Quantifying Social Vulnerability: A methodology for identifying those at risk to natural hazards, GeoCat No. 61168, Geoscience Australia.*
- *Granger, K.; Jones, T. and G. Scott (1999) Community Risk in Cairns: a multi-hazard risk assessment, Technical report, Geoscience Australia, Commonwealth Government of Australia, Canberra.*
- *Saaty, T.L.(1980) The Analytic Hierarchy Process, New York: McGraw-Hill.*
- *Ngo, . (2001). When disasters and age collide: Reviewing vulnerability of the elderly. Natural hazards review, 2(2), 80*
- *Peacock, W. G., & Girard, C. (1997). Ethnic and racial inequalities in hurricane damage and insurance settlements. In W. G. Peacock, B. H. Morrow & C. Girard (Eds.), Hurricane Andrew: Ethnicity, gender and the sociology of disasters (pp. 171). London: Routledge.*
- *Rygel, L., O'Sullivan, D., & Yarnal, B. (2006). A method for constructing a social vulnerability index: an application to hurricane storm surge in a developed country. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change (2006). 11:741-764.*
- *United Nations Development Program (UNDP). (2000). Human development report 2000. New York: Oxford University Press.*
- *World Resources Institute. (1993). The 1993 information please environmental almanac. Boston, Mass.: Houghton Mifflin.*
- *Wu, S. Y., Yarnal, B., & Fisher, A. (2002). Vulnerability of coastal communities to sea-level rise: A case study of cape may county, new jersey, USA. Climate Research, 22, 255.*
- *Yarnal, B. (1994). Agricultural decollectivization and vulnerability to environmental change: A Bulgarian case study. Global Environmental Change, 22, 255.*
- *Finn, W. D. Liam (2004). Earthquake Engineering in Canada: A Selective Overview, http://www.caee.uottawa.ca/Finn.pdf*

- *Garoogian, D. (2005). America's top-rated cities: A statistical handbook. Millerton, NY.: Grey House Publishing.*
- *Hewitt, K. (1997). Regions of risk: A geographical introduction to disasters. Essex, U.K.: Longman.*
- *Kasperson, J. X., Kasperson, R. E., & Turner, B. L. (Eds.). (1995). Regions as risk: Comparisons of threatened environments. Tokyo: United Nations University Press.*
- *Kleinosky. (2007). Vulnerability of hampton roads, virginia to storm-surge flooding and sea-level rise. Natural hazards, 40(1)*
- *Mileti, D. S. (Ed.). (1999). Disasters by design: A reassessment of natural hazards in the United States. Washington D.C.: Joseph Henry Press.*
- *Miringhoff, M. L. (1999). The social health of the nation: How America is really doing. New York: Oxford University Press.*
- *Morrow, B. H. (1999). Identifying and mapping community vulnerability. Disasters, 23(1), 1.*
- *Morrow, B. H., & Ennerson, E. (1996). Hurricane andrew through women's eyes: Issues and recommendations. Interantional Journal of Mass Emergencies and Disasters, 14(1), 5.*
- *Natural Resources Canada. http://www.nrcan.gc.ca/com/index-eng.php. accessed 2/2008*
- *Cutter, S. L., Mitchell, J. T., & Scott, M. S. (1997). Handbook for conducting a GIS-based hazards assessment at the county level, South Carolina Emergency Preparedness Division, Office of the Adjutant General.*
- *Cutter, S.L. (2008). The SoVI Recipe. Unpublished manuscript from author.*
- *Adger, W. N., Brooks, N., Bentham, G., Agnew, M., & Eriksen, S. (2004). New indicators of vulnerability and adaptive capacity (No. 7). Norwich, UK: Tyndall Centre for Climate Change Research.*
- *Alwang, J., Siegel, P. B., & Jorgensen, S. L. (2001). Vulnerability: A view from different disciplines (No. 0115). Washington, DC: Social Protection Unit, Human Development Network, The World Bank. from: http://siteresources.worldbank.org/SOCIALPROTECTION/Resources/SP-Discussion papers/Social-Risk-Management-DP/0115.pdf*
- *British Columbia Provincial Emergency Program. (1999) British Columbia*
- *Earthquake Response Plan. http://www.pep.gov.bc.ca/hazard_plans/eqplan99/eqplan99.pdf*

- *Clark, . (1998). Assessing the vulnerability of coastal communities to extreme storms: The case of revere, MA., USA. Mitigation and adaptation strategies for global change, 3(1), 59*
- *Cutter, S. L. (1985). Rating places: a view on quality of life. Washington D.C.: Association of American Geographers.*
- *Cutter, S. L. (1996). Vulnerability to environmental hazards. Progress in Human Geography, 20(4), 529.*
- *Cutter, S. L. (2001). American hazardscapes: The regionalization of hazards and disasters. Washington D.C.: Joseph Henry Press.*
- *Social Capital Community Benchmark Survey. 2002. Available at /http://www.cfsv.org/ communitysurvey/results.htmlS.*
- *Tierney, K. J., M. K. Lindell, and R. W. Perry. 2001. Facing the Unexpected: Disaster Preparedness and Response in the United States. Washington, D.C.: Joseph Henry Press.*
- *Tobin, G. A., and J. C. Ollenburger. 1993. Natural Hazards and the Elderly. Boulder, Colo.:*
- *University of Colorado, Natural Hazards Research and Applications Information Center. United Nations Development Program (UNDP). 2000. Human Development Report 2000. New York: Oxford University Press.*
- *U.S. Environmental Protection Agency. 2002. Environmental Indicators. Available at/http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/ca/eis.htmS.*
- *U.S. Health and Human Services Administration. 2001. Community Health Status Report Available at /www.communityhealth.hrsa.govS.*
- *Webb, G. R., K. J. Tierney, and J. M. Dahlhamer. 2000. ''Business and Disasters: Empirical*
- *Patterns and Unanswered Questions.'' Natural Hazards Review 1(2):83–90.*
- *World Bank. 2001. World Development Indicators. Environmental Indicators. Available at /www.worldbank.org/wdi2001/environment.htmS.*
- *World Economic Forum. 2000. Pilot Environmental Sustainability Index. New Haven, Conn.: Yale Center for Environmental Law and Policy.*
- *World Resources Institute. 1993. The 1993 Information Please Environmental Almanac. Boston, Mass.: Houghton Mifflin.*
- *Mitchell, J. K., ed. 1999. Crucibles of Hazard: Mega-Cities and Disasters in Transition. Tokyo: United Nations University Press.*
- *Morrow, B. H., and B. Phillips. 1999. ''What's Gender 'Got to Do With It'?'' International Journal of Mass Emergencies and Disasters 17(1):5–11.*

- *National Research Council. 2000. Ecological Indicators for the Nation. Washington, D.C.: National Academy Press.*
- *O'Brien, P., and D. Mileti. 1992. ''Citizen Participation in Emergency Response Following the Loma Prieta Earthquake.'' International Journal of Mass Emergencies and Disasters 10: 71–89.*
- *Platt, R. 1995. ''Lifelines: An Emergency Management Priority for the United States in the 1990s.'' Disasters 15:172–76.*
- *Puente, S. 1999. ''Social Vulnerability to Disaster in Mexico City.'' Pp. 295–334 in J. K. Mitchell, ed., Crucibles of Hazard: Mega-Cities and Disasters in Transition. Tokyo: United Nations University Press.*
- *Pulido, L. 2000. ''Rethinking Environmental Racism: White Privilege and Urban Development in Southern California.'' Annals of the Association of American Geographers 90:12–40.*
- *Putnam, R. D. 2000. Bowling Alone: Collapse and Revival of the American Community. New York: Simon & Schuster.*
- *Rossi, R. J., and K. J. Gilmartin. 1980. The Handbook of Social Indicators: Sources, Characteristics and Analysis. New York: Garland STPM Press.*
- *Savageau, D. 2000. Places Rated Almanac. Foster City, Cal.: IDG Books.*
- *Shaw-Taylor, Y. 1999. Measurement of Community Health: The Social Health Index. Lanham, Md.: University Press of America.*
- *Smith, D. 1973. Geography of Social Well Being. New York: McGraw Hill.*
- *Smith, T. W. 1981. ''Social Indicators: A Review Essay.'' Journal of Social History 14:739–47.*
- *Cutter, S. L., B. Boruff, and W. L. Shirley. 2001. ''Indicators of Social Vulnerability to Hazards.'' Unpublished paper. Columbia, S.C.: University of South Carolina, Hazards Research Lab.*
- *Cutter, S. L., J. T. Mitchell, and M. S. Scott. 2000. ''Revealing the Vulnerability of People and Places: A Case Study of Georgetown County, South Carolina.'' Annals of the Association of American Geographers 90(4):713–37.*
- *Dow, K. 1992. ''Exploring Differences in Our Common Future(s): The Meaning of Vulnerability to Global Environmental Change.'' Geoforum 23(3):417–36.*
- *Downton, M. W., and R. A. Pielke. 2001. ''Discretion Without Accountability: Politics Flood Damage, and Climate.'' Natural Hazards Review 2(4):157–66.*
- *Drabek, T. E. 1996. Disaster Evacuation Behavior: Tourists and Other Transients. Program on Environment and Behavior Monograph No. 58, Institute of Behavioral Science. Boulder, Colo.: University of Colorado.*

- *Duncan, O. D. 1969. Towards Social Reporting: New Steps. New York: Russell Sage Foundation.*
- *Enarson, E., and B. Morrow. 1998. The Gendered Terrain of Disaster. New York: Praeger.*
- *Enarson, E., and J. Scanlon. 1999. ''Gender Patterns in Flood Evacuation: A Case Study in Canada's Red River Valley.'' Applied Behavioral Science Review 7(2):103–24.*
- *Esty, D., and P. K. Cornelius, eds. 2002. Environmental Performance Measurement: The Global Report 2001–2002. New York: Oxford University Press.*
- *Fothergill, A. 1996. ''Gender, Risk, and Disaster.'' International Journal of Mass 14(1):33–56.*
- *Garoogian, D. 1999. 2000 America's Top-Rated Cities: A Statistical Handbook (7th ed.). Lakeville, Conn.: Grey House Publishing.*
- *Goldman, B. A. 1991. The Truth About Where You Live. An Atlas for Action on Toxics and Mortality. New York: Random House.*
- *Hall, B., and M. L. Kerr. 1991. 1991–1992 Green Index. Washington D.C.: Island Press.*
- *Heinz Center for Science, Economics, and the Environment. 2000. The Hidden Costs of Coastal Hazards: Implications for Risk Assessment and Mitigation. Covello, Cal.: Island Press.*
- *Hewitt, K. 1997. Regions of Risk: A Geographical Introduction to Disasters. Essex, U.K.:*
- *Longman.*
- *Land, K. C. 1983. ''Social Indicators.'' Annual Review of Sociology 9:1–26.*
- *Land, K. C., and S. Spilerman. 1975. Social Indicator Models. New York: Russell Sage Foundation.*
- *Anderson, M. B. 2000. ''Vulnerability to Disaster and Sustainable Development: A General Framework for Assessing Vulnerability.'' Pp. 11–25 in R. Pielke, Jr. and R. Pielke Sr., eds. Storms (Vol. 1). London: Routledge.*
- *Blaikie, P., T. Cannon, I. Davis, and B. Wisner. 1994. At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters. London: Routledge.*
- *Bolin, R. 1993. Household and Community Recovery After Earthquakes. Boulder, Colo.: Institute of Behavioral Science, University of Colorado.*
- *Bolin, R., and L. Stanford. 1991. ''Shelter, Housing and Recovery: A Comparison of US Disasters.'' Disasters 15(1):24–34.*
- *Bolin, R., with L. Stanford. 1998. The Northridge Earthquake: Vulnerability and Disaster. London: Routledge.*
- *Burton, I., R. W. Kates, and G. F. White. 1993. The Environment as Hazard (2nd ed.). New York: Guildford.*

- *Comfort, L., B. Wisner, S. Cutter, R. Pulwarty, K. Hewitt, A. Oliver-Smith, J. Wiener, M. Fordham, W. Peacock, and F. Krimgold. 1999. ''Reframing Disaster Policy: The Global Evolution of Vulnerable Communities.'' Environmental Hazards 1(1):39–44.*
- *Cova, T. J., and R. L. Church. 1997. ''Modeling Community Evacuation Vulnerability Using GIS.'' International Journal of Geographical Information Science 11:763–84.*
- *Cutter, S. L. 1985. Rating Places: A Geographer's View on Quality of Life. Washington D.C.: Association of American Geographers.*
- *DEFRA, (2008) Assessing And Valuing The Risk To Life From Flooding For Use In Appraisal Of Risk Management Measures, Gran Bretaña*
- *Chávez, J. (1998), "Evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo sísmico a escala regional: Aplicación a Cataluña.", Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 343 p.*
- *Roca, A., Goula, X., Susagna, T., Chávez, J., González, M. y Reinoso, E. (2006). "A simplified method for vulnerability assessment of dwelling buildings and estimation of damage scenarios in Catalonia", Bulletin of Earthquake Engineering, 4, 141 -158*
- *Mouroux, P. y Lebrun, B. (2006), RISK-UE project: an advanced approach to earthquake risk scenarios with application to different european towns., In: C. S. Oliveira, A. Roca y X. Goula, (Editors), Assessing and Managing Earthquake Risk, pp 479 - 508, Springer.*
- *Giovinazzi, S. y Lagomarsino, L., (2002), "A methodology for the vulnerability analysis of built-up areas", Proceedings of the International Conference on Earthquake Loss Estimation and Risk Reduction, Bucharest, DVD-Rom*
- *González, M., Irizarry, J., Susagna, T., Goula, X. y Pujades, Ll. (2007). "Realización de escenarios de daños en el Principado de Andorra: Aplicación a la zona más poblada del País." 3er Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, 8-11 Mayo 2007, Girona.*
- *Giovinazzi, S. y Lagomarsino, S. (2004), "A macroseismic method for vulnerability assessment of buildings", Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake*
- *Irizarry, J., A. Macau, T. Susagna, R. García, S. Figueras, T. Goded, D. Clavero y A. Pazos (2007). Escenarios de riesgo sísmico para la ciudad de Málaga. 3er Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. Gerona, 8-11 mayo 2007, 18 pp.*
- *Giovinazzi, S. (2005). The vulnerability assessment and damage scenario in seismic risk analysis. Tesis Doctoral. Technical University of Braunschweig. Alemania. 300 pp.*
- *Mañà, F. (1995). "Vulnerabilidad de las construcciones tradicionales respecto a un sismo de grado VI o VII". Informe ITEC (inédito).*

- *Remer, A. (2011). GIS as a Tool for Assessing Volcanic Hazards, Vulnerability, and at Risk Areas of the Three Sisters Volcanic Region, Oregon. Department of Resource Analysis, Saint Mary's University of Minnesota, Minneapolis, MN 55402*
- *Blong, R. (1984) Volcanic hazards: a sourcebook on the effects of eruptions, Sydney, Academic Press, pp.424.*
- *Pomonis, A., Spence, R. J. S. & Baxter, P. J. (1999) Risk assessment of residential buildings for an eruption of Furnas Volcano, São Miguel, the Azores. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 92(1-2), 107-131.*
- *Spence, R. J. S., Kelman, I., Calogero, E., Toyos, G., Baxter, P. J. & Komorowski, J. C. (2005b) Modelling expected physical impacts and human casualties from explosiv volcanic eruptions. National Hazards and Earth Systems Science, 5(6), 1003-1015.*
- *Spence, R. J. S., Kelman, I., Baxter, P. J., Zuccaro, G. & Petrazzuoli, S. (2005a) Residential building and occupant vulnerability to tephra fall. National Hazards and Earth Systems Science, 5(4), 477.*
- *Baxter, P. J., Boyle, R., Cole, P., Neri, A., Spence, R. & Zuccaro, G. L. (2005) The impacts of pyroclastic surges on buildings at the eruption of the Soufrière Hills volcano, Montserrat. Bulletin of Volcanology, 67(4), 292-313.*

PÁGINAS WEB CONSULTADAS

GENERALES

- *ISTAC Instituto Canario de Estadística http://www.gobiernodecanarias.org/istac/index.html*
- *GRAFCAN, Cartografía de Canarias, S.L. http://www.canarias.org/grafcan/homeEXP.htm*
- *http://www.unisdr.org/*
- *http://csc.uoregon.edu/opdr/stateplan/part1*
- *Natural Hazards Support System (NHSS)*
- *Disaster Risk Assessment & Monitoring http://www.adpc.net/2012/DRAM/Default.asp*
- *http://www.gripweb.org/gripweb/?q=content-type/databases_information_systems&field_country_tid=All&term_node_tid_depth=All&field_riskassess_tid=All&field_geocoverage2_tid=All&field_themes_tid=All&field_hazard2_tid=All&field_sector_tid=All&field_elementrisk_tid=All&page=1*
- *http://www.sergiogarciacruz.com/2012/03/avisos-y-alertas-meteorologicas.html*
- *Planes Especiales - Dirección General de Protección Civil y Emergenciashttp://www.proteccioncivil.org/planes-especiales-todos*

- *FEMA Map Service Center https://msc.fema.gov/webapp/wcs/stores/servlet/FemaWelcomeView?storeId=10001&catalogId=10001&langId=-1*

VOLCÁNICO

- *http://www.volcanesdecanarias.com/index.php?lang=es*
- *http://www.gi.ulpgc.es/geovol/*
- *http://www.bgs.ac.uk/vogripa/view/controller.cfc?method=projectPlan*

SÍSMICO

- *http://www.saferproject.net/index.htm*
- *http://www.neries-eu.org/*
- *Grupo de Investigación de Ingeniería Sísmica http://www2.topografia.upm.es/grupos/sismo/MsDifusion*
- *Evaluación del riesgo sísimico_catalunia http://www.igc.cat/web/es/sismologia_atles_risc.html*
- *http://www.cseptesting.org/node/55*
- *Catálogo sísmico .. SISMIMUR http://www.112rm.com/dgsce/planes/sismimur/sis_anexo_4.html*

INCENDIOS FORESTALES

- *The Wildland Fire Assesment System (WFAS) http://www.wfas.net/*
- *http--www.usfa.fema.gov-fireservice-emr-isac-infograms-ig2011-40-11*
- *Estadísticas de incendios forestales - Defensa contra incendios forestales - Biodiversidad - magrama http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/defensa-contra-incendios-forestales/estadisticas-de-incendios-forestales/default.aspx*
- *El Tiempo. Rayos - Canarias - Agencia Estatal de Meteorología - AEMET. Gobierno de España*
- *http://www.aemet.es/es/eltiempo/observacion/rayos?w=1*
- *http://www.geogra.uah.es/fireglobe/index.php/cartografia*

DINÁMICA DE LADERAS

- *Comisión Europea CORDIS Noticias Creación de un sistema de alerta rápida contra desprendimientos. http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=ES_NEWS&ACTION=D&SESSION=&RCN=33295*
- *GEOteca http://www.uam.es/docencia/geoteca/geoteca.html*

- *Riscos geológicos no arquipélago de Cabo Verde alvo de análise em Congresso Intenacional de Geociências http://www.cvarg.azores.gov.pt/noticias/Paginas/20120518-Congresso-CPLP-Jeremias.aspx*
- *Texas Geographic Society http://maps.texasgs.org/thmp/thmp_lev4.php*

INUNDACIONES

- *Riscos geológicos no arquipélago de Cabo Verde alvo de análise em Congresso Intenacional de Geociências*
- *http://www.cvarg.azores.gov.pt/noticias/Paginas/20120518-Congresso-CPLP-Jeremias.aspx*
- *Texas Geographic Society http://maps.texasgs.org/thmp/thmp_lev4.php*

VISORES DE RIESGOS

- *Natural Hazards Viewer ngdc.noaa.gov http://maps.ngdc.noaa.gov/viewers/hazards/*
- *Natural Hazards and Vulnerabilities Atlas Global Edition http://www.pdc.org/world/html/world-viewer.jsp*
- *IGC Visor de Riscos geològics http://siurana.igc.cat/visorIGC/riscos.jsp*

ANEXO II: GLOSARIO

Riesgo sísmico

Acción sísmica: Esfuerzo mecánico aplicado a las construcciones como consecuencia de un terremoto.

Aceleración: Aumento de la velocidad del movimiento del suelo en función del tiempo. Se utiliza en la ingeniería sísmica para definir el movimiento vibratorio del suelo o de las estructuras; se expresa en fracción de gravedad (g).

Aceleración sísmica: Aceleración del movimiento del terreno producido por las ondas sísmicas generadas por un terremoto.

Acelerógrafo: Instrumento para registrar la aceleración del terreno en función del tiempo. Aparato que tiene como función registrar en una gráfica el movimiento del terreno (aceleración), durante un temblor.

Acelerógrafo digital: Acelerógrafo que permite el registro directo de la aceleración del suelo en forma digital.

Aislamiento sísmico: Sistema usado para limitar la transferencia de fuertes movimientos de tierra a las estructuras.

Ampliación sísmica: Crecimiento de las amplitudes de las ondas sísmicas frecuentemente observado en valles aluviales, asociado al efecto del lugar.

Amplificación: Fenómeno por el que se incrementan los efectos de un terremoto en una determinada localización debido a una focalización de las ondas sísmicas. Ésta puede ser debida a la topografía terrestre, a la topografía del basamento o a la estructura de los sedimentos.

Amplitud: Es la máxima altura de la cresta de una onda sísmica.

Atenuación: Disminución de la energía sísmica con la distancia desde la fuente sísmica.

Constante sísmica: En los códigos de construcción se debe tomar en cuenta el comportamiento de amenaza sísmica. Estos valores de aceleración (en unidades de gravedad) que una construcción debe soportar se llama constante sísmica.

Construcción sismorresistente: Es el tipo de edificio que a través de su diseño y construcción se ajusta a parámetros establecidos por un reglamento o norma que busca desarrollar estructuras con razonable seguridad para la vida.

Corteza: La capa exterior delgada de la superficie de la Tierra, cuyo espesor promedio es de 10 kilómetros bajo los océanos y de 50 kilómetros bajo la corteza continental.

Daños estructurales: El daño severo o colapso de muchas estructuras durante terremotos importantes es, por lo general, consecuencia directa de la falla de un solo elemento o serie de elementos con ductilidad o resistencia insuficiente.

Deslizamiento: Es un movimiento abrupto de tierra y rocas en una pendiente en repuesta a la fuerza de gravedad. Los deslizamientos pueden ser ocasionados por un terremoto u otro fenómeno natural. Los deslizamientos bajo el mar pueden causar Tsunamis.

Epicentro: Punto sobre la superficie de la Tierra directamente arriba del foco o hipocentro de un sismo. Para determinar con precisión el epicentro de un sismo, se requiere del apoyo de varias estaciones sismológicas.

Falla: Enorme masa de estrato de la litosfera en continuo movimiento. Es la superficie de contacto entre dos bloques que se desplazan en forma diferencial uno con respecto al otro. Se pueden extender espacialmente por varios cientos de kilómetros y en forma temporal por varios millones de años. Una falla activa es aquella en la cual ha ocurrido desplazamiento en los últimos dos millones de años o en la cual se observa actividad sísmica.

Falla geológica: Una fractura o zona de fractura a lo largo de la cual ha ocurrido un desplazamiento diferencial paralelo a la fractura de dos bloques en contacto. El desplazamiento puede ser de milímetros a muchos kilómetros.

Falla geológica activa: Es una fractura o zona de fractura a lo largo de la cual hay evidencias de haber ocurrido desplazamientos en el pasado geológico reciente (últimos 10,000 años) y/o en la cual ocurren desplazamientos con o sin actividad sísmica.

Fenómeno destructivo de origen geológico: Son aquellos que tienen como origen las acciones y movimientos violentos de la corteza terrestre. En esta categoría se incluyen los sismos o terremotos y la inestabilidad de suelos, también conocida como movimientos de tierra, los que pueden tomar diferentes formas: arrastre lento o reptación, deslizamiento, flujo o corriente, avalancha o alud, derrumbe y hundimiento. Ver agente perturbador de origen geológico.

Foco: Lugar dentro de la tierra donde se inicia la ruptura de rocas que origina un sismo. La profundidad donde es frecuente localizar los focos sísmicos varia de unos cuanto metros hasta 700 kilómetros.

Frecuencia (de una onda): Número de ciclos por segundo. Se expresa en unidades llamadas Hertz. La frecuencia es el la inversa del periodo.

Gran terremoto: Se le llama así, al terremoto cuya magnitud es de 8 o más grados en la escala de Richter.

Hipocentro: Lugar de la litosfera - es decir del subsuelo - donde se produce el terremoto causado por el desplazamiento o la fractura repentina de una falla.

Habitabilidad: Un edificio habitable es aquel que cumple los requerimientos de seguridad y comodidad que hacen posible que se considere el edificio operativo aunque tenga algunos daños.

Intensidad: Es una medida de los efectos producidos por un sismo en personas, animales, estructuras y terreno en un lugar particular. Los valores de Intensidad se denotan con números romanos en la Escala de Intensidades de Mercalli Modificada (Wood y Neumann, 1931) que clasifica los efectos sísmicos con doce niveles ascendentes en severidad. La intensidad no sólo depende de la fuerza del sismo (magnitud) sino también de la distancia epicentral, la geología local, la naturaleza del terreno y el tipo de construcciones del lugar. La escala oficial en España es la M.S.K. Está dividida en 12 grados. Los destrozos empiezan a ser importantes a partir del grado VII.

Isosistas: Curvas de nivel de igual intensidad sísmica.

Licuación: Transformación de un suelo granulado, principalmente arena, en estado licuado, causada generalmente por el sacudimiento que produce un terremoto.

Licuefacción: Proceso por el que el terreno, al producirse la sacudida, se comporta como un fluido denso. Ocurre en terrenos formados por sedimentos saturados de agua, al superarse un determinado nivel de movimiento del terreno.

Litosfera: Dícese a la parte rígida más exterior de la Tierra que está compuesta por la corteza y la parte superior del manto hasta una profundidad del orden de 100 km. La litosfera es más dura que la Astenósfera.

Magnitud: Es una medida que tiene relación con la cantidad de energía liberada en forma de ondas. Se puede considerar como un tamaño relativo de un temblor y se determina tomando el logaritmo (base 10) de la amplitud máxima de movimiento de algún tipo de onda P (superficial) a la cual se le aplica una corrección por distancia epicentral y profundidad focal. En oposición a la intensidad, un sismo posee solamente una de magnitud y varias observaciones de intensidad. Los tipos de magnitudes que se utilizan en forma más común son Richter o local (ML), ondas P (mb), superficial (MS) y coda (MD). En el caso de los sismos, esa energía generalmente se mide por la escala de Richter.

Magnitud energía Me: Magnitud basada en la energía radiada en un terremoto. Se calcula a partir de datos sísmicos de alta frecuencia.

Magnitud mb: Magnitud basada en la amplitud máxima de las ondas P. No está afectada por la profundidad del foco.

Magnitud momento Mw: Magnitud basada en el concepto de momento sísmico.

Magnitud MS: Magnitud basada en la amplitud máxima de las ondas superficiales.

Manto: Parte de la Tierra entre la corteza y el núcleo, ósea entre el Moho y la discontinuidad de Gutemberg, de un espesor aproximado de 2900 km. Probablemente esté constituida por MgO y SiO2, con Sodio, Calcio y Aluminio, de roca caliente y material viscoso que asciende para desplazar a otras rocas menos calientes, las cuales a su vez se hunden y calientan para ascender nuevamente en un estado similar al de una ebullición muy lenta; libera cerca del 80% del calor que irradia la Tierra.

Manto superior: Es la zona del manto inmediatamente después de la corteza. Tiene un espesor aproximado de 700 km y es la zona donde se extienden los focos sísmicos por efecto de la subducción de las placas tectónicas. Mar de fondo sísmico: Onda oceánica causada por terremotos, volcanes o movimientos telúricos bajo el mar.

Maremoto: Onda larga del océano, generalmente causadas por movimiento del suelo oceánico durante un terremoto. Estas olas alcanzan alturas hasta 20 m. sobre el nivel medio del mar. La altura de estas olas que en mar abierto es casi imperceptible puede tomar en las costas dimensiones catastróficas dependiendo de la configuración de estas últimas. Estas olas se llaman Maremotos o Tsunamis. Un maremoto se propaga en el mar abierto a extraordinaria velocidad, con una gran longitud y baja amplitud de onda, se transforma en una ola destructiva de gran altura.

Microseismo: Microterremoto que solo se puede detectar con sismógrafos muy sensibles.

Microzonificación sísmica: La división de una ciudad en áreas de diferentes niveles de peligrosidad sísmica según características locales como geología superficial y la topografía.

Momento sísmico - (Mo): Medida del tamaño de un terremoto basada en el área de ruptura y el desplazamiento medio de la ruptura que ha generado el terremoto. Puede calcularse a partir de la amplitud del espectro de las ondas sísmicas.

Onda aérea: Onda sonora que viaja por el aire a partir de un disparo sísmico. Su velocidad es aproximadamente 330 m/s.

Onda elástica: Es una onda que se propaga por una deformación importante y se hace elástica o sea, que se extiende. Esto se debe a un cambio en el contorno que desaparece cuando las

fuerzas son removidas. Una onda sísmica es una especie de onda elástica. Onda Lg: Es una onda superficial que viaja a través de la corteza continental.

Ondas internas: Nombre colectivo para las ondas P y las ondas S.

Ondas L: Ondas superficiales que, al viajar por la superficie de la tierra, son aún más lentas que las Ondas P y S. Al ser de frecuencia muy baja, trazan en el sismógrafo unas sinusoides más anchas.

Ondas P - (primus): Onda de cuerpo compresional o longitudinal generada por un sismo. El movimiento de las partículas del medio que atraviesa la onda en el sentido de propagación, causa compresión y rarefacción. Es la onda que viaja más rápido; su velocidad varia entre 6 y 14 km/seg. y su período entre 0.1 y 2.0 seg.

Ondas sísmicas: Ondas provocadas por un terremoto. Tienen una frecuencia muy baja, de 0,3 a0,05 Hz. Hay tres tipos de ellas: P, S y L.

Ondas S - (secundus): Onda sísmica de cuerpo transversal de cizalla. El movimiento de las partículas del medio que atraviesa la onda es perpendicular a la dirección de propagación. Es más lenta que la onda P y su período es usualmente dos veces mayor que el de la onda P.

Período de retorno: Define el lapso de tiempo promedio entre las ocurrencias de terremotos con un determinado rango de magnitud; es igual a la reciproca de la frecuencia de ocurrencia.

Placas: Parte de la superficie terrestre que se comporta como una unidad rígida simple. Las placas tienen de 100 a 150 Km de espesor. Están formadas por la corteza continental o corteza oceánica o por ambas, encima del manto superior. Las placas se mueven con relación al eje de la Tierra y de unas a otras. Existen 7 grandes placas (Africana, Euroasiatica, Indo-Australiana, Pacífica, Nortamericana, Sudamericana y Antártica) y varias más pequeñas.

Plano de falla: Superficie de contacto entre dos bloques rocosos con movimiento entre sí.

Réplicas (Aftershock): Es un temblor que sigue después del movimiento más grande y que se origina en o cerca de la zona de ruptura del primer terremoto. Generalmente los terremotos grandes son seguidos por replicas, las cuales decrecen con el tiempo.

Sacudida sísmica: Conjunto de movimientos vibratorios del terreno.

Seísmo: Movimiento brusco de la corteza terrestre. Los seísmos, sismos o terremotos se producen por liberación de energía, idealmente en un punto, situado a cierta profundidad, llamado foco o hipocentro. Esta energía se transmite por el interior de la Tierra de forma ondulatoria (ondas P o primaria y ondas S o secundarias). La interacción de estas ondas con la superficie terrestre produce las ondas L, o superficiales, causantes de los daños sísmicos. El registro gráfico de los terremotos se realiza mediante aparatos llamados sismógrafos. La

magnitud de los terremotos se mide en la escala de Richter. Su intensidad se mide de acuerdo con la escala MSK y se representa en mapas de superficie mediante líneas de igual intensidad sísmica o isosistas. Los terremotos se deben a varias causas, pero las principales son las tectónicas que son aquellos en que la liberación de energía se produce como consecuencia del desplazamiento de bloques sobre un plano de falla.

Sismicidad: Estudio de la intensidad y frecuencia de los sismos en la superficie terrestre.

Sismógrafo: Instrumento que registra los movimientos vibratorios de la superficie de la Tierra en función del tiempo y que son causados por ondas sísmicas (terremotos).

Sismograma: Registro de un movimiento sísmico. Consta de varias fases, cuyo estudio permite calcular la distancia del hipo y epicentro, hora del acontecimiento y su duración. Sismorresistente: Capacidad de resistir las acciones sísmicas, en cierta medida.

Sismo tectónico (tipo A): Fenómeno geológico que se produce cuando hay deslizamiento de bloques de rocas en zonas de fractura.

Solicitaciones: Son las fuerzas u otras acciones que afectan la estructura debido al peso propio de la misma, de los elementos no estructurales, de sus ocupantes y sus posesiones, de efectos ambientales tales como el viento o el sismo, de los asentamientos diferenciales y de los cambios dimensionales causados por variaciones en la temperatura o efectos reológicos de los materiales. En general corresponden a todo lo que pueda afectar la estructura.

Tectónica de placas: Teoría del movimiento e interacción de placas. Un intento de explicar terremotos, volcanes y formación de montañas como consecuencia de grandes movimientos de la superficie de la tierra.

Temblor: Sacudida de tierra asociada con sismo o explosión. En un lugar dado, el movimiento sísmico con intensidad entre los grados III, IV y V de la escala de Mercalli Modificada.

Terremoto: Ruptura repentina de las capas superiores de la Tierra, que algunas veces se extiende a la superficie de esta y produce vibración del suelo, que de ser lo suficientemente fuerte causará el colapso de edificios y la destrucción de vidas y propiedades. La magnitud de los terremotos se mide mediante la escala de Richter y la intensidad mediante la de Mercalli.

Terremoto grande: Es un terremoto que llega a tener una magnitud de 7 a 7.99 en la escala de Richter.

Terremoto intermedio: Es aquel cuyo hipocentro se encuentra situado a una profundidad superior a los 30 Km e inferior a los 300 Km.

Terremoto local: Define a los terremotos que ocurren a distancias menores a 1000 km.

Terremoto profundo: Es aquel cuyo hipocentro se encuentra situado a una profundidad comprendida entre los 300 y los 700 Km. (Nunca se ha producido un terremoto a profundidades superiores a los 700 Km).

Terremoto superficial: Es un terremoto cuyo hipocentro se encuentra situado a una profundidad inferior a los 30 Km. La zona de epicentro es muy reducida. (El 90% de los terremotos españoles pertenecen a esta categoría).

Terremoto volcánico: Dícese al terremoto asociado con un movimiento de magma.

Tsunamis: Los terremotos muy grandes, cuyas zonas de ruptura están bajo el mar o en las cercanías de la costa, producen cambios de elevación en la superficie y el fondo oceánico. Estos cambios topográficos generan olas que se propagan a partir del epicentro y que pueden alcanzar alturas de varias decenas de metros sobre el nivel normal del mar. Estas olas se llaman "tsunamis", término derivado del japonés que significa literalmente ola de bahía. Este término es aceptado internacionalmente para designar marejadas producidas por impulsos en masas de agua y corresponde a lo que se denomina maremoto.

Riesgo volcánico

Alteración hidrotermal: Alteración que sufren las rocas o minerales por la reacción del agua caliente (y otros fluidos) con los materiales preexistentes. Generalmente, el agua pertenece a los niveles acuíferos regionales sobrecalentados y mineralizados.

Basalto: Roca volcánica oscura de viscosidad baja y densidad media-alta. Frecuentemente puede tener vesículas rellenas, parcial o totalmente con ceolitas, carbonatos o sílice.

Bloque: Fragmentos angulosos de ejecta con tamaños mayores de 64 mm que son arrojados en estado sólido por un volcán. Los bloques se forman normalmente por el derrumbe de costras lávicas o el colapso de un domo.

Bomba volcánica: Fragmentos piroclásticos mayores de 64 mm de diámetro medio que son arrojados en estado fundido por una erupción. Suelen tener forma fusiforme y una corteza externa agrietada denominada “corteza de pan”.

Caldera: Depresión volcánica originada en la cima de un volcán con forma de cuenco y de, al menos, entre 1.5-2 km de diámetro. En planta tienen forma circular o elíptica y se generan por varias causas: subsidencia y colapso del techo de la cámara magmática; erupción explosiva violenta o por fenómenos erosivos.

Cámara magmática: Cavidad subterránea que contiene el líquido magmático con los gases y que se conecta con el edificio volcánico a través del conducto de emisión.

Ceniza: Fragmentos piroclásticos menores de 2 milímetros (cerca de 1/8 pulgada) de diámetro.

Colada de lava: Corriente de magma que surge de manera no explosiva de un conducto o fisura volcánica y que desciende por las laderas de los volcanes.

Conducto volcánico o Conducto de emisión: Camino que ha seguido el magma en su ascenso a la superficie y que termina en una apertura en el terreno a través de la cual se emiten los materiales volcánicos (lava, tefra y gases). Puede ser circular (cráter) o lineal (fisura).

Cráter: Depresión circular de interior escarpado provocada por la explosión o emisión de materiales volcánicos.

Dique: Cuerpo ígneo tabular que se introduce y corta las estructuras planares de las rocas que le rodean. Se forman cuando el magma rellena una fractura.

Lapilli: Fragmentos magmáticos de tefra de tamaños comprendidos entre 2 y 64 mm de diámetro expulsados al aire durante una erupción.

Lava: Magma fundido que extruye a la superficie terrestre a través de los conductos volcánicos.

Magma: Mezcla fundida que contiene minerales, líquidos y gases que se forma en la parte superior del manto terrestre por la fusión parcial del mismo. Cuando el magma surge en la superficie se denomina lava.

Magmático: Relativo al magma.

Malpaís: Terrenos volcánicos donde la superficie de las lavas forma campos escoriáceos de difícil tránsito.

Manto: La zona de la tierra debajo de la corteza y encima del núcleo. Tiene un espesor de 2.900 kilómetros. En el manto superior es donde se genera el magma.

Mar de lavas: Extensas superficies cubiertas de lavas de distinto tipo, unas denominadas lavas tipo aa muy viscosas, que al enfriarse forman una superficie áspera, rugosa e intransitable conocida como malpais, y otras denominadas pahoehoe, más fluidas, que presentan una superficie lisa o con ciertas rugosidades que forman las llamadas lavas cordadas.

Picón: Término local de Canarias con el que se denomina a los lapìllis gruesos. En el medio rural se llama así a esta “arena” volcánica empleada para cubrir campos de cultivo.

Piroclasto: Materiales formados por la fragmentación del magma y las rocas durante la actividad explosiva de un volcán.

Punto Caliente: Área puntual en las partes internas de las placas litosféricas, es decir, fuera de los límites de placa, donde el magma asciende desde el manto y sale a la superficie como

erupción volcánica. Esta actividad volcánica, reflejada en una superficie de 100 a 200 km de largo, puede ser persistente durante algunas decenas de millones de años.

Rift: Fractura de enormes dimensiones que rompe la corteza terrestre y separa de manera divergente las dos partes.

Tefra: Conjunto de materiales fragmentarios (ejecta) arrojados al aire en una erupción volcánica. Comprende, según el tamaño, de menor a mayor, todos los subtérminos de cenizas, lapilli y bombas. No incluye los depósitos resultantes de fenómenos de flujo.

Tubo volcánico: Túneles de diversa longitud originados por ríos o coladas de lava fluida que, tras su solidificación en superficie, siguieron fluyendo en su interior dando lugar a ríos de lava. Debido a que las paredes y el techo de los tubos volcánicos son buenos aislantes térmicos, la lava que circula por ellos puede permanecer incandescente durante más tiempo que las lavas de superficie.

Viscosidad: Medida de resistencia a fluir en un líquido.

Volcán: Apertura producida en la superficie terrestre por efecto de una erupción volcánica. También se aplica al relieve que se genera como resultado de la acumulación de material volcánico.

Riesgo de inundación

Marea astronómica: se entiende por marea astronómica el movimiento de ascenso-descenso del nivel del mar por efecto de la atracción gravitatoria de los astros.

Marea meteorológica: se entiende por marea meteorológica el ascenso o descenso del nivel del mar por los efectos del clima.

Run-up: se entiende por run-up el movimiento de ascenso de la lámina de agua sobre el talud de playa debido a rotura del oleaje en la costa.

Nivel del mar: cota instantánea de la superficie del agua.

Nivel medio del mar: cota media del nivel del mar en una serie de datos suficientemente larga.

Nivel de marea: nivel del mar sin tener en cuenta la acción del oleaje. Es el nivel que resulta al considerar la marea astronómica y la marea meteorológica.

Cota de inundación: en este documento la definición de cota de inundación es la misma que nivel del mar aplicado a playas. Es la suma de la acción conjunta de la marea astronómica, la marea meteorológica y el run-up.

Cauce de una corriente continua o discontinua: Terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias, con independencia de su condición de cauce público o cauce no catalogado como público.

Cauce público: Cauce o tramo de cauce incluido en los Catálogos de Cauces Públicos de los Consejos Insulares de Aguas/cauce o tramo de cauce que, de acuerdo con los criterios establecidos legalmente, deba estar incluido en el Catálogo de Cauces Públicos de los Consejos Insulares de Aguas.

Cuenca: Toda el área que tenga sección de salida común para la totalidad de su escorrentía.

Avenida (crecida): Aumento inusual del caudal de agua.

Calado: Profundidad alcanzada por el agua en un determinado punto.

Escorrentía: Parte de la precipitación que discurre por la superficie del terreno incluyendo, en su caso, la fase sólida.

Infiltración: Parte de la precipitación que se introduce en el terreno.

Intercepción: Parte de la precipitación que es retenida por la vegetación u otros obstáculos antes de alcanzar la superficie del terreno.

Retención: Parte de la precipitación que queda acumulada en las oquedades e irregularidades del terreno. Puede pasar a formar parte de la infiltración o evaporarse.

Coeficiente de escorrentía: Relación unitaria entre la cantidad de precipitación que discurre en forma de escorrentía y el total de la caída.

Escorrentía de ladera: Escorrentía en una porción de cuenca de acusada pendiente hasta que alcanza un cauce.

Inundación: Sumersión temporal de terrenos normalmente secos, como consecuencia de una avenida, en la que los daños provocados están asociados fundamentalmente con el calado alcanzado por las aguas y sólo en segundo término con su velocidad.

Riada: Sumersión temporal de terrenos normalmente secos, como consecuencia de una avenida, en la que los daños provocados están asociados fundamentalmente con la velocidad alcanzada por las aguas y sólo en segundo término con su calado.

Período de recurrencia (período de retorno): Un fenómeno tiene un período de retorno o recurrencia X cuando la probabilidad de que se produzca en un año dado es igual a 1/X.

Frecuencia: Medida de la probabilidad teórica deducida del número de ocasiones en que se ha producido un fenómeno determinado en el pasado.

Máxima crecida ordinaria: Aquella de tan probable o frecuente ocurrencia estimada como para que los terrenos por ella inundados resulten inaprovechables como consecuencia del riesgo que para personas y bienes representa su anegamiento y con arreglo a las señales de las aguas altas en las márgenes y su vegetación.

Dominio Público Hidráulico: Está constituido por aquella parte de los cauces públicos de escorrentía continua o discontinua que ocupan las máximas crecidas ordinarias, así como aquellos otros elementos definidos en el artículo 2 del R.D. Legislativo 1/2001, de 20 de julio, que aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas del Estado.

Zona de servidumbre: Banda doble de cinco metros de anchura contados a partir y hacia el exterior de las líneas que definen el borde exterior de la zona de dominio público hidráulico, a la que se sujetan los márgenes de un barranco en toda su extensión longitudinal. En supuestos de especial dificultad de acceso y previa declaración expresa y singular del Consejo Insular de Aguas, se extenderá al terreno practicable más próximo que permita el acceso al cauce, aún cuando la distancia al mismo supere los cinco metros lineales. La zona de servidumbre está limitada en su uso de acuerdo con lo establecido en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

Zona de policía: Banda doble de veinticinco metros de anchura, contados a partir y hacia el exterior de las líneas que definen el borde exterior de la zona de dominio público hidráulico siempre que no se supere el borde de la zona anegable. Ciertas actuaciones que modifiquen el uso y/o la morfología de la zona de policía requieren autorización previa por parte del Consejo Insular de Aguas en los términos establecidos en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

Zona anegable: Porción del territorio susceptible de ser cubierta por las aguas de las avenidas con período estimado de retorno de T=500 años. El Gobierno de Canarias, a propuesta del Consejo Insular de Aguas o de oficio previa consulta a dicho organismo, podrá establecer mediante decreto las limitaciones en el uso de las zonas anegables que se estimen necesarias para garantizar la seguridad de personas y bienes.

Riesgo de incendios forestales

Riesgo de Incendio Potencial o Significativo: Espacios donde se encuentran las condiciones más favorables adecuadas para que pueda producirse un incendio y propagarse con mayor facilidad. Ámbito donde se solapan una gran cantidad de factores responsables en la iniciación y comportamiento de un fuego.

Incendio: Es el fuego que se extiende sin control sobre terreno forestal o agrícola, afectando a vegetación o cultivos que no estaban destinados a arder.

Conato – Pequeño incendio: Son incendios incipientes que afectan a superficies en general inferiores a una hectárea (conato) o ligeramente superiores (Pequeño incendio), en los que no ha llegado a consolidarse los frentes.

Gran incendio: Incendios que propagan por grandes superficies y que para su control y extinción exigen la intervención extraordinaria de medios de extinción.

Terreno forestal: Es aquel en que vegetan especies arbóreas, arbustivas, de matorral y herbáceas, sea espontáneamente o proceda de siembra o plantación, siempre que no sean características del cultivo agrícola o fueren objeto del mismo.

Incendio de interfaz urbano-forestal: Incendio que acontece en zonas con mezcla de terreno urbano y forestal, siendo necesaria la protección de vidas humanas, propiedades y medio natural.

Incendio controlado: Es aquél que se ha conseguido aislar y detener su avance y prolongación.

Incendio extinguido: Es la situación en la cual ya no existen materiales en ignición en o dentro del perímetro del incendio, ni es posible la reproducción del mismo.

Incendio estabilizado: Incendio que evoluciona dentro de las líneas de control previstas.

Combustible: Toda aquella biomasa, viva o muerta, capaz de arder. Es el único factor de propagación del fuego sobre el que se pueden implementar labores paliativas. La naturaleza y tamaño del combustible determinan como quemará, la cantidad de humedad que retendrá y la velocidad con que ganará o perderá la humedad.

Efecto chimenea: Es la canalización del aire caliente, humo, en depresiones del terreno: vaguadas, barrancos, gargantas y todo valle cerrado por laderas de pendiente acusada.

Fuego a Favor: Es el fuego que asciende por una ladera, la velocidad de propagación se duplica al pasar de una pendiente menor del 5% a otra del 30%. Nuevamente se duplica al pasar del 30% al 60%. Lo contrario pasa en el Fuego en Contra, el que desciende por una ladera.

Riesgo de ignición: Es el riesgo de que un material combustible desprenda vapores que, mezclados con el aire, se inflamen en presencia de una fuente incandescente.

Épocas de peligro: períodos de tiempo en los que se divide un año en función del peligro potencial de incendios forestales que a priori existe.

Niveles de gravedad: califican las previsiones de la gravedad potencial de un incendio en función de las condiciones donde se desarrolle, la extensión y características de las masas forestales, las condiciones del medio físico e infraestructuras existentes, las condiciones meteorológicas reinantes, así como las experiencias anteriores y las situaciones de riesgo

sobre las personas no relacionadas con los trabajos de extinción y los bienes distintos a los de naturaleza forestal.

Línea de defensa: Es la línea construida rompiendo la continuidad del combustible para servir de apoyo a un futuro ataque indirecto (quema de ensanche, contrafuego).

Línea de control: Es la línea que apoyándose en barreras naturales o artificiales existentes, en líneas de defensa o en zonas ya quemadas, perimetra a un incendio evitando la propagación de éste más allá de dichas líneas. Las líneas de control se establecen por la dirección de extinción.

Operativo de Incendios: Conjunto de medios y recursos, materiales y humanos que se establecen para la lucha contra incendios forestales.

Operativo BRIFOR: Es el operativo de prevención y extinción de incendios forestales.

Riesgo de movimientos de ladera

Movimientos de ladera: Movimientos gravitacionales de masas de suelos o rocas que tienen lugar en las laderas, debido a los reajustes por variación de las condiciones de estabilidad a que están sometidas. Las masas de desplazan ladera abajo hasta que encuentran nuevas condiciones de equilibrio. Con frecuencia se agrupan bajo el nombre general de deslizamientos.

Deslizamientos: Movimientos gravitacionales de masas de roca o suelo que deslizan sobre una o varias superficies de rotura netas al superarse la resistencia al corte en estos planos. El material se mueve en conjunto, comportándose como una unidad en su recorrido. Su velocidad puede ser muy variable, desde muy lenta (< 1/año) a muy rápida (varios metros por segundo). Se clasifican por el tipo de material que desliza (rocas, suelos o derrubios), por el mecanismo de rotura y por la geometría del plano de rotura. Los deslizamientos rotacionales se producen a favor de superficies de rotura curvas, superficiales o profundas, y suelen afectar a suelos o rocas muy alteradas. Los deslizamientos translacionales se producen a favor de superficies planas preexistentes y los bloques desplazados suelen ser poco potentes en relación a su longitud.

Flujos o coladas: Movimientos superficiales de masas de suelos (flujos de barro o tierra) o derrubios (coladas de derrubios) donde el material se comporta como un fluido, sufriendo una deformación continua y sin presentar superficies de rotura netas. El material que fluye suele formar lóbulos alargados y estrechos. El agua es el principal agente desencadenante, por la pérdida de resistencia a que da lugar en materiales poco cohesivos. Las reptaciones y

solifluxiones son movimientos muy lentos de las capas más superficiales de las laderas, afectando a suelos o material rocoso muy meteorizado.

Desprendimientos: Caídas de bloques rocosos, individualizados previamente por superficies de rotura, en laderas escarpadas y acantilados rocosos, pudiendo afectar también a paquetes de suelos cohesivos. La distancia que pueden recorrer los bloques depende de su forma, tamaño y las características del terreno a pie de los escarpes rocosos.

Avalanchas rocosas: Desplazamiento repentino de grandes masas de rocas o derrubios (avalanchas de derrubios), en zonas montañosas y accidentadas. Los depósitos son acumulaciones caóticas de bloques, muy inestables y porosos. Se denominan también aludes rocosos.

Derrubios: Depósitos de materiales rocosos sueltos muy heterométricos y sin estructura, con disposición caótica. Suelen estar asociados a las paredes de escarpes, de los que provienen, y presentar condiciones de inestabilidad natural.

Depósitos de deslizamiento: Masas deslizadas generalmente con forma de lóbulos, a pie de las laderas.

ANEXO III: PARÁMETROS DE IDENTIFICACIÓN DE LA PELIGROSIDAD

Parámetros de identificación disponibles de la peligrosidad símica

Catalogo de eventos sísmicos

Metodología para obtener y organizar los datos: Los datos serán recopilados a partir de las bases de datos de eventos sísmicos del IGN y CSIC. Estos datos son accesibles en formato txt o excel y será necesario llevar a cabo una depuración, ya que el catálogo sísmico desarrollado por el IGN y en el del CSIC, recogen todos los sismos ocurridos cuya magnitud es igual o superior a 1,5. Con el fin de depurar los datos del catálogo y puesto que únicamente los terremotos de intensidad (EMS-98) superior a III son sentidos por gran parte de la población, serán los terremotos que se hayan producido a partir de una magnitud superior a 2,5, los que serán considerados para conformar la capa de eventos sísmicos. Además, se eliminarán incompatibilidades, llevando a cabo un tratamiento de los datos, verificando formato (evitar confusión entre puntos y comas) y asignando un código a cada evento, para su posterior paso a un Sistema de Información Geográfica (SIG).

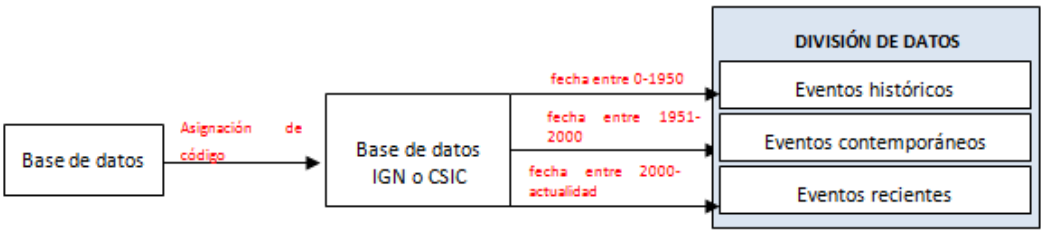
El paso a SIG se realizará a partir de las coordenadas de ubicación de los epicentros de cada evento sísmico registrado, tanto del IGN como del CSIC, obteniendo como resultado una cartografía representada por los puntos donde han tenido lugar los sismos.

En función de las fechas de los eventos sísmicos se dividirán los datos en 3 grupos correspondientes a eventos históricos, eventos contemporáneos y eventos recientes.

Eventos históricos: Eventos sísmicos cuya fecha este comprendida desde que hay registro de datos hasta el año 1950 incluido. Cada evento estará caracterizado por las coordenadas del epicentro donde se ha producido.

Eventos contemporáneos: Eventos sísmicos que se han producido entre los años 1951-2000.

Eventos recientes: Eventos sísmicos que se han producido entre los años 2001- hasta la actualidad.



Por último, puesto que se parte de dos fuentes distintas de datos IGN y CSIC, se llevara a cabo una eliminación de aquellos eventos cuyo registro este duplicado, prevaleciendo por su fiabilidad, los datos del IGN.

A continuación se desarrolla un esquema de la metodología empleada para obtener la información del catalogo de eventos sísmicos.

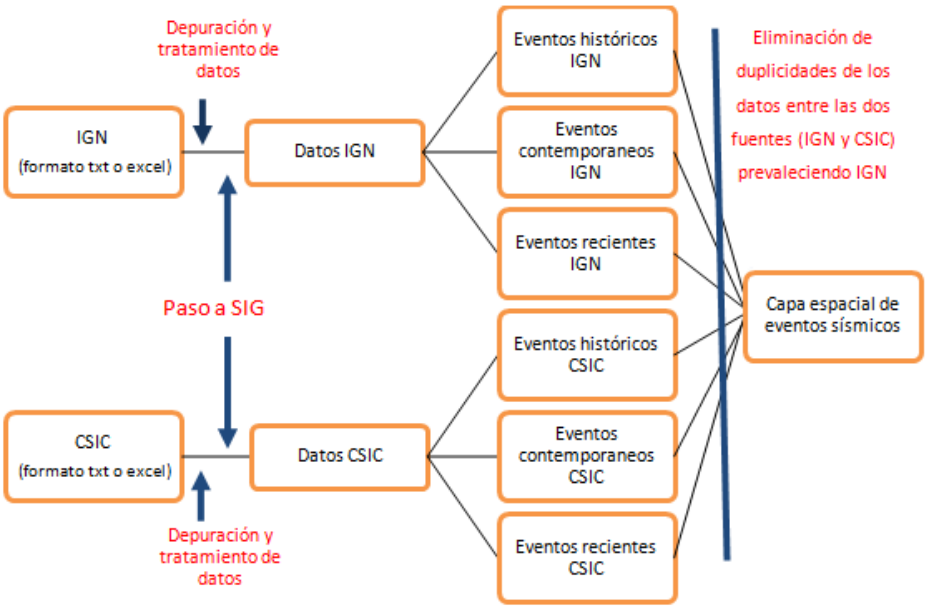
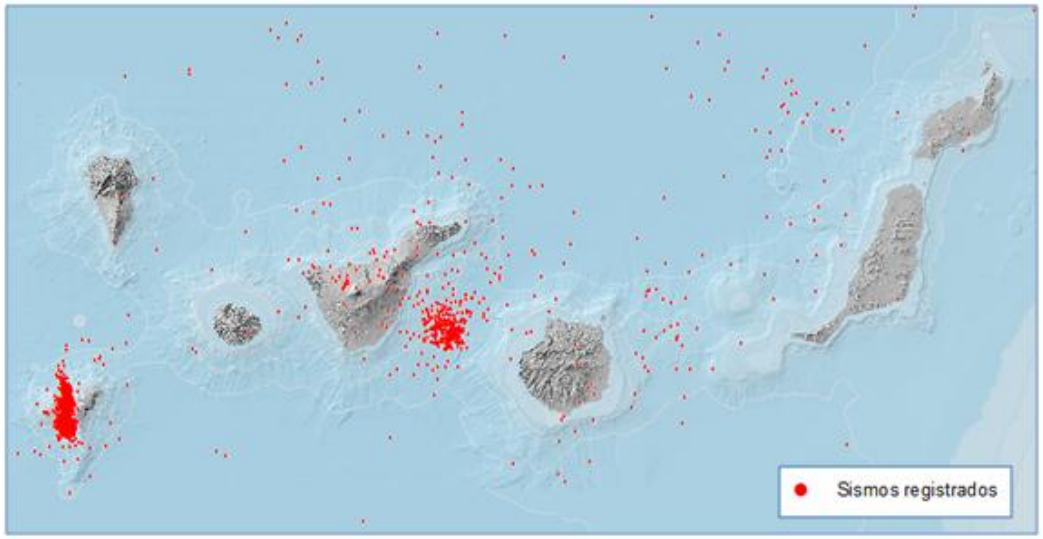


Figura: Registro de eventos sísmicos que han tenido lugar en Canarias



Fuente: Instituto Geográfico Nacional

Centros eruptivos, dorsales y fisuras tectónicas

CENTROS ERUPTIVOS

Para estimar la ubicación de los centros eruptivos se parte de los datos de la cartografía del Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias (GRAFCAN), de la que se obtiene tanto los datos de los Centros de emisión sin cráter (extraído de la capa de puntos), como los Bordes de cráter (extraído de la capa estructuras), obteniendo como resultado la información de los centros eruptivos.

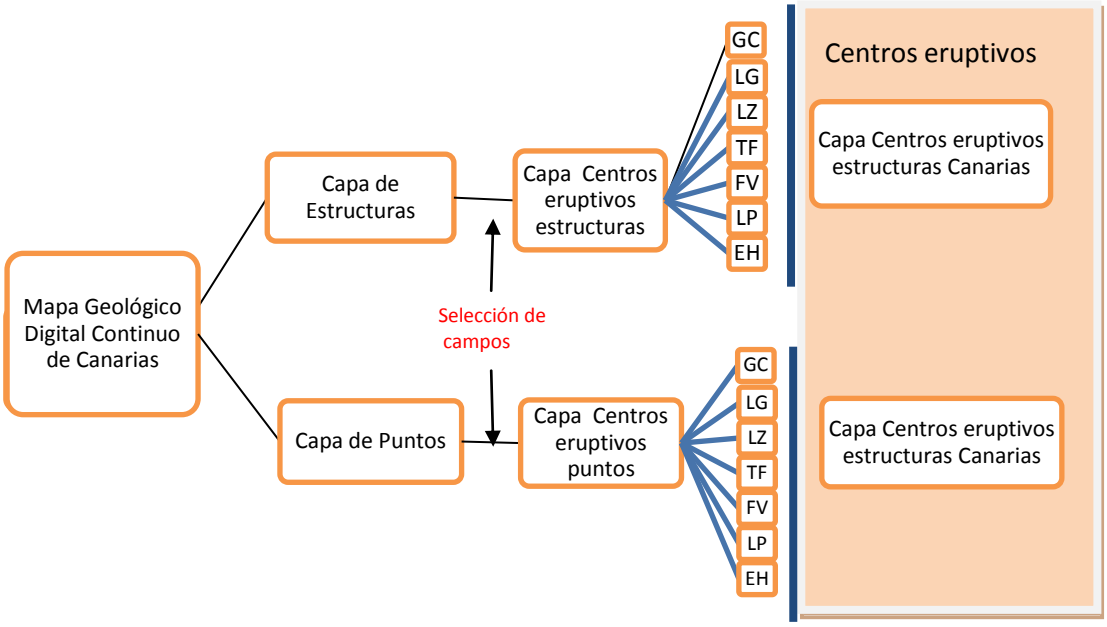
Metodología para obtener y organizar los datos: Los datos de centros eruptivos se obtendrán a partir de las capas del Mapa Geológico Continuo de Canarias.

Para determinar los centros eruptivos, las capas utilizadas del mapa geológico serán:

Puntos: Se obtendrá de esta capa todos los registros que en el campo PUN_NOMBRE de la tabla dbf del shape, aparecen designados como Centro eruptivo sin cráter, ya que representan la ubicación de centros eruptivos no apreciables a simple vista.

Estructuras: Se obtendrán todos los registros que en el campo ESTR_NOMBR del dbf del shape se denominan borde de cráter o borde de caldera.

Es importante tener en cuenta que cada isla dispone de una capa de puntos y de estructuras, por lo que será necesario unificar toda la información en una única capa. Por último, es importante resaltar que la información espacial de los bordes sin cráter aparecerá en formato digital shapefile tipo líneas y la de los centros de emisión sin cráter como puntos. A continuación se desarrolla el esquema metodológico:



DORSALES O RIFTS Y FISURAS TECTÓNICAS

Metodología para obtener y organizar los datos: Los datos de dorsales o rifts y fisuras tectónicas de la información y descripción desarrollada por cada uno de los autores que las han identificado.

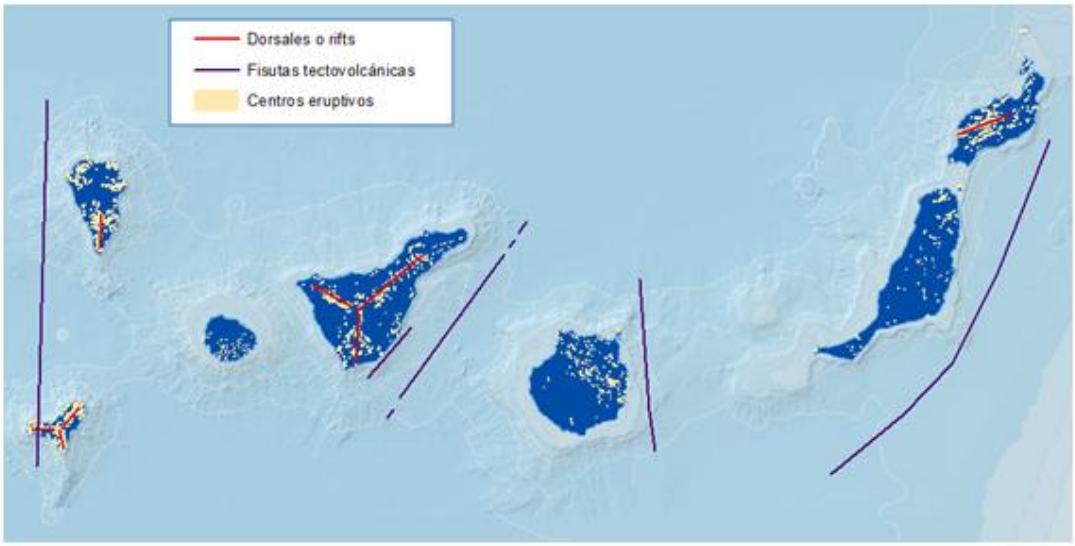
En el caso de las dorsales, (Carracedo, 1994), las identifica en las islas de Tenerife, El Hierro, Lanzarote y La Palma. La información de estas zonas de dorsales o rift es información que se encuentra implícita en la distribución de los centros emisores eruptivos, puesto que cuando la erupción ha tenido lugar a través de fisuras, se produce una fuerte y significativa alineación de los conos volcánicos y concentración de los mismos.

Para determinar las dorsales, se utilizará la información representada por (Carracedo, 1994), y serán representadas en un SIG, mediante un capa vectorial de tipo líneas, denominada Dorsales.

Respecto a las fisuras téctonicas existentes, se utilizará para representarlas la información de los estudios llevados a cabo de las estructuras tectovolcanicas existentes en Canarias, la principal fisura tectónica del archipiélago y la más activa, se encuentra entre las islas de Tenerife y Gran Canaria. En este ámbito, aparece una falla NE-SO que fue descrita por primera vez por Bosshard y McFarlane (1970) y más tarde por Mezcua et al. (1992). El resto de fisuras conocidas actualmente, han sido descritas posteriormente por Carbó et al, 2003 y González de Vallejo et al, 2003.

Serán representadas mediante un capa vectorial de tipo líneas, denominada Fisuras_tectonicas

Figura: Ubicación de los centros eruptivos, dorsales o rifts y fisuras tectónicas.

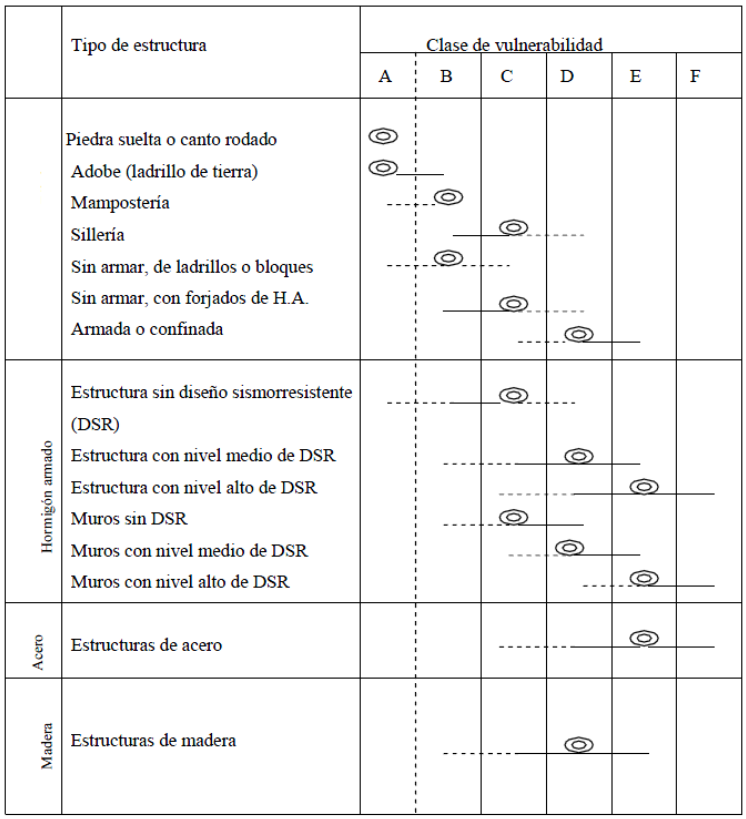


Fuente: Elaboración propia a partir de la información del Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias (GRAFCAN) y de las dorsales y fallas descritas por Bosshard and McFarlane, 1970; Mezcua et al., 1992, Navarro, 1974, Carbó et al., 2003, González de Vallejo et al, 2003.

ESCALA MACROSISMICA EMS-98

La escala macrosismica EMS-98 de uso oficial en España y basada en la escala MKS posee tres grados de vulnerabilidad decreciente para la edificación tradicional o corriente (A-C), otros tres grados para las edificaciones de factura moderna que incorporan mayores consideraciones sismoresistentes (D-F).

Cada una de las clases de vulnerabilidad corresponde a una clase de edificación en función del tipo de estructura y de los materiales de construcción: De esta manera:



- Clase de vulnerabilidad A: corresponde a edificios de fábrica (piedra suelta o adobe).
- Clase de vulnerabilidad B: corresponde a edificios de fábrica sin armar (ladrillos, bloques).
- Clase de vulnerabilidad C: corresponde a edificios de fábrica (sillería, forjados de hormigón armado).
- Clase de vulnerabilidad 0: corresponde a edificios de fábrica armados, edificios de hormigón armado con diseño sismoresistente y con estructuras de madera.
- Clase de vulnerabilidad E: corresponde a edificios de hormigón armado (estructuras y muros con diseño sismoresistente), edificios de acero y estructuras de madera.
- Clase de vulnerabilidad F: corresponde a edificios de hormigón armado con diseño sismoresistente y edificios de acero.

En cuanto a los daños que sufre una edificación de determinada vulnerabilidad, la escala EMS 98 cuantifica el daño en cinco grados ascendentes para cuatro grandes grupos de tipologías edificadas.

La edificación de estructura muraria; la edificación de hormigón armado; las estructuras de acero; las estructuras de madera. Los grados de daño pretenden representar un incremento lineal de la intensidad del sismo, por lo que su interpretación permite realizar una valoración macrosísmica.

La escala EMS 98 aporta información gráfica para complementar los textos de los grados de daño que son de gran utilidad para el técnico que realiza los diagnósticos, a pesar de que las tipologías dibujadas no son características de la edificación española.

Los grados de daño de la edificación macrosísmica se presentan a continuación para los dos grupos principales de edificación.

Tabla: Grado de daños de la EMS-98 para la edificación muraria

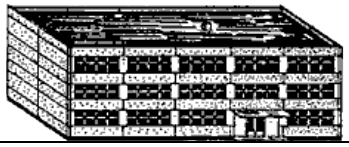
Grado 1	Título	Daños ligeros o despreciables
	Daños estructurales	No hay
	Daños no estructurales	Ligeros
	Descripción	Fisuras muy finas en algunos paramentos; Desconchados en acabados de pequeño tamaño. Caída de piedras sueltas de la coronación del edificio únicamente en casos aislados.
Grado 2	Título	Daños moderados
	Daños estructurales	Ligeros
	Daños no estructurales	Moderados
	Descripción	Grietas en muchas paredes, caída de grandes trozos de revestimiento, derrumbe parcial de chimeneas, *daños y caída de remates y elementos arquitectónicos como aleros, parapetos y cornisas.*
Grado 3	Título	Daños considerables
	Daños estructurales	Moderados
	Daños no estructurales	Intensos
	Descripción	Grietas de grandes dimensiones en la mayoría de muros o paredes, desplazamiento conjunto de tejas de cubierta. Derrumbamiento de chimeneas hasta la línea de cubierta. Fallo de elementos individuales no estructurales, expulsión de testeros y rotura completa de tabiqueria de albañileria

Grado 4	Título	Daños muy graves
	Daños estructurales	Graves
	Daños no estructurales	Muy graves
	Descripción	Derrumbes importantes en muros de carga con fallos estructurales parciales en cubiertas o forjados. *Vuelco o fallo de muros de carga que arrastran partes de forjados o cubiertas.*

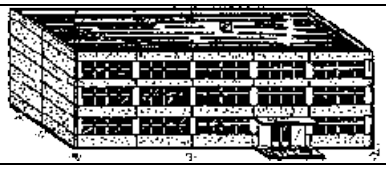
Grado 5	Título	Destrucción
	Daños estructurales	Muy graves
	Daños no estructurales	Muy graves
	Descripción	Derrumbe total o casi total del edificio.

Tabla: Grado de daños de la EMS-98 para la edificación de estructuras de hormigón armado

Grado 1	Título	Daños ligeros o despreciables
	Daños estructurales	No hay
	Daños no estructurales	Ligeros
	Descripción	Fisuras en revestimientos y en juntas estructurales o en las bases de paredes. Fisuras en tabiquerías y muros de cerramiento. *Fisuras en cerramientos de albañilería en encuentros con pilares y forjados.*



Grado 2	Título	Daños moderados
	Daños estructurales	Ligeros
	Daños no estructurales	Moderados
	Descripción	Grietas en pilares y vigas de hormigón o en muros estructurales. Grietas en tabiquerías y cerramientos, Desconchados y caída de revestimientos y aplacados frágiles. En paneles de muros prefabricados caída de material de enjuntado. *Caída de alicatados cerámicos o zócalos recibidos con mortero. Daños a techos rígidos de escayola y caída de losetas.*



Grado 3	Título	Daños considerables
	Daños estructurales	Moderados
	Daños no estructurales	Intensos
	Descripción	Grietas en bases de pilares y en nudos estructurales con caída de recubrimiento de hormigón y pandeo de barras de acero. Grandes grietas en tabiquerías y muros de cerramiento con fallo de tabiques individuales.
Grado 4	Título	Daños muy graves
	Daños estructurales	Graves
	Daños no estructurales	Muy graves
	Descripción	Daños graves en elementos estructurales con fallo de nudos, fallo de pilares a compresión, rotura de armadura de refuerzo y ladeo de pilares. Fallo de pilares individuales o fallo de alguna planta superior.
Grado 5	Título	Destrucción
	Daños estructurales	Muy graves
	Daños no estructurales	Muy graves
	Descripción	Derrumbe de la planta baja o crujía (alas o secciones) enteras de edificios.

Grados de intensidad

La organización de la escala se realiza en base a:

- Efectos en las personas
- Efectos en los objetos y en la naturaleza (los efectos y fallos en el terreno se tratan especialmente en otra sección)
- Daños en los edificios

Cada grado de intensidad puede incluir también los efectos de la sacudida de los grados de intensidad menores, aunque dichos efectos no se mencionen explícitamente.

I.- No sentido

a) No sentido ni en las condiciones más desfavorables

b) Ningún efecto

c) Ningún daño

II.- Apenas sentido

a) El temblor es sentido sólo en casos aislados (< 1%) de individuos en reposo y en posiciones especialmente receptivas dentro de edificios

b) Ningún efecto

c) Ningún daño

III.- Débil

a) El terremoto es sentido por algunos dentro de edificios. Las personas en reposo sienten un balanceo o un ligero temblor

b) Los objetos colgados oscilan levemente

c) Ningún daño

IV.- Ampliamente observado

a) El terremoto es sentido dentro de los edificios por muchos y sólo por muy pocos en el exterior. Se despiertan algunas personas. El nivel de vibración no asusta. La vibración es moderada. Los observadores sienten un ligero temblor o cimbreo del edificio, la habitación o de la cama, la silla, etc.

b) Golpeteo de vajillas, cristalerías, ventanas y puertas. Los objetos colgados oscilan. En algunos casos los muebles ligeros tiemblan visiblemente. En algunos casos, chasquidos de la carpintería

c) Ningún daño

V.- Fuerte

a) El terremoto es sentido dentro de los edificios por la mayoría y por algunos en el exterior. Algunas personas se asustan y corren al exterior. Se despiertan muchas personas que duermen. Los observadores sienten una fuerte sacudida o bamboleo de todo el edificio, la habitación o el mobiliario

b) Los objetos colgados oscilan considerablemente. Las vajillas y cristalerías chocan entre sí. Los pequeños objetos, inestables y/o mal apoyados pueden desplazarse o caer. Las puertas y ventanas se abren o cierran de pronto. En algunos casos se rompen los cristales de las ventanas. Los líquidos oscilan y pueden

derramarse de recipientes totalmente llenos. Los animales dentro de los edificios se pueden inquietar

VI.- Levemente dañino

a) Sentido por la mayoría dentro de los edificios y por muchos en el exterior. Algunas personas pierden el equilibrio. Muchos se asustan y corren al exterior

b) Pueden caerse pequeños objetos de estabilidad ordinaria y los muebles pueden desplazarse. En algunos casos se pueden romper platos y vasos. Se pueden asustar los animales domésticos (incluso en el exterior)

c) Se presentan daños de grado 1 en muchos edificios de clases de vulnerabilidad A y B; algunos de las clases A y B sufren daños de grado 2; algunos de clase C sufren daños de grado 1

VII.- Dañino

a) La mayoría de las personas se asusta e intenta correr fuera de los edificios. Para muchos es difícil mantenerse de pie, especialmente en plantas superiores

b) Se desplazan los muebles y pueden volcarse los que sean inestables.

Caída de gran número de objetos de las estanterías. Salpica el agua de los recipientes, depósitos y estanques

c) Muchos de los edificios de clase de vulnerabilidad A sufren daños de grado 3; algunos de grado 4 .Muchos edificios de clase de vulnerabilidad B sufren daños de grado 2: algunos de grado 3.Algunos edificios de clase de vulnerabilidad C presentan daños de grado 2. Algunos edificios de clase de vulnerabilidad D presentan daños de grado 1

VIII.- Gravemente dañino

a) Para muchas personas es difícil mantenerse de pie, incluso fuera de los edificios

b) Se pueden volcar los muebles. Caen al suelo objetos como televisiones, ordenadores, etc. Ocasionalmente las lápidas se pueden desplazar, girar o volcar. En el suelo muy blando se pueden ver oscilaciones

c) Muchos edificios de clase de vulnerabilidad A sufren daños de grado 4;

algunos de grado 5. Muchos edificios de clase de vulnerabilidad B sufren daños de clase 3; algunos de clase 4. Muchos edificios de clase de vulnerabilidad C sufren daños de grado 2; algunos de grado 3. Algunos edificios de clase de vulnerabilidad D presentan daños de grado 2

IX.- Destructor

a) Pánico general. Las personas pueden ser lanzadas bruscamente al

suelo

b) Muchos monumentos y columnas se caen o giran. En suelo blando se ven ondulaciones

c) Muchos edificios de clase de vulnerabilidad A presentan daños de grado

5. Muchos edificios de clase de vulnerabilidad B presentas daños de grado 4; algunos de grado 5. Muchos edificios de clase de vulnerabilidad C sufren daños de grado 3; algunos de grado 4. Muchos edificios de clase de vulnerabilidad D sufren daños de grado 2; algunos de grado 3. Algunos edificios de clase de vulnerabilidad E presentan daños de grado 2

X.- Muy destructor

c) La mayoría de los edificios de clase A presentan daños de grado 5. Muchos edificios de clase de vulnerabilidad B sufren daños de grado 5. Muchos edificios de clase de vulnerabilidad C sufren daños de grado 4; algunos de grado 5. Muchos edificios de clase de vulnerabilidad D sufren daños de grado 3; algunos de grado 4. Muchos edificios de clase de vulnerabilidad E sufren daños de grado 2; algunos de grado 3. Algunos edificios de clase de vulnerabilidad F presentan daños de grado 2

XI.- Devastador

c) La mayoría de los edificios de clase de vulnerabilidad B presentan daños de grado 5. La mayoría de los edificios de clase de vulnerabilidad C sufren daños de grado 4; muchos de grado 5. Muchos de los edificios de clase de vulnerabilidad D sufren daños de grado 4; algunos de grado 5. Muchos de los edificios de clase de vulnerabilidad E sufren daños de grado 3; algunos de grado 4. Muchos edificios de clase de vulnerabilidad F sufren daños de grado 2; algunos de grado 3.

XII.- Completamente devastador

c) Se destruyen todos los edificios de clases de vulnerabilidad A, B y prácticamente todos los de clase de vulnerabilidad C. Se destruyen la mayoría de los edificios de las clases de vulnerabilidad D, E y F. Los efectos del terremoto alcanzan los efectos máximos concebibles

NOTA: Recientemente, para expresar el grado de intensidad según la escala EMS-98 de un sismo, se emplean también los números comprendidos entre 1 y 12, en lugar de los números romanos (I a XII), utilizándose

igualmente la numeración intermedia (4,5; 5,5; 6,5; 7,5; etc.) para indicar que la intensidad sísmica de un sismo está comprendida entre 5 y 6 (V y VI) (5,5), que está comprendida entre 6 y 7 (VI y VII) (6,5), etc.

Cálculo de la magnitud

A partir del 1 de marzo de 2002, la magnitud asignada para los eventos regionales corticales, registrados a partir de esta fecha, será calculada con una nueva fórmula de magnitud basada en el máximo de amplitud y periodo del tren de ondas S (en la mayoría de los casos en el tren Lg), cuya expresión matemática es la siguiente:

$mb = \log_{10} (A/T) + 1{,}17 \log_{10} R + 0{,}0012 * R + 0{,}67$

A: amplitud del desplazamiento del suelo en micras.

T: periodo en segundos.

R: distancia hipocentral $(D^2 + h^2)^{1/2}$ en km.

h: profundidad focal en km.

D: distancia epicentral en km.

Esta fórmula de magnitud ha sido referida a la fórmula de magnitud local de Richter, de manera que para un periodo de 1 segundo ambas escalas coinciden a una distancia de referencia de 100 km.

Relación intensidad-magnitud

La magnitud se registra a partir de datos instrumentales, por lo que solo los terremotos ocurridos a partir del siglo XX tienen magnitud calculada. Por tanto, es necesario transformar las intensidades en magnitudes para los terremotos anteriores a dicho siglo, e incluso también para algunos del siglo XX en los que por diversas razones no se haya registrado su magnitud.

La magnitud es un parámetro del que únicamente se tienen datos instrumentales para los terremotos más recientes, mientras que la mayoría de terremotos destructivos del periodo histórico tienen asignados valores de intensidad. Por tanto, es necesario contar con expresiones que relacionen ambos parámetros, permitiendo obtener datos de la magnitud para los terremotos antiguos.

De entre las distintas relaciones existentes para transformar datos de intensidad epicentral en magnitud, y viceversa, se ha seleccionado la correspondiente al catálogo completo de terremotos (incluyendo los ocurridos en Portugal, Francia y Marruecos) en el periodo 1960-1998 (Cabañas y otros, 1999). Esta relación empírica, también utilizada en el programa SES-2002 de Protección Civil, es independiente de la profundidad y es aplicable a terremotos con profundidades hasta 10 kilómetros:

- transformación magnitud (M)- intensidad (10):

$$I_0 = \sqrt{\frac{M - 2{,}907}{0{,}035}}$$

- transformación intensidad - magnitud:

$$M = 0{,}035\ I_0^2 + 2{,}907$$

Tabla: Correlación entre los valores de magnitud e intensidad epicentral

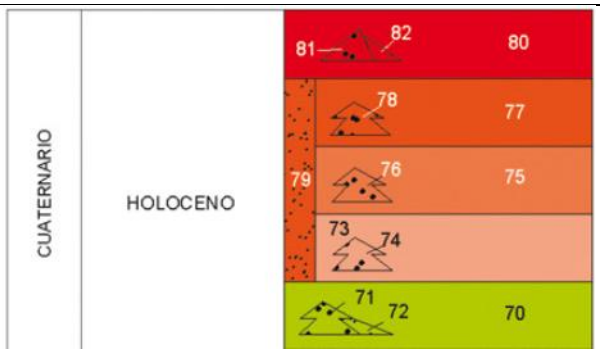
Magnitud	Intensidad	Magnitud	Intensidad
7,5	XI-XII	5,3	VIII
7,0	XI	5,2	
6,5	X	5,1	
6,4		5,0	
6,3		4,9	VII – VIII
6,2		4,8	VII
6,1	IX-X	4,7	
6,0		4,6	
5,9	IX	4,5	
5,8		4,4	VI – VII
5,7		4,3	VI
5,6		4,2	
5,5	VIII - IX	4,1	
5,4		4,0	V – VI

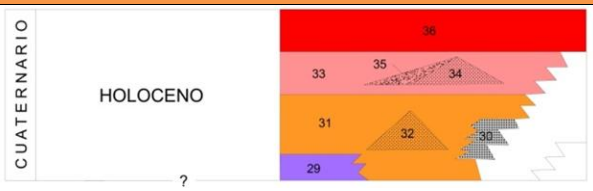
Parámetros de identificación disponibles de la peligrosidad volcánica

Cronología de la formación de las islas

Metodología: Para obtener la información referente a la cronología de la formación de las Islas Canarias, se parte de la información del Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias (GRAFCAN), donde aparecen señaladas todas las litologías correspondientes a erupciones que se pueden considerar como históricas, que son las que se tendrán en cuenta en este epígrafe y que aparecen detalladas y especificadas en el siguiente cuadro:

Tabla: Erupciones históricas en las Islas Canarias (erupciones recientes, históricas, subhistóricas o prehistóricas).

Isla	Trama	Código leyenda Mapa Geológico
La Palma		ERUPCIONES HISTÓRICAS ERUPCIONES DEL SIGLO XX 61.- Coladas basálticas 60.- Depósitos freatomagmáticos 59.- Conos de piroclastos basálticos ERUPCIONES DEL SIGLO XVIII 58.- Coladas basálticas 57.- Depósitos freatomagmáticos 56.- Conos de piroclastos basálticos ERUPCIONES DEL SIGLO XVII 55.- Coladas basálticas 54.- Conos de piroclastos basálticos ERUPCIONES DEL SIGLO XVI 53.- Fonolitas juveniles intrusivas 52.- Coladas basálticas 51.- Conos de piroclastos basálticos ERUPCIONES PREHISTÓRICAS Y RECIENTES VOLCÁN MARTÍN Y MONTAÑA QUEMADA 50.- Coladas basálticas 49.- Depósitos freatomagmáticos 48.- Conos de piroclastos basálticos MALFORADA Y NANBROQUE 47.- Coladas tefríticas y fonolíticas 46.- Intrusiones de fonolitas juveniles 45.- Conos de piroclastos basálticos, basaníticos y tefríticos VOLCÁN FUEGO Y VOLCANES DE LA FAJANA 44.- Coladas basálticas 43.- Conos de piroclastos basálticos, basaníticos y tefríticos VOLCÁN SAN ANTONIO - LA CALDERETA 42.- Coladas basálticas 41.- Depósitos freatomagmáticos 40.- Conos piroclásticos basálticos GRUPO BIRIGOYO - LA BARQUITA 39.- Coladas basálticas 38.- Conos de piroclastos basálticos
Lanzarote		ERUPCIONES HISTÓRICAS Alineación volcánica del año 1824 82. Piroclastos de dispersión 81. Conos de tefra 80. Coladas basálticas Volcanismo del siglo XVIII (Timanfaya) 79. Piroclastos de dispersión de los tres episodios 78. Conos de tefra del tercer episodio 77. Coladas basálticas y basálticas olivínicas del tercer episodio 76. Conos de tefra del segundo episodio 75. Coladas basálticas y basálticas olivínicas del segundo episodio 74. Conos de tefra del primer episodio 73. Coladas basálticas y basálticas olivínicas del primer episodio ERUPCIONES SUBHISTÓRICAS 72. Piroclastos de dispersión 71. Conos de tefra 70. Coladas basálticas y basálticas olivínicas
Tenerife		ERUPCIONES HISTÓRICAS ERUPCIONES DEL SIGLO XX Erupción del Chinyero (1909) 204.- Coladas basálticas 203.- Piroclastos basálticos ERUPCIONES DEL SIGLO XVIII Erupción del Chahorra ó Narices del Teide (1798) 202.- Coladas basálticas 201.- Piroclastos basálticos Erupción de Montaña Negra ó Garachico (1706) 200.- Coladas basálticas 199.- Piroclastos basálticos Fisura eruptiva de Siete Fuentes-Fasnia Arafo (1704-05) 198.- Coladas basálticas 197.- Piroclastos finos 196.- Piroclastos basálticos ERUPCIONES DEL SIGLO XIV y XV Erupción fisural del Taoro 195.- Coladas traquibasálticas 194.- Piroclastos ERUPCIONES SUBHISTÓRICAS Volcán de Montaña Reventada 193.- Coladas de traquitas máficas 192.- Piroclastos traquíticos Volcán de Arafo 191.- Coladas basálticas 190.- Piroclastos basálticos Volcán de las Arenas 189.- Coladas basálticas-traquibasálticas 188.- Piroclastos basálticos 187.- Piroclastos de dispersión Volcán de Güimar 186.- Coladas basálticas 185.- Piroclastos basálticos finos de dispersión 184.- Piroclastos basálticos

Isla	Trama	Código leyenda Mapa Geológico
El Hierro		POSIBLE ERUPCIÓN HISTORICA 36.- Coladas basálticas (s.l.) EMISIONES RECIENTES 35.- Piroclastos de dispersión basálticos (s.l.), basaníticos y foidíticos 34.- Conos de tefra basálticos (s.l.), basaníticos y foidíticos 33.- Coladas basálticas (s.l.), basaníticas y foidíticas EMISIONES SUBRECIENTES 32.- Conos de tefra basálticos (s.l.), basaníticas y foidíticas 31.- Coladas basálticas (s.l.), basaníticas y foidíticas

Fuente: Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias

A continuación se detallan aquellas erupciones históricas que han sido constatadas y su relación con la leyenda del Mapa Geológico:

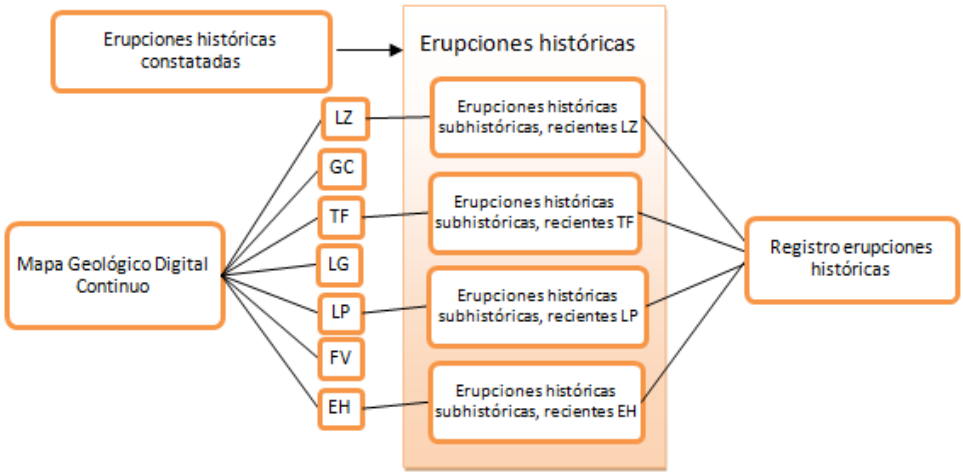
Tabla: Erupciones históricas constatadas

Isla	Erupciones históricas constatadas		Código leyenda Mapa Geológico
	Año	Denominación	
Lanzarote	1730-36	Timanfaya	79-73
	1824	Volcán de Tao, Volcán Nuevo del Fuego o del Chinero y Volcán de Tinguatón	81-80
Tenerife	1704-05	V. de Sietefuentes, V. de Fasnía y V. de Arafo	198-196
	1706	E. de Garachico y V. de Arenas Negras	200-199
	1798	E. Narices del Teide y V. de Chahorra	202-201
	1909	V Chinyero	204-203
La Palma	1430-1440	Tacande-Montaña Quemada	47-45
	1585	Tehuya	53-51
	1646	Volcán Martín o de Tigalate	55-54
	1667-68	Volcán de San Antonio	55-54
	1712	E. del Charco	58-56
	1949	E. de San Juan	61-59
	1949	V. de Nambroque	61-59
	1971	V. de Teneguía	61-59

Fuente: Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias y C. Romero (2007). Dpto. Geografía Univ. La Laguna

La información del Mapa Geológico Digital Continuo, esta disponible en formato digital (shapefile) y está estructurada por islas, siendo necesario para cada una de las islas, seleccionar las categorías litológicas indicadas anteriormente, si bien no todas las islas presentan erupciones históricas, por lo que es necesario unificar toda la información.

El esquema metodológico es el siguiente:



Se realizará un registro de erupciones históricas con información espacial (capa shapefile) que estará asociada a una tabla (excel), donde se especificaran los detalles de las erupciones históricas constatadas. Se dispondrá de un campo común que relacione ambas fuentes de datos. El campo común entre la capa y la tabla será el codigo_ID.

Centros eruptivos y zonas de rifts o dorsales

Esta información estará constituida por los centros eruptivos (información muy similar a la estimada en el apartado de peligrosidad sísmica) y rifts o dorsales que en el caso concreto de la isla de Tenerife se incluye también el Complejo Volcánico Central. En este epígrafe no se incluirán las fisuras o fallas tectónicas, como sí se hizo en el apartado de parámetros de identificación de la peligrosidad sísmica.

Metodología: La metodología para obtener la información será similar a la desarrollada en el apartado correspondiente de la peligrosidad sísmica, siendo detallada con anterioridad.

Unidades vulcanológicas

Metodología: A continuación se detallan las diferentes agrupaciones que se han llevado a cabo de las clases litológicas del Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias (GRAFCAN).

Tabla: Unidades vulcanológicas a partir de las diferentes litologías del Mapa Digital Continua de Canarias

Isla	Denominación (Agrupación vulcanológica)		Código Leyenda Mapa Geológico
Tenerife	Depósitos antrópicos y edáficos		219-205
	Erupciones post-Cañadas	Históricas	204-184
		Recientes	183-131
	Periodo Cañadas	Cañadas y Dorsal antigua	91-37
		Centros periféricos pre-Diego Hernández	130-92
	Edificios antiguos		36-1
Lanzarote	Depósitos sedimentarios cuaternarios		109-105, 92-83, 55-52 y 30-33
	Vulcanismo Holoceno	Erupciones históricas	82-73
		Erupciones subhistóricas	72-70
	Vulcanismo Pleistoceno		69-56, 51-37, 104-92
	Vulcanismo Plioceno		35, 34, 29 y 28
	Edificios Antiguos		27-1
La Palma	Depósitos sedimentarios cuaternarios		68-62, 37-33
	Dominio Cumbre Vieja	Erupciones históricas	61-51
		Erupciones prehistóricas y otras	50-24
	Dominio Taburiente		23-6
	Dominio Complejo Basal		5-1
La Gomera	Depósitos sedimentarios recientes		62-54
	Segundo ciclo volcánico		53-30
	Primer ciclo volcánico		29-5
	Complejo Basal		4-1
Gran Canaria	Depósitos sedimentarios cuaternarios		109-96
	Ciclo volcánico reciente		95-79
	Ciclo volcánico post- Roque Nublo		78-61
	Ciclo volcánico Roque Nublo y formación detrítica de Las Palmas		60-37
	Primer ciclo volcánico		36-1
Fuerteventura	Depósitos sedimentarios cuaternarios		151-137
	Vulcanismo Pleistoceno Medio-Holoceno		136-123
	Depósitos sedimentarios Plio-Pleistocenos		122-117
	Vulcanismo y sedimentos Pliocenos		116-105
	Dominio subaéreo. Vulcanismo Mioceno		104-38
	Formación de transición		37-33
	Dominio del Complejo Basal		32-1
El Hierro	Depósitos sedimentarios cuaternarios		40-37
	Vulcanismo de las Dorsales	Erupciones históricas o recientes	36-33
		Emisiones subreciente o antiguas y otros vulcanismos	32-16
	Edificio El Golfo-Las Playas		2, 15-10
	Edificio Tiñor		1, 3-9

Fuente: Elaboración propia

Parámetros de identificación disponibles de la peligrosidad por inundación

Registro de inundaciones históricas

Metodología para configurar los datos: Los datos serán recopilados a partir de las bases de datos de los Consejos Insulares de Agua, del Catalogo Nacional de Inundaciones Históricas o del Catálogo Nacional de Riesgos Geológicos. Estos datos son accesibles en formato txt o excel.

El paso a SIG se realizará a partir de las coordenadas de ubicación de los eventos registrados y las zonas que se han visto afectadas.

En función de las fechas de los eventos de inundación, se dividirán los datos en 3 grupos correspondientes a eventos históricos, eventos contemporáneos y eventos recientes.

Eventos históricos: Inundaciones cuya fecha este comprendida desde que hay registro de datos hasta el año 1950 incluido. Cada evento estará caracterizado por las coordenadas del epicentro donde se ha producido.

Eventos contemporáneos: Inundaciones que se han producido entre los años 1951-2000.

Eventos recientes: Inundaciones que se han producido entre los años 2001- hasta la actualidad.

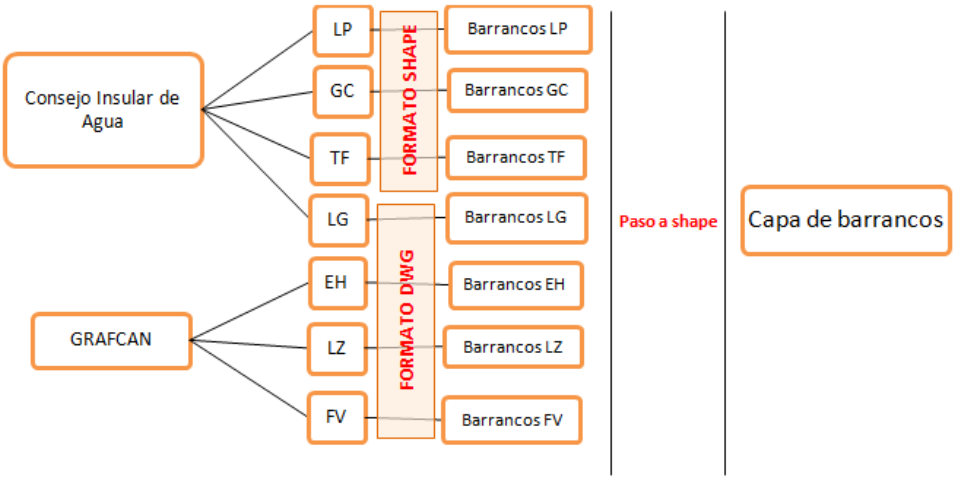
La información quedará recogida en el Inventario de eventos históricos y será representada mediante un Sistema de Información Geográfica, a través de capas de formato vectorial:

- Puntos: Coordenadas del lugar donde se ha producido el evento.
- Polígonos: En caso de disponer de la información espacial de la superficie afectada.

PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN FLUVIAL

Red hidrográfica

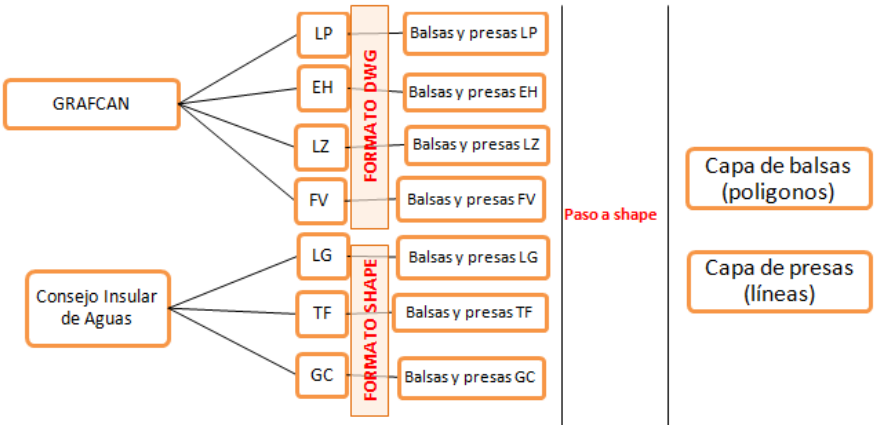
Metodología para conformar los datos de barrancos: La red hidrográfica de barrancos se obtendrá de la cartografía de GRAFCAN en el caso de Lanzarote, Fuerteventura y El Hierro mientras que la de La Palma, La Gomera, Tenerife y Gran Canaria será proporcionada por los Consejos Insulares de Aguas de las respectivas islas. En los cauces en los que exista toponimia, será asignando el mismo al tramo de cauce principal, sin nombrar los afluentes. La información será proporcionada tanto en formato digital en shape como DWG, por lo que es necesario para su posterior tratamiento para obtener la peligrosidad, pasarla toda a un mismo formato, en este caso, shapefile.



Respecto a las balsas y presas, el sistema de aguas se completa con la información de la captación, tratamiento y transporte a partir de la distribución de las infraestructuras destinadas al almacenamiento de las aguas. Las balsas y presas son los elementos habituales para la regulación temporal de este recurso.

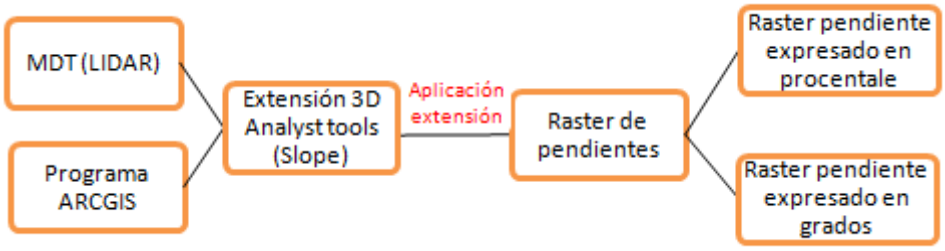
Se recopilará la información de las balsas y presas de cada una de las islas. Esta información será obtenida de los Consejos Insulares de Agua y de la cartografía de GRAFCAN (topográfico 1:5.000) y está disponible en formato digital.

Metodología presas y balsas: La distribución de las balsas y las presas se ha obtenido de la cartografía de GRAFCAN en el caso de Lanzarote, Fuerteventura, La Palma y El Hierro mientras que La Gomera, Tenerife y Gran Canaria la han proporcionado los Consejos Insulares de Aguas de las respectivas islas. En las presas en los que pueda reconocerse su toponimia, se facilitará este dato, junto con la capacidad en m^3. La información será proporcionada en formato digital tanto shape como DWG, por lo que será necesario pasarla toda a shape. Como resultado se obtendrá una capa para las balsas (formato polígono) y una capa para las presas (formato líneas).



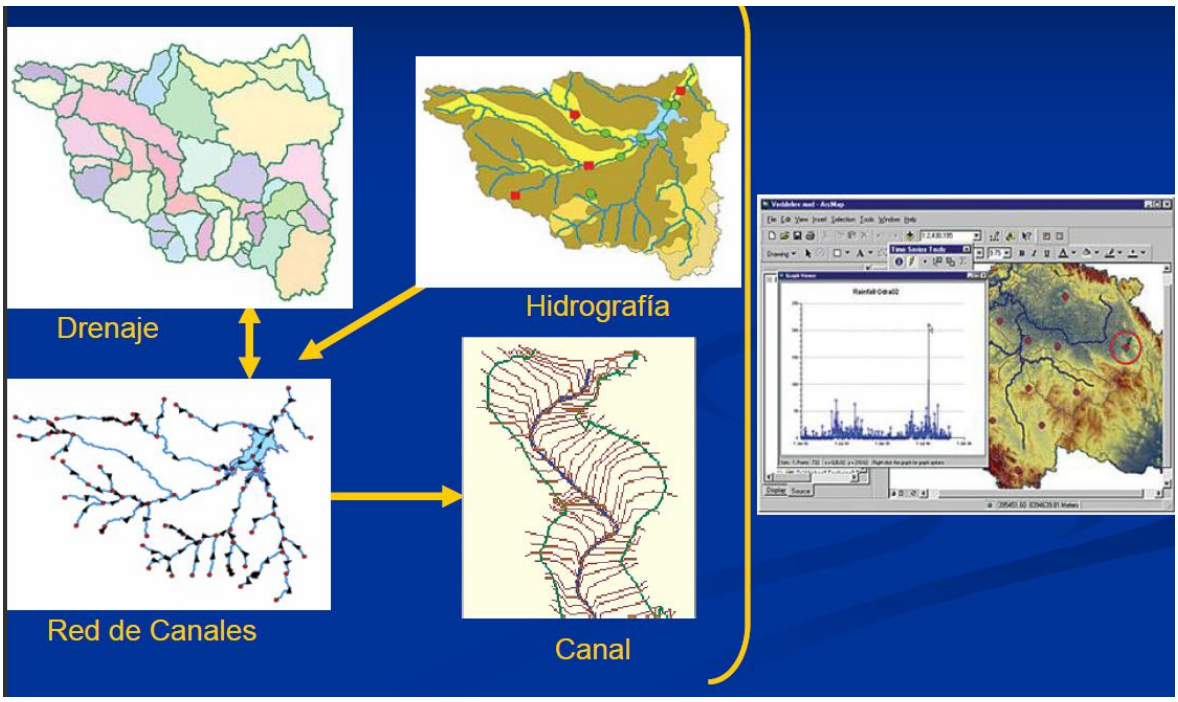
Información topográfica-geológica

Metodología para estimar la pendiente: El mapa de pendientes se obtiene a partir del MDT y de la información asociada que presenta el mismo. Mediante la herramienta de ARCGIS (sistema más utilizado actualmente, desarrollado por le empresa ESRI) Slope, incluida dentro de Arctoolbox en la extensión Analyst tools, se obtiene una capa en formato raster de la pendiente del terreno que puede ser expresada tanto en porcentaje como en grados.



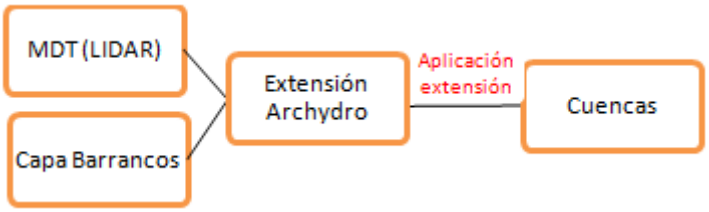
Metodología para estimar las cuencas hidrológicas : Para determinar las cuencas asociadas a cada uno de los barrancos que conforman la red hidrográfica, se utilizarán las herramientas desarrolladas para ello en los Sistemas de Información Geográfica. En el caso de ArcGIS (sistema más utilizado actualmente, desarrollado por le empresa ESRI), aparece la extensión denominada ArcHydro. Esta herramienta permite la modelización hidrológica e hidráulica a partir de su MDT de un territorio, obteniendo como resultado entre otros, las cuencas hidrográficas existentes en esa zona, en formato digital.

Figura: Componentes principales de ArcHydro

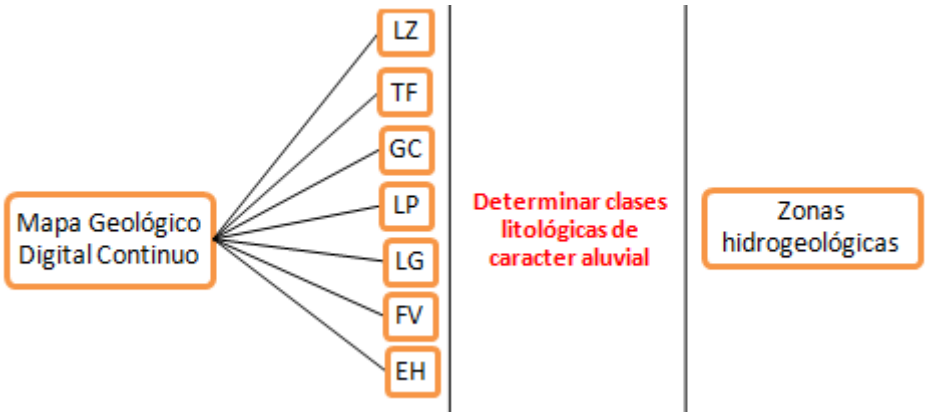


Fuente: Estudio de Riesgos Constatados Insulares (GESPLAN)

A partir del MDT, ArcHydro permite determinar las líneas de máximo flujo, las cuencas y las subcuencas asociadas a cada registro de forma automática.



Metodología de obtención de las zonas hidrogeológicas: Se seleccionarán aquellas litologías que estén relacionadas con depósitos aluviales en cada una de las islas. Estas zonas se agruparan en una sola capa denominada zonas hidrogeológicas. A continuación se muestra la metodología a llevar a cabo:



Las clases litológicas que se han seleccionado por constituir zonas hidrogeológicas aparecen detalladas en la siguiente tabla:

Isla	Clase litológica	Código Leyenda
El Hierro	Depósitos aluviales y de fondo de barranco	38
Fuerteventura	Depósitos de barranco y/o aluviales	149
	Terrazas y aluviales antiguos	141
Gran Canaria	Depósitos aluviales actuales, y de fondo de barranco y de valle	105
	Depósitos sedimentos aluviales antiguos y terrazas fluviales	100
La Gomera	Depósitos aluviales y fondos de barranco	60
	Depósitos aluviales antiguos y terrazas	55
La Palma	Aluvial (relleno de barrancos)	63
	Terrazas aluviales recientes	62
Lanzarote	Depósitos aluviales areno-arcillosos	108
Tenerife	Depósitos de barranco/rambla	217
	Depósitos aluviales y de fondo de valle	213
	Aluviales antiguos y terrazas	206

Metodología para estimar la permeabilidad: La permeabilidad de cada una de las islas, se estima a partir de la información existente digitalizada del Mapa Litoestratigráfico y de Permeabilidad de España, elaborado por el Instituto Geológico y Minero de España en 2006.

Información hidrológica

Para estimar las precipitaciones se parte de la metodología desarrollada por GESPLAN en Canarias, en el documento "Estudios de Riesgos Hidráulicos Constatados Insulares"

Metodología para estimar las precipitaciones: Para estimar las precipitaciones se parte de la metodología desarrollada por GESPLAN en Canarias, en el documento "Estudios de Riesgos Hidráulicos Constatados Insulares". El principal dato de partida para la estimación de los caudales de escorrentía es el régimen de precipitaciones al que se encuentra sometida la zona. Para definirlo, se tiene como principal herramienta la base de datos de los pluviómetros gestionada por el Instituto Nacional de Meteorología, que se ha completado con los pluviómetros del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA) de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación del Gobierno de Canarias. Los datos utilizados serán la precipitación máxima diaria para cada mes, extrayéndose el máximo anual. Como consecuencia del anterior análisis, se obtienen una serie de valores puntuales de precipitación máxima diaria correspondientes a cada periodo de retorno definido. Estos valores están localizados en los puntos donde se ubican las diferentes estaciones meteorológicas con datos válidos.

Para obtener a partir de estos datos puntuales un valor medio ponderado para cualquier superficie definida por una subcuenca se utilizará el método de las isoyetas (lugar geométrico de todos los puntos de igual precipitación). La interpolación de modelo pluviométrico se realizará automáticamente mediante el método “kriging”. Este método de interpolación asume que la distancia o la dirección entre puntos muestreados reflejan una correlación espacial que puede ser usada para explicar la variación en la superficie. El método ajusta una función matemática a un número específico de puntos o a todos los puntos dentro de un radio determinado, para finalizar con el valor de salida para cada localización. El método se desarrolla en varios pasos, incluyendo un análisis estadístico exploratorio de los datos, un modelo de variograma, la creación de la superficie y opcionalmente explorando una superficie de varianza.

De esta forma se obtendrán en formato raster las isoyetas (precipitación máxima diaria) para un periodo de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años, para cada una de las islas. Estas isoyetas permiten estimar la pluviometría media para la cuenca y serán pasadas a formato shape. Además, serán necesarios los hietogramas de cálculo asociados a las tormentas más características que han tenido lugar.

Metodología de estimación de la escorrentía (número de curva): Para determinar la escorrentía se utilizará el método del numero de curva del SCS (Servicio de Conservación de

Suelos del Departamento de Agricultura de EE.UU.) desarrollado en 1972. El numero de curva depende de diversos factores como son la ocupación del suelo, tratamiento sobre el suelo, etc. Siendo necesario el empleo del SIOSE (Mapa de Ocupación del Suelo) para determinar la ocupación del suelo y su tratamiento.

La relación entre precipitación y escorrentía obedece a múltiples factores que la determinan y valoran. Todos ellos condicionan que parte de la lluvia caída nunca llegará a transformarse en escorrentía, lo que se denomina "pérdida". La modelización de las pérdidas repercute enormemente en los resultados finales de los cálculos de caudales de avenida.

Los números de curva o números hidrológicos vienen tabulados y reflejan la capacidad de la cuenca vertiente para producir escorrentía durante un aguacero. Este número de curva depende de:

- *Uso del suelo o tipo de cubierta vegetal: cultivos, praderas, bosques….*
- *Tratamiento efectuado sobre el mismo o labores de cultivo: líneas de máxima pendiente, cultivos a nivel, terrazas…*
- *Tipo de suelo y su capacidad de infiltración.*
- *Condición de humedad, donde se valora la probable situación de humedad del suelo en el momento del aguacero de cálculo.*

El método diferencia tres condiciones de humedad diferentes:

- *Condición I*: suelo seco sin llegar al punto de perder la cohesión, o sea, cuando pueden ararse y cultivarse en buenas condiciones.
- *Condición II*: suelo en situación normal (alejado de la capacidad de campo pero también alejado del punto de marchitez permanente). Son las condiciones medias existentes en la mayor parte de los suelos antes de que se produzca la máxima avenida anual.
- *Condición III*: suelo saturado o muy próximo a la saturación o capacidad de campo. Se da cuando en los cinco días anteriores a la tormenta estudiada se han producido fuertes lluvias o lluvias ligeras con bajas temperaturas y el suelo está casi saturado.

Para el presente estudio se particularizarán los diferentes parámetros según las características locales y los datos disponibles de partida.

Con respecto a la agrupación que maneja el método para los **tipos de suelo**, se seleccionará el llamado grupo C al representar el caso más desfavorable, esto es, el que conlleva menor permeabilidad y mayor escorrentía. Se define dicho grupo como "suelos franco-arcillosos e incluso arcillosos con escasa capacidad de infiltración una vez saturados; también se incluyen

aquí suelos que presentan horizontes someros bastante impermeables. Los suelos de este grupo poseen un bajo contenido en materia orgánica."

En relación a los diferentes **usos del suelo**, se partirá del Mapa de ocupación del suelo SIOSE (GRAFCAN) al ser esta una de las fuentes de información geográfica más fiables y actualizada que caracteriza a todo el territorio Canario. Dentro de la clasificación que da dicho mapa, se agruparán algunas de las categorías para adecuarlas a las clasificaciones que para el uso del suelo da el SCS, atendiendo a las características comunes con los grupos que éste distingue:

USOS DEL SUELO	MAPA DE OCUPACIÓN DEL SUELO (SIOSE)
Barbecho	Suelo desnudo
Cultivos de rotación (pobres)	Cultivos herbáceos distintos del arroz
Cultivos de rotación (densos)	Cultivos leñosos frutales
	Cultivos leñosos olivar
	Otros cultivos leñosos
Pradera pobre	Matorral
Pradera	Pastizales
Masas forestales	Frondosas
	Coníferas
Rocas impermeables	Roquedo
	Infraestructuras residuos
	Zonas de extracción o vertido
	Suelo no edificado
	Zonas quemadas
Firmes granulares sin pavimento	Urbano mixto discontinuo
	Primario
	Zona verde artificial y arbolado urbano
	Huerto familiar
	Asentamiento Agrícola Residencial
Pavimentos bituminosos o de hormigón	Edificación
	Urbano mixto (casco/ensanche/discontinúo)
	Vial, aparcamiento o zona peatonal sin vegetación
	Industrial
	Terciario
	Equipamiento/dotacional
	Infraestructuras transporte
	Infraestructuras energía
	Infraestructuras suministro de agua
	Lamina de agua artificial
	Otras construcciones
	Infraestructuras telecomunicaciones
Aguas	Aguas continentales
	Aguas marinas

USOS DEL SUELO	MAPA DE OCUPACIÓN DEL SUELO (SIOSE)
	Humedales marinos
	Humedales continentales
Playas, dunas y arenales	Playas, dunas y arenales
Ramblas	Ramblas

Con respecto al tratamiento sobre el suelo, se tendrá en cuenta que los cultivos en Canarias se realizan en un altísimo porcentaje sobre terrazas o bancales, mientras que los matorrales de costa, cumbre y pastizales, al ser de origen natural u originado sobre zonas de cultivos abandonados, siguen una línea de curva de nivel.

Finalmente, se clasificarán los usos del suelo y se relacionará con números de curva según la siguiente tabla:

USOS DEL SUELO	**TIPO DE SUELO**
	GRUPO C
Barbecho	91
Cultivos de rotación (pobres)	84
Cultivos de rotación (densos)	79
Pradera pobre	86
Pradera	75
Masas forestales	70
Rocas impermeables	82
Firmes granulares sin pavimento	87
Pavimentos bituminosos o de hormigón	90
Aguas	100
Ramblas*	32
Playas, dunas y arenales *	32
* NOTA: "playas, dunas y arenales" y "ramblas" no aparece en los grupos de usos del suelo del SCS. Por su singularidad y puesto que aparece en los mapas de ocupación de suelo, se ha incluido con un valor reducido de número de curva, que se corresponde con infiltraciones muy elevadas.	

Este parámetro del número de curva se utiliza para estimar el umbral de escorrentía, que proporciona el coeficiente de escorrentía, que es una de los componentes para estimar el caudal de la avenida. La relación entre la precipitación y la escorrentía es el denominado Po "umbral de escorrentía", que es la cantidad de lluvia a partir de la cual comienza la escorrentía. Algunos métodos utilizan directamente tablas para obtener Po, pudiéndose también calcular a partir del número de curva mediante la ecuación:

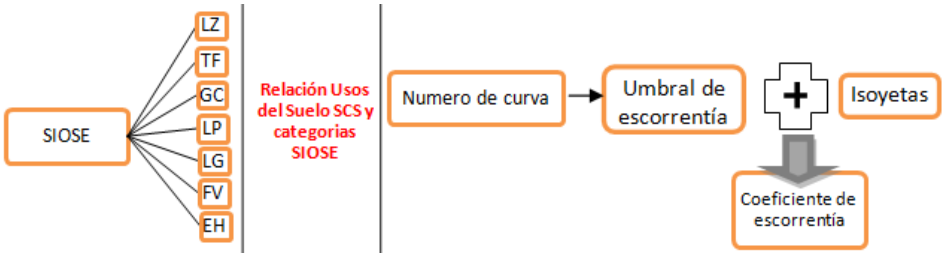
$$P_o = 0{,}2 * \frac{25400 - 254 * N}{N}$$

El coeficiente de Escorrentía (C) se determina con la siguiente fórmula:

$$C = \frac{[(Pd / Po) - 1] * [(Pd / Po) + 23]}{[(Pd / Po) + 11]^2}$$

Pd (mm): la precipitación total diaria correspondiente a dicho período de retorno.

A continuación se detalla un esquema de la metodología aplicada:



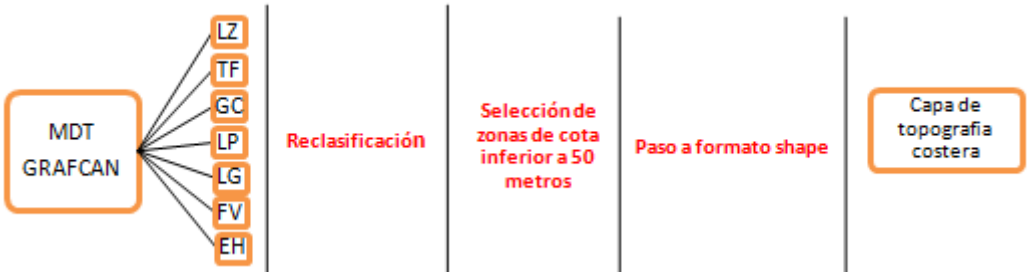
Ocupación de cauces

Metodología para configurar los datos de ocupación de cauces: Las zonas se localizarán a partir de las coordenadas de cada uno de los puntos declarados y citados en las denuncias que pudieran posiblemente suponer zonas de peligrosidad. Dentro de este archivo de datos existirán dos capas, una de puntos y otra de líneas, en función del tipo de denuncia registrada.

PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN LITORAL O COSTERA

Topografía costera

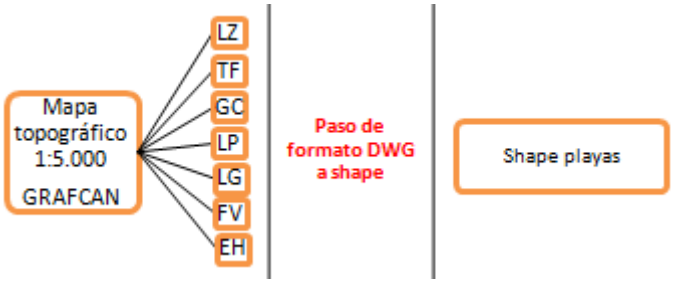
Metodología para estimar el MDT: El MDT se obtiene a partir de la cartografía de GRAFCAN. Para obtener la capa topografía costera es necesario primero reclasificar el raster, con la finalidad de obtener la tabla de atributos. Una vez reclasificado, se selecciona la zona de cota inferior a 50 metros y pasándolo a shape se obtiene la capa de topografía costera.



Metodología para estimar la batimetría: Se utilizarán las batimetrías de los trabajos ecocartográficos, realizadas por la Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente durante los años 2001-200821 en todas las islas, a excepción de Tenerife donde el Cabildo Insular realizo el Estudio Bionómico del litoral de Tenerife durante los años 2004-2006. Estos trabajos fueron realizados con sonar de barrido lateral en la zona más próxima a la costa. Esta información esta disponible en formato digital, capa vectorial shapefile de líneas.

[21] Concretamente el estudio de La Gomera y El Hierro, fue realizado por la 'Unión temporal de Empresas Intensa-Geomytsa Tecnoambiente' en el año 2005.

Metodología para estimar las playas: Las playas se estimarán a partir del Mapa topográfico 1:5.000 de GRAFCAN, donde estas zonas quedan delimitadas como un nivel independiente del DWG. El nivel seleccionados es el Level 416, que se corresponde con playas de arena y playas de callado tipo recinto.



Metodología para estimar las los perfiles de las playas: Se utilizarán los perfiles de las playas de los trabajos ecocartográficos, realizadas por la Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente durante los años 2001-200822. Esta información esta disponible en formato digital, capa vectorial shapefile de puntos y de líneas, si bien se utilizará la información de los puntos, puesto que es la que dispone de datos de cota.

Dinámica costera

Metodología para estimar la altura de la marea: Para estimar el nivel de la marea se dispone de una red de Mareógrafos REDMAR (RED de Mareógrafos de Puertos del Estado), que recogen la información referente a las mareas. Puertos del Estado realiza un informe del nivel del mar en cada una de las provincias de Canarias. En el mismo se recoge el análisis de los niveles de marea observados y un análisis estadístico de los mismos. El oleaje es el principal agente modelador de la costa. Cualquier variación en su intensidad, dirección o altura puede generar peligrosidad. Para estimar la altura del oleaje existen cuatro tipos de bases de datos en función de la fuente de obtención: bases de datos provenientes de datos instrumentales in situ (boyas pertenecientes a la REMRO (Red Española de Registro y Medida de Oleaje, financiada por Puertos del Estado y operada por el CEDEX)), Mareógrafos pertenecientes a la REDMAR (RED de Mareógrafos de Puertos del Estado, Mareógrafos pertenecientes al IEO (Instituto Español de Oceanografía); provenientes de instrumental remoto (satélites), datos visuales y datos simulados. El GIOC (Grupo de Ingeniería Oceanográfico y de Costas), a partir de los datos medidos desde 1958 (boyas y datos de satélites) y con una resolución espacial de

[22] Concretamente el estudio de La Gomera y El Hierro, fue realizado por la 'Unión temporal de Empresas Intensa-Geomytsa Tecnoambiente' en el año 2005.

10 km, ha estimado los valores medios y extremos de altura de ola y la tendencia que presenta este fenómeno23. Esta información está disponible en formato digital.

Metodología para estimar el viento: Para estimar el viento, se lleva a cabo un reanálisis de los vientos, que asimilan la información satélite y la de las estaciones y se realiza una simulación. Esta es la metodología utilizada por el GIOC (Grupo de Ingeniería Oceanográfico y de Costas) que ha estimado los valores medios y extremos, así como las tendencias de la velocidad del viento en Canarias, a partir del a información del ITER (Instituto Tecnológico y de Energias Renovables de Canarias).

Metodología para estimar los temporales marinos*:* Es importante estimar la frecuencia de los temporales marítimos que tiene lugar en Canarias, porque son estos temporales los que van a indicar la peligrosidad en el tiempo. Para estimar la frecuencia de temporales marítimos el GIOC ha analizado las series históricas, estimando la tendencia actual en Canarias de estos fenómenos adversos.

Parámetros de identificación disponibles de la peligrosidad por incendio forestal

Modelo de combustible

Metodología para estimar los modelos de combustible: Los Modelos de Combustible utilizados en Canarias, parten de los siguientes proyectos y están disponibles en formato digital (shape):

La Palma: Proyecto de Prevención de incendios y seguimiento del impacto de incendios forestales en el ámbito del proyecto (INTERREG IIIB Azores-Madeira-Canarias).

El Hierro y La Gomera: Modelo de Combustible desarrollado por el proyecto Realización de un inventario, caracterización y zonificación detallada de los modelos de combustible presentes en las islas de La Gomera y El Hierro, perteneciente al Proyecto “Cooperación y Sinergias en materia de aprovechamiento forestal sostenible en la Región Macaronésica” – FORESMAC con código MAC/2/C75.

Gran Canaria: Plan de Prevención de Incendios Forestales de Gran Canaria (2003) y Manual de operaciones contra incendios forestales del ICONA (1993).

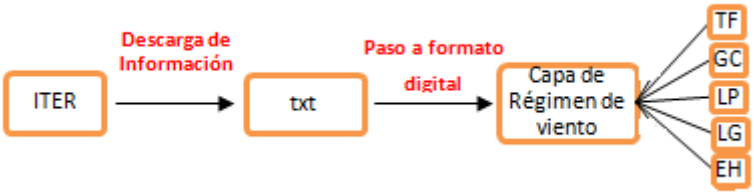
[23] En el documento "Estudio previo Plan Canario de Adaptación al Cambio Climático: Infraestructuras Costeras y Litoral", se analiza que para un horizonte del año 2025, los valores extremos de oleaje mediante simulación revelan un incremento superior a 30 cm al año en determinadas zonas.

Tenerife: TECNOMA SA. 2002. Caracterización de combustibles forestales de la isla de Tenerife. Gobierno de Canarias. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación territorial. Viceconsejería de Medio Ambiente.

Datos climatológicos

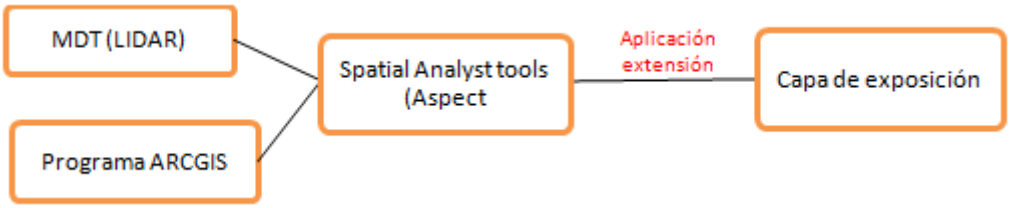
Metodología para estimar el viento: El ITER dispone de un modelo de simulación de la intensidad del viento[24] donde se ha estimado la intensidad del viento a lo largo de puntos que conforman una malla de 100 metros, en todas las islas a alturas de 40, 60 y 80 metros.

Los datos están disponibles en formato txt, con las coordenadas de los puntos incluidos en cada recinto de la malla de 100 metros. Esta información puede ser transformada a un formato espacial vectorial, utilizando los Sistemas de Información Geográfica. Como resultado se obtendrá un shapefile de puntos, donde cada punto corresponde a cada uno de las coordenadas de los puntos incluidos en la malla, en los que se ha desarrollado el modelo.



Topografía

Metodología para estimar la exposición: Para poder estimar la exposición del terreno se utiliza el Modelo Digital de Terreno (MDT) (GRAFCAN), obtenido a partir del LIDAR. Mediante el programa ArcGIS, en la extensión Spatial Analyst aparece la herramienta denominada Aspect que proporciona la orientación del terreno.



Metodología para estimar la pendiente: La pendiente influye en la propagación del incendio, ya que el fuego se extiende más rápidamente a lo largo de fuertes pendientes, por lo que su efecto puede ser devastador y difícil de combatir. El análisis del porcentaje de pendiente se ha

[24] Estudio de la intensidad del viento desarrollado a partir del documento "Recurso Eólico en Canarias". Elaborado por el Instituto Tecnológico de Canarias y el Gobierno de Canarias).

realizado a partir del MDT y la metodología utilizada ya ha sido explicada en el apartado de peligrosidad de avenidas e inundación.

Metodología para estimar los barrancos: Los barrancos son considerados como elementos magnificados de los incendios por el efecto chimenea que producen a la hora de propagar el fuego hacia las cotas altas, Para su identificación se utiliza la cartografía digital de la red hidrográfica de Canarias (ya utilizada para estimar la peligrosidad de inundación) en formato digital shapefile.

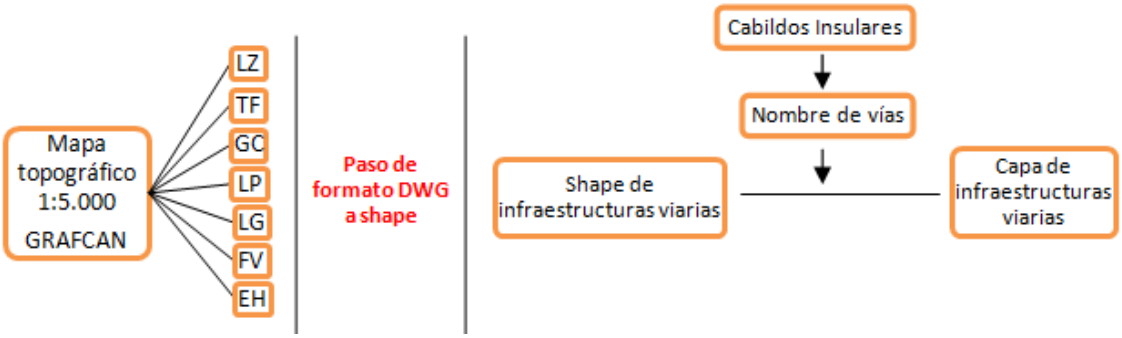
Variables antrópicas

Metodología para estimar las infraestructuras viarias: A partir de mapa topográfico 1:5.000 (GRAFCAN) y de los Cabildos Insulares se obtendrá la cartografía de las vías existentes en las islas en formato digital y representadas mediante una capa de polígonos.

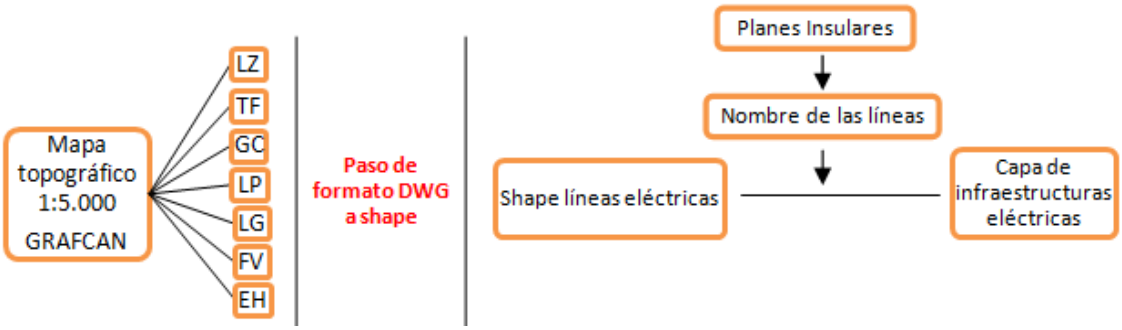
Tabla: Elementos del Mapa topográfico 1:5.000 de GRAFCAN relacionados con las infraestructuras de transporte

Layer	LvlDesc	Infraestructura de transporte (Elemento estructurante)
5502	Autopista. Recinto	Autopistas o autovías
5503	Camino. Recinto	Camino o pistas
5501	Carretera. Recinto	Carreteras convencionales principales
		Carreteras convencionales secundarias

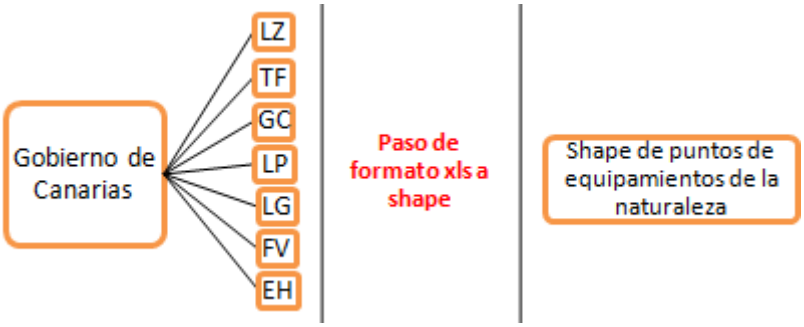
Fuente: GRAFCAN



Metodología para estimar las infraestructuras eléctricas: Para obtener la cartografía de las infraestructuras eléctricas se parte de la cartografía digital del mapa topográfico 1:5.000 (GRAFCAN) en formato DWG, identificando el nombre de las líneas de mayor intensidad a partir de los Planes Territoriales Especiales de Ordenación de Infraestructuras Eléctricas.

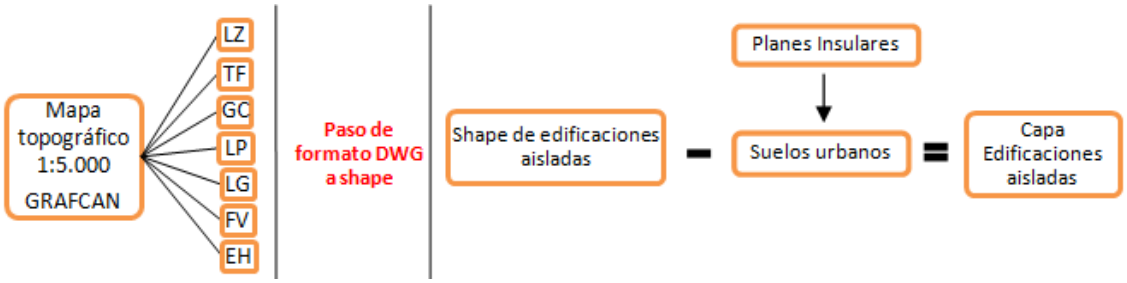


Metodología para estimar los equipamientos: Las zonas de equipamientos en zonas forestales se obtendrán a partir de la información del Gobierno de Canarias y están representados de forma digital al disponer de las coordenadas de su ubicación. Serán representados como un shape de puntos, según su ubicación.

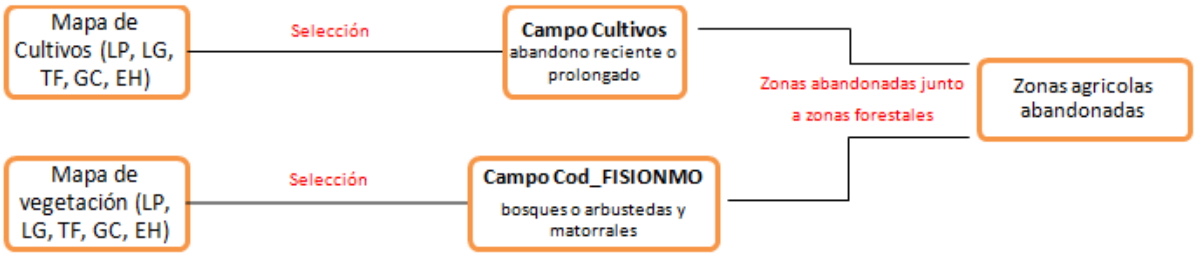


Metodología para estimar las edificaciones: Para estimar las edificaciones aisladas se utilizará la cartografía 1:5.000 de GRAFCAN, verificando esta cartografía con la delimitación de los núcleos que realiza cada planeamiento insular.

De la cartografía 1:5.000 se seleccionará el nivel denominado como: edificio, tipo recinto y level 111; edificación ligera, recinto, level 134 y nave industrial, recinto, level 131. Obtenidos estos polígonos es necesario descartar aquellas edificaciones que se ubican en zonas urbanas. Para ello se utilizarán cartografía de planeamiento insular de cada una de las islas, descartando los suelos clasificados como suelos urbanos. Realizada esta operación, el resultado obtenido serán los polígonos que definan las edificaciones aisladas.



Metodología para estimar las zonas agrícolas abandonadas: Se parte del Mapa de Cultivos de Canarias, donde se utilizarán todas las zonas designadas en el campo CULTIVOS como cultivos abandonados recientemente o prolongado. De estas zonas, únicamente serán seleccionadas y constituirán la capa de zonas agrícolas abandonadas, aquellas que lindan con zonas de elevado carácter forestal (zonas de bosques o Arbustedas y/o matorrales).



Registros histórico de incendios forestales

Metodología para estimar los eventos de incendios forestales: El registro histórico de incendios, ofrece datos que pueden ser significativos para evaluar la peligrosidad de una determinada zona. Esta información esta incluida en la base de datos de incendios forestales y está disponible en los Cabildos Insulares. Los incendios quedarán caracterizados por las coordenadas que hacen referencia al punto de inicio del incendio.

En función de las fechas de los incendios forestales se dividirá los datos en 3 grupos correspondientes a eventos históricos, eventos contemporáneos y eventos recientes.

Eventos contemporáneos: Incendios que se han producido entre los años 1951-2000.

Eventos recientes: Incendios que se han producido entre los años 2001- hasta la actualidad.

ZARI (Zonas de Alto Riesgo de Incendio)

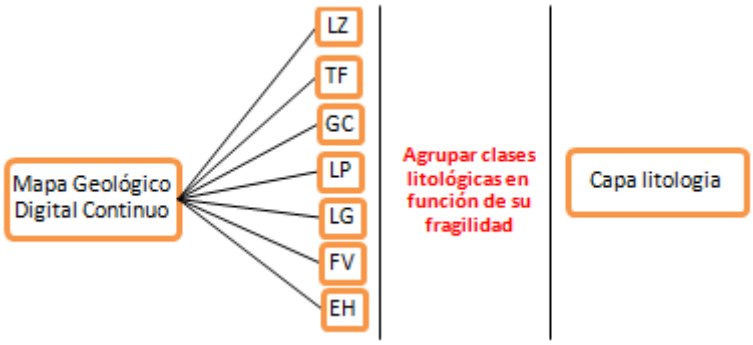
Metodología para estimar las ZARI: Los respectivos Cabildos Insulares, declararon mediante legislación (ORDEN nº 452, de 5 de agosto de 2005, ORDEN nº 127, de 23 de mayo de 2006, ORDEN nº 277, del 9 de octubre del 2007, ORDEN nº 423 del 17 de diciembre de 2008 y ORDEN de 22 de abril de 2009), la definición de las Zonas de Alto Riesgo de Incendios en todas las islas que presentan masa forestal.

Parámetros de identificación disponibles de la peligrosidad por dinámica de vertientes

Factores intrínsecos

Metodología para estimar la pendiente: La metodología empleada es similar a la utilizada en la capa de pendientes de la base de datos topográfica-geológica de la peligrosidad ante inundación. El análisis del porcentaje de pendiente se ha realizado a partir del MDT. Se llevará a cabo una clasificación de la pendiente en distintas clases según la metodología a aplicar.

Metodología para estimar la litología: La metodología utilizada es similar a la empleada en la base de datos topográfica-geológica, a partir de las clases litológicas serán agrupadas en función de su comportamiento mecánico y otros características relacionadas, incluyendo las formaciones rocosas y las superficiales.



Metodología para estimar las estructuras geológicas y rasgos morfológicos destacables: En la memoria de los Mapas Geológicos del Plan MAGNA (Mapa Geológico Nacional) a escalas 1:50.000 y 1:100.000, aparecen detallados aquellos elementos existentes en la zona de estudios, que se consideran relevantes desde el punto de vista geológico y morfológico.

Metodología para estimar los barrancos: La metodologia para estimar los barrancos, aparece detallada en el apartado de inundación.

Metodología para estimar la permeabilidad: La permeabilidad de cada una de las islas, se estima a partir de la información existente digitalizada del Mapa Litoestratigráfico y de Permeabilidad de España, elaborado por el Instituto Geológico y Minero de España en 2006.

Metodología para estimar las zonas de erosión: A partir de las zonas identificadas en el proyecto INES 2002-2012 (Inventario Nacional de Erosión de Suelo) que presentan erosión en barrancos y cárcavas a escala 1:250.000.

Factores desencadenantes

Metodología para estimar la precipitación vertical: La metodología aplicada es similar a la desarrollada en la base de datos hidrológica de la peligrosidad de avenidas. A partir de los datos de las estaciones meteorológicas, se desarrollarán, en formato raster, las isoyetas (precipitación máxima diaria) para un periodo de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años, para cada una de las islas. Estas isoyetas permiten estimar la pluviometría media para cada zona de la isla. (INES utilizan el periodo de retorno de 10 años, en PTOPRT 500 años). Como se ha comentado, el principal origen actualmente de inestabilidad de laderas es la saturación del suelo, siendo necesario llevar a cabo un análisis de la precipitación horizontal, puesto que en Canarias, es fenómeno representa un aporte de agua muy elevado.

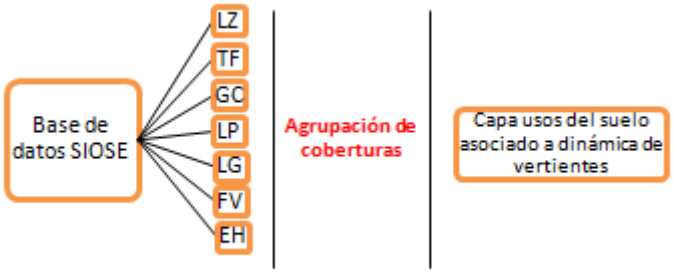
Metodología para estimar la precipitación horizontal: La capa de pluviometría horizontal se llevará a cabo delimitando aquellas zonas de los las islas donde hay constancia que existe precipitación horizontal.

Metodología para estimar la sismicidad: Se utilizará el Catalogo de eventos sísmicos, tanto del CSIC como del IGN, siguiendo la metodología desarrollada en la peligrosidad sísmica. Si bien, en el análisis de la peligrosidad sísmica solo se tuvieron en cuenta los eventos de más de 2,9 de magnitud, puesto que eran los sentidos por la población, su aplicación a la peligrosidad de riesgo de dinámica de vertientes implica considerar la totalidad eventos registrados, es decir los de magnitud mayor a 1,5, puesto que aunque no sean sentidos por la población, pueden originar algún tipo de movimiento de ladera. La estructura de la capa de sismicidad será similar a desarrollada en el estudio de la peligrosidad sísmica, en la base de datos de eventos sísmicos.

de zonas cubiertas por vegetación, urbano o suelo desnudo.

Metodología para estimar los usos del suelo: Se parte de la base de datos del proyecto SIOSE, del cual se agrupan determinadas coberturas con la finalidad de su aplicación a la dinámica de vertientes. A continuación se detallan las agrupaciones:

Usos del suelo dinámica de vertientes	Cobertura SIOSE, primer nivel
Urbano	Artificial compuesto (urbano mixto, industrial, terciario, primario, equipamiento/dotacional, infraestructuras).
Agua	Cobertura de agua
Masa boscosa	Arbolado forestal
Agrícola con arboles	Cultivos leñosos
Agrícola sin arboles	Cultivos herbáceos
Matorral	Pastizal y matorral
Suelo desnudo	Terrenos sin vegetación



Metodología para estimar las infraestructuras viarias: Estas infraestructuras ya se han utilizado en la estimación de la peligrosidad de incendios forestales. y por tanto se utilizará la misma metodología que la desarrollada en ese epígrafe.

ANEXO IV: METODOLOGÍAS EXISTENTES DE ESTIMACIÓN DE LA PELIGROSIDAD

INTRODUCCIÓN

En el presente anexo serán analizadas y descritas de forma exhaustiva, todas las metodologías existentes identificadas en el presente estudio, que permitan estimar la peligrosidad según el tipo de riesgo considerado, teniendo en cuenta la información disponible que caracteriza la peligrosidad para cada tipo de riesgo en Canarias.

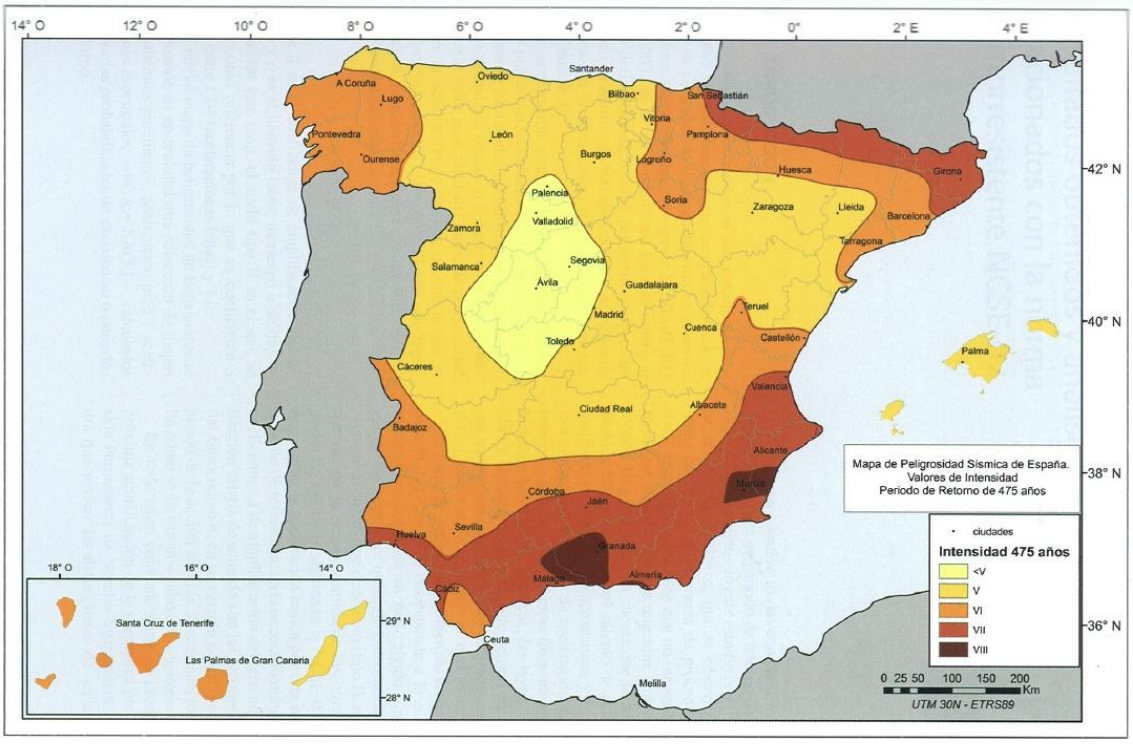
Peligrosidad sísmica

Metodologías existentes de estimación de la peligrosidad sísmica

Nivel nacional o estatal

MAPAS DE PELIGROSIDAD SÍSMICA (2012) DE ESPAÑA (IGN)

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define por medio del mapa de peligrosidad sísmica. Actualmente, se ha llevado a cabo una actualización del mapa de Peligrosidad Sísmica de 2002, incorporando los sismos de los últimso 10 años.



Nivel autonómico o Canarias

METODOLOGÍA DESARROLLADA A PARTIR DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE (CATALOGO DE ELEMENTOS SÍSMICOS Y CENTROS ERUPTIVOS):

Utilizando únicamente la información bruta existente, es decir los parámetros que definen la peligrosidad (el catálogo de eventos sísmicos, centros eruptivos, dorsales y fisuras), lo que se obtiene como resultado son los puntos donde se han producido sismos con anterioridad y las zonas de debilidad cortical o fricción donde existe una mayor probabilidad de existencia de tensiones y por tanto, de que se produzcan sismos. Las zonas de concentración de los mismos, son zonas donde la peligrosidad sísmica se puede considerar como más elevada. Esta información no aporta ni la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los eventos sísmicos, ni la intensidad previsible de estos eventos, lo que reduce en gran medida la fiabilidad del resultado obtenido en su aplicación a la ordenación del territorio, recogiendo únicamente las zonas susceptibles de presentar peligrosidad por riesgo sísmico, al carecer de la información relativa al periodo de retorno de cada evento (la frecuencia). Además, al no tratar la información estadísticamente, depende en gran medida del numero de eventos registrados y la escala de aplicación es muy elevada. A continuación se detalla la metodología a utilizar.

Metodología: Se parte de la información del parámetro de eventos sísmicos, donde se han descartado los eventos con magnitudes inferiores a 2,5.

A continuación, se lleva a cabo una graduación según la distancia al origen del sismo (hipocentro):

Alta: Zonas ubicadas a menos de 2.500 metros de algún punto donde se haya producido el registro de un sismo.

Moderada: Zonas ubicadas entre 2.500 y 5.000 metros de algún punto donde se haya producido el registro de un sismo.

Baja: Zonas ubicadas entre 5.000 y 10.000 metros de algún punto donde se haya producido el registro de un sismo.

Muy Baja: Zonas ubicadas a más de 10.000 metros de algún punto donde se haya producido el registro de un sismo.

Tabla: Valores en función de la distribución de eventos sísmicos

Dist. eventos sísmicos	Valor
Alta (< 2.500 m)	8
Moderada (2.500-5.000 m)	5
Baja (5.000-25.000 m)	2
Muy Baja (> 25.000 m)	1

Fuente: Elaboración propia

Estas zonas quedarán matizadas empleando la información relativa a los centros eruptivos, dorsales y fisuras tectónicas, puesto que son la fuente principal de los sismos que tiene lugar en las Islas Canarias.

Con la finalidad de localizar con cierto margen los centros eruptivos, las zonas que se ubiquen a menos de 2.500 metros de un centro eruptivo (zonas de influencia, Gómez Fernández) se ha considerado designarlas con un valor de 1,5 y el resto con un valor 1.

Respecto a las fisuras tectónicas, debido a que los sismos asociados a fenómenos tectónicos presentan una mayor magnitud y por tanto una mayor peligrosidad, su valor será mayor que el de los centros eruptivos (sismos de origen volcánico). Se asignará un valor de 2 para las zonas ubicadas a menos de 10.000 m de la fisura.

La unión de ambos parámetros se llevara a cabo mediante la multiplicación directa de los valores de los mismos y proporcionará el valor de la susceptibilidad sísmica:

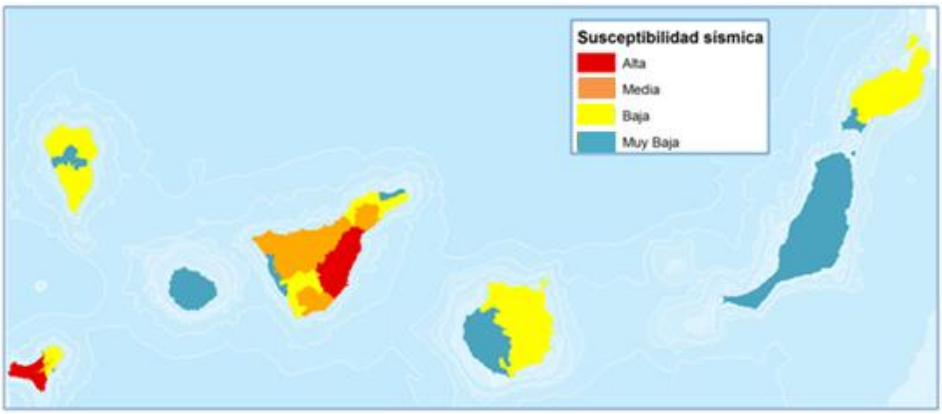
Tabla: Valoración final de la susceptibilidad sísmica en las Islas Canarias a partir de la información bruta existente

Susceptibilidad sísmica Islas Canarias	Valor
Alta	24-8
Media	4-6
Baja	2-3
Muy Baja	1-1,5

Fuente: Elaboración propia

Esta metodología se basa en evaluar los eventos sísmicos ocurridos en Canarias y valorar en función de la distancia los niveles de susceptibilidad. En este caso, solo se obtienen valores de susceptibilidad, al no calcular los periodos de frecuencia de cada evento. Además, es un método muy genérico, ya que no tiene en cuenta ninguna ley de atenuación del suelo y no realiza una extrapolación de los sismos a todo el territorio.

Figura: Susceptibilidad sísmica



Fuente: Elaboración propia

MAPAS DE SUSCEPTIBILIDAD INSULAR:

Estos mapa de susceptibilidad insulares parten de la metodología que se ha empleado para estimar el Mapa de susceptibilidad sísmica de Tenerife (PTOPRT). Está metodología se aplicará en cada una de las islas que conforman el archipiélago, si bien, como se ha explicado, únicamente se estimará la susceptibilidad sísmica y no la peligrosidad al carecer de la información referente al número de eventos sísmicos esperables en el tiempo y el periodo de retorno de los mismos.

Metodología: La metodología parte de la estimación de unos parámetros que se han considerado que definen la susceptibilidad sísmica. El primer parámetro es el análisis de la Intensidad máxima esperada a nivel de los núcleos de población de Canarias, por métodos deterministas. Este parámetro se estimar partir de la información del catálogo de eventos disponible, llevando a cabo una depuración de la misma, al recoger únicamente los eventos registrados con magnitudes superiores a 2,5.

Se realiza una malla regular que cubra todas las islas, con un espaciado de 10 Km (que se adapta a la dispersión de datos disponibles), donde se recogen los sismos existentes en cada una de las celdas correspondientes. Para cada celda se estima la magnitud máxima de los todos eventos sísmicos incluidos dentro de la celda y la profundidad media ponderada. Con estos valores se construye la malla de eventos sísmicos, de la que parte el análisis de la susceptibilidad, dando a cada celda los valores máximos estimados. A su vez, a la magnitud máxima registrada se le incrementa en 0,5 puntos su valor, con la finalidad de tener en cuenta posibles eventos de mayor magnitud que no hubieran quedado registrados durante la época instrumental. Por último, para cada celda se aplica una corrección en Z que tiene en cuenta la altitud media ponderada de la zona, que se descuenta de la profundidad del evento sísmico.

Obtenidos los valores necesarios para llevar a cabo la simulación para cada una de las celdas de la malla, se estiman las distancias hipo y epicentrales de cada celda ubicada en una isla hasta cada uno de los puntos de esa isla. Esta información se necesita para aplicar en una siguiente fase las Leyes de atenuación correspondientes.

Llegados a este punto se utilizará la metodología empleada por la Dirección General de Protección Civil del Ministerio del Interior en el Programa SES 2002 (Simulación de Escenarios Sísmicos), con algunas adaptaciones necesarias a las circunstancias de este análisis.

De acuerdo con esta metodología, se calcula en primer lugar la Intensidad epicentral (o Intensidad local) a partir de la magnitud (M), distinguiendo dos casos, según que la profundidad hipocentral fuese menor o mayor de 10 km.

En el primer caso se emplea la relación calculada por Cabañas y otros (1999) con el catálogo del IGN de los años 1960 – 1998, que es independiente de la profundidad y se ajusta bien a terremotos con profundidad de hasta 10 Km:

$$Io = sqrt((M-2,907)/0,035) \text{ para } Z <= 10 \text{ Km.}$$

Para terremotos más profundos (Z > 10 Km) se incluye en la correlación la profundidad focal Z, para lo que se ha partido de la relación calculada por Costa y Oliveira (1991) para terremotos europeos:

$$M = 0,55\ I + 2,2\ lg\ R - 1,14$$

Donde:

R: distancia en Km. del punto de estudio al foco.

Si se hace R=Z, entonces se obtiene la intensidad epicentral:

$$Io = (M+1,14 - 2,2\ logZ)/0,55 \text{ para } Z > 10 \text{ Km.}$$

Por defecto, este método supone que la Intensidad obtenida tiene una incertidumbre de un grado.

El siguiente paso consiste en aplicar las Leyes de atenuación a la intensidad epicentral esperada. Para ello, el método seleccionado utiliza las relaciones calculadas por Martín (1983) para distintas zonas sismogenéticas de España a partir de isosistas observadas, calculadas de manera que su aplicación depende de la zona en que se produce el terremoto, no de las zonas que atraviesa la energía. Canarias, de acuerdo con esta zonificación, se encuentra incluida dentro de la Zona 1 o General, como la mayor parte de la península Ibérica. Pese a la gran generalización, este método se ha considerado el más adecuado puesto que no existen Leyes de atenuación específicas para el archipiélago canario.

Puesto que la Intensidad epicentral calculada siempre es inferior a VIII, incluso admitiendo el margen de incertidumbre que introduce el método, la Ley de atenuación que se ha aplicado se corresponde con la siguiente fórmula:

$$P: I = Ie + 5'23 - 2'21 * ln(R+5)$$

Donde:

Ie: Intensidad epicentral (Io)

R: distancia en Km. del punto de estudio al foco

El resultado que se ha obtenido es un mapa de Intensidades Máximas Potenciales en cada uno de los puntos de una isla, para los terremotos con origen en cada una de las cuadrículas. La Intensidad Máxima Potencial en cada punto de esa isla se ha obtenido agregando a nivel de

entidad de población de GRAFCAN S. A., el total de Intensidades registradas para cada una de las simulaciones realizadas y asignando a éste la máxima de todas ellas.

La Intensidad Máxima Potencial se expresa de acuerdo con valores de la Escala Macrosísmica Europea (EMS-98), que contempla doce niveles de daño y define los grados de Intensidad en función de los efectos causados sobre las personas, los objetos, el medioambiente y los edificios. La descripción de los grados de intensidad EMS es la siguiente (se presentan exclusivamente aquellos que pueden tener alguna relevancia en este caso):

- Grado I. No Sentido. No sentido ni en las condiciones más favorables y, por tanto sin efectos ni daños.
- Grado II. Apenas Sentido. El temblor es sólo sentido en casos aislados (<1%) de individuos en reposo y en posiciones especialmente receptivas dentro de edificios. Sin daños ni consecuencias.
- Grado III. Débil. El terremoto es sentido por algunos dentro de los edificios. Las personas en reposo sienten un balanceo o ligero temblor. Los objetos colgados oscilan levemente. Sin daños.
- Grado IV. Ampliamente Observado. El terremoto es sentido dentro de los edificios por muchos y sólo por muy pocos en el exterior. Se despiertan algunas personas. El nivel de vibración no asusta. La vibración es moderada. Los observadores sienten un leve temblor o cimbreo del edificio-, la habitación, la cama, etc. o Golpeteo de vajillas, cristalerías, ventanas y puertas. Los objetos colgados oscilan. No se producen daños.
- Grado V. Fuerte. El terremoto es sentido dentro de los edificios por la mayoría y por algunos en el exterior. Algunas personas se asustan y corren al exterior. Los observadores sienten una fuerte sacudida o bamboleo de todo el edificio. o Los objetos oscilan y es posible la rotura de cristales. Los objetos pequeños o inestables pueden desplazarse o caer. Batido de puertas y ventanas. o Daños ligeros no estructurales, sobre todo en edificios de fábrica.
- Grado VI. Levemente Dañino. Sentido por la mayoría dentro de los edificios y muchos en el exterior. Algunas personas pierden el equilibrio. Otras se asustan y corren al exterior. Los objetos oscilan y se rompen y los muebles pueden sufrir desplazamientos. o Se presentan grados ligeros a moderados no estructurales en muchos edificios de fábrica y ligeros en algunas estructuras de hormigón armado y madera.

Los resultados del cálculo para la Intensidad Máxima Potencial, se han clasificado en cinco clases (MUY ALTA, ALTA, MODERADA, BAJA Y MUY BAJA) que se corresponden con las equivalentes de la escala EMS y tienen en cuenta la incertidumbre introducida por el método de cálculo

Nivel 5 = EMS entre IV y V

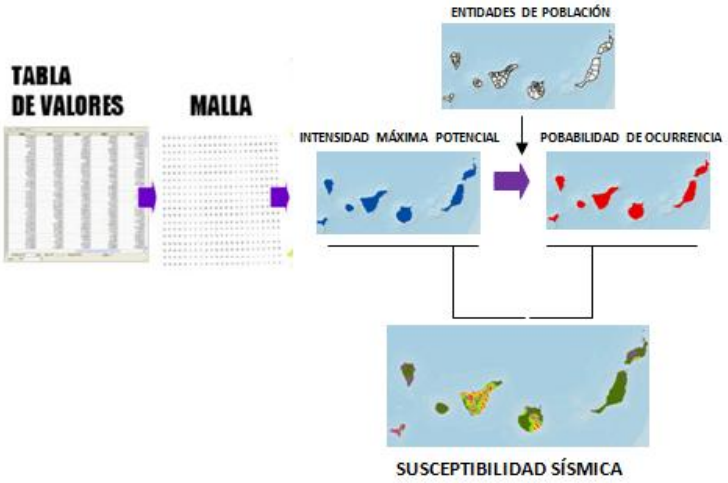
Nivel 4 = EMS entre III y IV

Nivel 3 = EMS igual a III

Nivel 2 = EMS entre II y III

Nivel 1 = EMS entre I y II

Por otra parte, se estima la Probabilidad Máxima de Afección por eventos de las Intensidades registradas en cada punto, para lo que se analiza el número de veces que cada entidad de población se ha visto afectada en el proceso de simulación por los efectos de los eventos simulados. El resultado obtenido se ha agregado en cinco clases de probabilidad de tipo cualitativo (MUY ALTA, ALTA, MODERADA, BAJA Y MUY BAJA)



Finalmente, ambos análisis (Intensidad Máxima Potencial y Probabilidad Máxima de Afección) se han combinado considerando que la probabilidad de ocurrencia es un factor dominante sobre la intensidad, obteniendo como resultado el Análisis de Susceptibilidad frente a Eventos Sísmicos, que se expresa también en cinco niveles.

Tabla. Niveles de susceptibilidad

Probabilidad máxima de afección con simulación	Intensidad Máxima Potencial				
	EMS I-II	EMS II-III	EMS III	EMS III-IV	EMS IV-V
Muy Baja	Muy -Baja	Muy Baja	Muy -Baja	Muy -Baja	Baja
Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Moderada	Baja	Baja	Baja	Moderada	Moderada
Alta	Moderada	Moderada	Moderada	Alta	Alta
Muy Alta	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta

Fuente: Análisis y metodología de la susceptibilidad sísmica PTOPRT.

La estimación del mapa de susceptibilidad insular en cada isla, permite obtener una información de la peligrosidad de riesgo sísmico en el Archipiélago, cuya fiabilidad en su

aplicación a la ordenación puede considerarse como buena o de nivel medio al no disponer de la información relativa a los periodos de retorno. Debido a los procesos que implica está metodología, no se ha podido llevar a cabo en todas las islas que conforman el Archipiélago, disponiendo únicamente de la información existente de la isla de Tenerife.

El PTOPRT determina un mapa de susceptibilidad para la isla de Tenerife mediante un método determinista, basado en los eventos sísmicos ocurridos en la isla de mayor intensidad y la mayor probabilidad de afección de los mismos. No determina la frecuencia o periodo de retorno de cada evento y utiliza como unidad administrativa el municipio, registrando los grados d magnitud de susceptibilidad según los limites de los mismos.

Aunque la escala de aplicación sea insular, debido a estos inconvenientes descritos, la fiabilidad de la metodología en su aplicación a la ordenación del territorio, se considera media.

MICROZONIFICACIÓN

Como ejemplo de microzonificación, se analiza la metodología utilizada en las Islas Canarias, en la zona de Guimar y La Orotava (*"Seismic scenarios for Tenerife (Canary Islands): Application to Güímar and La Orotava paleo-landslides sites"*)[25], que utiliza como base toda la información del proyecto del estudio de la peligrosidad sísmica en las Islas Canarias (González de Vallejo et al., 2006) anteriormente descrito, considerando las tres zonas sismogénicas o sismogenéticas designadas en el Archipiélago, en función del catalogo de eventos sísmicos y la información asociada.

En primer lugar, en esta metodología se calcula la peligrosidad sísmica en ambos emplazamientos en términos de aceleración máxima horizontal y se analiza la contribución particular de las fuentes sismogénicas a la peligrosidad total. En segundo lugar, se realiza un análisis de desagregación en cada enclave y se analiza la contribución parcial a la peligrosidad total por pares magnitud-distancia. En base a los resultados obtenidos se proponen tres escenarios sísmicos diferentes para cada emplazamiento, cada uno definido por un terremoto de magnitud, distancia y origen tectónico/volcánico dado.

Los cálculos se realizan en términos de magnitud y empleando la ley de atenuación hawaiana de la PGA (Munson y Thurber, 1997) puesto que en Canarias no existe ninguna fórmula específica. La peligrosidad se calcula para los dos emplazamientos, en este caso localizados en el punto central de los valles de Güímar y La Orotava, con coordenadas 16.428ºW-28.333ºN y 16.543ºW- 28.370ºN, respectivamente, obteniendo las curvas de peligrosidad sísmica de cada

[25] J. García-Mayordomo, J. Seisdedos, J.M. Insua Arévalo y L.I. González de Vallejo, (2008). *"Seismic scenarios for Tenerife (Canary Islands): Application to Güímar and La Orotava paleo-landslides sites"*

uno de estos enclaves. La curva de peligrosidad solo proporciona la probabilidad de excedencia de un nivel de movimiento del suelo a causa de la ocurrencia de los terremotos de las zonas sismogenéticas cercanas al sitio y no da información de las características del sismo que causara con mayor probabilidad la peligrosidad (sismo de control). Para explotar las curvas de peligrosidad obtenidas, se utilizará como metodología la desagregación, con la finalidad de definir los terremotos de control o escenarios sísmicos en cada enclave.

La desagregación determina para diferentes niveles de PGA asociados a un determinado periodo de retorno, el aporte parcial a la peligrosidad total del espectro de pares magnitud-distancia posibles. Los pares magnitud-distancia con mayor contribución en cada emplazamiento constituirán la base sobre la que definir los escenarios sísmicos posibles. El cálculo se realiza con el programa CRISIS (Ordaz et al., 2003).

En el caso de Guimar y La Orotova, la metodología da como resultado dos escenarios sísmicos posibles: tipo 1 con periodos de retorno de 500-1.000 años (comprende 2 tipos de terremotos pequeños y frecuentes de origen volcánico cerca del emplazamiento y terremoto de mayor magnitud y lejano de origen tectónico) y el tipo dos con periodos de retorno de 5.000-10.000 años (terremotos grandes y poco frecuentes de origen tectónico). Finalmente, se estima un escenario determinista representado por los terremotos máximos posibles en la zona 1 (evento volcánico de carácter explosivo próximo) y zona 3 (evento tectónico máximo relacionado con la falle entre Tenerife y Gran Canaria).

Tabla: Escenarios sísmicos propuestos según los resultados obtenidos

PCA en roca (g) Orotava	PCA en roca (g) Güimar	T Periodo de Retorno (años)	ESCENARIOS	GÜÍMAR		LA OROTAVA	
				Mw	Dist. (km)	Mw	Dist. (km)
0,06	0,06	500	ESCENARIO 1	4.4	5	4.4	5
0,08	0,09	1.000		6.1	25	6.1	35
0,16-0,21	0,15-0,27	1.000-10.000	ESCENARIO 2	6.4	20	6.4	25
-	-	-	DETERMINISTA	6.0	0	6.0	0
				6.8	13	6.8	24

Fuente: "Seismic scenarios for Tenerife (Canary Islands): Application to Güímar and La Orotava paleo-landslides sites" García-Mayordomo, Seisdedos, Insua Arévalo y González de Vallejo, 2008

Esta metodología permite obtener unos resultados cuya fiabilidad es alta, ya que la escala utilizada es pequeña, al referirse a una zona concreta teniendo en cuenta el "efecto sitio o local" y proporciona la intensidad del terremoto tipo o de control a parte de la peligrosidad. Si bien, es una metodología que necesita ser actualizada para ir ajustando los datos y sería conveniente realizar una función o ley de atenuación que se adaptará a las condiciones de las Islas Canarias. Esta metodología es un proceso muy tedioso, cuya aplicación se lleva a cabo a nivel local, que implicaría gran despliegue de medios, estudios específicos y un periodo largo de tiempo si se buscará extrapolarlo a todo el territorio insular o incluso Canarias.

Peligrosidad volcánica

Metodologías existentes de estimación la peligrosidad volcánica

Nivel Autonómico o Canarias

PEVOLCA

La zonificación establecida en el PEVOLCA es la siguiente:

La Palma (estudio de geología y volcanología de La Palma y El Hierro de (Carracedo, 2001):

Fuencaliente: Escenario de la última erupción. Se considera de riesgo por la presencia de poblaciones en una zona de posible emisión con una gran proximidad al peligro volcánico. El otro elemento vulnerable es la carretera LP-1 que le da continuidad a la isla por la zona sur y que sería interrumpida.

Vertiente este Cumbre Vieja: Zona de mayor vulnerabilidad de la isla por la población e infraestructuras que presenta.

Vertiente Oeste de Cumbre Vieja: Zona de múltiples erupciones relativamente recientes, región de alta vulnerabilidad, tanto por la densidad de población como de la afectación a los servicios.

Zona norte: Constituye las series más antiguas del volcanismo y de menor vulnerabilidad por la distribución de la población, aunque desde el punto de vista de la circulación de vehículos se presenta muy frágil.

El Hierro: (menor riesgo que La Palma y Tenerife)

Valverde: Zona más densamente poblada del municipio pero más antiguas de la isla la hace menos probable a tener una erupción.

El Golfo–Frontera: Frontera y sus poblaciones adyacentes estarían influenciadas por una erupción en El Golfo.

Los Barrios: Zona de poco riesgo, con alta concentración de conos volcánicos de antigua formación con baja probabilidad de una emisión.

La Dehesa: Zona de poco riesgo, con una gran densidad de conos pero poco poblada y escaso desarrollo.

Las Playa: Zona de poco riesgo, con muy poca población.

Tenerife: La zona de la dorsal noroeste, la cima o laderas del norte del Teide y el noreste de las cañadas, zonas de alta peligrosidad.

Zona interior de Las Cañadas: El tipo de volcanismo podría tener un mayor nivel de explosividad representando un mayor peligro, pero su emergencia sería sentida por señales pre-eruptivas más evidentes. Tendría una vulnerabilidad muy baja tanto en población como en infraestructuras.

Cima y ladera norte del Teide y Pico Viejo y valle de Icod- La Guancha: Zona de elevada peligrosidad. Los mayores riesgos se originarían por la posible emergencia de algún domo y la fuerte sismicidad generando posibles desplomes. La vulnerabilidad es muy alta debido a la alta densidad de la población de los principales centros poblados de Icod de los Vinos y La Guancha.

Cumbre de la dorsal noroeste y su flanco norte: Peligrosidad alta y vulnerabilidad es muy alta por la densidad de población existente.

Cumbre de la dorsal noroeste y su flanco sur: Peligrosidad alta y vulnerabilidad media.

Dorsal noreste y su flanco norte: Peligrosidad y vulnerabilidad alta.

Dorsal noreste y su flanco sur: Última erupción 1704-1705, zona poco probable pero posible con alta vulnerabilidad en población e infraestructura asociada.

Resto de la isla: Peligrosidad posible pero considerada muy baja

Macizos de Anaga y Teno: Zonas más seguras de la isla.

Gran Canaria: Dos grandes sectores de riesgo volcánico.

Sector noreste: Naturaleza explosiva de las erupciones en el Complejo Volcánico de Bandama (Últimos eventos del Complejo volcánico de Bandama de hace 1.970 años), que de presentarse una posible erupción afectaría la región más densamente poblada de la isla y con el mayor desarrollo de sus infraestructuras.

Sector noroeste: Intensa actividad en épocas muy antiguas, la probabilidad de actividad volcánica es muy baja, por lo que el riesgo es de niveles bajos.

Lanzarote: Zona con mayor probabilidad de emisión no tiene asociada una población pero si han afectado históricamente a las principales poblaciones de la isla. La frecuencia de erupciones es inferior a las islas occidentales la magnitud de la actividad volcánica ha sido la mayor en volumen de magma emitido.

Zona central: Zona más activa en torno al volcanismo histórico de Timanfaya de 1730-36 y en 1824, debido a los elevados volúmenes que históricamente ha experimentado, puede afectar a zonas con población.

Zonas de mayor estabilidad; Se contemplan dos zonas una al noreste de la isla que incluye al macizo de Famara y El Jable y al suroeste con el macizo de Ajaches y Tías, ambos sectores los más antiguos con menor probabilidad y escasa población e infraestructura.

En el Plan Especial de Protección Civil y Atención de Emergencias por riesgo volcánico en la Comunidad Autónoma de Canarias (PEVOLCA), no se ha estimado el riesgo de La Gomera y Fuerteventura, puesto que se ha considerado que ambas islas presentan largos periodos de reposo sin registros recientes.

En el resto de las islas, se describen todas aquellas zonas que presentan riesgo de forma genérica, sin que exista una delimitación espacial concreta. Estas zonas no se pueden representar y utilizar como elementos que permitan la valoración de la susceptibilidad volcánica, sino que únicamente, se pueden emplear para contrastar la información obtenida mediante otras metodologías.

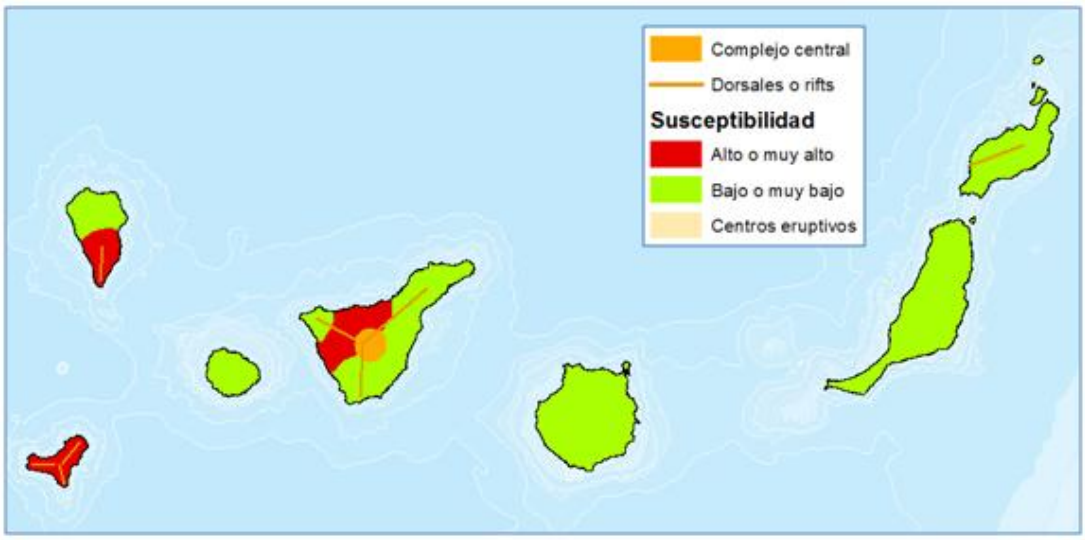
MAPA GENERAL DE SUSCEPTIBILIDAD VOLCÁNICA DE LAS ISLAS CANARIAS (CARRACEDO, 2004)

J.C. Carracedo basa la estimación de la peligrosidad volcánica en el conocimiento del "cuando", "donde" y "como" ocurrirá la próxima erupción volcánica, si bien el "cuando" y "donde" no se puede predecir con antelación de forma totalmente fiable, siendo necesario un sistema de alerta y detección tempranas y el conocimiento lo más amplio posible del comportamiento de los diferentes volcanes activos, lo que se puede lograr tras periodos de observación dilatados (Tilling, 1993). Para analizar las zonas "donde" es más probable que se produzca el volcanismo futuro, se parte de los estudios de la geología detallada del pasado reciente, la distribución en el tiempo y en el espacio de las diferentes erupciones, sus características y los efectos previsibles, llegando a la conclusión de que no todas las islas del Archipiélago, tienen el mismo nivel de actividad eruptiva reciente, ni por tanto la misma peligrosidad de riesgo volcánico.

El proceso que ha originado la alineación de islas y que aún controla su desarrollo se polariza en dirección del continente al océano, de tal forma que las más cercanas al borde continental son mucho más antiguas que las más oceánicas (Teoría del punto caliente, Carracedo, 1994, 1999; Carracedo et al., 1998a, b; Carracedo y Pérez Torrado, 2001; Carracedo et al., 2002; Carracedo y Tilling, 2003; Guillou et al., 1996, 1998, 2004a, b). Aunque no linealmente, existe una correlación: a mayor antigüedad menor probabilidad de reactivarse el volcanismo. La isla de Lanzarote, por ejemplo, considerada como volcánicamente muy activa, sólo ha tenido dos erupciones en los últimos 20.000 años (en 1736 y 1824), y ninguna la de Fuerteventura (Carracedo et al., 1990a, 1992, 2003b; Carracedo y Rodríguez Badiola, 1991). La isla de Gran Canaria ha tenido unas 10 erupciones en este período de 20.000 años, mientras que las islas

de La Palma, El Hierro y Tenerife han experimentado más de 100 erupciones cada una en el mismo período. En la provincia occidental, la isla de La Gomera está en un estadio que se conoce como de reposo eruptivo, que dura ya más de 2 millones de años (Cantagrel et al., 1984), por lo que de tener actividad volcánica en el futuro será muy probablemente dentro de miles o cientos de miles de años y tras un largo período de avisos. Tomadas en conjunto, las islas de La Gomera, Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote apenas suponen 10-15 erupciones en este período de 20.000 años, mientras que las restantes islas de La Palma, El Hierro y Tenerife acumulan en conjunto más de 300 episodios eruptivos (Carracedo et al., 2001, 2003a). Aunque no se puede descartar de forma absoluta la aparición de erupciones en cualquier isla del archipiélago, las probabilidades apuntan, pues, y de forma abrumadora, a estas islas de La Palma, El Hierro y Tenerife, islas que están o bien en la etapa de desarrollo juvenil más activa, o en la fase post-erosiva inicial, también muy activa en el Archipiélago. Ni la actividad eruptiva ni el riesgo potencial es el mismo en toda la superficie de estas islas occidentales, sino que se concentra en zonas bien definidas: las dorsales activas (las rift zonas en terminología volcanológica) y los edificios centrales. La Palma y El Hierro son dos claros ejemplos de actividad volcánica reciente asociada totalmente a dorsales activas, estructuras donde con toda probabilidad se localizarán las próximas erupciones (Carracedo, 1994; 1996; Carracedo et al., 2001, 2002; Carracedo y Tilling, 2003). Tenerife, en cambio, es el caso más complejo, ya que la actividad volcánica está relacionada con un sistema compuesto por dorsales activas y un edificio central complejo (Carracedo et al., 2004a, b).

Figura: Susceptibilidad de riesgo volcánico establecida por Carracedo para las Islas Canarias



Fuente: Elaboración propia

La metodología que establece Carracedo, se aplica de forma general a todo el archipiélago. Designa grados de susceptibilidad por riesgo volcánico, puesto que no incluye datos

relacionados con el "cuando" y el "como" se producen las erupciones, es decir, información relativa a la frecuencia de cada una de las tipologías de eventos volcánicos. Además, la escala de aplicación es muy elevada, por lo que su Grado de aplicación en la aplicación a la ordenación territorial, desde el punto de vista de estimación de la peligrosidad, se puede considerar como medio.

MAPA GENERAL DE SUSCEPTIBILIDAD TENIENDO EN CUENTA LA INFORMACIÓN EXISTENTE

A partir de la información disponible en bruto (centros eruptivos, zonas de rifts y dorsales, cronología y unidades vulcanológicas) y de la susceptibilidad a nivel Canarias que ha especificado Carracedo, se buscará interrelacionar la misma y describir unas zonas de susceptibilidad a mayor detalle, de tal forma que se valorará cada parámetro y mediante una combinación lineal se obtendrán diferentes valores que serán posteriormente evaluados para definir las zonas de mayor susceptibilidad.

Se parte como base de las zonas definidas por Carracedo, teniendo en cuenta que en La Gomera y Fuerteventura no se ha producido ninguna erupción en los últimos 20.000 años.

Se dará una valorarán a estas zonas de modo que se considera:

- *Muy baja susceptibilidad* aquellas que no presentan erupciones en los últimos 20.00 años, designadas con un valor de 1 (La Gomera y Fuerteventura).
- Descartadas las dos islas, el resto de zonas que estaban incluidas dentro del epígrafe de muy baja o baja susceptibilidad, se designarán como de *Baja susceptibilidad* y se valoran con un valor de 2.
- Las zonas que Carracedo identifica como con *alta o muy alta susceptibilidad* y la zona del Complejo Central de la isla del Tenerife, se valoran con un valor de 5.

Valoradas las zonas de Carracedo se procede a buscar un mayor detalle de las mismas para lo cual, primero se utilizará la información de los centros eruptivos. Según la ubicación de los centros eruptivos (puntos emisores donde ya se ha producido un proceso volcánico) se designara como valor 1,5 a la zona que se encuentre a menos de 500 m del centro eruptivo.

Con respecto a las dorsales o rifts, se considera que son zonas de debilidad cortical y por donde los procesos volcánicos presentan una mayor probabilidad de ocurrencia (Carracedo), se designará con valor 2, los centros eruptivos que se ubiquen dentro de una franja de 2.500 m (zona de influencia Gómez Fernández), a cada lado de la línea que marca la dorsal o rift.

Por último, las zonas donde se ha producido una erupción recientemente (edad geológica) y que se corresponden con erupciones históricas se designan con un valor de 2. Llevando a cabo la combinación lineal de todos los parámetros, se obtendrá el valor de la susceptibilidad:

Susceptibilidad = [Zona Carracedo] + [Zona centros eruptivos] + [Zona dorsal/rift] + [Zona erupción histórica]

Los resultados quedarán clasificados de la siguiente forma:

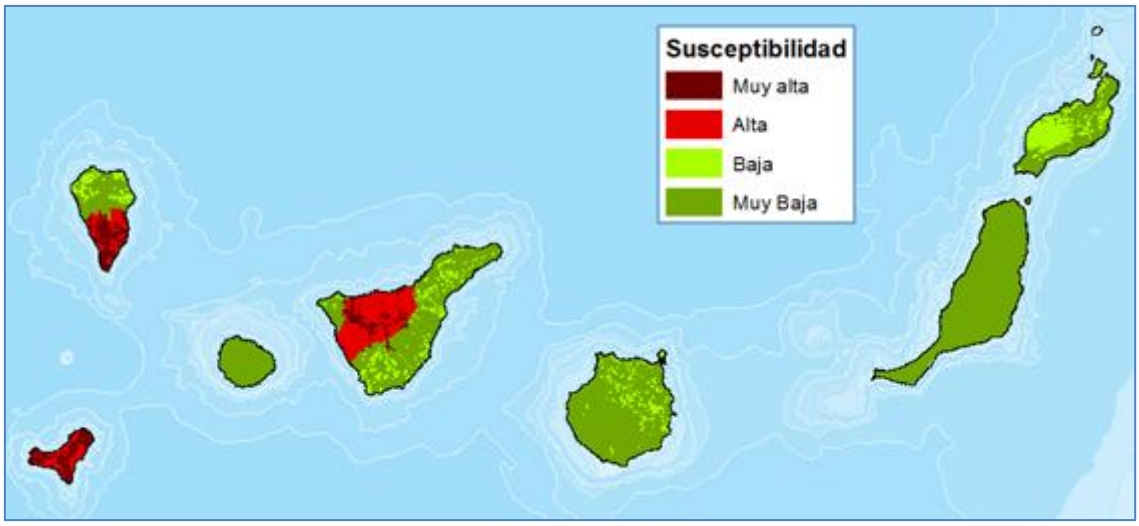
Tabla: Valores asignados a la susceptibilidad volcánica utilizando como base las zonas definidas por Carracedo y matizada pro la información existente.

Valor (suma de cada parámetro)	Susceptibilidad volcánica
5,5-7	Muy Alta
5	Alta
3,5-4,5	Baja
2,5-3	Muy Baja

Fuente: Elaboración propia

El resultado se expresa espacialmente:

Figura: Susceptibilidad volcánica utilizando como base las zonas definidas por Carracedo y matizada pro la información existente.



Fuente: Elaboración propia

Esta metodología permite un mayor detalle que la metodología de Carracedo, en la que se basa. Se trata de utilizar las zonas de Carracedo y mediante la información existente (centros eruptivos, unidades volcanológicas y ubicación de dorsales o rifts), particularizar y concretar su delimitación. De forma similar a la valoración anterior, se obtienen rangos de magnitud de susceptibilidad volcánica, al no disponer de la información relativa a los periodos de retorno.

Nivel insular

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD GENÉRICO (GÓMEZ FERNÁNDEZ, 1997)

Para el estudio del área probable de erupción se comienza por analizar la distribución de los centros emisores visibles que parten de la información del Mapa Geológico. Las áreas con mayor probabilidad de ocurrencia de erupciones son las que presentan una mayor concentración media de centros (se estima la densidad).

Para llevar a cabo el cálculo de la intensidad de erupción se rasteriza (tamaño del pixel 100 x 100 m el fichero de centros eruptivos indicando como "área de influencia' de cada uno de ellos la media de las distancias inter-centros (aprox. 2.500 m) contabilizado, para cada pixel que compone la imagen, el número de centros que ejercen influencia sobre el mismo. Con la finalidad de facilitar la interpretación de los resultados se aplica un filtro o algoritmo *de medias locales*, con una ventana de trabajo equivalente al área de influencia, el cual produce un efecto de "suavizado" sobre la representación gráfica de los datos. Este filtro asigna como valor al pixel sobre el que se encuentra situado el resultado de calcular la media de los valores de todos los píxeles incluidos en la ventana de cálculo.

De cada evento identificado se analizan tres parámetros (Miller, 1989) que permiten definir la tipología eruptiva (mecanismos eruptivos): composición química de los materiales emitidos, historia evolutiva y explosividad potencial. Esta información es fácil de adquirir analizando las características de la litología donde se ubican los centros. Por lo que respecta a la composición, los eventos se han agrupado en torno a dos grandes categorías de acuerdo con la clasificación petrológica de sus productos: composición básica a intermedia y composición sálica. En cuanto a la historia evolutiva, se clasifican los eventos según los niveles en que se clasifican las litologías (unidades vulcanológicas).

Una vez clasificados los eventos, para establecer el área en la que potencialmente puede desarrollarse cada una de las tipologías obtenidas, se aplica un algoritmo de *medias móviles* con el que se ha interpolado la clasificación obtenida a la totalidad de la isla (susceptibilidad). Este algoritmo calcula, para cada punto del mapa, la media ponderada de los valores de todos los puntos situados dentro de una cierta distancia límite establecida, utilizando una función de ponderación. La frecuencia relativa de cada uno de los estilos identificados se calcula estableciendo la proporción de centros pertenecientes a cada una de las clases.

Se corresponde a una metodología que permite estimar la susceptibilidad por riesgo volcánico para cada una de las islas del archipiélago, basándose en la distribución de los centros eruptivos de las mismas y sus características (tipología eruptiva, composición química de los materiales y explosividad potencial). Se lleva a cabo una valoración en función de estas características, interpolando los resultados a toda la isla en la que realiza el estudio. Sin embargo, es una metodología en la que no se conoce con precisión los periodos de retorno de los eventos volcánicos esperables en las islas.

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD (PTOPRT)

El PTOPRT desarrolla un mapa de susceptibilidad volcánica para la isla de Tenerife. La metodología que se utiliza es la siguiente:

Para llevar a cabo el análisis de la susceptibilidad frente a eventos volcánicos de tipo efusivo en la isla de Tenerife, se han analizado como paso previo dos factores: (1) las áreas fuente potenciales en las que pueden tener lugar cualquiera de los fenómenos que se presentan en la isla y su distribución preferente en el espacio y (2) la tipología eruptiva dominante en cada una de ellas. Para el análisis de ambos factores se ha utilizado como base la metodología presentada en Gómez Fernández (1997).

Análisis del Área Probable de Erupción: Basado en la distribución de los centros emisores visibles. La posición que adoptarán los centros de emisión en el futuro depende tanto del campo de esfuerzos en profundidad como de la estructura de la isla. Al asumir que la no aleatoriedad de la distribución que presentan los centros se deriva de la existencia de un entorno estocásticamente heterogéneo, se puede aplicar el denominado proceso Cox (Diggle & Milne, 1983) para formular matemáticamente la situación. El resultado de la aplicación del proceso Cox genera una superficie de probabilidad en la que las áreas con mayor probabilidad de ocurrencia de erupciones son las que presentan una mayor concentración media de centros.

Análisis de la Tipología eruptiva: Por su parte, el estudio de la tipología eruptiva proporciona la información necesaria para determinar las áreas en las que se han distribuido preferentemente los fenómenos objeto de estudio. La metodología utilizada se basa en la explicada anteriormente, estimando la composición, historia evolutiva y explosividad potencial de cada centro eruptivo y de este modo se establecen unas tipologías eruptivas. Aplicando un algoritmo de medias móviles, se extrapola la clasificación obtenida a la totalidad de la isla.

Posteriormente, se analizará la distribución espacial de los eventos, con las tipologías eruptivas de interés para cada isla y se obtendrá un numero de categorías de áreas fuente (en el caso de Tenerife se obtuvieron nueve).

Tabla: Áreas fuente determinadas en Tenerife

Probabilidad Espacial	Tipología Eruptiva		
	Erupción Básica Regional	Erupción Básica Central	Erupción Sálica Central
Muy Alta (>2,6 centros x Km²)	BRH	BCH	SCH
Alta (>1,8 centros x Km²)	BRM	BCM	SCM
Moderada (> 1,0 centros x Km²)	BRL	BCL	SCL

Fuente: PTOPRT

A partir de estas áreas fuente se estiman los dos tipos de peligros volcánicos que se consideran más importante: Coladas Lávicas y Piroclastos de Caída.

Susceptibilidad frente a Coladas Lávicas: El enfoque que se ha aplicado para el análisis de la susceptibilidad sigue los principios establecidos por Gómez Fernández (2001) se basa en la aplicación de la técnica análisis del entorno (*neighbourhood análisis*), que tiene en cuenta las características del área que circunda a cada punto de observación y aplica una serie de reglas para determinar la función de propagación de las coladas (solución que se encuentra a mitad de camino entre los análisis determinísticos clásicos (basados fundamentalmente en el estudio de la distribución de depósitos preexistentes) y los probabilísticos de tipo estocástico más simples (que aplican un algoritmo de cálculo con idénticas características a uno o más puntos un número elevado de veces). El avance de las lavas se realizará preferentemente hacia zonas de máxima pendiente, principio que es el más difundido para el análisis de la peligrosidad. Puesto que la superficie que puede quedar cubierta por lava aumenta con el número y la dispersión de zonas de emisión potenciales, el algoritmo desarrollado se ha aplicado por separado a cada una de las áreas fuente identificadas, con el fin de identificar aquellas áreas que pueden quedar bajo la influencia de más de una de ellas, lo que incrementaría su nivel de exposición. Para todas ellas se ha considerado que la extensión que pueden llegar a alcanzar las coladas es la máxima posible, la línea de costa. El resultado obtenido es la exposición frente a la invasión de coladas lávicas para cada uno de los escenarios seleccionados. Puesto que la distancia a los centros emisores y el relieve constituyen los dos factores principales (externos a las características reológicas de las lavas) que pueden determinar este nivel de exposición, se ha incorporado al cálculo un algoritmo de resistencia, que depende de la distancia a la fuente y la pendiente del terreno y determina la accesibilidad a las coladas de cada punto del área potencial en función del tiempo que pase desde el momento de la emisión hasta su llegada. Para calibrar este algoritmo, se consideran las siguientes hipótesis:

- La resistancia al progreso de las coladas se establece mediante una función de tipo sinusoidal que asigna valores máximos de resistencia a la progresión de las coladas a las áreas con menor diferencia de pendiente.
- La velocidad de progreso para las coladas básicas es del orden de 0,2 Km/h, atendiendo al comportamiento que se ha observado en las erupciones históricas.
- A las coladas sálicas se les ha asignado la mitad de velocidad de progreso que a las sálicas.

Atendiendo a los resultados obtenidos, se han establecido seis niveles de Exposición Potencial frente a las coladas lávicas en cada una de las zonas, a los que se asignan valores de 5 a 0. Los niveles hacen referencia a una distancia de seguridad medida en función del tiempo necesario

para que las coladas alcancen un determinado punto desde las áreas fuente. Este nivel de seguridad es distinto para las coladas básicas y las sálicas:

- Para las erupciones básicas los niveles se corresponden con distancias equivalentes al progreso de lavas hasta 6,12, 24, 36, 48 horas y superior.
- Para las erupciones sálicas estos niveles se corresponden con tiempos equivalentes hasta 12, 24, 36, 48, 60 horas y superior.

Una vez zonificada la exposición potencial para las áreas de invasión potencial por coladas de cada una de las áreas fuente seleccionadas, la Exposición Máxima Potencial frente a las coladas se calcula identificando el nivel máximo de exposición que es posible encontrar en cada punto de la misma.

de En cuanto a la estimación de la probabilidad máxima de afección por eventos, se utiliza como método de cálculo el número de veces que una zona se ve afectada por la invasión potencial de lavas sumando los resultados del cálculo de la exposición para cada uno de los nueve escenarios de cálculo, de acuerdo con la siguiente Ley (aplicada a las áreas de Tenerife):

Probabilidad Regionales Básicas= BRH*5+BRM*3+BRL

Probabilidad Centrales Básicas=BCH*5+BCM*3+BCL

Probabilidad Centrales Sálicas=SCH*5+SCM*3+SCL

La Probabilidad frente a la invasión de coladas es la suma aritmética de la información anterior, de tal forma que se obtengan cinco niveles de probabilidad de afección por eventos.

Finalmente, ambos resultados se combinan considerando que la probabilidad de ocurrencia es un factor dominante sobre la Intensidad, obteniendo como resultado la Susceptibilidad frente a la Invasión por Coladas, que se expresa en cinco niveles.

Tabla: Valores de susceptibilidad frente a coladas lávicas

Probabilidad de invasión	Exposición frente a la Invasión por Coladas				
	Muy Baja	**Baja**	**Moderada**	**Alta**	**Muy Alta**
Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja	Baja
Baja	S/R	Baja	Baja	Moderada	Moderada
Moderada	S/R	S/R	Moderada	Moderada	Moderada
Alta	S/R	S/R	Alta	Alta	Alta
Muy Alta	S/R	S/R	S/R	S/R	Muy Alta

Fuente: PTOPRT

Susceptibilidad frente a Piroclastos de Caída: Los piroclastos de proyección balística como de caída asociados a la ocurrencia de las erupciones de tipo estromboliano, la concentración de los materiales se ve determinada por la distribución de vientos en superficie, los cuales varían

habitualmente a lo largo de la ocurrencia del evento, si bien se asume que la distribución de materiales se realiza de forma aproximadamente simétrica en torno a los centros eruptivos.

Tabla: Radios máximos de dispersión de piroclastos asociados a las erupciones de tipo estromboliano en función de la tipología eruptiva en Tenerife.

.Probabilidad Espacial	Tipología Eruptiva		
	Erupción Básica Regional	Erupción Básica Central	Erupción Sálica Central
Muy Alta	R1= 1Km R2= 2Km R3= 3Km	R1= 1Km R2= 2Km R3= 3Km	R1= 1Km R2= 3Km R3= 5Km
Alta	R1= 1Km R2= 2Km R3= 3Km	R1= 1Km R2= 2Km R3= 3Km	R1= 1Km R2= 3Km R3= 7Km
Moderada	R1= 1Km R2= 2Km R3= 3Km	R1= 1Km R2= 2Km R3= 3Km	R1= 1Km R2= 5Km R3= 10Km

Fuente: PTOPRT

De acuerdo con esta hipótesis, el análisis de las zonas de dispersión de piroclastos se corresponde básicamente con un cálculo de distancias que tiene en cuenta los estilos eruptivos pertenecientes a cada zona para determinar el área de exposición potencial a los mismos. Los radios de seguridad que se han establecido para las erupciones de tipo efusivo básico e intermedio se mantienen constantes con independencia de la probabilidad de ocurrencia en la que se encuentren. Sin embargo, los radios establecidos con los de las erupciones sálicas varían en función de la probabilidad espacial, ya que se considera de forma genérica que a mayor periodo de retorno, mayor es la explosividad potencial de las mismas.

El procedimiento utilizado para estimar el nivel de exposición de las diversas zonas frente a la caída de piroclastos, una vez zonificada la exposición potencial para cada una de las áreas fuente seleccionadas, se calcula identificando el nivel máximo de exposición que es posible encontrar en cada punto de la misma. En lo que respecta a la estimación de la probabilidad máxima de afección por eventos, utiliza como método de cálculo el número de veces que una zona se ve afectada por la invasión potencial de piroclastos sumando los resultados del cálculo de la exposición para cada uno de los escenarios de cálculo, de acuerdo con la siguiente Ley (aplicada a las áreas de Tenerife):

Probabilidad Regionales Básicas= BRH*5+BRM*3+BRL

Probabilidad Centrales Básicas=BCH*5+BCM*3+BCL

Probabilidad Centrales Sálicas=SCH*5+SCM*3+SCL

La información relativa a la Probabilidad frente a la caída de piroclastos resulta igualmente de realizar la suma aritmética de los anteriores, reescalándolo para obtener cinco niveles de probabilidad de afección por eventos. La información se combina atendiendo a los mismos criterios que para las coladas, obteniendo como resultado la Susceptibilidad frente a Piroclastos de Caída, que se expresa en cinco niveles.

Tabla: Valores de susceptibilidad frente a caída de piroclastos

Probabilidad de invasión	Exposición frente a la Caída de Piroclastos		
	Moderada	**Alta**	**Muy Alta**
Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja
Baja	S/R	S/R	Baja
Moderada	S/R	Moderada	S/R
Alta	S/R	S/R	Alta

Fuente: PTOPRT

La metodología desarrollada por el PTOPRT, se basa también en la ubicación de los centros eruptivos y la tipología de los mismos. Analizando la susceptibilidad frente a los piroclastos de caída y frente a las coladas lávicas. Es una metodología, en la que se obtiene como resultado tras la combinación de ambos análisis, las zonas susceptibles de verse afectadas por eventos volcánicos a nivel municipal. Recogiendo en cada municipio de la isla su valor ponderado de susceptibilidad.

Presenta como inconvenientes, que se trata de un mapa de susceptibilidad y no aporta los periodos de retorno de los eventos volcánicos y además la utilización del municipio como unidad administrativa, genera una zonificación muy marcada de la isla.

Peligrosidad inundación fluvial

Metodologías existentes de estimación la peligrosidad inundación fluvial

Nivel nacional o estatal

CARTOGRAFÍA DE ZONAS INUNDABLES

La Guía Metodológica para el desarrollo de la cartografía de zonas inundables describe la metodología más actual y fiable, que es necesaria tener en cuenta, para llevar a cabo la identificación de las zonas inundables. Presenta como metodología la realización de varios criterios conjuntamente: criterios históricos, hidráulicos-hidrológicos, geomorfológicos. A continuación se detallan algunos ejemplos en función de la evaluación del criterio utilizado y a partir de la combinación de los mismos, se evalúa la peligrosidad:

Criterios Hidráulicos:

El **Catalogo de inundaciones históricas** elaborado por la Comisión Técnica de Inundaciones en 1985 a instancias de Protección Civil, comienza a recopilar datos desde 1982 en toda España. Si

bien la escala que presenta es muy elevada, dispone de una cartografía que refleja de forma puntual los tramos conflictivos con registros de eventos de inundaciones. Para clasificar la peligrosidad de inundación se establece la siguiente valoración:

Tabla: Valoración del Catalogo de inundaciones históricas a la peligrosidad de inundación

Peso	Tipo
1,5	Avenidas frecuencia alta
1,0	Avenidas T= 100 años
0,5	Avenidas frecuencia baja
0,2	Inundaciones originadas por accidentes de presas o embalses

Fuente: Catálogo de Inundaciones Históricas

PATRICOVA Plan de acción Territorial de Carácter Sectorial sobre prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana, 1998. Este plan establece los siguientes valores para estimar la peligrosidad de inundación:

Frecuencia:

- Alta, T< 25 años (probabilidad anual del 4%)
- Media, 25 < T < 100 años (probabilidades anuales entre el 1 y el 4%)
- Baja, 100 < T < 500 años (probabilidades anuales entre el 0,2 y el 1%)

Calado:

- Alto (altura alcanzada por la lámina de agua, mayor 0,80 m)
- Bajo (menor de 0,80 m)

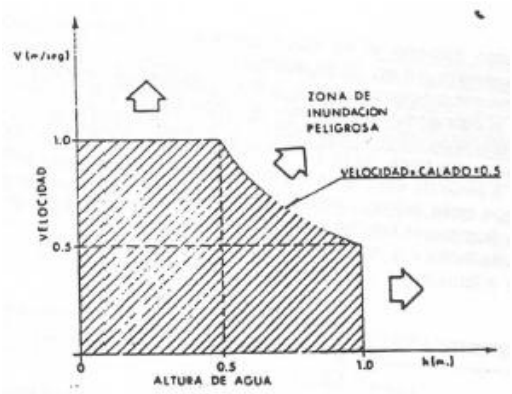
Tabla: Valores que relacionan el calado con la frecuencia y describen la peligrosidad

Nivel de Calado	Niveles de frecuencia		
	Bajo (100-500 años)	Medio (25-100 años)	Alto (< 25 años)
Bajo (< 80 cm)	6 (Bajo)	4 (Medio)	3 (Medio)
Alto (Z 80 cm)	5 (Bajo)	2 (Alto)	1 (Alto)

Fuente: PATRICOVA

Como criterios para delimitar la zona de peligrosidad de inundación estable que el calado sea superiora a 1 metro, la velocidad sea superior a 1 m/s y el producto de ambas variables sea superior a 0,5 m/s^2.

Figura: Criterio para delimitar la zona de inundación peligrosa



Fuente: PATRICOVA.

La **Agencia Catalana del Agua (ACA),** establece como criterios para la evaluación del grado de peligrosidad los siguientes valores:

Fuente: Niveles de gravedad en función del calado y la velocidad y del periodo de retorno.

Gravedad	Descripción	Factor
Extrema	Calado superior a 4 m, velocidad mayor a 6 m/s y el producto de ambos superior a 2 m/s^2	6,0
Muy Alta	Calado entre 2-4 m, velocidad entre 3,5 y 6 m/s y el producto de ambos superior a 1 m/s^2	4,0
Zona de inundación grave (Alta)	Calado superior a 1 m, velocidad mayor a 1 m/s y el producto de ambos superior a 0,5 m/s^2	2,0
Zona de inundación moderada (Media)	Calado superior a 0,4 m, velocidad mayor a 0,4 m/s y el producto de ambos superior a 0,08 m/s^2	1,0
Zona de inundación leve (Baja)	Calado menor a 0,4 m, velocidad menor a 0,4 m/s y el producto de ambos inferior a 0,08 m/s^2	0,5

Código	Periodo de retorno	Factor
1	10	2,0
2	20	1,8
3	50	1,5
4	100	1,0
5	300	0,7
6	500	0,5

Fuente: ACA

Respecto al **RD 903/2010,** en el art. 8 estable los niveles de peligrosidad a tener en cuenta:

Artículo 8. Mapas de peligrosidad por inundación.

1. Para cada demarcación hidrográfica se elaborarán mapas de peligrosidad por inundación para las zonas determinadas con arreglo al artículo 5. Estos mapas contemplarán, al menos, los escenarios siguientes:

- Alta probabilidad de inundación, cuando proceda.
- Probabilidad media de inundación (periodo de retorno mayor o igual a 100 años).

- Baja probabilidad de inundación o escenario de eventos extremos (periodo de retorno igual a 500 años)

4. Adicionalmente, en los mapas de peligrosidad se representará la delimitación de los cauces públicos y de las zonas de servidumbre y policía, la zona de flujo preferente en su caso, la delimitación de la zona de dominio público marítimo-fluvial, la ribera del mar en caso de que difiera de aquella y su zona de servidumbre de protección.

Por su parte, los criterios del Gobierno de Navarra respecto a la peligrosidad son:

Tabla: Valores de la peligrosidad en función del periodo de retorno y el calado

Calado (m)	Periodo de retorno (años)		
	20	50-100	100-500
> 1	Alto	Alto	Alto
> 0,4 - 1	Alto	Alto	Medio
< 0,4	Medio	Medio	Bajo

Fuente: Gobierno de Navarra

Respecto a otras evaluaciones de la peligrosidad, es importante tener en cuenta la desarrollada por el **FEMA en Estados Unidos: *National flood insurance program (NFIP).***

- Cálculos de cota y calado para T=10, 50, 100, 500 años
- El Flujo base T=100 años
- Zonas inundables para 100-500 años. Para las Áreas de Peligro Especial T=100 años

Criterios geomorfológicos: La clasificación de las unidades geomorfológicas en función del agente externo que las origina, siendo en este caso de carácter fluvial, por lo que, los límites de la llanura aluvial de una corriente representan la curva envolvente de sus inundaciones pasadas. La valoración de la peligrosidad según las unidades geomorfológicas es la siguiente:

Tabla: Unidades geomorfológicas y su valor asociado

Unidad geomorfológica	Valor
Lecho activo	2
Llanura de inundación	1
Terraza Baja	0,5
Terraza fluvial	0,25

Fuente: INCLAM

Otras unidades que deberían tenerse en cuenta pero que no se han evaluado todavía:

Tabla: Unidades geomorfológicas y su valor asociado

Unidad geomorfológica	Valor
Como de deyección activo	2
Como de deyección no activo	1
Fondos de valle	0,5
Humedales	2
Áreas endorreicas, exceptuando las zonas kársticas	1
Dolinas	0,5

Fuente: INCLAM

- Integrando ambos parámetros con la siguiente fórmula se obtiene la peligrosidad:

Peligrosidad = (1+ (MAX(frecuencia * calado))) * geomorfología

Fuente: INCLAM

En Canarias no se han elaborando ningún plan o estudio aplicando la metodología de la guía de zonas inundables. Sería necesario llevarlo a cabo para caracterizar las zonas inundables existentes.

La metodología desarrollada en la Guía Metodológica para el desarrollo de la cartografía de zonas inundables es la más fiable actualmente y se ha diseñado entre otras cosas para su aplicación a la ordenación territorial.

Nivel insular

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD (PTOPRT)

El PTOPRT parte del análisis de criterios geomorfológicos como metodología para estimar las zonas potencialmente inundables. A partir de los cauces de la red hidrográfica se han seleccionado todos aquellos cuyo orden de Strahler se sitúa entre 1-4. Utilizando el MDT (celda 10 metros) se estima la diferencia de alturas desde el cauce hacia las riberas, determinando 5 niveles de afección atendiendo a la diferencia de altura máxima de los píxeles con respecto al cauce. Los niveles establecidos son los siguientes:

Tabla: Valores de susceptibilidad hidrológica

Clasificación	Nivel de susceptibilidad
Muy alta	Áreas situadas hasta 1 metro por encima de la cota del cauce
Alta	Áreas situadas entre 1-3 m por encima de la cota del cauce
Moderada	Áreas situadas entre 3-5 m por encima de la cota del cauce
Baja	Áreas situadas entre 5-7 m por encima de la cota del cauce
Muy Baja	Áreas situadas entre 7-10 m por encima de la cota del cauce.

Fuente: PTOPRT

A efectos de planificación, sólo los tres primeros niveles tienen alguna significación. En general, en el análisis de susceptibilidad hidrológica se suele considerar como zonas inundables aquellas situadas del orden de un metro por encima del nivel medio del cauce. Sin embargo, lo abrupto de la topografía de Tenerife ha dado lugar a que se estime oportuno el incorporar al cálculo otros niveles de seguridad superiores.

Está metodología es muy genérica y aporta una baja fiabilidad en la estimación de la peligrosidad y su utilización en la ordenación urbanística. Además, no incorpora la frecuencia en la que se producen las inundaciones.

PUNTOS CRÍTICOS (PDA Y GESPLAN S. A.)

La metodología utilizada en el PDA comienza por identificar puntos o zonas concretas que presentan riesgos potenciales por avenidas en función de diferentes causas mediante la información previa y utilización de: estudios históricos (datos de avenidas históricas), análisis territorial (cruce de las zonas urbanas y urbanizables con la zonas de policía de los barrancos y de las infraestructuras más relevantes), análisis de estudios previos, datos de zonas conflictivas según los técnicos y cruces de la red viaria con barrancos. Con toda esta información se identifican los registros potenciales.

Posteriormente, se analiza cada riesgo potencial identificado (registro o punto concreto) por separado, descartando los puntos que se consideran no significativos, eliminado duplicidades y agrupando aquellas puntos localizados en un mismo tramo, donde el tratamiento es homogéneo, obteniendo como resultados los puntos o registros significativos.

Estos puntos o registros significativos son matizados y comprobados con visitas a campo para confirmar cada registro, obteniendo los registros de riesgo constatados, que se corresponden con los puntos concretos que presentan algún nivel de peligrosidad.

La metodología del PDA permite estimar los puntos críticos que presentan cierta peligrosidad en zonas urbanas o urbanizables, si bien no evalúa ni identifica la zonificación y el nivel de peligrosidad que presenta el resto del territorio que no se corresponde con estas zonas urbanas o urbanizables. Además, en el PDA se clasifican los puntos en función de la causa inmediata del daño, el tipo de bien o servicio afectado y las medidas propuestas necesarias, no en función de la peligrosidad, sino ya considerando el riesgo (peligrosidad y vulnerabilidad). Por último, no se estiman los periodos de retorno de las inundaciones. Estimación de la peligrosidad por inundaciones costeras o litorales en Canarias

INUNDACIÓN LITORAL O COSTERA

Nivel insular

MAPAS DE ZONAS POTENCIALES DE PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN COSTERA (CEDEX)

La metodología desarrollada por el CEDEX aparece detallada en los documentos denominados *"Evaluación Preliminar de riesgos de inundación y selección de áreas con riesgo potencial significativo en zonas costeras de las Demarcaciones Hidrográficas de Canarias".* Si bien a continuación se reseñan los principales aspectos de la misma.

La metodología del CEDEX describe dos criterios de inundabilidad independientes:

El primero de ellos, que se denomina inundabilidad por mareas, corresponde a las causas de sobreelevación que permanecen durante horas o días, tiempo suficiente para que el nivel del

mar se propague hasta cualquier punto cuya cota se encuentre por debajo de dicho nivel. Entre éstas se consideran naturalmente las mareas astronómica y meteorológica, pero también se considerará como tal el valor del remonte medio, porque es un nivel que se sobrepasa aproximadamente la mitad del tiempo que dura un temporal. En consecuencia, es inundable cualquier punto cuya cota sea inferior a la suma de la cota del nivel de marea de una pleamar media (denominado nivel de marea) más el remonte medio (run-up) calculado para un período de retorno de 500 años, siempre que exista una conexión hidráulica con la costa o que pueda formarse en condiciones de sobreelevación extraordinaria:

$$z < S_1 = S_{M,2\%} + \overline{R}_{\theta,500}$$

donde SM,2% representa el nivel de marea que en un año promedio se sobrepasa el 2% del tiempo. El valor del remonte medio que se utiliza en cada tramo de costa es el que corresponde a la orientación de éste.

En base a las formulaciones propuestas por diferentes autores se supone que el remonte medio para un período de 500 años es igual a la cuarta parte del remonte máximo para el mismo período de retorno, y éste a su vez se supone igual a la diferencia entre la cota máxima de marea más remonte para 500 años y la cota del nivel de marea que en un año promedio se excede un 2% del tiempo:

$$\overline{R}_{500} = \frac{R_{2\%,500}}{4} = \frac{(S_{M+R,500} - S_{M,2\%})}{4}$$

Con estas hipótesis, el criterio de inundabilidad por mareas puede expresarse de la forma siguiente:

$$z < S_1 = S_{M,2\%} + \overline{R}_{\theta,500} = \frac{3}{4} S_{M,2\%} + \frac{1}{4} S_{M+R,\vartheta,500}$$

El segundo criterio de inundabilidad, inundabilidad por oleaje, corresponde al efecto del remonte de las olas. Desde este punto de vista se considera inundable cualquier punto cuya cota sea inferior a la máxima cota que puede alcanzar el nivel del mar por efecto combinado de marea y oleaje (cota de inundación) con un período de retorno de 500 años, siempre que se encuentre a una distancia de la costa inferior a un valor proporcional a dicha cota:

$$z < S_2 = S_{M+R,\theta,500} \qquad \text{y} \qquad d < 35\, S_2$$

El valor de S_2 depende también de la orientación del tramo de costa considerado.

Los valores del nivel del mar son obtenidos por el CEDEX mediante el análisis estadístico de los niveles del mar estimados de las redes existentes:

- Niveles de marea: REDMAR (RED de MAReógrafos de Puertos del Estado)
- Niveles de oleaje: base de datos SIMAR-44 (elaborada por Puertos del Estado, en el marco del proyecto europeo HIPOCAS, recoge series de datos que reproducen temporales ocurridos en el período 1958-2001, a partir de modelado numérico de alta resolución de atmósfera, nivel del mar y oleaje).

Los valores de los niveles de marea se han calculado a partir de series de datos registrados por los mareógrafos de la REDMAR. Dichos mareógrafos utilizan el cero del puerto (comunicado por las Autoridades portuarias participantes en la red) como cero de las medidas. Actualmente, Puertos del Estado y las Autoridades Portuarias están realizando una nivelación de alta precisión de todas las estaciones de REDMAR, en colaboración con el IGN, con objeto de disponer de un nivel de referencia internacional y conocer las variaciones absolutas del nivel del mar.

Los mareógrafos existentes en cada una de las islas son los siguientes:

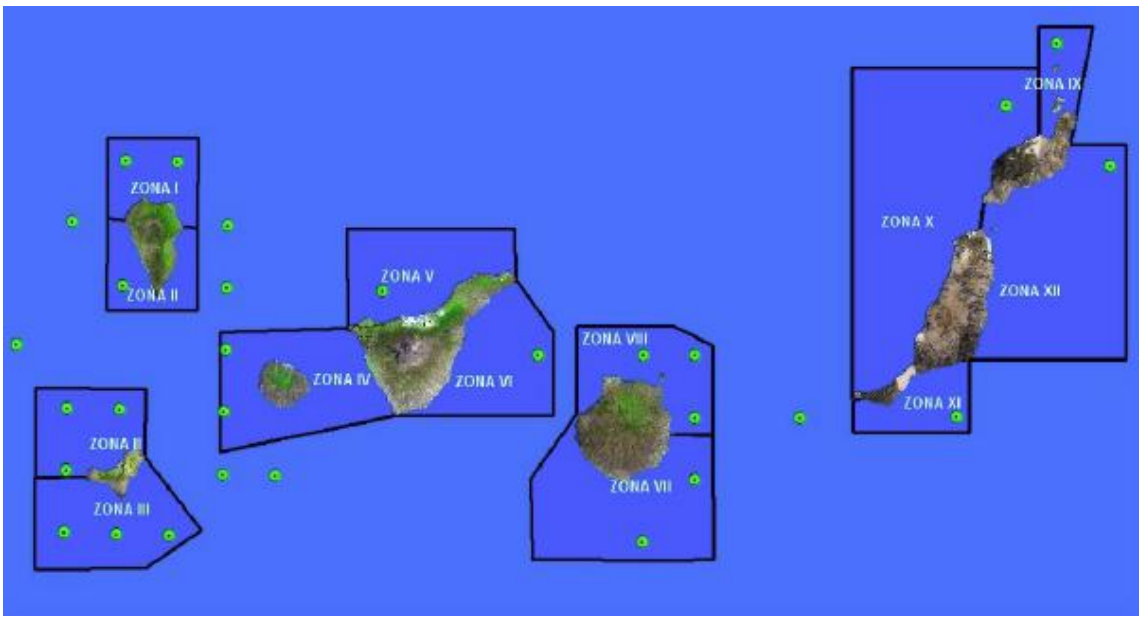
MAREOGRAFOS	Serie temporal	Nº Datos
Las Palmas	1992-2009	1.781.222
Arinaga	2003-2011	829.292
Granadilla	2003-2011	858.549
Santa Cruz de Tenerife	1992-2009	1.754.132
Arrecife	2008-2011	311.784
Puerto del Rosario	2003-2011	844.947
La Palma	2007-2011	305.023
La Gomera	2007-2011	443.299
El Hierro	2003-2010	620.747

Entre los cálculos correspondientes al régimen medio de marea, además del NMM se ha calculado la cota del nivel de marea de la pleamar media, a partir del percentil 98 de los datos de los mareógrafos. Restando a dicha cota el NMM, se obtiene $S_{M,2\%}$.

Los valores correspondientes al régimen extremal de marea se extrae de las mismas series de datos mediante el método POT (*Pick over threshold*). Considerando un tiempo de separación entre picos de 5 días (de alguna manera garantiza la independencia de los datos), las muestras extremales se han seleccionado fijando valores umbrales para cada serie y descartando los valores que quedaran por debajo. Cabe decir que los valores dependen en gran medida de la duración de las series, ya que no para todos los mareógrafos existen series temporales similares A continuación, con objeto de obtener valores extremales de períodos de retorno de hasta 500 años, se ha utilizado el método de máxima verosimilitud, ajustando los valores seleccionados a una distribución Weibull en función de los parámetros posición, escala y forma. Los cálculos de cotas de inundación se ha optado por utilizar un solo valor de régimen

extremal, común a todo el archipiélago canario. Se trata del máximo valor obtenido, correspondiente al mareógrafo de Arrecife (2,23 metros).

En cuanto a los niveles de oleaje, tanto los regímenes medios (que no se han usado en la metodología del CEDEX) como los extremales se calculan mediante el método de máxima verosimilitud. Los datos de partida provienen del conjunto SIMAR-44. Se trata de alturas de ola, y la ubicación de los puntos para Canarias aparece representada en la figura, si bien no se ha podido disponer de datos de todos ellos.



En función de los datos disponibles, se divide el archipiélago en 12 zonas. Para cada zona, se calculan los regímenes extremales correspondientes a las direcciones dominantes de viento.

Para transformar la altura de ola en valores de cota correspondientes a marea más remonte ($S_{M+R,\ \theta,\ 500}$) se han hecho las siguientes hipótesis:

$$S_{M+R,\ \theta,\ 500} = S_{M,\ 2\%} + R_{2\%,\ \theta,\ 500}$$

$$R_{2\%,\ \theta,\ 500} = 0{,}8\ H_{\theta,\ 500}$$

$$\overline{R}_{\theta,\ 500} = \frac{R_{2\%,\ \square/\square\square}}{4}$$

El factor de 0,8 entre el remonte máximo y la altura de ola (ambos correspondientes a la dirección θ y al período de retorno de 500 años) se obtiene teniendo en consideración la relación R/H para 500 años en zonas del litoral atlántico peninsular geomorfológicamente similares, como las costas gallega y asturiana.

A partir de los gráficos, se han derivado los siguientes valores (expresados en metros) para las distintas Demarcaciónes Hidrográficas de Canarias:

COTAS DE INUNDACIÓN APLICADAS EN LA D.H.GRAN CANARIA			
Zona VII (Gran Canaria Sur)	$S_{M,}$		0,98
	$S_{M,500}$		2,23
	$S_{M+R,\theta,500}$	N	3,2
		NNE	4,48
		NE	4,64
		ENE	3,76
		SW	8,96
		WSW	7,6
		W	6,2
		WNW	4,8
		NW	4,24
		NNW	3,4
Zona VIII (Gran Canaria Norte)	$S_{M,}$		1,11
	$S_{M,500}$		2,23
	$S_{M+R,\theta,500}$	N	6,44
		NNE	6,24
		NE	5,8
		WSW	5,28
		W	6,2
		WNW	5,68
		NW	8
		NNW	8,4

COTAS DE INUNDACIÓN APLICADAS EN LA D.H.TENERIFE			
Zona V (Tenerife Norte)	$S_{M,}$		0,97
	$S_{M,500}$		2,23
	$S_{M+R,\theta,500}$	N	6,12
		NNE	6,6
		NE	5,56
		WSW	9,68
		W	7,68
		WNW	6,48
		NW	9,52
		NNW	8,72
Zona VI (Tenerife Sur)	$S_{M,}$		0,97
	$S_{M,500}$		2,23
	$S_{M+R,\theta,500}$	N	5,44
		NNE	6,36
		NE	5,76
		ENE	3,68
		WSW	4,48
		W	4,16
		WNW	4,96
		NW	6,08
		NNW	6,64
Zona IV (Tenerife	$S_{M,}$		0,85
	$S_{M,500}$		2,23
	$S_{M+R,\theta,500}$	N	5,76
		NNE	5,28

Suroeste)		NE	5,28
		ENE	3,6
		E	3,4
		SW	6,96
		WSW	10,
		W	8
		WNW	8,28
		NW	8,16
		NNW	9,2

COTAS DE INUNDACIÓN APLICADAS EN LA D.H.LANZAROTE			
Zona IX (Lanzarote Norte)	$S_{M,}$		1,18
	$S_{M,\,500}$		2,23
	$S_{M+\,R,\,\theta,\,500}$	N	6,52
		NNE	6,84
		NE	8,32
		ENE	4,96
		E	4,08
		SE	5,76
		WSW	6,96
		W	8,24
		WNW	10,8
		NW	9,48
		NNW	8,08
Zona X (Lanzarote Oeste)	$S_{M,}$		1,18
	$S_{M,\,500}$		2,23
	$S_{M+\,R,\,\theta,\,500}$	N	6,48
		NNE	6,32
		NE	6,56
		WSW	7,2
		W	7,52
		WNW	9,52
		NW	9,68
		NNW	7,6
Zona XII (Lanzarote Este)	$S_{M,}$		1,18
	$S_{M,\,500}$		2,23
	$S_{M+\,R,\,\theta,\,500}$	N	6,6
		NNE	6,48
		NE	7,8
		ENE	5,2
		E	5,24
		ESE	4,16
		SW	6,88
		WSW	4,6
		W	6,08
		WNW	5,68
		NW	6,68
		NNW	6,48

COTAS DE INUNDACIÓN APLICADAS EN LA D.H.FUERTEVENTURA			
Zona X (Fuerteventura Oeste)	$S_{M,\,2\%}$		1,02
	$S_{M,\,500}$		2,23
	$S_{M+\,R,\,\theta,\,500}$	N	6,48
		NNE	6,32
		NE	6,56
		WSW	7,2
		W	7,52
		WNW	9,52
		NW	9,68
		NNW	7,6
Zona XI (Fuerteventura Sur)	$S_{M,\,2\%}$		1,02
	$S_{M,\,500}$		2,23
	$S_{M+\,R,\,\theta,\,500}$	NNE	4,08
		NE	4,64
		SW	7,52
		WSW	5,04
		W	3,92
Zona XII (Fuerteventura Este)	$S_{M,\,2\%}$		1,02
	$S_{M,\,500}$		2,23
	$S_{M+\,R,\,\theta,\,500}$	N	6,6
		NNE	6,48
		NE	7,8
		ENE	5,2
		E	5,24
		ESE	4,16
		SW	6,88
		WSW	4,6
		W	6,08
		WNW	5,68
		NW	6,68
		NNW	6,48

COTAS DE INUNDACIÓN APLICADAS EN LA D.H.LA PALMA			
Zona I (La Palma Norte)	$S_{M,}$		0,85
	$S_{M,\,500}$		2,23
	$S_{M+\,R,\,\theta,\,500}$	N	7,68
		NNE	7,52
		NE	6,88
		ENE	4,6
		WSW	10,
		W	8,48
		WNW	9,76
		NW	11,
		NNW	10,
Zona II (La Palma Sur)	$S_{M,}$		0,85
	$S_{M,\,500}$		2,23
	$S_{M+\,R,\,\theta,\,500}$	N	4,44
		NNE	4,88
		NE	5,4

		ENE	5
		E	3,24
		SW	7,84
		WSW	9,92
		W	7,84
		WNW	8,04
		NW	6,8
		NNW	5,2

COTAS DE INUNDACIÓN APLICADAS EN LA D.H.LA GOMERA			
Zona IV (La Gomera)	$S_{M,}$		0,79
	$S_{M,\,500}$		2,23
	$S_{M+\,R,\,\theta,\,500}$	N	5,76
		NNE	5,28
		NE	5,28
		ENE	3,6
		E	3,4
		SW	6,96
		WSW	10,
		W	8
		WNW	8,28
		NW	8,16
		NNW	9,2

COTAS DE INUNDACIÓN APLICADAS EN LA D.H.EL HIERRO			
Zona II (El Hierro Norte)	$S_{M,}$		0,79
	$S_{M,}$		2,23
	$S_{M+\,R,\,\theta,\,500}$	N	4,44
		NNE	4,88
		NE	5,4
		ENE	5
		E	3,24
		SW	7,84
		WSW	9,92
		W	7,84
		WNW	8,04
		NW	6,8
		NNW	5,2
Zona III (El Hierro Sur)	$S_{M,}$		0,79
	$S_{M,}$		2,23
	$S_{M+\,R,\,\theta,\,500}$	N	3,8
		NNE	4,08
		NE	4,36
		ENE	4,92
		E	3,56
		ESE	4,12
		SSW	10,
		SW	9,92
		WSW	9
		W	7,4
		WNW	7,64

		NW	5,72
		NNW	3,84

Como cota del terreno, el CEDEX utiliza un Modelo Digital del Terreno (MDT) proporcionado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), en hojas de 5 x 7.5 km (una cuarta parte de las hojas 1:25.000). Si bien, aparecen errores en el MDT en las zonas de interfase tierra-agua (en especial roquedos, bajos y en bastante ocasiones, playas), en los que aparecen cotas positivas en el mar, pudiendo ser fallos metodología utilizada para generar los rasters a partir de las ortofotos. La tecnología LIDAR, disponible ya actualmente en Canarias podrá proporcionar en el futuro una mayor fiabilidad en los datos altimétricos y, por tanto, será más apropiada para los estudios de inundaciones en detalle.

La cota 0 debido a estos problemas del MDT, se utiliza la línea del límite del dominio público marítimo-terrestre suministrada por la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar.

Los valores de cotas de inundación a aplicar a cada tramo de costa dependen de la orientación de las mismas. No obstante, se comienza haciendo un cálculo preliminar de las zonas inundables por marea y por oleaje utilizando como cotas las correspondientes a la orientación pésima para esa demarcación. Para los tramos de costa en los que el ancho de la zona inundable sea inferior a 50 m los resultados se consideran definitivos.

A continuación se traza una poligonal cuyos lados definen la orientación media de cada tramo de costa.

A partir de las coordenadas de cada vértice de la poligonal, con ayuda de una hoja de cálculo diseñada específicamente para esta aplicación se calculan para cada lado de la poligonal: la orientación de la perpendicular, los coeficientes de difracción y de refracción (solo en entrantes), los valores de inundación por marea y oleaje utilizados para el cálculo de las cotas de inundación a aplicar y la anchura de la primera franja costera afectada (en el caso del oleaje). Los pasos para estimar los valores de inundación de oleaje o marea son los siguientes:

Zonas inundables por oleaje

- Dividir la línea de costa por tramos, en función de la poligonal trazada.
- Buffer a las líneas de costa: teniendo en cuenta la orientación de los tramos, se aplica un buffer a cada una de los tramos en función del valor recogido en la hoja de cálculo preparada. Resultado: franja costera en la que se va a aplicar el valor de cota de inundación por oleaje.
- Cortar los raster con los buffer, para poder aplicar las cotas de oleaje. Resultado: raster correspondiente a la primera franja costera.

- Reclasificar los raster y hacer polígonos. Resultado: obtener los polígonos correspondientes a las zonas de inundación por oleaje.
- Limpieza: revisar la coherencia de los polígonos. Eliminar los elementos que no tengan conexión con el mar o unión a la primera franja.
- Merge: unión de todos los polígonos limpios. Resultado: polígono final de oleaje.

Zonas inundables por marea

- Seleccionar las zonas inundables por marea: de las cajas resultantes del primer Reclassify, se seleccionan las que tienen GRID code = 2 (es decir, las zonas que están entre la cota 0 y el valor Sref). Resultado: polígonos de inundación por marea.

- Limpiar los polígonos de marea: eliminar todos los polígonos que hayan quedado en el mar (por fuera de la línea de costa). Asimismo, englobar polígonos de pequeño tamaño en manchas únicas.

- Merge: unión de todos los polígonos limpios. Resultado: polígono final de marea.

En la metodología del CEDEX también se estima la vulnerabilidad, pero únicamente de las zonas urbanas, con la finalidad de determinar las zonas potenciales de riesgo. Si bien, esto quedará detallado en el apartado correspondiente del presente documento.

El resultado del CEDEX incluidos en los informes se aplica al periodo de retorno de 500 años, si bien también han realizado el cálculo para periodos de retorno de 10 y 100 años, utilizando la misma metodología.

Como resumen a continuación se describen las líneas básicas de la metodología aplicada.

- Estudio de la dependencia estadística entre las variables involucradas.
- Estudio de la dependencia temporal entre datos sucesivos de una variable.
- Obtención de las funciones de distribución de las diferentes variables.
- Establecimiento de formulaciones para factores de los que no hay información directa (oleaje a pie de playa en función de oleaje en boya, remonte en función de oleaje a pie de playa).
- Simulación temporal por el método de Montecarlo para obtener periodos de retorno.
- Determinación de los regímenes de nivel medio y extremal de marea (marea astronómica y meteorológica) y el régimen extremal de cota de inundación (marea astronómica y meteorológica más run-up) para cada una de las orientaciones de playa que se consideren significativas en Canarias (fundamentalmente diferenciación entre N, S, E y W).

- Obtención de las curvas de los regímenes extremales de marea y cota de inundación respecto a los periodos de retorno.

Obtenidas las curvas de los regímenes extremales de marea y cota de inundación, se delimitan zonas inundables, por oleaje y zonas inundables por marea, según el valor de la cota obtenidos respectivamente, para tres períodos de retorno (10, 100 y 500 años). Los cuales indicarán:

Peligrosidad Baja: 500 años.

Peligrosidad Media: 100 años

Peligrosidad Alta: 10 años.

Esta metodología estima la peligrosidad de inundación costera a una escala insular, pero no tiene en cuenta las características de la costa (pendiente), ni la dinámica de las mismas. El grado de fiabilidad de esta metodología para aplicarla a la ordenación se puede considerar como media.

Estimación de la peligrosidad por incendios forestales

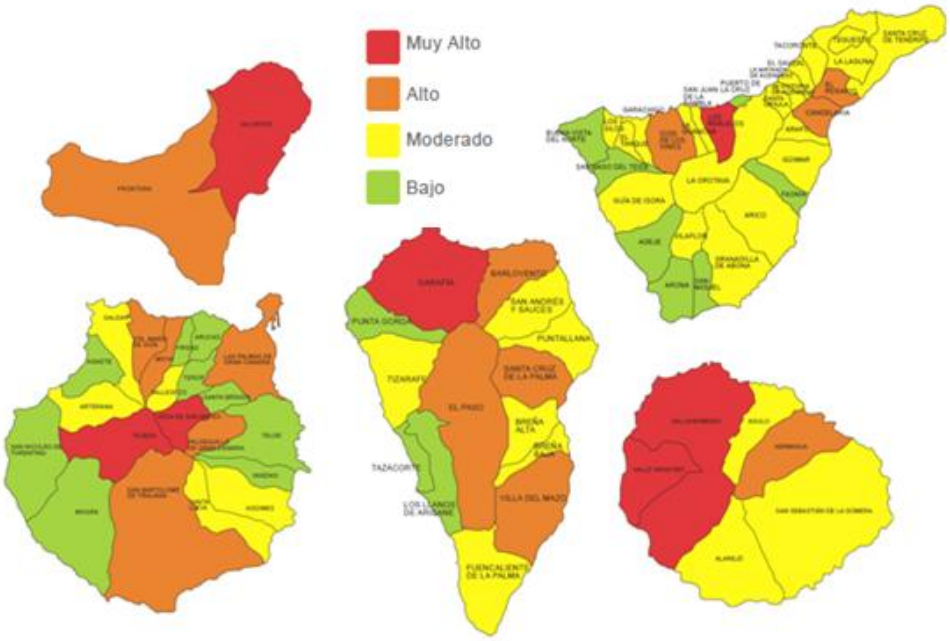
A partir de los parámetros de identificación de la peligrosidad de incendios forestales y siguiendo las metodologías identificadas anteriormente, se estimará la peligrosidad de incendio en las Islas Canarias con diferentes índices de fiabilidad según su aplicación en la ordenación. Puesto que la información existente actualmente es limitada, en algunos casos únicamente se describirá la metodología a emplear, sin que sea posible obtener y representar los resultados.

Nivel Autonómico o Canarias

INFOCA

En el Plan Canario de Protección Civil y Atención de Emergencias por Incendios Forestales, se delimitan unas zonas de riesgo local de incendios forestales. Estas zonas se definen a partir de los índices de frecuencia con la que se producen los incendios forestales, la causalidad y la peligrosidad derivada del combustible forestal. Las zonas están delimitadas administrativamente por los limites de los municipios de cada una de las islas y se establecen 4 niveles diferentes de peligrosidad de incendios forestales: Muy alto o peligroso, alto, moderado y bajo.

Figura: Zonas de riesgo local de incendios



Fuente: Plan Canario de Protección Civil y atención de emergencias por Incendios Forestales (INFOCA), 2002

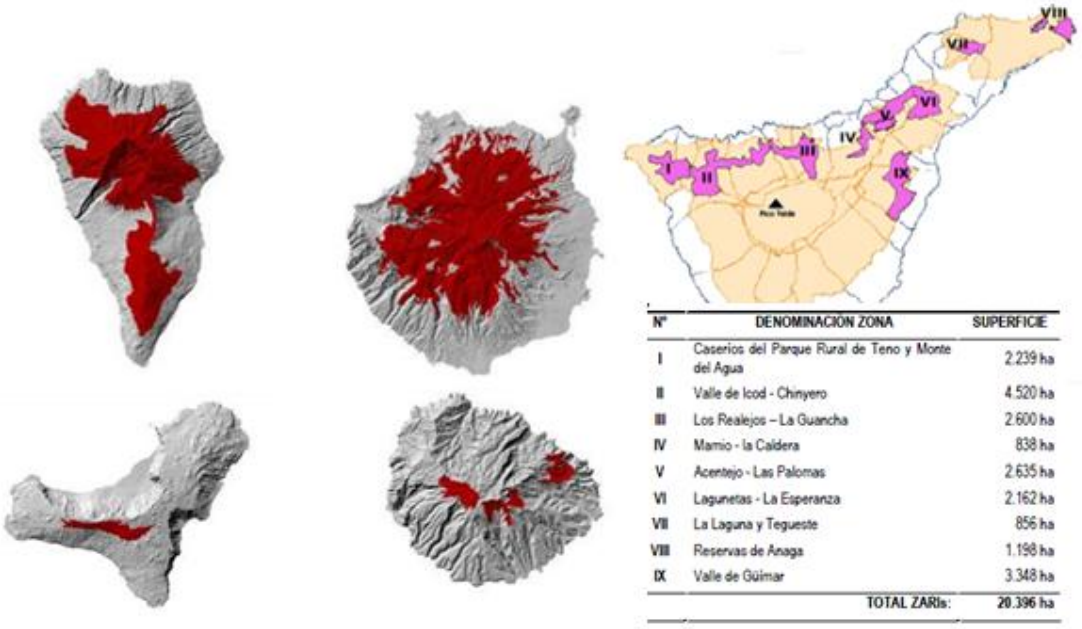
El resultado de las zonas de riesgo local establecidas en el Plan Canario de Protección Civil y Atención de Emergencias por Incendios Forestales, implica que la delimitación de los diferentes niveles de riesgo (peligrosidad) establecidos, se adecuan a los limites de los municipios existentes, sin tener en cuenta la ubicación concreta de las masas forestales o vegetación forestal que genera esta peligrosidad, el terreno o los usos del suelo en ese municipio. Además, es una metodología que no tiene cuenta los factores antrópicos que originan los incendios, ni estima la frecuencia o periodo de retorno con que se producen. Siendo este último factor de difícil previsión y mucha complejidad, en todas la metodologías estudiadas de estimación de la peligrosidad ante incendios forestales.

ZARI (ZONAS DE ALTO RIESGO DE INCENDIO)

Se corresponden a las zonas consideradas como de alto riesgo de incendio, en función de la definición dada por la Ley de Montes 43/2003 de 21 de noviembre, art 48 donde se establece que: *aquellas áreas en las que la frecuencia o virulencia de los incendios forestales y la importancia de los valores amenazados, hagan necesarias medidas especiales de protección contra los incendios, podrán ser declaradas zonas de alto riesgo de incendio o de protección preferente*. En concreto, en Canarias la superficie declarada como ZARI, es la siguiente:

Tabla: Zona de alto riesgo de incendios de Canarias

ISLA	SUPERFICIE ZARI (ha)	% del total
El Hierro	3.756	10,16
La Gomera	2.378	8,85
Gran Canaria	64.486	41,33
Tenerife	20.396	10,03
La Palma	29.900	42,21
CANARIAS	120.916	16,24



Fuente: Zona de alto riesgo de incendios de Canarias (ZARI)

Los Cabildos Insulares declararon mediante la ORDEN nº 452, de 5 de agosto de 2005, las zonas de alto riesgo de incendios forestales de Canarias, concretamente para las islas de Gran Canaria, Tenerife, La Palma, La Gomera y El Hierro. Esta orden ha sido modificada posteriormente por diversas órdenes: ORDEN nº 127, de 23 de mayo de 2006 por la que se amplían las superficies de las ZARIs en Tenerife y La Palma, la ORDEN nº 277, del 9 de octubre del 2007 por la que se amplía la superficie de las ZARIs de Gran Canaria, la ORDEN nº 423 del 17 de diciembre de 2008 por la que se amplía la superficie de ZARIs de La Palma, y finalmente la ORDEN de 22 de abril de 2009 por la que se modifica la Orden de 5 de agosto de 2005. De esta manera, y después de un proceso de varios años, quedan definidas las Zonas de Alto Riesgo de Incendios en todas las islas con masa forestal en Canarias.

La metodología utilizada para designar las zonas consideradas como ZARI, hace un mayor hincapié en la delimitación de las zonas con vegetación y masas forestales, donde queda concentrado el mayor riesgo de incendio. Estas zonas son clasificadas como de alto riesgo de incendio, sin establecer una graduación de la peligrosidad de incendio del resto de zonas del territorio. Es una metodología que tampoco estima la frecuencia del riesgo de incendios

forestales, ni tiene en cuenta determinados parámetros que influyen en la estimación de la peligrosidad ante los incendios forestales.

FIREMAP (2007) Y FIREGLOBE (2011)

El proyecto FIREMAP, se ha aplicado a la Comunidad de Madrid, Aragón, Comunidad Valenciana y provincia de Huelva y surge con el objetivo de desarrollar un conjunto de métodos para cartografiar un índice sintético del riesgo de incendios forestales, derivado de una amplia variedad de variables de riesgo. La unidad mínima de información es la cuadrícula UTM de 1 km^2. FIREGLOBE es un proyecto similar del riesgo de incendio pero a escala nacional y global.

El peligro o probabilidad de que ocurra un incendio en un lugar y momento determinados se analiza dividido en dos factores: Peligro de ignición (relacionado con los agentes causantes del fuego así como las condiciones del combustible) y Peligro de Propagación (comportamiento predecible del fuego mediante simulación).

Probabilidad de ignición asociada a factores humanos: Los factores vinculados a la actividad humana tienen especial relevancia en la cuantificación del peligro de incendio forestal. Según las estadísticas oficiales el 96,1 % de los incendios que ocurren en España obedecen a causas humanas (DGCN y Ambiente, 2006). No obstante, existe una evidente dificultad en valorar estor factores para obtener modelos predictivos. A pesar de estos problemas se identifican los factores vinculados a la actividad humana que pueden permitir su cuantificación y cartografía como: incendios causados por accidentes y negligencias, cambios socioeconómicos y actividades rurales. De todas ellas con el fin de evitar la colinealidad entre las mismas únicamente se seleccionaron: Ocurrencia histórica de incendios, interfase cultivo-forestal, líneas eléctricas, pistas forestales, carreteras locales y densidad de maquinaria forestal.

Para la modelización de la ocurrencia de incendios forestales debido a causas humanas se utiliza la regresión logística (Vilar 2006), técnica que permite describir las relaciones entre una variable dependiente dicotómica y un conjunto de variables independientes continuas o categóricas. El modelo de regresión logística se define:

$$P_i = \frac{1}{1+e^{-z}}$$

$$z = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \ldots + \beta_\rho X_\rho$$

Donde Pi es la probabilidad de ocurrencia de incendio, z la combinación de variables independientes con sus coeficientes de regresión (b), X el valor de cada variable

independiente y es la base del log natural (Pew y Larsen, 2001 citando a Afifi y Clarck. 1990; McGrew y Monroe, 1993).

De entre las posibilidades de modelos de regresión logística binaria se aplica el modelo logit:

$$\log\left(\frac{p}{1-p}\right) = x^T \beta$$

Siendo xT el vector de las variables explicativas y b el vector de los parámetros (González, C., 2004). Se emplea el método de "pasos hacia delante de Wald", con punto de corte para la clasificación de 0.5.

Como variable independiente se utiliza la ocurrencia de incendios de causa humana. Ya que el modelo de regresión logística requiere una variable dependiente dicotómica, es necesario discretizar la variable dependiente (número de incendios de causa humana). Esto se realiza dividiendo la variable ordenada en 3 grupos con el mismo número de casos (grupo 1, baja incidencia, 3 alta incidencia y grupo 2 de incidencia intermedia). A los casos incluidos en el primer grupo se les da valor 0 y a los del grupo 3 valor 1. Se eliminan del análisis los valores intermedios que quedarían en el grupo 2.

Aplicando el modelo se obtiene un mapa de ocurrencia de incendio en escala probabilística estimada (entre 0 y 1) siendo 1 la alta incidencia de incendios provocados por la actividad humana

Probabilidad de ignición asociada a la ocurrencia de rayos: En la ocurrencia de incendios forestales por rayos se han utilizado variables relacionadas con la orografía (Díaz-Avalos et al., 2001; Podur, 2003), así como la polaridad de los rayos (Latham y Williams, 2001; Wotton y Martell, 2005), el estado hídrico de los combustibles (Díaz- Avalos et al., 2001; Rorig y Ferguson, 2002) y el tipo de vegetación, que juega un papel doble en la ocurrencia de incendios causados por rayo:

1) hay cubiertas vegetales con una mayor densidad de descargas (Dissing y Verbyla, 2003);

2) diferencias en el tipo forestal genera diferencias en la capacidad calorífica del material y por lo tanto en diferencias en la inflamabilidad (Latham y Williams, 2001).

Las variables utilizadas en el estudio son:

- Localización de las descargas de rayo: Información proporcionada por el Instituto Nacional de Meteorología.
- Modelo Digital del Terreno. De este MDT se han derivado la pendiente, exposición y curvatura del terreno

- Mapa Forestal Nacional escala 1:50000 o Mapa de vegetación si está disponible.
- Información diaria meteorológica. Proporcionado por la empresa Meteológica S.A. con una resolución de 3x3 km2. Se cuenta con datos diarios de temperaturas, humedad relativa, radiación solar, velocidad del viento y precipitación.
- Partes de Incendio Forestal, proporcionado por la Dirección General de la Biodiversidad.

Se desarrolla un modelo de probabilidad de ocurrencia de un incendio forestal causado por rayo utilizando el método de regresión logística, tomando como variable dependiente la ocurrencia (o no) de al menos un incendio causado por rayo.

Los análisis realizados han señalado una relación significativa entre la ocurrencia de incendios forestales causados por rayo y la altitud, la pendiente y la presencia de arbolado, la cantidad de precipitación de la tormenta y el estado hídrico del combustible muerto; confirmándose los resultados obtenidos por estudios realizados por otros autores (Díaz-Avalos et al., 2001; Rorig y Ferguson, 2002).

Probabilidad de ignición asociada al estado hídrico de la vegetación: El contenido de humedad del combustible (FMC) es una de las variables más críticas para estimar la probabilidad de ignición o propagación del fuego, ya que la cantidad de agua en las plantas está inversamente relacionada con su potencial de combustión (Nelson, 2001). **S**e plantea el uso de la teledetección espacial, como fuente de información idónea para esta aplicación al facilitar la resolución temporal y espacial necesaria para los requerimientos del sistema. En este estudio se utilizan como modelos los datos Medidos en el Parque natural de Cabañeros, cuyas ecuaciones son:

$$FMC_p = -129.12 + 503.51 \times NDVI + 52.55 \times FD_p$$

$$FMC_m = 10.438 + 42.757 \times VARI - 16.367 \times GVMI + 8.844 \times FD_m$$

donde NDVI, VARI, y GVMI son el índice de vegetación normalizado (Rouse et al., 1974), ajustado atmosféricamente (Gitelson et al., 2002) y global de contenido de humedad de la vegetación (Ceccato et al., 2002) respectivamente y FD es una función del día juliano para pastizal (p) y matorral (m) según si el año es seco o húmedo (Garcia, 2007).

Probabilidad de propagación: Se pretende estimar la variación espacial, de la capacidad de propagar el fuego. Considerar condiciones determinadas de viento, factor muy variable y difícil de modelar espacialmente, que sirvieran para modelar el potencial de cada unidad de observación para desarrollar el fuego, asumiendo que pudiera iniciarse en cualquier celda vecina. La modelización se hace considerando la peor situación para la propagación del fuego, es decir que el fuego se propagara en la dirección de máxima pendiente y la velocidad del viento fuese la media de las máximas para los meses de verano. A parte de estas dos variables, el factor que más influyen en la propagación es el tipo de combustible

Las variables de interés que se modelaron fueron la longitud de llama y la velocidad de propagación. Para poder relacionarlas con las variables del medio, se generó una muestra con el programa Behave (Andrews y Chase, 1990) para los tipos de combustible disponibles en este programa, pendientes entre el 0% y el 90 %, velocidades del viento a ras del suelo entre los 4 km/h y los 20 km/h (considerando viento constante), y las humedades de combustible tipo y constantes(Vélez, 2000, Martín Fernández et al., 2002).

Con la muestra generada se obtuvieron los modelos de regresión múltiple de la velocidad de propagación en función de la pendiente y de la velocidad de viento para cada tipo de combustible. La longitud de llama se modeló también en función de la velocidad de propagación, para cada tipo de combustible. Se seleccionó el modelo linealizable que mejor se ajustaba a las variables.

Para generar los mapas raster de velocidad de propagación y de longitud de llama, se desarrolló una macro en ArcGIS que aplicaba los modelos de regresión a los mapas de pendientes, de tipos de combustibles y de velocidad del viento en cada zona de estudio.

Para la integración de los resultados, es necesario convertir todos las variables obtenidas a una escala común probabilística e integrar los índices de peligro, para lo cual se aplicaron varias metodologías complejas que quedan desarrolladas en el documento "Generación de un Modelo de Peligros de Incendios Forestales mediante Teledetección y SIG", (Chuvieco et al. 2007).

El resultado de esta metodología es la obtención de mapas dinámicos, variables a lo largo del tiempo (un día), al tener en cuenta factores como las variables meteorológicas.

Esta metodología implica una gran complejidad puesto que utiliza gran cantidad de información, variables dinámicas diarias y parámetros difícilmente disponibles, obteniendo como resultado un mapa diario. Su aplicabilidad a Canarias es imitada, debido a la información disponible y su tratamiento también es complejo al obtener un mapa diario. Si bien, su fiabilidad en las zonas analizadas de la Península, refleja valores elevados de cerca del 70% (dependiendo de los casos).

Su complejo desarrollo, la disponibilidad de información y que implica mapas dinámicos, limita en gran medida la aplicación de la metodología a la ordenación territorial, que es la finalidad del presente proyecto.

Nivel insular

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD (PTOPRT)

La metodología utilizada en el PTOPRT se propone en dos fases, por un lado usando los datos disponibles y por otro a partir de los resultados obtenidos de las estadísticas de incendios en la isla de Tenerife desde el año 1972. La primera fase, parte de la valoración del riesgo de producirse un incendio, a partir de variables físicas, biológicas y de carácter antrópico. Estas variables se ponderan obteniendo el mapa de factores intrínsecos de susceptibilidad frente al riesgo de incendios.

La segunda fase se corresponde a la adaptación del mapa de factores intrínsecos con los datos de las estadísticas de ocurrencia de incendios en los periodos de 1972-2004. Para esta adaptación se tiene en cuenta además, el mapa de ocupación del suelo, puesto que gran parte de los incendios se relacionan con la quema de superficies agrícolas.

Por último se identifican las zonas de influencia de barrancos por representar espacios donde la propagación de los incendios se ve magnificada por el "efecto chimenea".

Se parte del Mapa de Ocupación del suelo, estableciendo 5 categorías que reflejan los usos y vegetación presentes.

Tabla: Asignación de niveles de susceptibilidad frente a incendios para cada una de las clases del Mapa de Ocupación del suelo

Tipo de vegetación	Valor
Agrícola	1
Matorral costero + frondosa + Matorral degradado (< 600 msnm)	2
Matorral cumbre + pastizal	3
Coníferas + matorral degradado (> 600 msnm)	4
Coníferas sector norte	5

Fuente: PTOPRT

A partir del Modelo Digital del Terreno (MDT) se analiza el factor exposición, describiendo los siguientes grados en función de la orientación principal:

Tabla: Susceptibilidad en función de la orientación de las pendientes

Exposición	Valor
N, NE	1
O, NO	2
E, SE	3
S, SO y Llano	4

Fuente: PTOPRT

La pendiente se evalúa de tal forma que a mayor pendiente, mayor susceptibilidad, ya que el fuego se propaga más rápidamente. Los valores son:

Tabla: Susceptibilidad en función de la pendiente

Pendiente	Valor
0-30	1
30-60	2
> 60	3

Fuente: PTOPRT

Para introducir en el análisis las carreteras y caminos, se realizas un buffer de 50 m a lo largo de la red de caminos y carreteras. Dependiendo del tipo de vía a este buffer se le ha asignado un valor, y que los caminos son vías de mayor accesibilidad y zonas con un alto potencial de iniciación de incendio, además de ser lugares discretos y de fácil estacionamiento.

Tabla: Clasificación de las vías en función del grado de accesibilidad que facilitan

Tipo de carretera	Valor
Caminos	3
Carretera de 3 orden	2
Carretera de 1 y 2 orden	1

Fuente: PTOPRT

Respecto a las edificaciones, se han tenido en cuenta los grupos de edificaciones ubicados fuera de los núcleos de población, asignando a las mismas un valor de 3 y de igual forma ocurre con los aparcamientos.

Respecto al tratamiento de la información del histórico de incendios, a partir de la información del Servicio Técnico Forestal, los límites municipales se han interceptado con el límite de la Corona forestal de tal manera que solo se considere esta región. Las estadísticas de incendios se han agrupado en:

Tabla: Susceptibilidad en función del número de incendios registrados en periodo histórico dentro del municipio

Nº total de incendios	Valor
1-30	1
31-55	2
> 55	3

Fuente: PTOPRT

Los cultivos abandonados, es otro parámetro a considerar, delimitando aquellos localizados en la zona de transición entre la carretera de medianías y la corona forestal, asignado a estas zonas un valor de 3.

Las áreas recreativas de designan con un valor de 3, señalando las zonas con un buffer de 300 metros desde las mismas.

Por último, los barrancos actúan como chimenea, se extraerán los barrancos de cursos de agua de niveles 1, 2 y 3 según la clasificación de Stralher. Se divide el área de influencia del cauce a ambos lados en 10, 20 y 50 metros de distancia al mismo valorándose:

Tabla: Vulnerabilidad en función de la distancia a los cauces de la isla

Buffer barrancos (m)	Valor
10	3
20	2
50	1

Fuente: PTOPRT

Los valores de cada parámetro se combinan de forma lineal teniendo en cuenta la contribución de cada uno de los factores a la susceptibilidad intrínseca final. De todos los factores, solo a la tipología de vegetación, se la ha asignado un factor de ponderación superior, ya que se considera el factor más determinante a la hora de iniciarse un incendio.

Como factores intrínsecos (históricos de incendios, cultivos abandonados y barrancos, se ha combinado en un mapa único que a su vez se añade a la información del anterior conformando el Mapa de susceptibilidad ante incendios forestales.

Los resultados obtenidos de estos análisis se combinan para generar la cartografía final de susceptibilidad del territorio frente al riesgo de incendios recogida en el PTOPRT a escala 1:50.000, con el fin de que sea utilizada para el planeamiento general, los planes y normas ambientales y otros instrumentos de ordenación. Se han descrito un total de 5 niveles de susceptibilidad (muy alto, alto, moderado, baja y muy baja.

Tabla: Nivel de susceptibilidad de incendios forestales

Nivel de susceptibilidad	Clasificación
Se corresponde con áreas situadas en el entorno de carreteras y caminos o áreas recreativas, en zonas de la Corona Forestal	Muy alta
Zonas de la Corona Forestal situadas en la vertiente Norte de la isla, cuya accesibilidad desde vías de comunicación o recreativas, aparcamientos, etc. es algo más complicada. También se incluyen en esta clase algunas zonas próximas al nivel de cumbres	Alta
Comprende prácticamente la totalidad de las áreas forestales con orientación sur de la isla, salvo las excepciones anteriores y algunas zonas de matorral degradado.	Moderada
La susceptibilidad es baja en otras zonas dispersas de la isla, fundamentalmente ocupadas por vegetación de tipo arbustivo o zonas agrícolas abandonadas	Baja
Se corresponde con zonas urbanizadas o con escasa vegetación y áreas agrícolas situadas en zonas de medianías o costeras.	Muy baja

Fuente: PTOPRT

La metodología utilizada en el PTOPRT, incluye un gran número de parámetros, de los cuales, depende la peligrosidad de incendio forestal. El resultado obtenido es un mapa de susceptibilidad, al no considerar la frecuencia de los incendios, aunque como se ha comentado, la fiabilidad de los análisis probabilísticos que permiten estimar los periodos de retorno es baja. Como inconveniente, la delimitación de los grados de susceptibilidad de incendio forestal establecidos, se basan en los límites de los municipios existentes, no reflejando la realidad, al no tener en cuenta la ubicación de las masas forestales o los usos del suelo en esos municipios.

La aplicabilidad de la metodología del PTOPRT, en su aplicación a la ordenación territorial, se puede considerar como media.

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD (GESPLAN S.A.)

Esta metodología es muy similar a la desarrollada por el PTOPRT, se basa en la recopilación de información en formato digital, que guarda relación con el riesgo de incendios (parámetros de identificación) y tras un análisis multicriterio de los factores se realiza una ponderación de los mismos teniendo en cuenta los diferentes aspectos que influyen en la iniciación y desarrollo de un incendio. Los factores son:

Modelos de combustible: A continuación se incluyen las tablas de los modelos de combustibles, según los estudios llevados a cabo en cada una de las islas de Canarias que presentan masa forestal, a excepción de la isla de Tenerife, que el estudio de GESPLAN S. A., no se lleva a cabo su estimación.

Tabla: Modelos de combustible

Gran Canaria		
Modelo de Combustible	Peligrosidad	Valor
10	Alta	4
6		
7		
8		
3	Media	3
4		
5		
9		
0/1	Baja	2
0/9		
0e		
1		
2		
5/0		
0b	Muy baja	1
0be		
0c		
0i		
0u		
1c		

El Hierro y La Gomera		
Modelo de Combustible	**Peligrosidad**	**Valor**
4B	Alta	4
6A		
7A		
7F2		
7G		
3A	Media	3
4A		
5A		
6C		
7D2		
7F1		
10A	Baja	2
1A		
2A		
5B		
6B		
7B		
7E		
9A		
9B		
0	Muy baja	1
11 A		
AG		
AU		
CA		

La Palma		
Modelo de Combustible	Peligrosidad	Valor
4B	Alta	4
4C		
6A		
6C1		
7C1		
7C2		
7D1		
7F2		
7G2		
3A	Media	3
4A		
5A1		
5A3		
5D		
6C2		
6C3		
7D2		
7F1		
7G1		
1A	Baja	2
2A		
5A2		
5B		
5C		
6B		
7B		
7E		
9A		
9B		
0	Muy baja	1
11A		
AG		
AU		
CA		

Orientación: A partir del Modelo Digital del Terreno se estima la orientación. Se distinguen tantas clases como orientaciones principales y a cada una de ellas se le asigna un valor de susceptibilidad consecuente con la misma.

Tabla: Valor según las orientaciones

Exposición	Valor
N	1
NE	
O	2
NO	
E	3
SE	
S	4
SO	
Llano	

Pendiente: El análisis del porcentaje de pendiente se realiza utilizando el mismo Modelo Digital de Terreno como base. Las pendientes se agrupan en tres clases principales, debido a la diferencia de propagación del fuego:

Tabla: Valor de la pendiente

Pendiente (%)	Valor
0-30	1
30-60	2
> 60	3

Viento: Para poder ponderar el régimen e intensidad de los vientos, se ha utilizado una escala dividida en cuatro niveles, Muy alta, Alta, Moderada y Baja, valorándolo de la siguiente forma.

Tabla: Valor del viento

Intensidad del viento	Valor
Muy alta	4
Alta	3
Moderada	2
Baja	1

Infraestructuras eléctricas: Tanto líneas aéreas como torretas, en su forma lineal y puntual, respectivamente, se integra en el análisis de este estudio multicriterio, generando a partir de ellos un área de influencia de 20 metros y estableciendo un 2 como valor ponderado.

Infraestructura viarias:. Se genera un buffer de 30 metros a lo largo de toda la red de carreteras y caminos de cada una de las islas. Dependiendo del tipo de vía, a este buffer se le asigna un valor de susceptibilidad.

Tabla: Valor de las infraestructuras viarias

Tipo de carretera	Valor
Viarios locales	3
Vías comarcales o intermunicipales	2
Carreteras insulares	1

Equipamientos: Se genera un buffer de 300 metros alrededor y a toda la zona de influencia se le asigna un valor de susceptibilidad de 2, excepto para las Áreas Recreativas que se valora con un 3.

Tabla: Valor de los equipamientos de la naturaleza

Equipamientos en la Naturaleza	Valor
Albergue rural	2
Área de acampada	
Aulas de naturaleza	
Campamento	
Camping	
Centro de visitantes	
Mirador	
Refugio	
Área recreativa	3

Edificaciones: Las edificaciones situadas fuera de los núcleos urbanos son consideradas zonas de riesgo, principalmente en el caso de iniciación de incendios no intencionados. Para llevar a cabo el análisis de este factor se han tenido en cuenta los grupos de edificaciones ubicados fuera de los principales núcleos de población proporcionados por la cartografía 1:5000 de GRAFCAN y por la delimitación de núcleos que realiza cada planeamiento insular A todas se les aplica un buffer de 50 metros y se les asigna un mismo valor de 2.

Histórico de incendios: Se establece en qué Modelo de Combustible se inician los incendios.

Tabla: Valor histórico de incendios

Histórico de incendios	Valor
Modelo de combustible con más de cinco incendios iniciados	**2**
Modelo de combustible con cinco o menos incendios iniciados	**1**

Aplicando la siguiente fórmula de combinación de los parámetros, se obtiene el valor de la susceptibilidad ante incendios forestales, según la metodología de GESPLAN S.A.

Susceptibilidad de Incendios = (2 x Modelo de Combustible) + Exposición (Orientación) + Pendiente + Infraestructura viaria + Infraestructura eléctrica + Edificaciones aisladas + Régimen de viento + Equipamientos en la naturaleza + Histórico de incendios

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD (CACERES)

La metodología utilizada por (Blas Morato et al, 2008) es muy similar a la del PTOPRT o GESPLAN, si bien en el análisis de las componentes de la peligrosidad se diferencia entre peligro de ignición y peligro de propagación e incluyen algún parámetro más que anteriormente no se tenía en cuenta.

Los parámetros designados para estimar el peligro de ignición son:

Factores Humanos (carreteras, ferrocarril, líneas eléctricas, edificaciones, vertederos y zonas de ocio)

Factores Naturales (Combustibles, pendiente, orientación, insolación, altitud, precipitación, temperatura y NDVI)

Factores Históricos (Densidad de Incendios Forestales)

Peligro de propagación:

Factores Naturales (Combustibles, Pendiente, Orientación, Insolación, Altitud, Precipitaciones, Temperaturas, NDVI)

Factores Humanos (carreteras)

Factores Históricos (gravedad)

Estas variables se valoran en una escala cuantitativa:

- Nulo = 0 Bajo = 1 Medio = 2 Alto = 3 Muy Alto = 4 Extremo = 5

Ponderando cada uno de los diferentes grupos de variables dotando de mayor peso a las más significativas y según los siguientes modelos (basados en Chuvieco y Salas 1994) se estima la peligrosidad.

Peligrosidad ignición (PI) = 4 x Factores Humanos + 3 x Factores Naturales + Históricos Peligrosidad propagación o comportamiento (PP) = 4 x Factores Naturales + 3 x Factores Humanos + Históricos Peligrosidad de riesgo de incendios forestales = PI + PP

La integración de las variables en los factores determinantes se hace en función de su incidencia ya sea positiva o negativa, asignándole los pesos según su comportamiento favorecedor o limitante, por ejemplo en el caso de la peligrosidad de propagación, la altitud, las precipitaciones, los factores humanos actúan de forma inversa al resto de variables.

Para el cálculo del NDVI se utilizarán las imágenes satélite disponibles MODIS, SPOT determinado los valores medios de la época estival de los cinco últimos años. De esta manera el mapa de riesgo resultante sería válido para la época de máximo riesgo.

La metodología desarrollada por Blas Morato et al., 2008, es muy similar a la desarrollada por el PTOPRT, por lo que su aplicabilidad es muy similar. Aunque se han utilizado un mayor número de parámetros que en el PTOPRT para establecer el valor de la susceptibilidad de incendios forestales, no quedan definidos la graduación de cada uno de los valores de cada parámetro.

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD USANDO DATOS DE SATELITE (TENERIFE)

Esta metodología permite obtener un mapa de susceptibilidad de incendio estático, al que posteriormente se añade el cálculo del valor del estrés hídrico de la vegetación para generar un mapa de susceptibilidad dinámico.

Para llevar a cabo la metodología, se desarrolla un índice dinámico denominado *Fire Risk Dynamic Index* (FRDI), en el que se tiene en cuenta además de diferentes factores estáticos de riesgo, la evolución temporal del estrés hídrico de la vegetación, a través del NDVI *(Normalized Difference Vegetation Index)* tanto para datos AVHRR *(Advanced Very High Resolution Radiometer)* como MODIS *(Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)* y el *Enhanced Vegetation Index* (EVI) definido para datos de este último sensor.

El mapa de peligrosidad estático FRSI (*Fire Risk Static Index*) es una cartografía digital del riesgo de incendio en una determinada región, resultado de la combinación de varias capas temáticas constantes en el tiempo. Las variables que se han considerado como determinantes en la aparición de un incendio son: altura, pendiente e inclinación del terreno o insolación, proximidad a carreteras (distancia de las mismas a cada punto) y cobertura vegetal. A estas variables se las asigna un peso determinado y se construye cada uno de los mapas según las variables consideradas

1.A) FICHERO PENDIENTE (%)		
Valor asignado	*Mínimo*	*Máximo*
1	0	5
2	5	10
3	10	15
4	15	20
5	20	25
6	25	30
7	30	35
8	35	100

1.B) FICHERO ALTITUD (M)		
Valor asignado	*Mínimo*	*Máximo*
1	0	500
2	500	1000
3	1000	1500
4	1500	4000

1.C) FICHERO INSOLACIÓN			
Valor asignado	*Mínimo*	*Máximo*	
1	0	23	N
2	23	68	NE
3	68	113	E
4	113	158	SE
8	158	203	S
4	203	248	SO
3	248	293	O
2	293	338	NO
1	338	360	N

1.D) FICHERO CARRETERAS (M)		
Valor asignado	*Mínimo*	*Máximo*
20	0	10
15	10	50
10	50	100
6	100	500
4	500	2000
2	2000	5000
1	5000	40000

1.E) FICHERO TIPO DE VEGETACIÓN	
Valor asignado	*Especie*
1	Laurisilva
2	Retama
8	Pinar

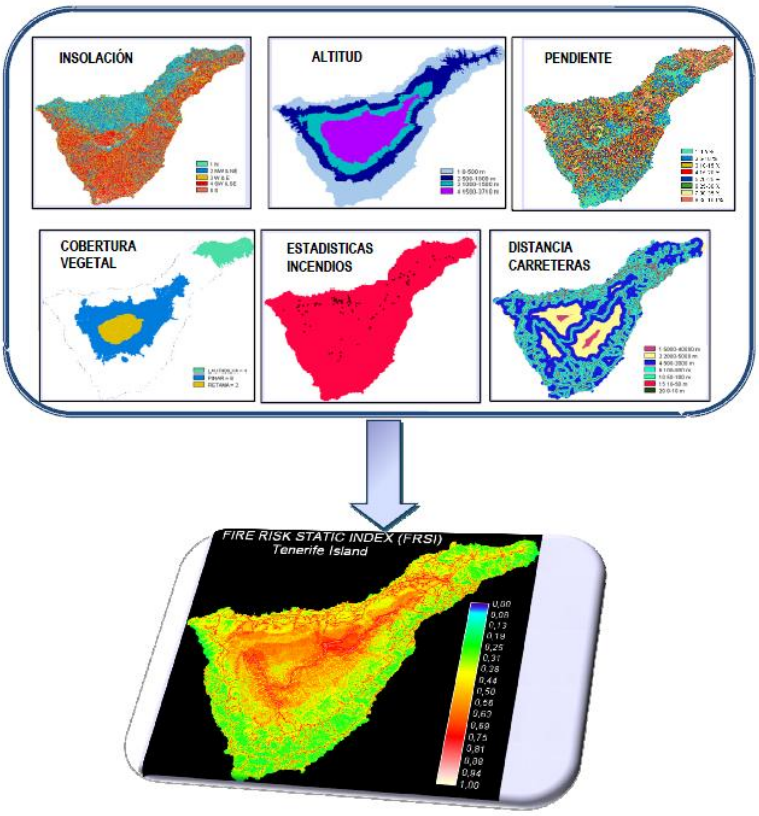
Una vez tratadas las variables temáticas, se construye el modelo matemático de probabilidad de incendio. Para ello, es necesario un mapa que contenga la historia reciente de los focos de incendio originados en la zona de estudio. Mediante un modelo de regresión logística múltiple, se establece la probabilidad de que la variable dependiente adopte el valor 1, siguiendo la expresión:

$$P(Y=1)=\frac{e^{\sum(\alpha+\beta_i X_i)}}{1+e^{\sum(\alpha+\beta_i X_i)}}$$

siendo Y la variable dependiente, Xi las variables independientes y α, βi números reales.

Una regresión logística permite obtener como resultado una variable discreta para un conjunto de variables de partida que pueden ser continuas, discretas, discontinuas o una mezcla de ellas Cruz et al. (2003).

Conociendo los valores que adopta la variable dependiente (focos de incendio producidos en un periodo de años), se puede determinar cómo influye cada una de las variables independientes a través de los coeficientes α y βi. Una vez calculados, se sustituyen en la expresión y se obtiene el mapa de probabilidades de riesgo de incendio debido a las variables independientes del tiempo.



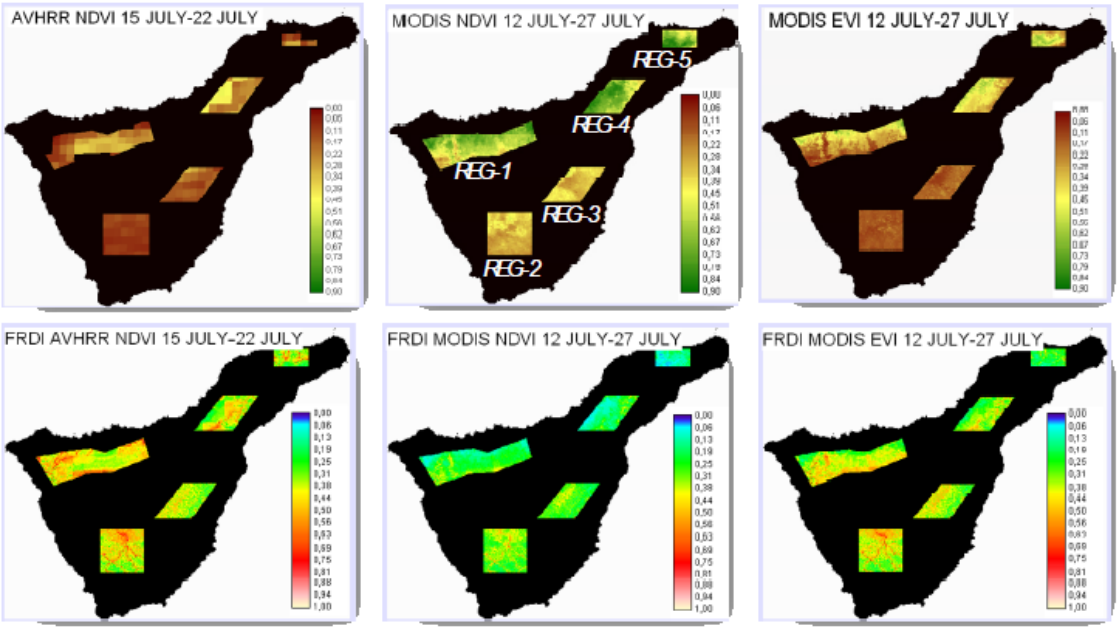
Una vez desarrollado el modelo estático de riesgo, con el objetivo de analizar la evolución del riesgo teniendo en cuenta también un factor dinámico de vital importancia como es el estrés hídrico de la vegetación, se procedió a añadir a la función de riesgo estático o FRSI un factor modulador, WSI (*Water Stress Indicator*). En este factor, sucesivamente, se introdujeron datos de composiciones multitemporales de 7 días de NDVI del sensor NOAA-AVHRR, basados en la técnica de retención del máximo valor de NDVI para la semana considerada (Holben, 1986); datos de composiciones temporales de 16 días de NDVI del sensor Terra-MODIS y datos de composiciones de 16 días del EVI, índice de vegetación asociado a los datos MODIS, generando 3 índices dinámicos de riesgo.

La función probabilística dinámica en su forma general quedaría como sigue:

$$FRDI = 1 - WSI\left[\frac{e^{\sum(\alpha+\beta_i X_i)}}{1+e^{\sum(\alpha+\beta_i X_i)}}\right]$$

cuyos valores oscilarían para la superficie terrestre entre 0 y 1, denotando un mayor riesgo de incendio cuanto más alto sea el valor asociado al mismo

Estos índices se aplicaron a 5 zonas determinadas de la isla de Tenerife. De los 3 índices dinámicos resultantes, es el FRDI obtenido a partir de los datos MODIS-NDVI, el que aparentemente refleja de una manera más clara, las variaciones en los niveles de riesgo.



La metodología desarrollada para estimar la susceptibilidad de incendios forestales utilizando imágenes satélite y aplicada en Tenerife, obtiene como resultado un índice estático y un índice dinámico , debido a la incorporación en el cálculo del valor del estrés hídrico de la vegetación.

El primer condicionante que presenta esta metodología es la limitación que supone la utilización de un índice dinámico, tanto por la disponibilidad de series de imágenes satélite de todas las islas que presentan masa forestal, como por la complejidad de su manejo. Además, no se han tenido en cuenta parámetros relacionados con la actividad antrópica (líneas eléctricas, zonas de cultivo abandonado junto a zonas forestales, zonas de equipamientos de la naturaleza, edificaciones, etc), en la estimación de los índices estáticos, obtenidos en la metodología. Los tipos de vegetación analizados son muy generales, distinguiendo solo 3 clases: laurisilva, pinar y retama y sin analizar los modelos de combustible, para estimar y evaluar la propagación de los incendios.

Peligrosidad de dinámica de laderas

Metodologías existentes de estimación de la peligrosidad por dinámica de vertientes

Nivel estatal

MAPA DE ÁREAS SUSCEPTIBLES E INVENTARIO DE MOVIMIENTOS DE LADERA

El primer mapa a nivel estatal de dinámica de vertientes se corresponde al Mapa de movimientos del terreno en España, desarrollado por el IGME en el año 1987, a una escala 1/1.000.000.

En el año 2003, el IGME desarrolló un **mapa de "Áreas Susceptibles e inventario de Movimientos de Ladera**", del territorio español a escala 1:4.000.000 en el que se muestra la distribución de sectores en los que se dan con mayor frecuencia procesos gravitacionales de movimientos de ladera. Se representan las zonas con movimientos actuales y/o potenciales, diferenciando entre áreas con deslizamientos predominantes, áreas con desprendimientos predominantes y áreas con ambos tipos de fenómenos.

Dentro del término deslizamientos se incluyen otro tipo de movimientos de ladera como los flujos, reptaciones o solifluxiones. Dentro del término desprendimiento, se contemplan, las avalanchas rocosas o de derrubios. La clasificación establecida permite la distinción entre movimientos de material que "desliza" (deslizamientos en formaciones blandas en general) y material que se desprende o sufre caída repentina (desprendimientos en formaciones rocosas, sean cuñas, vuelcos, etc.).

Las Islas Canarias se considera que constituyen un contexto morfoestructural completamente diferente a los existentes en la Península. Debido a su relieve abrupto y al carácter volcánico de los materiales que las constituyen (con coladas fracturadas y depósitos de piroclastos que dan laderas muy escarpadas), son propensas a la ocurrencia de desprendimientos de bloques que afectan, sobre todo, a vías de comunicación.

PRIGEO: PLAN DE CARTOGRAFÍA DE RIESGOS GEOLÓGICOS (IGME)

El plan PRIGEO esta en fase de elaboración. La información referente a la metodología utilizada se ha obtenido del documento *"Apoyo técnico del plan PRIGEO para el desarrollo de actividades y trabajos relacionados con los movimientos de ladera 2005-2008".* En el mismo se establecen las directrices técnicas para realizar inventarios y zonificación de susceptibilidad y peligrosidad por movimientos de ladera.

Uno de los riesgos que analiza el plan son los movimientos de ladera. El plan PRIGEO establece como pasos a tener en cuenta en la estimación de la susceptibilidad de movimientos de ladera:

- Análisis de los movimientos actuales y antiguos y sus características, para lo cual se debe dividir el territorio en diferentes zonas en función del porcentaje de área ocupada por los eventos inventariados.
- Factores que condicionan e influyen en la generación de los movimientos de ladera: Factores condicionantes (litología, estructura o discontinuidad tectónica, propiedades hidrogeológicas y propiedades morfológicas, etc..) y factores desencadenantes (ambientales: factores meteorológicos (precipitación, etc...); procesos naturales (sismos, vulcanismo, etc..) y antrópicos: variaciones en la geometría de las laderas por excavaciones, erosión, cambios en el nivel freático).

Las fuentes de información que utiliza son: cartografía geológica, el MDT, cartografía temática relacionada con los movimientos de ladera (hidrogeología, sismos, erosión, precipitación, etc..) y la disponibilidad de datos de imágenes satélite o fotos aéreas.

Esta información se completa con muestras de trabajo de campo y la fotointerpretación y digitalización de información a partir de las imágenes de satélite. Para estimar los parámetros considerados se debe graduar cada uno, según una ponderación y realizar mapas temáticos de cada uno de los diferentes factores. Mediante la superposición de los mismos y una matriz que compare unos parámetros con otros, se obtiene la susceptibilidad, estableciendo unos grados en función del peso asignado a cada uno de los factores según su influencia en la generación de los movimientos.

Figura: Matrices de comparación de valores con las que se obtiene la susceptibilidad

ROCAS					
Unidades		Manto de Lújar. Manto de Alcázar superior.	Manto de Murtas Manto de Adra. Unidad Sorvilán.	Manto de Alcázar inferior	Manto de adra. Unidad Melicena
Tipología		Desprendimiento de bloques aislados o conjunto de bloques en taludes verticales o muy escarpados	Flujos superficiales en intercalaciones blandas con posible desprendimiento de bloques por descalce	Coladas de derrubios deslizamientos rotacionales	
Volumen		Muy pequeño		Medio a grande	
Velocidad		Lento a muy rápido			
Susceptibilidad a las inestabilidades de los distintos litotipos en función de las pendientes naturales	Relieve montañoso. Pendientes naturales mayores de 60º	4-RI	4-RII	4-RIIIA	4-RIIIB
	Relieve abrupto. Pendientes naturales de 40º a 60º	3-RI	3-RII	3-RIIIA	3-RIIIB
	Relieve ondulado. Pendientes naturales de 20º a 40º	2-RI	2-RII	2-RIIIA	2-RIIIB
	Relieve suave. Pendientes naturales de 10º a 20º	1-RI	1-RII	1-RIIIA	1-RIIIB
	Relieve plano. Pendientes naturales menores de 10º	0-RI	0-RII	0-RIIIA	0-RIIIB
		Influencia de las condiciones y características del terreno (aptitud)			
		R-I. Desprendimiento de bloques aislados o conjunto de bloques en taludes verticales o muy escarpados	R-II. Flujos superficiales en intercalaciones blandas con posible desprendimiento de bloques por descalce	R-III. Coladas de derrubios deslizamientos rotacionales	

Muy alta
Alta
Media
Baja
Muy bajo

SUELOS							
Unidades		Depósitos deltaicos y depósitos de playa	Terraza marina y aluvial ramblas	Travertinos	Coluvial / derrubios de ladera	Rellenos explanación invernaderos	Masas deslizadas
Tipología		No se prevén movimeintos de laderas	Pequeños deslizamientos o desplomes en bordes escarpados por zapado basal	Desprendimiento de bloques aislados o conjunto de bloques en taludes verticales o muy escarpados	Deslizamientos y coladas de derrubios	Deslizamientos rotacionales	
Volumen		Muy pequeño			Pequeño a grande	Medio a grande	
Velocidad		Lento a moderado	Moderados a muy rápidos	Extr. rápidos	Rápido-muy rápido	Lento a moderado	
Susceptibilidad a las inestabilidades de los distintos litotipos en función de las pendientes naturales	Relieve montañoso. Pendientes naturales mayores de 60º	4-SIA	4-SIB	4-SIIA	4-SIIB	4-SIIIA	4-SIIIB
	Relieve abrupto. Pendientes naturales de 40º a 60º	3-SIA	3-SIB	3-SIIA	3-SIIB	3-SIIIA	3-SIIIB
	Relieve ondulado. Pendientes naturales de 20º a 40º	2-SIA	2-SIB	2-SIIA	2-SIIB	2-SIIIA	2-SIIIB
	Relieve suave. Pendientes naturales de 10º a 20º	1-SIA	1-SIB	1-SIIA	1-SIIB	1-SIIIA	1-SIIIB
	Relieve plano. Pendientes naturales menores de 10º	0-SIA	0-SIB	0-SIIA	0-SIIB	0-SIIIA	0-SIIIB
		Influencia de las condiciones y características del terreno (aptitud)					
		SI Pequeños deslizamientos o desplomes en bordes escarpados		SII Deslizamientos y desplomes ocasionales en bordes escarpados		SIII Deslizamientos rotacionales activos	

Fuente: PRIGEO

La información de la metodología desarrollada por el plan PRIGEO, en la estimación de los mapas de susceptibilidad por movimientos de ladera, es muy genérica, tiendo información de las pautas generales pero no de los aspectos concretos. Por ejemplo, no se dispone de la información de la valoración de cada uno de los parámetros, ni de como se ha llevado a cabo su combinación. Por tanto, actualmente con la información disponible referente a la metodología, se aplicación quedaría incompleta.

Nivel autonómico o Canarias

INES

El **INES** (Inventario Nacional de Erosión del Suelo) establece las tipologías de movimientos en masa existentes en Canarias a nivel provincial y el grado de potencialidad de los mismos. Los tipos de movimientos identificados y analizados son: Derrumbes en general (desprendimientos, vuelcos hundimientos..); Deslizamientos (rotacionales y translacionales); Flujos (reptaciones, solifluxiones y flujos de tierra...) y Complejos o mixtos (avalanchas, corrientes de lodo ....) Para obtener el grado o nivel de potencialidad se cruzan las siguientes capas o niveles informativos:

- potencialidad básica
- sismicidad
- recopilación bibliográfica de movimientos en masa (Catálogo de Riesgos Geológicos del Instituto Geológico y Minero de España, Mapa Geotécnico 1:200.000, Plan Nacional de Actuaciones Prioritarias en materia de Restauración Hidrológico-Forestal, Control de la Erosión y Lucha contra la Desertificación).

La tipología se obtiene de analizar las características de las formaciones geológicas del mapa geológico 1:50.000 publicado por el Instituto Geológico y Minero de España (Serie MAGNA):

- Tipo geotécnico (suelo blando, suelo duro, roca blanda o roca dura).
- Estructura: abundancia y disposición de discontinuidades (estratificación, esquistosidad, fracturación,…).
- Homogeneidad o heterogeneidad de la formación.
- Potencia o espesor.
- Textura o granulometría (fina, media, equilibrada o gruesa).

El grado o nivel de potencialidad lo determina fundamentalmente la potencialidad básica, que es aumentada si existen antecedentes bibliográficos o si se trata de una zona de alto riesgo sísmico. Sobre la base de la experiencia acumulada por distintos organismos e instituciones en estudios similares, se obtienen los factores que influyen en la potencialidad básica, así como sus correspondientes pesos. En consecuencia, la potencialidad básica se obtiene cruzando tres capas informativas con distintos pesos (litofacies: 50%; pendiente: 30% y pluviometría: 20%), a las que se asignan valores según que las características sean más o menos favorables a los movimientos. Los valores de las tres capas se suman y se establecen rangos de los resultados obtenidos, que se correlacionan con los niveles o grados de potencialidad. A continuación se exponen los valores correspondientes a los factores que influyen en la potencialidad básica:

• Factor litología

Tabla: Valoración de la litología

Litofacies	Valor
no favorable	0
muy poco favorable	1
poco favorable	2
medianamente favorable	3
favorable	4
muy favorable	5

Fuente: INES

• Factor pendiente

Tabla: Valoración de la pendiente

Pendiente	Valor
baja (<15%)	0
media (15-30%)	1
alta (30-100%)	2
muy alta o escarpe (>100%)	3

Fuente: INES

•Factor pluviometría:

Tabla: Valores de precipitación y valoración

Precipitación media anual (mm)	T10 (mm) precipitación máxima en 24 horas para 10 años de recurrencia	Valor
<600	<100	0
<600	>100	1
600-1.200	<100	1
600-1.200	>100	2
>1.200	cualquiera	2

Fuente: INES

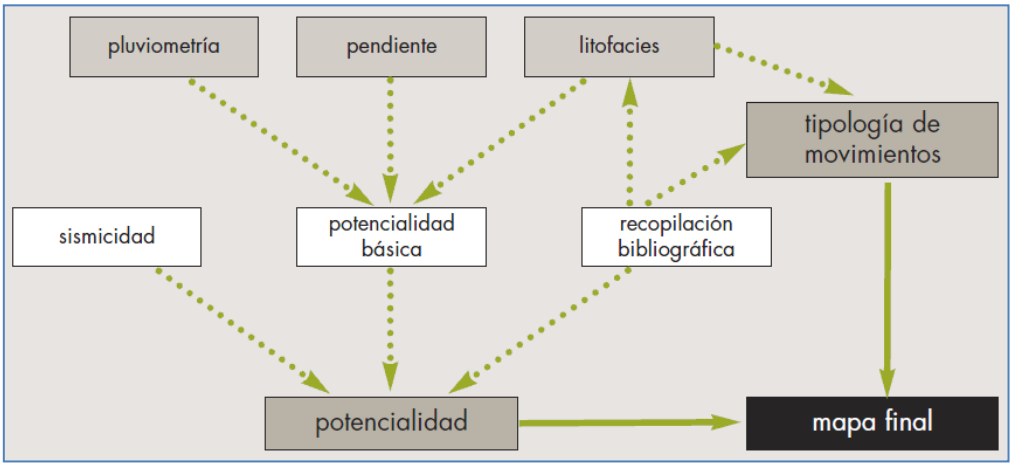
El rango de valores para asignar la potencialidad básica es:

Tabla: Valoración de la potencialidad de los movimientos

Potencialidad Básica	Valor
nula o muy baja	0-1
baja o moderada	2-3
media	4-5
alta	6-7
muy alta	8-9-10

Fuente: INES

La metodología desarrollada en este proyecto es la siguiente:



Mediante la comparación sucesiva de los parámetros se obtiene la tipología de los movimientos y su potencialidad, cuya combinación aporta la susceptibilidad.

El método desarrollado por el INES permite identificar a una escala elevada los tipos de movimientos existentes actualmente en Canarias, evaluando su potencialidad. Si bien, la escala elevada que presenta la metodología y la no inclusión de los factores desencadenantes antrópicos, genera que la metodología en su aplicación a la ordenación o planificación territorial se consideré como medio-baja.

Nivel insular

MAPA DE SUSCEPTIBLIDAD DE DESPRENDIMIENTOS (GESPLAN S.A.)

Según esta metodología, tan solo se incluirán aquellas zonas con potencialidad de generar riesgos por desprendimientos, debido a las condiciones de **pendiente del terreno y al tipo de suelo**. De esta manera, quedarán reflejadas en un plano, las áreas que determinarán las zonas de riesgo potencial, en las que un proceso erosivo podría provocar el desprendimiento del terreno pudiendo afectar a zonas habitadas, carreteras, infraestructuras básicas etc... Desde el punto de vista geológico, cada una de las islas se ha descompuesto en 5 tipos de terreno:

- Arcillas
- Depósitos sedimentarios
- Macizo rocoso de Baja resistencia
- Piroclastos
- Roca volcánica de alta resistencia

Para determinar las zonas de riesgo potencial, a cada tipo de terreno se le ha dado una pendiente límite a partir de la cual se podrían generar procesos de desprendimientos y dinámica de vertientes. De esta manera resultan:

- Arcillas: > 25 % de pendiente

- Depósitos sedimentarios: > 30 % de pendiente

- Macizo rocoso de Baja resistencia > 40 % de pendiente

- Piroclastos > 40 % de pendiente

- Roca volcánica de alta resistencia > 50 % de pendiente.

Como resultado se presentan las zonas potenciales de riesgo de desprendimientos de ladera sin establecer ningún rango de susceptibilidad.

La metodología desarrollada por GESPLAN S. A., únicamente permite la estimación de las zonas que potencialmente pueden presentar riesgo de desprendimiento, sin considerar el resto de tipos de movimientos existentes en Canarias. Además, estima los desprendimientos potenciales, a partir de dos únicos parámetros, sin determinar los factores desencadenantes del proceso.

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD (PTOPRT)

La metodología desarrollada por el PTOPRT en la estimación de la susceptibilidad de movimientos de ladera, se realiza a partir de la metodología utilizada en el Plan Territorial de Mallorca adaptado a las Islas Canarias. Se tratada de analizar los factores que interviene en los procesos de dinámica de vertientes y establecer una ponderación de los mismos. Los factores considerados son:

Litología: La naturaleza de los materiales influye en la susceptibilidad a la erosión a medida que los materiales son más o menos resistentes. Además, la fracturación a que está sometido el terreno supone un factor más de inestabilidad ante los procesos erosivos que facilita su acción.

Tabla: Valoración de las litologías

Grupos litológicos	Nivel de susceptibilidad
Materiales que presentan alto nivel de compactación y resistencia	1 (Baja)
Materiales originariamente compactos pero que presentan un cierto grado de alteración o disgregación	2 (Moderada)
Materiales no consolidados asociados a centros de emisión recientes y materiales fácilmente disgregables	3 (Alta)
Aluviales, coluviones, conos de deyección recientes, sedimentos en general	4 (Muy Alta)

Fuente: PTOPRT

Usos del suelo: El tipo de uso al que está sometido un suelo afecta directamente a su erosionabilidad dependiendo del grado de protección que su cobertura le proporciona.

Tabla: Ponderación de los usos del suelo

Uso del Suelo	Valor
Urbano	0
Agua	0
Masa boscosa	1
Matorral	2
Agrícola con árboles	2
Matorral degradado	3
Agrícola sin árboles	3
Suelo desnudo	4

Fuente: PTOPRT

Precipitación: El agente erosivo más relevante en Canarias es la lluvia. Su acción mecánica sobre las partículas del suelo provoca su denudación y puesta en movimiento provocando así la pérdida de suelo. A partir del mapa de Isoyetas para un periodo de retorno de 500 años (isomáximas de precipitación diaria), la susceptibilidad frente a la precipitación se ha agrupado en tres categorías:

Tabla: Ponderación de las precipitaciones

Intervalo (mm)	Valor
150-300	1
300-450	2
>450	3

Fuente: PTOPRT

Pendiente: La pendiente del terreno es un factor que contribuye a favorecer la pérdida de material del suelo y la inestabilidad de las laderas al conferir a éstas mayor o menor estabilidad a la hora de ser puestas en movimiento por gravedad por los agentes erosivos. Las mayores pendientes se corresponden con valores máximos de susceptibilidad. El valor de susceptibilidad asignado a cada una de estas clases es el siguiente:

Tabla: Ponderación de la pendiente

Pendiente (%)	Valor
0-15 %	1
15-25 %	2
25-40 %	3
>40 %	4

Fuente: PTOPRT

Obras Públicas: Este factor, se ha introducido en el estudio de la susceptibilidad en la medida que contribuye a la desestabilización de laderas y ocurrencia de desprendimientos, que son fenómenos íntimamente ligados en Canarias a la presencia de infraestructuras que hayan alterado el perfil del relieve. Este factor se ha considerado tomando exclusivamente las

carreteras y los trazados previstos de tranvía y tren. La capa contiene dos clases: 1 para las infraestructuras y 0 para el resto del territorio

Una vez analizados los distintos parámetros descritos, los resultados se combinan linealmente para generar la cartografía final de susceptibilidad del territorio frente al riesgo asociado a la dinámica de vertientes, asignando el mayor peso a la litología y a la pendiente, por considerar que son aquellos factores que más contribuyen a la ocurrencia de los procesos erosivos.

SUSCEPTIBILIDAD VERTIENTES= 5 x PENDIENTE (1-4) + 5 x LITOLOGÍA (1-4) + ½ x PRECIPITACIÓN (1-3) + 2 x OBRAS PÚBLICAS (0-1) + 2 x USOS DEL SUELO (1-5)

Como paso final y dado que lo que se pretende reproducir son los procesos de dinámica de vertientes asociados a laderas principalmente, se asigna a terrenos con una pendiente inferior al 15% el valor cero en cuanto a la susceptibilidad a este tipo de fenómenos, de forma que les corresponde la clase MUY BAJA en la clasificación. Se entiende que en el rango de pendiente comprendido entre el 0 y el 15%, los procesos ligados a los movimientos de ladera se ven neutralizados o sensiblemente mermados. A continuación se describen las clases o niveles que se establecen:

- Muy alta: Se corresponde con áreas de pendientes extremas o en las que las litologías existentes se caracterizan por presentar un escaso grado de compactación (como pueden ser los conos de cínder sin consolidar, generalmente los correspondientes con erupciones recientes).
- Alta: Se trata de zonas principalmente asociadas con litologías fácilmente disgregables, en entornos donde las precipitaciones, especialmente las de tipo torrencial, pueden provocar importantes procesos erosivos debido a la escasa cobertura de vegetación existente y en las que los desprendimientos en relación con obras de tipo lineal pueden ser relevantes en determinados puntos donde el trazado intercepta áreas especialmente sensibles. También pertenecen a esta clase áreas de fuerte relieve, áreas en las que la cobertura vegetal es por lo general escasa o nula y la litología puede favorecer la ocurrencia de desprendimientos de rocas o deslizamientos del terreno. Comprende por último algunas zonas de pendiente moderada asociadas a depósitos de tipo aluvial o conos de deyección en los que la escasa consolidación de materiales facilita la erosión por pérdida de suelo.
- Moderada: Comprende zonas caracterizadas aún por fuertes pendientes, pero en las que las características de la litología dominante (compactación, orientación, fracturación) la hacen lo suficientemente resistente como para frenar el progreso de la erosión. Generalmente son zonas que se encuentran además cubiertas por vegetación

arbustiva densa, con un carácter que protege la superficie del suelo frente a las precipitaciones, en ocasiones intensas. También quedan incluidas dentro de esta clase zonas relativamente llanas pero en las que la compactación de los materiales no es muy grande.

- Baja: Se corresponde zonas de vertientes moderadas y en las que la vegetación o el uso del suelo (especialmente en zonas agrícolas) frenan el progreso de los procesos erosivos.
- Muy Baja: Se corresponde con zonas urbanizadas, áreas agrícolas situadas en zonas de medianías o costeras, zonas de salida de barrancos y conos de deyección que generalmente actúan como áreas de depósito de los sedimentos arrastrados en áreas altas de la isla. Incluye también con carácter general todos los terrenos con una pendiente inferior al 15%.

La metodología desarrollada por el PTOPRT tiene en cuenta un gran número de factores o variables relacionadas con los movimientos de ladera (factores desencadenantes y determinantes) y la disponibilidad de la información permite una fácil y rápida aplicación a nivel insular.

Su fiabilidad como metodología para obtener la susceptibilidad de movimientos de ladera es superior a la metodología desarrollada por GESPLAN S.A., pero no identifica el tipo de movimiento producido y no se incluye información relacionada con los eventos históricos en Canarias.

Nivel Local

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS UTILIZANDO LA TELEDETECCIÓN (GRAN CANARIA)

De igual forma que en el caso anterior, esta metodología utilizada el empleo de factores determinantes y desencadenantes y técnicas tradicionales de fotointerpretación de imágenes satélite y del MDT.

Los factores considerados son: Pendiente, materiales litológicos, actividad de los movimientos de ladera (mediante observaciones de campo y criterio de expertos), cambios en los usos del suelo (mediante la utilización de teledetección con series de imágenes sucesivas) y la proximidad a barrancos (por los procesos erosivos que conllevan, señalan las zonas ubicadas a menos de 200 metros del cauce) y proximidad de presas (área de influencia e 200 m).

Se divide cada factor en clases y se le asigna un peso en función de su influencia relativa en la inestabilidad. Posteriormente, se determina el peso relativo de cada factor con respecto a los

demás, usando el método de evaluación multicriterio de las jerarquías analíticas (Saaty, 1980, Eastman et al. 1995). Este método establece en primer lugar las prioridades de los elementos o variables (los factores del terreno en nuestro caso), mediante la comparación de elementos por parejas según un cierto criterio (la influencia en la inestabilidad de las laderas), para establecer sus pesos. Para ello se crea primero una matriz cuadrada, en la que el número de filas y columnas viene definido en nuestro caso por el número de factores de inestabilidad. A cada elemento de la matriz se le asigna un valor que representa la importancia relativa del factor de su fila con respecto al de su columna en cuanto a posible inestabilidad. El autovector principal de la matriz, que representa el orden de prioridad de los factores, determina entonces los pesos de éstos, mientras que a partir del autovalor máximo se puede obtener una medida cuantitativa de la fiabilidad de los valores asignados en la comparación entre pares de factores, como es la relación de consistencia (Consistency ratio o CR). Si CR es menor o igual a 0,10 los valores asignados son satisfactorios. Una vez obtenidos los pesos de los factores, se obtiene finalmente un índice de susceptibilidad a los movimientos mediante la suma lineal ponderada (Voogd, 1983) de pesos de factores y clases según la expresión:

$$I = \sum_{j=1}^{n} w_j x_{ij}$$

siendo I el índice de susceptibilidad, w1 el peso del factor j , y xu el peso de la clase i del factor j.

Una vez aplicado el método de las jerarquías analíticas, se crea una matriz con los criterios de valor relativos entre pares de factores condicionantes de la inestabilidad, obteniéndose de este modo un peso para cada factor. El índice de susceptibilidad, calculado mediante la suma lineal ponderada de pesos de factores y clases, se divide finalmente en 5 clases generales de susceptibilidad a los deslizamientos. Este índice depende fundamentalmente del peso asignado a los factores (evaluado mediante la relación de consistencia), y en menor medida de la asignación de pesos a cada clase dentro de un factor, por lo que la subjetividad y ausencia de control inherentes a éste último proceso no influye sobremanera en el cálculo del índice final.

La metodología empleada en Tirajana (Gran Canaria) utiliza para determinar los cambios en los usos del suelo mediante teledetección, imágenes satélite sucesivas en el tiempo, por lo que requiere la disponibilidad de las mismas para todo el territorio a analizar. Además, requiere a campañas de campo y el apoyo de expertos para la identificación y valoración de los tipos de movimientos existentes, por lo que tiene un importante carácter subjetivo y su desarrollo implica bastante tiempo. La combinación de las variables o parámetros utilizados, se lleva a cabo mediante estudios estadísticos, estimando su participación en el proceso de riesgo, lo

que aporta cierta incertidumbre según el proceso estadístico utilizado. Además, únicamente se estiman los deslizamientos y no todos los tipos de movimientos identificados en la zona.

Por tanto, es una metodología que presenta varias limitaciones, si bien, se considera que su grado de aplicación en la ordenación territorial estimando únicamente los deslizamientos es medio-alto.

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD DE DESLIZAMIENTOS (ANÁLISIS MULTIVARIANTE)

Esta metodología se aplica para zonas muy concretas. El procedimiento se basa en la selección y tratamiento de variables de la ladera, relacionadas con la aparición de roturas. Las variables se tratan mediante técnicas estadísticas multivariantes obteniendo la susceptibilidad. Está metodología se ha llevado a cabo en el Pirineo Oriental (Pobla de Lillet)

En este caso, se seleccionan un total de 17 variables de las que 14 son dependientes del MDT. De estas 14, seis se han derivado de funciones directas disponibles en GIS , las 8 restantes se derivan de algoritmos específicos (Santacana 2001) destinados a tal fin.

Variables: Derivadas del MDE y con función SIG (Altitud, Pendiente, Orientación, Curvatura, curvatura longitudinal y curvatura transversal). Derivadas del MDE y con algoritmo (pendiente senoidal, coeficiente de iluminación, rugosidad, dimensiones de la cuenca)

Las 3 variables restantes (densidad de vegetación, presencia de la formación superficial, espesor de depósitos superficiales e inventario de deslizamientos) no derivadas del MDE, han sido obtenida a partir de datos tomados en campo.

Toda la información recopilada se pasa a un formato común, en este caso formato raster, y se valora cada variable según criterio de un experto. Para llevar a cabo el análisis estadístico de las mismas, se utiliza un algoritmo diseñado a tal fin (Santacana 2001), siendo aplicado a una muestra aleatoria de datos. El tratamiento estadístico de los datos sigue el procedimiento de Baeza (1994), llevando a cabo los siguientes análisis, en función de la variable: test de normalidad de las variables, análisis factorial, análisis de contraste de medias-varianzas (T-test y One-Way) y análisis discrimitantes de variables independiente con el Método de Stepwise.

Mediante este procedimiento estadístico se obtendrá la función discriminante para cada celda o pixel de los raster establecidos, obteniéndose una malla regular de valores discriminantes. Para representar la susceptibilidad a partir de los valores discriminantes existen varios métodos (probabilidad matemática (Carrara , 1983), probabilidad relativa según los individuos con o sin roturas respecto al total de la muestra (Baeza, 1994) o simplemente mediante la división en rangos iguales de la distribución de frecuencia de los valores discriminantes (Santacana, 2001).

Por último, es necesario validar la función discriminante, para lo cual se utilizan las celdas no elegidas al azar en el proceso estadístico. El índice de validación utilizado es el siguiente:

$$R= ((ni/Ni)/S\ (ni/Ni)) * 100$$

donde ni es el numero de movimientos en el nivel de susceptibilidad i y Ni es el área ocupada por (nº de celdas) el nivel de susceptibilidad i.

La metodología de análisis multivariante requiere del desarrollo de algoritmos específicos para cada zona de estudio, depende de los métodos estadísticos utilizados e implica un proceso de validación de la información obtenida. Requiere la realización de trabajo de campo por expertos. Además, únicamente se aplica a los deslizamientos, sin analizar el resto de tipos de movimientos existentes. Si bien es un proceso complejo y que presenta ciertos inconvenientes, los resultados obtenidos del mapa de susceptibilidad para estimar los deslizamientos en una zona y su aplicación a la ordenación territorial, pueden ser considerados como con una grado de aplicación medio-alto.

ANEXO V: MODELO DE DATOS DE RIESGOMAP

MODELO DE DATOS DE RIESGOMAP

Introducción

Se entiende por modelo de datos, al conjunto de información que define las tablas en que ésta se va a almacenar, así como las relaciones existentes entre ellas y el resto de características que permiten conocer exhaustivamente la estructura de la información. El modelo de datos de un proyecto de información espacial es el conjunto de información en el que se describen tanto los contenidos del proyecto, como la forma de estructurarlos para que sea factible su manejo en formato digital. El modelo comprende tanto información sobre las tablas y sus relaciones, como sobre los elementos gráficos que lo componen, especificando cómo se van a representar geométricamente cada una de las entidades y cómo se van a agrupar en distintas capas. Un modelo de datos geográfico es una abstracción del mundo real que emplea un conjunto de datos y objetos que soportan ser desplegados como un mapa, consultas, edición y análisis. En un SIG, la forma en que se decida desplegar y analizar la información depende del modelo geográfico que se emplea para representar el mundo real. Se conocen tres generaciones de modelos geográficos (Negrete y Rodríguez, 2004):

- Modelo CAD (*Computer Aid Design*): El modelo geográfico CAD almacenaba los datos geográficos en archivos de formato binario con representaciones para puntos, líneas y áreas. La información de los atributos era guardada en estos archivos. En las capas de los mapas, las etiquetas de las anotaciones era la forma primaria de representación de los atributos.
- Modelo *Coverage*: ESRI2 introdujo el primer software SIG comercial, *ArcInfo*, el cual implementa una segunda generación de modelado de datos geográfico, el modelo de datos Coverage, también conocido como modelo de datos geo-relacional. Este modelo presenta dos facetas claves: los datos espaciales son combinados con atributos y las relaciones topológicas entre componentes vectoriales pueden ser almacenadas.
- Modelo *Geodatabase*: ArcInfo introduce un nuevo modelo de datos orientado a objetos llamado Geodatabase Data Model. Este modelo provee un modelo físico de los datos más cercano al modelo de datos lógico, permite implementar la mayoría de los comportamientos normales de los componentes, sin tener que escribir un código. La mayoría de estos comportamientos, están implementados a

través de dominios, reglas de validación y otro tipo de funciones provistas por ArcInfo.

Geodatabase

La geodatabase, es la estructura nativa de almacenamiento de datos para ArcGIS que se almacenan en un sistema de archivos de carpeta, una base de datos Microsoft Access o una base de datos de sistema de gestión relacional multiusuario (DBMS), como IBM DB2, IBM Informix, Microsoft SQL Server, Oracle (Law, 2007).

Como ventajas del uso de la geodatabase se pueden enunciar:

- Gestión de Datos Centralizada: Debido a que los datos de una geodatabase son almacenados directamente en sistemas gestores de bases de datos comerciales (Microsoft Access para Geodatabase personal y Oracle, IBM DB2, SQL Server o Informix para Geodatabase corporativa) o en sistemas de ficheros, éstos constituyen un repositorio común y centralizado para todos los datos geográficos de una organización.
- Edición multiusuario: A través del mecanismo de versiones que se implementa sobre el Sistema Gestor de Bases de Datos (Oracle, Microsoft SQL Server, IBM Db2 o Informix), es posible realizar tareas de edición multiusuario.
- Implementación de comportamiento: La implementación de comportamiento en los elementos geográficos incluidos en la geodatabase, permite trabajar con elementos más intuitivos, ya que la definición de su comportamiento les hace más cercanos a la realidad.
- Tecnología COM: El modelo de geodatabase se desarrolla siguiendo estándares COM, lo que permite que sea posible la integración con otros sistemas. Por tanto se rompe la barrera existente entre los Sistemas de Información Geográfica y el resto de sistemas de información de una organización.
- Acceso a Geodatabases: El acceso a la geodatabase puede realizarse a través de los menús estándares de ArcCatalog, ArcMap y ArcToolbox. Los programadores pueden asimismo emplear los APIs (ArcObjects, OLE DB y SQL) incluidos con el software.
- Replicación: La replicación permite distribuir la información geográfica en dos o más geodatabases, de manera que los datos estén sincronizados. Basado en el entorno de versiones, incluye el modelo completo de la geodatabase, incluyendo

topologías y redes geométricas, y puede ser usado en entornos conectados y desconectados.

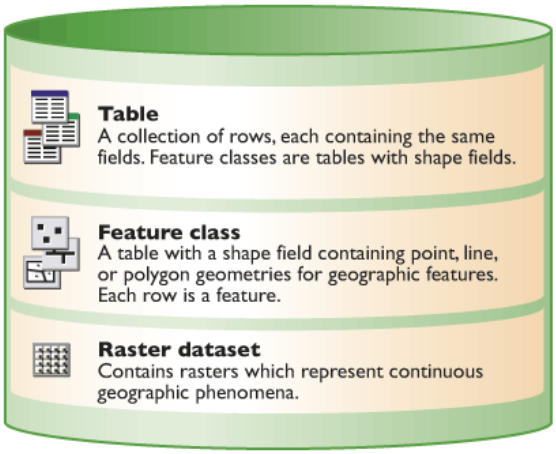
- Históricos: Mediante un mecanismo que permite capturar todos los cambios realizados en la geodatabase original, se puede guardar un registro histórico de los mismos y del momento en el que se produjeron. De esta manera, es posible consultar una versión histórica que muestra el estado de la geodatabase en un momento dado

La geodatabase es por tanto, un "contenedor" utilizado para alojar un conjunto de datasets (datos). Hay tres tipos:

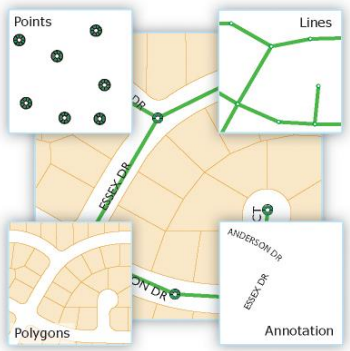
- Geodatabases de archivos: almacenados como carpetas en un sistema de archivos. Cada dataset se aloja como un archivo que puede escalar hasta 1 TB de tamaño.
- Geodatabases personales: todos los datasets se almacenan dentro de un archivo de datos de Microsoft Access con un límite de tamaño de 2 GB.
- Geodatabases de ArcSDE: almacenados en una base de datos relacional con Oracle, Microsoft SQL Server, IBM DB2, IBM Informix o PostgreSQL. Estas geodatabases multiusuario requieren el uso de ArcSDE y pueden no tener límite de tamaño y en cantidad de usuarios.

Componentes de la geodatabase

Un concepto clave de la geodatabase es el dataset o conjunto de datos. Es el mecanismo principal utilizado para organizar, almacenar y utilizar la información geográfica en ArcGIS.



Los componentes de la geodatabase son tres tipos de dataset: Feature class o clases de entidad (similar a los shapefile), tablas de atributos (archivos de dBase, tablas de Microsoft Access, hojas de cálculo de Excel, DBMS, etc.) y un conjunto de imágenes o ráster.

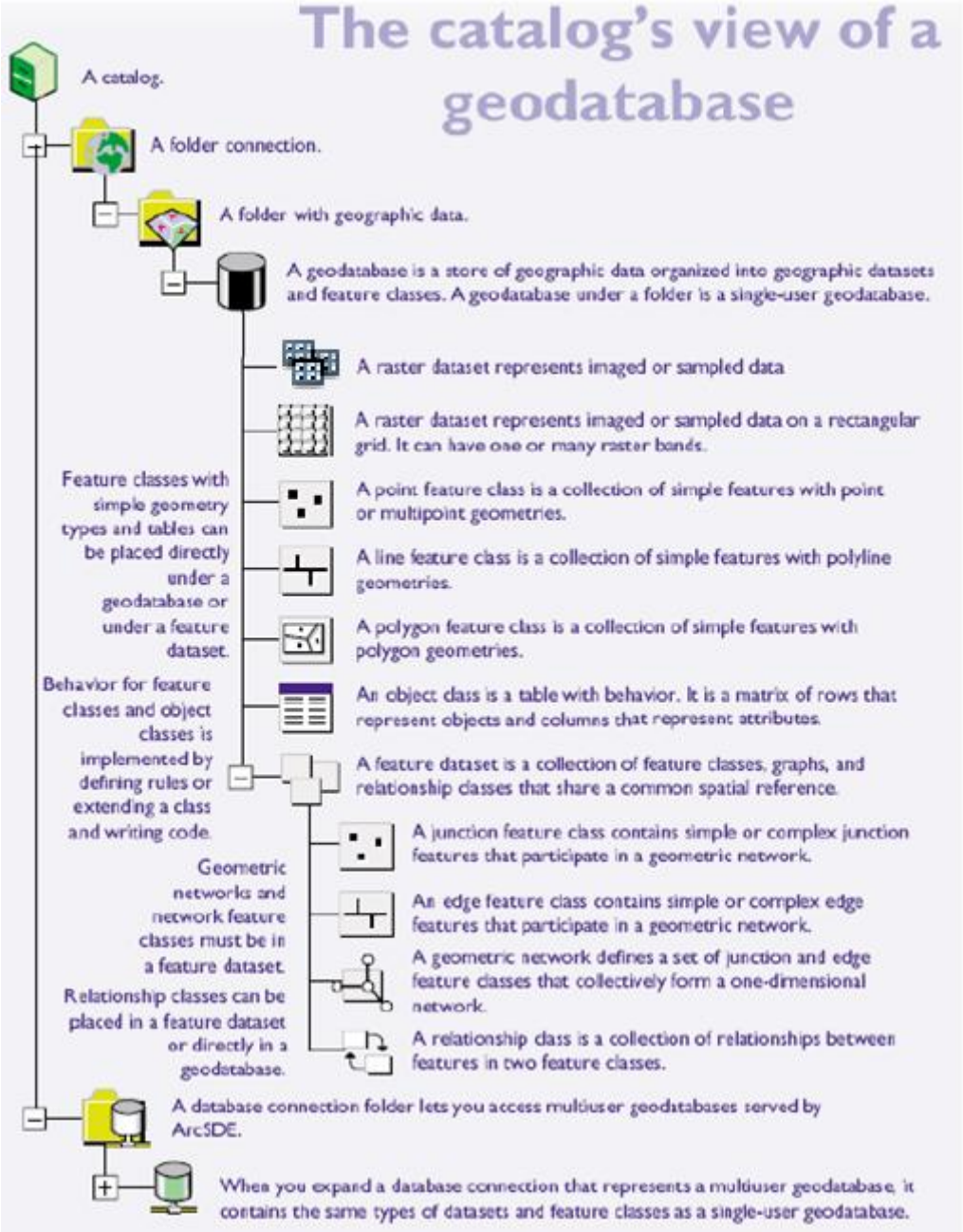


A partir de estos componentes, existen una serie de elementos en la geodatabase que son: feature dataset, feature classes, tablas, relationship classes, raster dataset, raster catalog y mosaic dataset , definidos de la

siguiente forma:

- Feature class (Cases de entidad): Es una colección de características o entidades comunes, con el mismo tipo de representación espcial o geometría: punto, línea, polígono o anotación (nombre de la geodatabase para el texto del mapa).
    - Puntos: entidades que son demasiado pequeñas para representarse como líneas o polígonos así como también como ubicaciones de puntos (tales como las observaciones del GPS).
    - Líneas: representan la forma y la ubicación de objetos geográficos, tales como centros de línea de calle y arroyos, también, demasiado angostos para mostrarlos como áreas. Las líneas también se utilizan para representar las entidades que tienen longitud pero no área, tales como las líneas de curvas de nivel y los límites.
    - Polígonos: un conjunto de entidades de área de muchos lados que representa la forma y la ubicación de los tipos de entidades homogéneas tales como estados, condados, parcelas, tipos de suelo y zonas de uso del suelo.
    - Anotación: texto de mapa que incluye las propiedades para la forma en que se representa el texto. Por ejemplo, además de la cadena de texto de cada anotación, se incluyen otras propiedades tales como los puntos de forma para colocar el texto, la fuente y el tamaño de punto y otras propiedades de visualización. La anotación también puede estar vinculada a la entidad y puede contener subclases.
- Feature dataset: es una colección de feature classes que comparten un sistema de coordenadas común.
- Tablas: es una tabla que tiene un comportamiento. Las filas de la matriz representan objetos y las columnas atributos. Tiene información descriptiva acerca de los objetos que se relacionan con características geográficas pero que no están en el mapa.
- Relationship class: es una tabla que almacena relaciones entre características u objetos en dos feature class o tablas.
- Raster dataset: pueden ser dataset simples o compuestos con múltiples bandas para distintos espectros o valores categóricos y quedan representados en un único raster. Utilizado para administrar datasets de imágenes continuos y muy grandes y rásteres en mosaico.

- Raster catalog: colección de raster datasets en una tabla dentro de la geodatabase en la que cada registro representa un Dataset raster individual, y aunque en la mayoría de los casos se usa para almacenar raster individuales (uno por registro) dentro de un mosaico (imágenes contiguas con una zona de solape), aunque es posible almacenar también distintas imágenes de una misma zona pero de periodos temporales distintos, así como otro tipo de imágenes. Dentro de dicho catálogo raster cada imagen tendrá su propio sistema de referencia espacial, y dichos raster datasets podrán ser almacenados de dos formas distintas dentro de una Geodatabase:
    - Raster Gestionado por la Geodatabase: convirtiendo las imágenes en formato Erdas Imagine (IMG) y almacenándolas directamente en una carpeta al mismo nivel que la geodatabase.
    - Raster No Gestionado por la Geodatabase: no se convierten las imágenes a un formato nativo como es ERDAS Imagine (IMG) sino que se mantienen en la ubicación y con el formato original, y sólo se almacena en una tabla (campo NAME) de la geodatabase las referencias a la ubicación de cada raster Dataset.
- Mosaic dataset: Un dataset de mosaico es un modelo de datos híbrido entre un catálogo de ráster y un dataset ráster, y representa una vista al vuelo de un catálogo de ráster. Permite almacenar, administrar, ver y consultar colecciones de datos de imágenes de ráster.



Fuente: Modificación Zeiler, 1999

Otros componentes de la geodatabase son los subtipos, dominios y topología

- Subtipos: forma de clasificación interna a nivel de un feature class. Los subtipos pueden tener un comportamiento diferente en su interior. En ellos los elementos se agrupan en clases, las cuales son un conjunto homogéneo de elementos básicamente del mismo tipo pero pueden contener variaciones considerables. Por ejemplo: una parcela puede ser rural, urbana o suburbana; los edificios pueden clasificarse en residenciales, comerciales o industriales.

- Dominios: forma de limitar las entradas (datos) de un campo. Deben cumplir unas reglas. Pueden ser: un rango de valores o lista de valores. A través de los dominios, un atributo puede tomar un valor de un conjunto de valores predefinidos, con lo que se evita el ingreso de datos erróneos en la base de datos, se asegura una mayor compatibilidad y corrección en los datos y se permite un valor por defecto, inclusive para cada subtipo.
- Topología: en la geodatabase administra las relaciones y asegura la integridad espacial del conjunto de datos. Se abstrae la realidad y se deben conservar las relaciones de existencia y ubicación espacial. Existen relaciones espaciales de adyacencia, proximidad y conectividad entre características geográficas.

Formato y estructura de la geodatabase RIESGOMAP

Toda la información cartográfica del proyecto quedará incluida dentro de una base de datos denominada RIESGOMAP. Esta base de datos estará constituida por una geodatabase tipo archivos o flie, de tal forma que permita la incorporación de toda la información, en un Sistema de Información Geográfica.

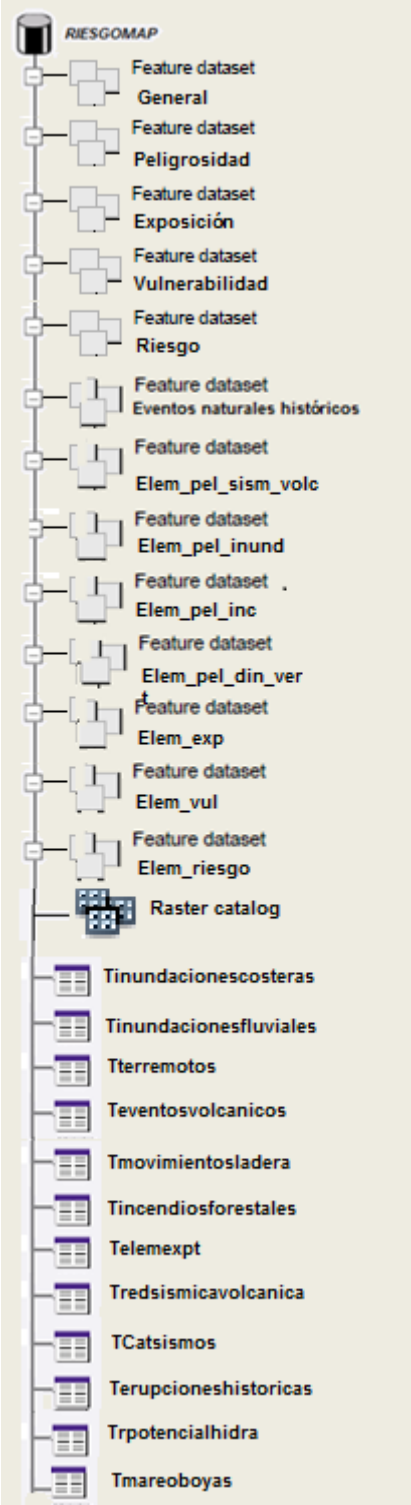


Figura: Componentes de la geodatabase

La geodatabase quedará estructurada en varios niveles, en función de los elementos que contenga. Estos niveles serán los siguientes:

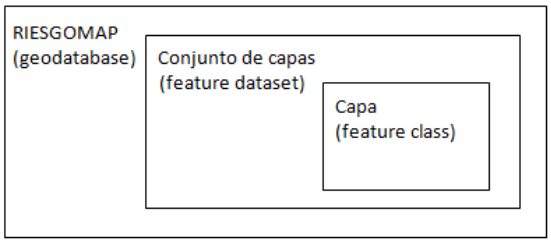


Figura: Componentes de la geodatabase

Cada uno de los conjuntos de datos espaciales o capas (feature dataset), estarán constituidos por la información relativa a cada uno de los componentes que constituyen los riesgos, según el evento natural que se produzca, es decir:

Feature dataset

- Feature dataset **General:** Compuesto por 2 feature class o capas correspondientes a:
  - Islas (Delimitación de cada una de lasi slas)
  - Municipios (Municipios existentes en cada isla)
- Feature dataset **Peligrosidad:** Compuesto por 6 feature class o capas correspondientes a:
  - Pel_sism (Peligrosidad sísmica)
  - Pel_volc (Peligrosidad volcánica)
  - Pel_inund_flu (Peligrosidad de inundación fluvial)
  - Pel_ind_cost (Peligrosidad de inundación costera)
  - Pel_inc_forest (Peligrosidad de incendios forestales)
  - Pel_din_vert (Peligrosidad de dinámica de vertientes)
- Feature dataset **Exposición:** Compuesto por 7 feature class correspondiente a:
  - Exp_social_sism (Exposición social sísmica)
  - Exp_social_volc (Exposición social volcánica)
  - Exp_social_inund_flu (Exposición social inundación fluvial)
  - Exp_social_ inund_cost (Exposición social inundación costera)
  - Exp_social_inc_forest (Exposición social incendios forestales)
  - Exp_social_din_vert (Exposición social dinámica de vertientes)
  - Exp_eco (Exposición económica)
- La exposición económica se obtendrá a partir de la información de la Base de Datos del Inventario de Elementos Expuestos.

- Feature dataset **Vulnerabilidad:** Compuesto por 12 feature class correspondiente a la vulnerabilidad social y la vulnerabilidad económica:
    - Vul_social (Vulnerabilidad social)
    - Vul_eco_sism (Vulnerabilidad económica riesgo sísmico)
    - Vul_eco_volc (Vulnerabilidad económica riesgo volcánico)
    - Vul_eco_inund_flu (Vulnerabilidad económica riesgo inundación fluvial)
    - Vul_eco_inund_cost (Vulnerabilidad económica riesgo inundación costera)
    - Vul_eco_inc_forest (Vulnerabilidad económica riesgo incendio forestal)
    - Vul_eco_din_vert (Vulnerabilidad económica riesgo movimientos de ladera)
- Feature dataset **Riesgo:** Compuesto por 18 feature class o capas correspondientes a:
    - R_social_sism (Riesgo sísmico social), R_eco_sism (riesgo sismico económico) y R_total_sism (riesgo sismico total).
    - R_social_volc (Riesgo volcánico social), R_eco_volc (riesgo volcánico económico) y R_total_volc (riesgo volcánico total).
    - R_social_inund_flu (Riesgo inundación fluvial social), R_eco_inund_flu (riesgo inundación fluvial económico) y R_total_inund_flu (riesgo inundación fluvial total).
    - R_social_inund_cost (Riesgo inundación litoral y costera social), R_eco_inund_cost (riesgo inundación litoral y costera económico) y R_total_inund_cost (riesgo inundación litoral y costera total).
    - R_social_inc_forest (Riesgo incendios forestales social), R_eco_inc_forest (riesgo incendios forestales económico) y R_total_inc_forest (riesgo incendios forestales total).
    - R_social_din_vert (Riesgo dinámica de vertientes social, R_eco_din_vert) riesgo dinámica de vertientes económico y R_total_din_vert (riesgo sismico total).
- Feature dataset **Cat_Event_Hist (Catalogo Eventos Naturales Históricos):** Compuesto por 12 feature class a partir del Catalogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias, correspondientes a:
    - Ev_hist_sism (Eventos históricos sísmicos).
    - Ev_hist_volc (Eventos históricos volcánicos).
    - Ev_hist_inund_flu (Eventos históricos de inundación fluvial).
    - Ev_hist_inund_cost (Eventos históricos de inundación costera).
    - Ev_hist_inc_forest (Eventos históricos de incendios forestales).
    - Ev_hist_din_vert (Eventos históricos de movimientos de ladera).
    - Sup_afect_ev_sism (Superficie afectada por eventos sismicos).

- Sup_afect_ev_volc (Superficie afectada por eventos volcánicos)
- Sup_afect_ev_inund_flu (Superficie afectada por eventos de inundaciones fluviales)
- Sup_afect_ev_inund_cost (Superficie afectada por eventos de inundaciones costeras)
- Sup_afect_ev_inc_forest (Superficie afectada por eventos por incendios forestales)
- Sup_afect_ev_din_vert (Superficie afectada por eventos por movimientos de ladera)

Además, contendrá 12 Relationship class, que relacionará los feature class con las tablas (object class) correspondientes del Catalogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias.

- Rel_Ev_hist_sism_Tterremotos
- Rel_Ev_hist_volc_Teventosvolcanicos
- Rel_Ev_hist_inund_flu_Tinundacionesfluviales
- Rel_Ev_hist_inund_cost_Tinundacionescosteras
- Rel_Ev_hist_Inc_Forest_Tincendiosforestales
- Rel_Ev_hist_din_vert_Tmovimientosladera
- Rel_Sup_afect_ev_sism_Tterremotos
- Rel_Sup_afect_ev_volc_Teventosvolcanicos
- Rel_Sup_afect_ev_inund_flu_Tinundacionesfluviales
- Rel_Sup_afect_ev_inund_cost_Tinundacionescosteras
- Rel_Sup_afect_ev_Inc_Forest_Tincendiosforestales
- Rel_sup_afect_ev_din_vert_Tmovimientosladera

- Feature dataset **Elem_pel_sism_volc (Elementos de interés tanto sísmicos como volcánicos):** Compuesto por diversos feature class correspondientes a información complementaria a los procesos naturales sísmicos y volcánicos ocurridos en Canarias.
    - Red_sism_volc (Red estaciones sísmicas-volcánicas)
    - Cat_sismos (Catalogo de Terremotos o sismos)
    - Fis_Dor (Fisuras y dorsales o rifts)
    - Cntro_erupt (Conos de emisión sin cráter)
    - Bord_crater (Borde de cráter o caldera)
    - Erupc_hist (Erupciones históricas)
    - Agrup_vulc (Agrupaciones vulcanológicas)

- Además, contendrá 3 Relationship class, que relacionará los feature class con tablas (object class) que contienen información sísmica y volcánica.
    - Rel_Red_sism_volc_Tredsismicavolcanica
    - Rel_Cat_sismos_TCatsismos
    - Rel_Erupc_hist_Terupcioneshistoricas
- Feature dataset **Elem_pel_inund (Elementos de interés desde el punto de vista de las inundaciones):** Compuesto por diversos feature class correspondientes a información complementaria relacionada con las inundaciones.
    - Red_mareo_boya (Red mareografos-boyas)
    - DOcup_cauc_pt (Denuncia ocupación de cauces)
    - DOcup_cauc_li (Denuncia ocupación de cauces)
    - Barranc (Barrancos)
    - Bals_presa (Balsa y presas)
    - Cuenca
    - Z_hidrogeol (Zonas hidrogeológicas)
    - Escorrent (Escorrentía)
    - Playas
    - Viento_med (Viento medio)
    - Z_CEDEX (Zonas del CEDEX)
    - Oleaje_med (Oleaje medio)
    - Fec_temp (Frecuencia temporales)
- Además, contendrá una Relationship class, que relacionará el feature class con la tabla (object class) que contiene información de inundaciones costeras.
    - Rel_Red_mareo_boya_Tmareoboyas
- Feature dataset **Elem_pel_inc (Elementos de interés desde el punto de vista de los incendios forestales):** Compuesto por diversos feature class correspondientes a información complementaria relacionada con los incendios forestales.
    - ModComb_GC (Modelo de combustible de Gran Canaria)
    - ModComb_TF (Modelo de combustible de Tenerife)
    - ModComb_EH (Modelo de combustible de El Hierro)
    - ModComb_LG (Modelo de combustible de La Gomera)
    - ModComb_LP (Modelo de combustible de La Palma)
    - Viento
    - Vias_comun (Vías de comunicación)
    - Red_elect (redes eléctricas)
    - Equip_nat (equipamientos de la naturaleza)

- Edif_aisladas (edificaciones aisladas)
- Z_agric (zonas agrícolas)
- ZARI (Zonas de Alto Riesgo de Incendios)

- Feature dataset **Elem_pel_din_vert (Elementos de interés desde el punto de vista de la dinámica de vertientes):** Compuesto por diversos feature class correspondientes a información complementaria relacionada con los la dinámica de vertientes o movimientos de ladera:
  - Agrup_lit (Agrupación de clases litológicas según su fragilidad)
  - Pp_horiz (Precipitación horizontal)
  - Agrup_Usos (Agrupación de usos del suelo)
  - Proc_geo (Procesos geomorfológicos)
  - Elem_map_inv (Elementos mapa Inventario)
- Feature dataset **Elem_exp (Elementos de interés desde el punto de vista de la exposición):** Compuesto por un feature class correspondiente a los elementos expuestos del territorio que pueden verse afectados por los procesos naturales estudiados en el presente proyecto:
  - Element_exp (Elementos expuestos)

- Además, contendrá la Relationship class, que relacionará el feature class con una tabla (object class) correspondientes a la base de Datos del Inventario de Elementos Expuestos.
  - Rel_Element_exp_ Telemexpt
- Feature dataset **Elem_vul (Elementos de interés desde el punto de vista de la vulnerabilidad tanto social como económica):** Compuesto por diversos feature class correspondientes a información complementaria y necesaria para estimar la vulnerabilidad social y económica:
  - Muni_Can (Municipios de Canarias)
  - Dist_Can (Distritos censales de Canarias)
  - Sec_Can (Secciones censales de Canarias)
  - Vulsoc_sec_edad (Vulnerabilidad social individual secciones censales)
  - Vulsoc_Edif_edad (Vulnerabilidad social edificaciones que albergan personas vulnerables por su edad)
  - Vulsoc_mun_idioma (Vulnerabilidad social por idioma en los municipios de Canarias)
  - Vulsoc_edif_dep (Vulnerabilidad social edificaciones que albergan personas dependientes)

- Vulsoc_edif_plant (Vulnerabilidad social por el número de plantas de los edificios)
- Vulsoc_dens (Vulnerabilidad social colectiva por la densidad de población)
- Vulsoc_dist_vias (Vulnerabilidad social colectiva pro la distancia a las vías de comunicación principales)
- Vulsoc_dist_trans (Vulnerabilidad social colectiva pro la distancia a los centros o núcleos de transporte)
- ZonUrb_Can (Zonas urbanas de ciudades o núcleos en Canarias)
- Asent_Can (Asentamientos rurales en Canarias)
- Vuleco_caract_edif_sism (Vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo sísmico)
- Vuleco_caract_edif_volc (Vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo volcánico)
- Vuleco_caract_edif_inund_flu (Vulnerabilidad económica de las edificaciones por inundaciones fluviales)
- Zona_cost (Zona de la franja de costa)
- Vuleco_caract_edif_inund_cost (Vulnerabilidad económica de las edificaciones por inundaciones costeras)
- Barre_nat (Barreras naturales en las zonas costeras)
- Diques
- Pared (Zona con paredes o muros junto a edificaciones en la franja costera)
- Vuleco_prot_edif_inund_cost (Vulnerabilidad económica de las estructuras que protegen las edificaciones ante inundaciones costeras)
- Vuleco_prot_edif_inund_cost (Vulnerabilidad económica total de las edificaciones por inundaciones costeras)
- Mapa_veg (mapa de Vegetación de Canarias)
- Zonas_priorit (Zonas prioritarias)
- Vuleco_caract_edif_inc_forest (Vulnerabilidad económica de las edificaciones por incendios forestales)
- Vuleco_caract_edif_din_vert (Vulnerabilidad económica de las edificaciones por movimientos de ladera)
- Vuleco_rest_uso (Vulnerabilidad económica del resto de usos del suelo)

- Feature dataset **Elem_riesg (Elementos de interés desde el punto de vista del riesgo):** Compuesto por diversos feature class correspondientes a información complementaria y necesaria para determinar el riesgo:
  - Rpotencial_hidra_po (Polígonos de zonas críticas de riesgo hidráulicos)

- Rpotencial_hidra_pt (Puntos de zonas críticas de riesgo hidráulicos)
- Rpotencial_hidra_li (Polígonos de zonas críticas de riesgo hidráulicos)
- **Rpotencial500_inund_cost_cedex** (Zonas de riesgo potencial de inundación costera dle CEDEX).

Además, contendrá 3 Relationship class, que relacionará los feature class con una tabla (object class) correspondiente al Estudio de Riesgos Hidráulicos de Canarias y las fichas de la Base de Datos asociadas al mismo.

- Rel_Rpotencial_Hidra_po_Trpotencialhidra
- Rel_Rpotencial_Hidra_pt_Trpotencialhidra
- Rel_Rpotencial_Hidra_li_Trpotencialhidra

Object class o tablas

Dentro de la geodatabase, como se ha comentado, quedarán incluidas las siguientes object class o tablas:

- Tredsismicavolcanica (Red de estaciones sísmicas-volcánicas
- TCastsismos (Registro de Terremotos o sismos)
- Terupcioneshistoricas (Registro Erupciones históricas)
- Tterremotos (Catalogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias. Sismos)
- Teventosvolcanicos (Catalogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias. Vulcanismo)
- Tmareoboyas (Red de mareográfos y boyas)
- Tinundacionesfluviales (Catalogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias. Inundaciones fluviales)
- Tinundacionescosteras (Catalogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias. Inundaciones costeras)
- Tincendiosforestales (Catalogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias. Incendios forestales)
- Tmovimientosladera (Catalogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias. Movimientos de ladera)
- Telemexpt (Base de datos del Inventario de Elementos Expuestos)
- Trpotencialhidra (Base de datos del Estudio de Riesgos Hidráulicos)

Raster catalog

- Incluido en el raster catalog aparecerán los siguientes archivos en formato ráster, uno por cada isla*:

Precip_2 (Precipitación máxima en 24 horas, periodo de retorno 2 años)

Precip_5 (Precipitación máxima en 24 horas, periodo de retorno 5 años)

Precip_10 (Precipitación máxima en 24 horas, periodo de retorno 10 años)

Precip_25 (Precipitación máxima en 24 horas, periodo de retorno 25 años)

Precip_50 (Precipitación máxima en 24 horas, periodo de retorno 50 años)

Precip_100 (Precipitación máxima en 24 horas, periodo de retorno 100 años)

Precip_200 (Precipitación máxima en 24 horas, periodo de retorno 200 años)

Precip_500 (Precipitación máxima en 24 horas, periodo de retorno 500 años)

MDT (Modelo Digital del Terreno)

Pendient (Pendiente)

Orient (Orientación)

- *Se añadirá al final del nombre ráster las iniciales de la isla, ejemplo Precip_2_TF (isla de Tenerife)

Creación de un Feature dataset

- Al crear un feature dataset en una geodatabase es necesario definir una referencia especial de los tados geográficos. Esta referencia viene dada por el sistema de coordenadas que será usado para las coordenadas XY de los datos incluidos en el mismo.
- En este caso, el sistema de refencia propuesto es el siguiente:
  - Sistema Geodésico **WGS84** (World Geodetic System 84) y **proyección UTM** (Universal Tranverse Mercator) **huso 28N.**
  - Como sistema de coordenadas vertical tambien se eligirá el **WGS84**.
  - Respecto a la resolución para x,y, z, y m: la **tolerancia XY** (utilizada para establecer la distancia mínima entre las coordenadas en las operaciones de clustering, tales como validación de topología, generación de zona de influencia, superposición poligonal, y también algunas operaciones de edición) será representada por **0,001 metros**. Igual valor adquirirá la Z tolerance (utilizada para la dimensión de coordenadas verticales en datasets 3D) y la M tolerance (utilizada para las medidas a lo largo de las entidades de línea utilizadas en los datasets de referenciación lineal).

Diccionario de datos del modelo

En el diccionario de datos se recogen con detalle las características de cada uno de los feature class que constituyen los dataset. Para elaborar el diccionario de datos se eligieron diferentes ítems para la clase (feature class) y los atributos de la misma:

Feature class:

- Nombre del objeto: corresponde al nombre de la clase
- Escala: sugiere la escala a utilizar para la clase
- Fuente: indica de dónde proviene la información de la clase
- Tipo: indica la geometría (punto, línea, polígono) de la clase
- Representación gráfica: imagen con el tipo de geometría de la clase
- Definición: descripción detallada de la clase

Ítems para los atributos:

- Atributos: campos de información asociadas a la clase.
- Tipo: indica el formato del campo bajo el que se almacenará el atributo
- Longitud: describe el tamaño del campo
- Único/Nulo: indica si el atributo tiene un único registro en la tabla (único) o varios exactamente iguales (no único) y si es requerido ingresar (no nulo) o no (nulo) el registro para completar la tabla de atributos.
- Descripción: definición detallada del atributo.

Antes de describir cada dataset es importante tener en cuenta que no se incluyen cada uno de los feature class por islas, es decir pel_sism_GC (Peligrosidad sismica de Gran Canaria, o pel_sism_EH (peligrosidad sísmica de El Hierro), sino que se escribe el feature class de forma genérica, entendiendo que de cada feature class existirá uno por isla diferenciandose los mismos mediante las iniciales de cada una de las 7 islas que configuran el archipiélago canario. Es decir, las siglas de cada una de las islas del archipiélago Canario, se añadirán al nombre del feature class:

TF	Tenerife	EH	El Hierro
LP	La Palma	LG	La Gomera
GC	Gran Canaria	FV	Fuerteventura
LZ	Lanzarote		

Por ejemplo: pel_sism_GC o vul_social_din_vert_EH-

únicamente, en aquellos feature class que son exclusivos de una isla, como es el caso de los modelos de combustible, se diferencia en la decricipción de los feature class.

Teniendo en cuenta estas premisas, a continuación se detalla cada dataset.

General

Este dataset estará compuesto por un total de 2 feature class, representando los aspectos genarales del archipiélago como son cada una de las islas y los municipios de las mismas.. La estructura del dataset denominado general es la siguiente:

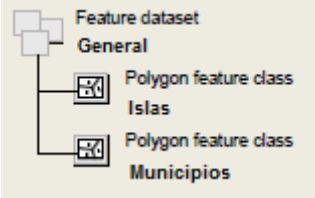


Figura: Componentes del dataset de general

A continuación se detalla la composición de cada feature class:

Dataset GENERAL				
Nombre del feature class: Isla		**Escala:** **Fuente: GRAFCAN**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que identifican las islas que componen el archipiélago Canario.				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada elemento
CODIGO	Double	8	No	Código de la isla según Inventario Elementos Expuestos
SUPERFICIE	Double	8	No	Superficie en hectáreas
PERÍMETRO	Double	12	No	Perímetro en metros
LONGITUDCOSTA	Double	8	No	Longitud de la costa en metros
CAPITAL	String	100	No	Nombre de la capital de la isla
POB_TOTAL	Double	8	No	Población total de la isla
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Isla: Polígonos que delimitan las islas que componen el archipiélago canario. Información obtnida de la cartografía topográfica de GRAFCAN.

Dataset GENERAL				
Nombre del feature class: Municipios		**Escala:** **Fuente: GRAFCAN**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que identifican los límites de los municipios de Canarias				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada elemento
CODIGO	Double	8	No	Código del municipio según Inventario Elementos Expuestos
COD_INE	Double	8	No	Código del Instituto Nacional de Estadística dado al municipio
POB_TOTAL	Double	8	No	Población total del municipio
SUP	Double	25	No	Superficie total del municipio
NOMBRE_MUN	String	100	No	Nombre del municipio
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Municipios: Polígonos que delimitan cada uno de los municpios que componen las islas. Información obtnida de la cartografía topográfica de GRAFCAN.

Peligrosidad

Este dataset estará compuesto por un total de 6 feature class, donde cada uno se corresponde al valor de la peligrosidad de los procesos naturales analizados en el presente proyecto y ocurridos en Canarias. La estructura del dataset de peligrosidad propuesto es la siguiente:

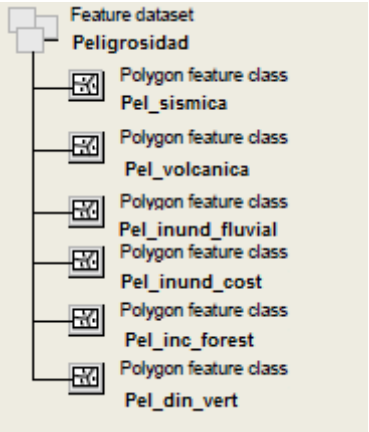


Figura: Componentes del dataset de peligrosidad

A continuación se detalla la composición de cada feature class:

Dataset				
PELIGROSIDAD				
Nombre del feature class: Pel_sismica		**Escala: Varias escalas, depende isla**	**Tipo:** Polígono	
		Fuente: Varias fuentes	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la peligrosidad sísmica				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
P_RETORNO	Double	4	Yes	Se refiere a los diferentes periodos de retorno estimados para la peligrosidad sísmica. Referido a años.
GRADUA	String	10	No	Graduación de la peligrosidad
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
PELIGROSIDAD				
Nombre del feature class: Pel_volcanica		**Escala: Varias escalas, depende isla**	**Tipo:** Polígono	
		Fuente: Varias fuentes	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la peligrosidad volcánica				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
P_RETORNO	Double	4	Yes	Se refiere a los diferentes periodos de retorno estimados para la peligrosidad volcánica. Referido a años.
GRADUA	String	10	No	Graduación de la peligrosidad
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
PELIGROSIDAD				
Nombre del feature class: Pel_inund_fluvial		**Escala: Varias escalas, depende isla**	**Tipo:** Polígono	
		Fuente: Varias fuentes	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la peligrosidad por inundación fluvial				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
P_RETORNO	Double	4	Yes	Se refiere a los diferentes periodos de retorno estimados para la peligrosidad de inundación fluvial. Referido a años.
GRADUA	String	10	No	Graduación de la peligrosidad
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
PELIGROSIDAD				
Nombre del feature class: Pel_inund_cost		**Escala: Varias escalas, depende isla**	**Tipo:** Polígono	
		Fuente: Varias fuentes	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la peligrosidad por inundación costera				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
P_RETORNO	Double	4	Yes	Se refiere a los diferentes periodos de retorno estimados para la peligrosidad inundación costera. Referido a años.
GRADUA	String	10	No	Graduación de la peligrosidad
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
PELIGROSIDAD				
Nombre del feature class: Pel_inc_forest		**Escala: Varias escalas, depende isla**	**Tipo:** Polígono	
		Fuente: Varias fuentes	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la peligrosidad por incendios forestales				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
P_RETORNO	Double	4	Yes	Se refiere a los diferentes periodos de retorno estimados para la peligrosidad incendio forestal. Referido a años.
GRADUA	String	10	No	Graduación de la peligrosidad
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
PELIGROSIDAD				
Nombre del feature class: Pel_din_vert		**Escala: Varias escalas, depende isla**	**Tipo:** Polígono	
		Fuente: Varias fuentes	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la peligrosidad por movimientos de ladera				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
P_RETORNO	Double	4	Yes	Se refiere a los diferentes periodos de retorno estimados para la peligrosidad por movimientos de ladera. Referido a años.
GRADUA	String	10	No	Graduación de la peligrosidad
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

En el caso de no disponer o poder determinar los periodos de retorno o la frecuencia en la que se van a producir determinados procesos naturales, en vez de hablar de peligrosidad, será necesario utilizar el término de susceptibilidad. Fundamentalmente se refiere a los casos de susceptibilidad por incendio forestal y por procesos de dinámica de vertientes, debido a que en ambos procesos, la estimación de la frecuencia de los eventos es muy poco efectiva (en el caso de los incendios forestales por su elevado carácter antrópico) o muy difícil de estimar (movimientos de ladera) . Aún así, se incluye como quedaría cada tipo de riesgo, considerando la estimación de la susceptibilidad en vez de la peligrosidad.

Dataset				
PELIGROSIDAD				
Nombre del feature class: Sucep_sismica		**Escala: Varias escalas, depende isla**	**Tipo:** Polígono	
		Fuente: Varias fuentes	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la susceptibilidad sísmica				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
GRADUA	String	10	No	Graduación de la peligrosidad
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
PELIGROSIDAD				
Nombre del feature class: Sucep_volcanica		**Escala: Varias escalas, depende isla**	**Tipo:** Polígono	
		Fuente: Varias fuentes	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la susceptibilidad volcánica				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
GRADUA	String	10	No	Graduación de la peligrosidad
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
PELIGROSIDAD				
Nombre del feature class: Sucep_inund_flu		**Escala: Varias escalas, depende isla**	**Tipo:** Polígono	
		Fuente: Varias fuentes	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la susceptibilidad por inundación fluvial				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
GRADUA	String	10	No	Graduación de la peligrosidad
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
PELIGROSIDAD				
Nombre del feature class: Sucep_inund_cost		**Escala: Varias escalas, depende isla**	**Tipo:** Polígono	
		Fuente: Varias fuentes	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la susceptibilidad por inundación costera				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
GRADUA	String	10	No	Graduación de la peligrosidad
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
PELIGROSIDAD				
Nombre del feature class: Sucep_inc_forest		**Escala: Varias escalas, depende isla**	**Tipo:** Polígono	
		Fuente: Varias fuentes	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la susceptibilidad por incendios forestales				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
GRADUA	String	10	No	Graduación de la peligrosidad
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
PELIGROSIDAD				
Nombre del feature class: Sucep_din_vert		**Escala: Varias escalas, depende isla**	**Tipo:** Polígono	
		Fuente: Varias fuentes	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la susceptibilidad por movimientos de ladera				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
GRADUA	String	10	No	Graduación de la peligrosidad
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Exposición

El dataset de exposición contendrá un total de 7 feature class. Todos los feature class están relacionados con la estimación de todos los elementos expuestos en cada una de las islas que constituyen el archipiélago, a los procesos naturales analizados en el presente proyecto y ocurridos en Canarias, tanto desde el punto de vista social (población) como económico.

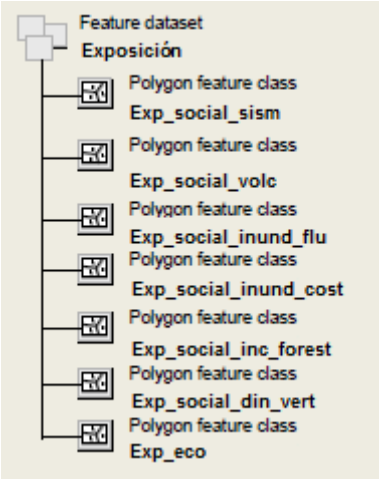


Figura: Componentes del dataset de exposición

A continuación se detalla la composición de cada feature class:

Dataset				
EXPOSICIÓN				
Nombre del feature class: Exp_social_sism		**Escala: 1:5.000** **Fuente: GRAFCAN/Protección Civil**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la exposición social sísmica				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información en la Base de Datos IEE
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
NOMBRE1	String	250	No	Nombre del elemento
NOMBRE2	String	250	No	Nombre secundario del elemento
DESCRIP	String	250	No	Descripción del elemento
F_MODIF	Double	4	Yes	Fecha de la última actualización de la información
CARGA_OCUP	Double	8	Yes	Valor numérico de la carga de ocupación según el tipo de elemento
GRADO_OCUP	Double	8	Yes	Grado de ocupación según el tipo de elemento
GRADO_EXP	Double	8	Yes	Grado de exposición según el tipo de elemento y proceso natural
VALOR	Double	8	Yes	Valor obtenido de la combinación de el grado de ocupación y el grado de exposición
GRADUA	String	10	No	Graduación de la exposición social sísmica
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset			
EXPOSICIÓN			
Nombre del feature class: Exp_social_volc	**Escala: Escala: 1:5.000**	**Tipo:** Polígono	
	Fuente: GRAFCAN/Protección Civil	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la exposición social volcánica			

ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información en la Base de Datos IEE
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
NOMBRE1	String	250	No	Nombre del elemento
NOMBRE2	String	250	Yes	Nombre secundario del elemento
DESCRIP	String	250	No	Descripción del elemento
F_MODIF	Double	4	Yes	Fecha de la última actualización de la información
CARGA_OCUP	Double	8	Yes	Valor numérico de la carga de ocupación según el tipo de elemento
GRADO_OCUP	Double	8	Yes	Grado de ocupación según el tipo de elemento
GRADO_EXP	Double	8	Yes	Grado de exposición según el tipo de elemento y proceso natural
VALOR	Double	8	Yes	Valor obtenido de la combinación de el grado de ocupación y el grado de exposición
GRADUA	String	10	No	Graduación de la exposición social volcánica
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
EXPOSICIÓN				
Nombre del feature class: Exp_social_inund_flu		**Escala: Escala: 1:5.000** **Fuente: GRAFCAN/Protección Civil**	**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la exposición social inundación fluvial				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información en la Base de Datos IEE
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
NOMBRE1	String	250	No	Nombre del elemento
NOMBRE2	String	250	Yes	Nombre secundario del elemento
DESCRIP	String	250	No	Descripción del elemento
F_MODIF	Double	4	Yes	Fecha de la última actualización de la información
CARGA_OCUP	Double	8	Yes	Valor numérico de la carga de ocupación según el tipo de elemento
GRADO_OCUP	Double	8	Yes	Grado de ocupación según el tipo de elemento
GRADO_EXP	Double	8	Yes	Grado de exposición según el tipo de elemento y proceso natural
VALOR	Double	8	Yes	Valor obtenido de la combinación de el grado de ocupación y el grado de exposición
GRADUA	String	10	No	Graduación de la exposición social por inundación fluvial
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
EXPOSICIÓN				
Nombre del feature class: Exp_social_inund_cost		**Escala: Escala: 1:5.000** **Fuente: GRAFCAN/Protección Civil**	**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la exposición social inundación costera				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información en la Base de Datos IEE
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
NOMBRE1	String	250	No	Nombre del elemento
NOMBRE2	String	250	Yes	Nombre secundario del elemento
DESCRIP	String	250	No	Descripción del elemento
F_MODIF	Double	4	Yes	Fecha de la última actualización de la información
CARGA_OCUP	Double	8	Yes	Valor numérico de la carga de ocupación según el tipo de elemento
GRADO_OCUP	Double	8	Yes	Grado de ocupación según el tipo de elemento
GRADO_EXP	Double	8	Yes	Grado de exposición según el tipo de elemento y proceso natural
VALOR	Double	8	Yes	Valor obtenido de la combinación de el grado de ocupación y el grado de exposición
GRADUA	String	10	No	Graduación de la exposición social por inundación costera
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
EXPOSICIÓN				
Nombre del feature class: Exp_social_inc_forest		**Escala: Escala: 1:5.000** **Fuente: GRAFCAN/Protección Civil**	**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la exposición social incendios forestales				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información en la Base de Datos IEE
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
NOMBRE1	String	250	No	Nombre del elemento
NOMBRE2	String	250	Yes	Nombre secundario del elemento
DESCRIP	String	250	No	Descripción del elemento
F_MODIF	Double	4	Yes	Fecha de la última actualización de la información
CARGA_OCUP	Double	8	Yes	Valor numérico de la carga de ocupación según el tipo de elemento
GRADO_OCUP	Double	8	Yes	Grado de ocupación según el tipo de elemento
GRADO_EXP	Double	8	Yes	Grado de exposición según el tipo de elemento y proceso natural
VALOR	Double	8	Yes	Valor obtenido de la combinación de el grado de ocupación y el grado de exposición
GRADUA	String	10	No	Graduación de la exposición social por incendios forestales
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
EXPOSICIÓN				
Nombre del feature class: Exp_social_din_vert		**Escala: 1:5.000** **Fuente: GRAFCAN/Protección Civil**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la exposición social dinámica de vertientes				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información en la Base de Datos IEE
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
NOMBRE1	String	250	No	Nombre del elemento
NOMBRE2	String	250	Yes	Nombre secundario del elemento
DESCRIP	String	250	No	Descripción del elemento
F_MODIF	Double	4	Yes	Fecha de la última actualización de la información
CARGA_OCUP	Double	8	Yes	Valor numérico de la carga de ocupación según el tipo de elemento
GRADO_OCUP	Double	8	Yes	Grado de ocupación según el tipo de elemento
GRADO_EXP	Double	8	Yes	Grado de exposición según el tipo de elemento y proceso natural
VALOR	Double	8	Yes	Valor obtenido de la combinación de el grado de ocupación y el grado de exposición
GRADUA	String	10	No	Graduación de la exposición social por movimientos de ladera
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
EXPOSICIÓN				
Nombre del feature class: Exp_eco		**Escala: 1:5.000** **Fuente: GRAFCAN/Protección Civil**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la exposición económica que es similar para todos los tipos de procesos naturales ocurridos en Canarias.				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información en la Base de Datos IEE
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
NOMBRE1	String	250	No	Nombre del elemento
NOMBRE2	String	250	Yes	Nombre secundario del elemento
DESCRIP	String	250	No	Descripción del elemento
F_MODIF	Double	4	Yes	Fecha de la última actualización de la información
V_USO	Double	8	Yes	Valor de uso del tipo de suelo
V_CONT	Double	8	Yes	Valor contenido del elemento o tipo de suelo analizado
VALOR	Double	8	Yes	Valor obtenido de la combinación del valor de uso y valor del contenido
GRADUA	String	10	No	Graduación de la exposición económica
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Vulnerabilidad

El dataset de vulnerabilidad contendrá un total de 7 feature class que están relacionados con la estimación de la vulnerabilidad de cada uno de los elementos expuestos del territorio a los procesos naturales existentes en Canarias, tanto desde el punto de vista social (población) como económico.

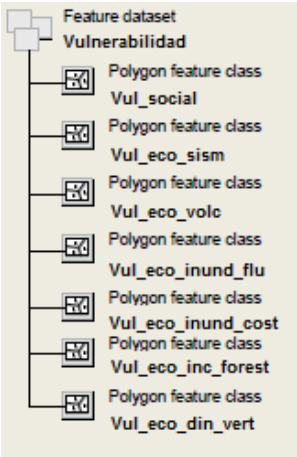


Figura: Componentes del dataset de la vulnerabilidad

A continuación se detalla la composición de cada feature class:

Dataset				
VULNERABILIDAD				
Nombre del feature class: Vul_social		**Escala: 1:5.000** **Fuente: GRAFCAN/Protección Civil**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la vulnerabilidad social				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información en la Base de Datos IEE
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
NOMBRE1	String	250	No	Nombre del elemento
NOMBRE2	String	250	No	Nombre secundario del elemento
DESCRIP	String	250	No	Descripción del elemento
F_MODIF	Double	4	Yes	Fecha de la última actualización de la información
V_IND	Double	8	Yes	Valor de la vulnerabilidad individual del elemento
V_COL	Double	8	Yes	Valor de la vulnerabilidad colectiva del elemento
VALOR	Double	8	Yes	Valor de la vulnerabilidad social resultado de la combinación de la vulnerabilidad individual y la vulnerabilidad colectiva
GRADUA	String	10	No	Graduación de la vulnerabilidad social
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
VULNERABILIDAD				
Nombre del feature class: Vul_eco_sism		**Escala: 1:5.000** **Fuente: GRAFCAN/Protección Civil**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la vulnerabilidad económica sísmica				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información en la Base de Datos IEE
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
NOMBRE1	String	250	No	Nombre del elemento
NOMBRE2	String	250	Yes	Nombre secundario del elemento
DESCRIP	String	250	No	Descripción del elemento
F_MODIF	Double	4	Yes	Fecha de la última actualización de la información
V_ECO_EDIF	Double	8	Yes	Valor de la vulnerabilidad económica de las edificaciones ante procesos sísmicos
V_ECO_RESTUSO	Double	8	Yes	Valor de la vulnerabilidad económica del resto de usos del suelo ante procesos sísmicos
GRADUA	String	10	No	Graduación de la vulnerabilidad económica sísmica
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
VULNERABILIDAD				
Nombre del feature class: Vul_eco_volc		**Escala: 1:5.000** **Fuente: GRAFCAN/Protección Civil**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la vulnerabilidad económica volcánica				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información en la Base de Datos IEE
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
NOMBRE1	String	250	No	Nombre del elemento
NOMBRE2	String	250	Yes	Nombre secundario del elemento
DESCRIP	String	250	No	Descripción del elemento
F_MODIF	Double	4	Yes	Fecha de la última actualización de la información
V_ECO_EDIF	Double	8	Yes	Valor de la vulnerabilidad económica de las edificaciones ante procesos volcánicos
V_ECO_RESTUSO	Double	8	Yes	Valor de la vulnerabilidad económica del resto de usos del suelo ante procesos volcánicos
GRADUA	String	10	No	Graduación de la vulnerabilidad económica volcánicos
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
VULNERABILIDAD				
Nombre del feature class: Vul_eco_inud_flu		**Escala: 1:5.000** **Fuente: GRAFCAN/Protección Civil**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la vulnerabilidad económica de inundación fluvial				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información en la Base de Datos IEE
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
NOMBRE1	String	250	No	Nombre del elemento
NOMBRE2	String	250	Yes	Nombre secundario del elemento
DESCRIP	String	250	No	Descripción del elemento
F_MODIF	Double	4	Yes	Fecha de la última actualización de la información
V_ECO_EDIF	Double	8	Yes	Valor de la vulnerabilidad económica de las edificaciones ante procesos de inundación fluvial
V_ECO_RESTUSO	Double	8	Yes	Valor de la vulnerabilidad económica del resto de usos del suelo ante procesos de inundación fluvial
GRADUA	String	10	No	Graduación de la vulnerabilidad económica de inundación fluvial
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
VULNERABILIDAD				
Nombre del feature class: Vul_eco_inund_cost		**Escala: 1:5.000** **Fuente: GRAFCAN/Protección Civil**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la vulnerabilidad económica inundación costera				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información en la Base de Datos IEE
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
NOMBRE1	String	250	No	Nombre del elemento
NOMBRE2	String	250	Yes	Nombre secundario del elemento
DESCRIP	String	250	No	Descripción del elemento
F_MODIF	Double	4	Yes	Fecha de la última actualización de la información
V_ECO_EDIF	Double	8	Yes	Valor de la vulnerabilidad económica de las edificaciones ante procesos de inundación costera
V_ECO_RESTUSO	Double	8	Yes	Valor de la vulnerabilidad económica del resto de usos del suelo ante procesos de inundación costera
GRADUA	String	10	No	Graduación de la vulnerabilidad económica de inundación costera
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
VULNERABILIDAD				
Nombre del feature class: Vul_eco_inc_forest		**Escala: 1:5.000** **Fuente: GRAFCAN/Protección Civil**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la vulnerabilidad económica incendios forestales				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información en la Base de Datos IEE
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
NOMBRE1	String	250	No	Nombre del elemento
NOMBRE2	String	250	Yes	Nombre secundario del elemento
DESCRIP	String	250	No	Descripción del elemento
F_MODIF	Double	4	Yes	Fecha de la última actualización de la información
V_ECO_EDIF	Double	8	Yes	Valor de la vulnerabilidad económica de las edificaciones ante procesos de incendios forestales
V_ECO_RESTUSO	Double	8	Yes	Valor de la vulnerabilidad económica del resto de usos del suelo ante procesos de incendios forestales
GRADUA	String	10	No	Graduación de la vulnerabilidad económica de incendios forestales
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
VULNERABILIDAD				
Nombre del feature class: Vul_social_din_vert		**Escala: 1:5.000** **Fuente: GRAFCAN/Protección Civil**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la vulnerabilidad económica dinámica de vertientes				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información en la Base de Datos IEE
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
NOMBRE1	String	250	No	Nombre del elemento
NOMBRE2	String	250	Yes	Nombre secundario del elemento
DESCRIP	String	250	No	Descripción del elemento
F_MODIF	Double	4	Yes	Fecha de la última actualización de la información
V_ECO_EDIF	Double	8	Yes	Valor de la vulnerabilidad económica de las edificaciones ante procesos de dinámica de vertientes
V_ECO_RESTUSO	Double	8	Yes	Valor de la vulnerabilidad económica del resto de usos del suelo ante procesos de dinámica de vertientes
GRADUA	String	10	No	Graduación de la vulnerabilidad económica de dinámica de vertientes
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Riesgo

El dataset de riesgo contendrá un total de 18 feature class, relacionados con la estimación del riesgo ante los procesos naturales analizados en el presente proyecto y ocurridos en Canarias, tanto del riesgo social, como del riesgo económico y de la suma de ambos, considerado como el riesgo total.

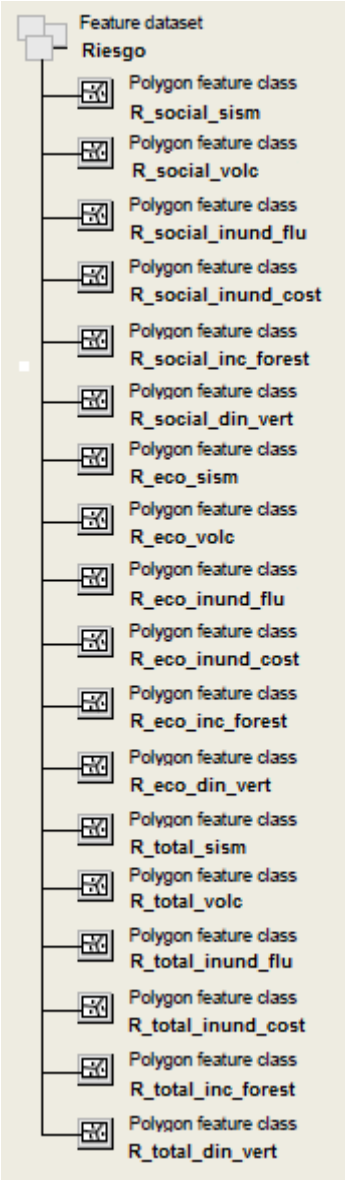


Figura: Componentes del dataset del riesgo

A continuación se detalla la composición de cada feature class:

Dataset				
RIESGO				
Nombre del feature class: R_social_sism		**Escala: Varias escalas depende isla**	**Tipo:** Polígono	
		Fuente: Elaboración propia	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores del riesgo social sísmico				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
GRAD_PELIGR	String	10	No	Graduación de la peligrosidad sísmica
V_PELIGR	Double	8	Yes	Valor de peligrosidad de cada elemento
GRAD_EXPSOC	String	10	No	Graduación de la exposición social sísmica
V_EXPSOC	Double	8	Yes	Valor de la exposición social de cada elemento (personas expuestas)
GRAD_VULSOC	String	10	No	Graduación de la vulnerabilidad social sísmica
V_VULSOC	Double	8	Yes	Valor de la vulnerabilidad social de cada elemento (grado de fragilidad de las personas expuestas)
GRADUA	String	10	No	Graduación del riesgo social sísmico
VALOR	Double	8	Yes	Valor del riesgo social o de la población ante procesos sísmicos
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
RIESGO				
Nombre del feature class: R_social_volc		**Escala: Varias escalas depende isla**	**Tipo:** Polígono	
		Fuente: Elaboración propia	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores del riesgo social volcánica				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
GRAD_PELIGR	String	10	No	Graduación de la peligrosidad volcánica
V_PELIGR	Double	8	Yes	Valor de peligrosidad de cada elemento
GRAD_EXPSOC	String	10	No	Graduación de la exposición social volcánica
V_EXPSOC	Double	8	Yes	Valor de la exposición social de cada elemento (personas expuestas)
GRAD_VULSOC	String	10	No	Graduación de la vulnerabilidad social volcánica
V_VULSOC	Double	8	Yes	Valor de la vulnerabilidad social de cada elemento (grado de fragilidad de las personas expuestas)
GRADUA	String	10	No	Graduación del riesgo social volcánico
VALOR	Double	8	Yes	Valor del riesgo social o de la población ante procesos volcánicos
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
RIESGO				
Nombre del feature class: R_social_inund_flu		**Escala: Varias escalas depende isla**	**Tipo:** Polígono	
		Fuente: Elaboración propia	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores del riesgo social por inundación fluvial				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
GRAD_PELIGR	String	10	No	Graduación de la peligrosidad inundación fluvial
V_PELIGR	Double	8	Yes	Valor de peligrosidad de cada elemento
GRAD_EXPSOC	String	10	No	Graduación de la exposición social por inundación fluvial
V_EXPSOC	Double	8	Yes	Valor de la exposición social de cada elemento (personas expuestas)
GRAD_VULSOC	String	10	No	Graduación de la vulnerabilidad social por inundación fluvial
V_VULSOC	Double	8	Yes	Valor de la vulnerabilidad social de cada elemento (grado de fragilidad de las personas expuestas)
GRADUA	String	10	No	Graduación del riesgo social por inundación fluvial
VALOR	Double	8	Yes	Valor del riesgo social o de la población ante inundaciones fluviales
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
RIESGO				
Nombre del feature class: R_social_inund_cost		**Escala: Varias escalas depende isla**	**Tipo:** Polígono	
		Fuente: Elaboración propia	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores del riesgo social por inundación costera				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
GRAD_PELIGR	String	10	No	Graduación de la peligrosidad inundación costera
V_PELIGR	Double	8	Yes	Valor de peligrosidad de cada elemento
GRAD_EXPSOC	String	10	No	Graduación de la exposición social por inundación costera
V_EXPSOC	Double	8	Yes	Valor de la exposición social de cada elemento (personas expuestas)
GRAD_VULSOC	String	10	No	Graduación de la vulnerabilidad social por inundación costera
V_VULSOC	Double	8	Yes	Valor de la vulnerabilidad social de cada elemento (grado de fragilidad de las personas expuestas)
GRADUA	String	10	No	Graduación del riesgo social por inundación costera
VALOR	Double	8	Yes	Valor del riesgo social o de la población ante inundaciones costera
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
RIESGO				
Nombre del feature class: R_social_inc_forest		**Escala: Varias escalas depende isla**	**Tipo:** Polígono	
		Fuente: Elaboración propia	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores del riesgo social por incendios forestales				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
GRAD_PELIGR	String	10	No	Graduación de la peligrosidad por incendios forestales
V_PELIGR	Double	8	Yes	Valor de peligrosidad de cada elemento
GRAD_EXPSOC	String	10	No	Graduación de la exposición social por incendios forestales
V_EXPSOC	Double	8	Yes	Valor de la exposición social de cada elemento (personas expuestas)
GRAD_VULSOC	String	10	No	Graduación de la vulnerabilidad social por incendios forestales
V_VULSOC	Double	8	Yes	Valor de la vulnerabilidad social de cada elemento (grado de fragilidad de las personas expuestas)
GRADUA	String	10	No	Graduación del riesgo social por incendios forestales
VALOR	Double	8	Yes	Valor del riesgo social o de la población ante incendios forestales
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
RIESGO				
Nombre del feature class: R_social_din_vert		**Escala: Varias escalas depende isla**	**Tipo:** Polígono	
		Fuente: Elaboración propia	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores del riesgo social por dinámica de vertientes				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
GRAD_PELIGR	String	10	No	Graduación de la peligrosidad por movimientos de ladera
V_PELIGR	Double	8	Yes	Valor de peligrosidad de cada elemento
GRAD_EXPSOC	String	10	No	Graduación de la exposición social por movimientos de ladera
V_EXPSOC	Double	8	Yes	Valor de la exposición social de cada elemento (personas expuestas)
GRAD_VULSOC	String	10	No	Graduación de la vulnerabilidad social por movimientos de ladera
V_VULSOC	Double	8	Yes	Valor de la vulnerabilidad social de cada elemento (grado de fragilidad de las personas expuestas)
GRADUA	String	10	No	Graduación del riesgo social por movimientos de ladera
VALOR	Double	8	Yes	Valor del riesgo social o de la población ante movimientos de ladera
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
RIESGO				
Nombre del feature class: R_eco_sism		**Escala: Varias escalas depende isla**	**Tipo:** Polígono	
		Fuente: Elaboración propia	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores del riesgo económico sísmico				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
GRAD_PELIGR	String	10	No	Graduación de la peligrosidad sísmica
V_PELIGR	Double	8	Yes	Valor de peligrosidad de cada elemento
GRAD_EXPECO	String	10	No	Graduación de la exposición económica sísmica
V_EXPSOC	Double	8	Yes	Valor de la exposición económica de cada elemento (coste elementos expuestos)
GRAD_VULECO	String	10	No	Graduación de la vulnerabilidad económica sísmica
V_VULECO	Double	8	Yes	Valor de la vulnerabilidad económica de cada elemento (grado de fragilidad de los elementos expuestas)
GRADUA	String	10	No	Graduación del riesgo económico sísmico
VALOR	Double	8	Yes	Valor del riesgo económico o coste de daños ante procesos sísmicos
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
RIESGO				
Nombre del feature class: R_eco_volc		**Escala: Varias escalas depende isla**	**Tipo:** Polígono	
		Fuente: Elaboración propia	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores del riesgo económico volcánico				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
GRAD_PELIGR	String	10	No	Graduación de la peligrosidad volcánica
V_PELIGR	Double	8	Yes	Valor de peligrosidad de cada elemento
GRAD_EXPECO	String	10	No	Graduación de la exposición económica volcánica
V_EXPSOC	Double	8	Yes	Valor de la exposición económica de cada elemento (coste elementos expuestos)
GRAD_VULECO	String	10	No	Graduación de la vulnerabilidad económica volcánica
V_VULECO	Double	8	Yes	Valor de la vulnerabilidad económica de cada elemento (grado de fragilidad de los elementos expuestas)
GRADUA	String	10	No	Graduación del riesgo económico volcánico
VALOR	Double	8	Yes	Valor del riesgo económico o coste de daños ante procesos volcánicos
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
RIESGO				
Nombre del feature class:		**Escala: Varias escalas depende isla**	**Tipo:**	Polígono
R_eco_inud_flu		**Fuente: Elaboración propia**	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores del riesgo económica por inundación fluvial				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
GRAD_PELIGR	String	10	No	Graduación de la peligrosidad por inundación fluvial
V_PELIGR	Double	8	Yes	Valor de peligrosidad de cada elemento
GRAD_EXPECO	String	10	No	Graduación de la exposición económica por inundación fluvial
V_EXPSOC	Double	8	Yes	Valor de la exposición económica de cada elemento (coste elementos expuestos)
GRAD_VULECO	String	10	No	Graduación de la vulnerabilidad económica por inundación fluvial
V_VULECO	Double	8	Yes	Valor de la vulnerabilidad económica de cada elemento (grado de fragilidad de los elementos expuestas)
GRADUA	String	10	No	Graduación del riesgo económico por inundación fluvial
VALOR	Double	8	Yes	Valor del riesgo económico o coste de daños ante inundación fluvial
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
RIESGO				
Nombre del feature class: R_eco_inund_cost		**Escala: Varias escalas depende isla**	**Tipo:** Polígono	
		Fuente: Elaboración propia	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores del riesgo económico por inundación costera				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
GRAD_PELIGR	String	10	No	Graduación de la peligrosidad por inundación costera
V_PELIGR	Double	8	Yes	Valor de peligrosidad de cada elemento
GRAD_EXPECO	String	10	No	Graduación de la exposición económica por inundación costera
V_EXPSOC	Double	8	Yes	Valor de la exposición económica de cada elemento (coste elementos expuestos)
GRAD_VULECO	String	10	No	Graduación de la vulnerabilidad económica por inundación costera
V_VULECO	Double	8	Yes	Valor de la vulnerabilidad económica de cada elemento (grado de fragilidad de los elementos expuestas)
GRADUA	String	10	No	Graduación del riesgo económico por inundación costera
VALOR	Double	8	Yes	Valor del riesgo económico o coste de daños ante inundación costera
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
RIESGO				
Nombre del feature class:	**Escala: Varias escalas depende isla**		**Tipo:** Polígono	
R_eco_inc_forest	**Fuente: Elaboración propia**		**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores del riesgo económico por incendios forestales				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
GRAD_PELIGR	String	10	No	Graduación de la peligrosidad por incendio forestal
V_PELIGR	Double	8	Yes	Valor de peligrosidad de cada elemento
GRAD_EXPECO	String	10	No	Graduación de la exposición económica por incendio forestal
V_EXPSOC	Double	8	Yes	Valor de la exposición económica de cada elemento (coste elementos expuestos)
GRAD_VULECO	String	10	No	Graduación de la vulnerabilidad económica por incendio forestal
V_VULECO	Double	8	Yes	Valor de la vulnerabilidad económica de cada elemento (grado de fragilidad de los elementos expuestas)
GRADUA	String	10	No	Graduación del riesgo económico por incendio forestal
VALOR	Double	8	Yes	Valor del riesgo económico o coste de daños ante incendio forestal
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
RIESGO				
Nombre del feature class: R_social_din_vert		**Escala: Varias escalas depende isla**	**Tipo:** Polígono	
		Fuente: Elaboración propia	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores del riesgo económico por dinámica de vertientes				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
GRAD_PELIGR	String	10	No	Graduación de la peligrosidad por movimientos de ladera
V_PELIGR	Double	8	Yes	Valor de peligrosidad de cada elemento
GRAD_EXPECO	String	10	No	Graduación de la exposición económica por movimientos de ladera
V_EXPSOC	Double	8	Yes	Valor de la exposición económica de cada elemento (coste elementos expuestos)
GRAD_VULECO	String	10	No	Graduación de la vulnerabilidad económica por movimientos de ladera
V_VULECO	Double	8	Yes	Valor de la vulnerabilidad económica de cada elemento (grado de fragilidad de los elementos expuestas)
GRADUA	String	10	No	Graduación del riesgo económico por movimientos de ladera
VALOR	Double	8	Yes	Valor del riesgo económico o coste de daños ante movimientos de ladera
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
RIESGO				
Nombre del feature class: R_total_sism		**Escala: Varias escalas depende isla**	**Tipo:** Polígono	
		Fuente: Elaboración propia	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores del riesgo total sísmico				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
GRAD_SOCIAL	String	10	No	Graduación del riesgo social sísmico
V_SOCIAL	Double	8	Yes	Valor del riesgo social o de la población ante procesos sísmicos
GRAD_ECO	String	10	No	Graduación del riesgo económico sísmico
V_ECO	Double	8	Yes	Valor del riesgo económico o de los daños de los elementos expuestos ante procesos sísmicos
GRADUA	String	10	No	Graduación del riesgo total sísmico
VALOR	Double	8	Yes	Valor del riesgo ante procesos sísmicos
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
RIESGO				
Nombre del feature class: R_total_volc		**Escala: Varias escalas depende isla**	**Tipo:** Polígono	
		Fuente: Elaboración propia	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores del riesgo total volcánico				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
GRAD_SOCIAL	String	10	No	Graduación del riesgo social volcánico
V_SOCIAL	Double	8	Yes	Valor del riesgo social o de la población ante procesos volcánicos
GRAD_ECO	String	10	No	Graduación del riesgo económico volcánico
V_ECO	Double	8	Yes	Valor del riesgo económico o de los daños de los elementos expuestos ante procesos volcánicos
GRADUA	String	10	No	Graduación del riesgo total volcánico
VALOR	Double	8	Yes	Valor del riesgo ante procesos volcánicos
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
RIESGO				
Nombre del feature class: R_total_inund_ flu		**Escala: Varias escalas depende isla**	**Tipo:** Polígono	
		Fuente: Elaboración propia	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores del riesgo total por inundación fluvial				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
GRAD_SOCIAL	String	10	No	Graduación del riesgo social por inundación fluvial
V_SOCIAL	Double	8	Yes	Valor del riesgo social o de la población por inundación fluvial
GRAD_ECO	String	10	No	Graduación del riesgo económico por inundación fluvial
V_ECO	Double	8	Yes	Valor del riesgo económico o de los daños de los elementos expuestos por inundación fluvial
GRADUA	String	10	No	Graduación del riesgo total por inundación fluvial
VALOR	Double	8	Yes	Valor del riesgo por inundación fluvial
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
RIESGO				
Nombre del feature class: R_total_inund_cost		**Escala: Varias escalas depende isla**	**Tipo:** Polígono	
		Fuente: Elaboración propia	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores del riesgo total por inundación costera				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
GRAD_SOCIAL	String	10	No	Graduación del riesgo social por inundación costera
V_SOCIAL	Double	8	Yes	Valor del riesgo social o de la población por inundación fluvial
GRAD_ECO	String	10	No	Graduación del riesgo económico por inundación costera
V_ECO	Double	8	Yes	Valor del riesgo económico o de los daños de los elementos expuestos por inundación costera
GRADUA	String	10	No	Graduación del riesgo total por inundación costera
VALOR	Double	8	Yes	Valor del riesgo por inundación costera
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
RIESGO				
Nombre del feature class: R_total_inc_forest		**Escala: Varias escalas depende isla**	**Tipo:** Polígono	
		Fuente: Elaboración propia	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores del riesgo total por incendios forestales				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
GRAD_SOCIAL	String	10	No	Graduación del riesgo social por incendio forestal
V_SOCIAL	Double	8	Yes	Valor del riesgo social o de la población por incendio forestal
GRAD_ECO	String	10	No	Graduación del riesgo económico por incendio forestal
V_ECO	Double	8	Yes	Valor del riesgo económico o de los daños de los elementos expuestos por incendio forestal
GRADUA	String	10	No	Graduación del riesgo total por incendio forestal
VALOR	Double	8	Yes	Valor del riesgo por incendio forestal
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset				
RIESGO				
Nombre del feature class: R_total_din_vert		**Escala: Varias escalas depende isla**	**Tipo:** Polígono	
		Fuente: Elaboración propia	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores del riesgo total por dinámica de vertientes				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
GRAD_SOCIAL	String	10	No	Graduación del riesgo social por movimientos de ladera
V_SOCIAL	Double	8	Yes	Valor del riesgo social o de la población por movimientos de ladera
GRAD_ECO	String	10	No	Graduación del riesgo económico por movimientos de ladera
V_ECO	Double	8	Yes	Valor del riesgo económico o de los daños de los elementos expuestos por movimientos de ladera
GRADUA	String	10	No	Graduación del riesgo total por movimientos de ladera
VALOR	Double	8	Yes	Valor del riesgo por movimientos de ladera
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Eventos históricos

Dataset que contiene un total de 6 feature class, relacionados con el Catálogo de Eventos Naturales Históricos que han provocado algún tipo de daño en Canarias. Además, contendrá 6 relationship class entre los feature class y tablas asociadas al Catálogo de Eventos Naturales Históricos.

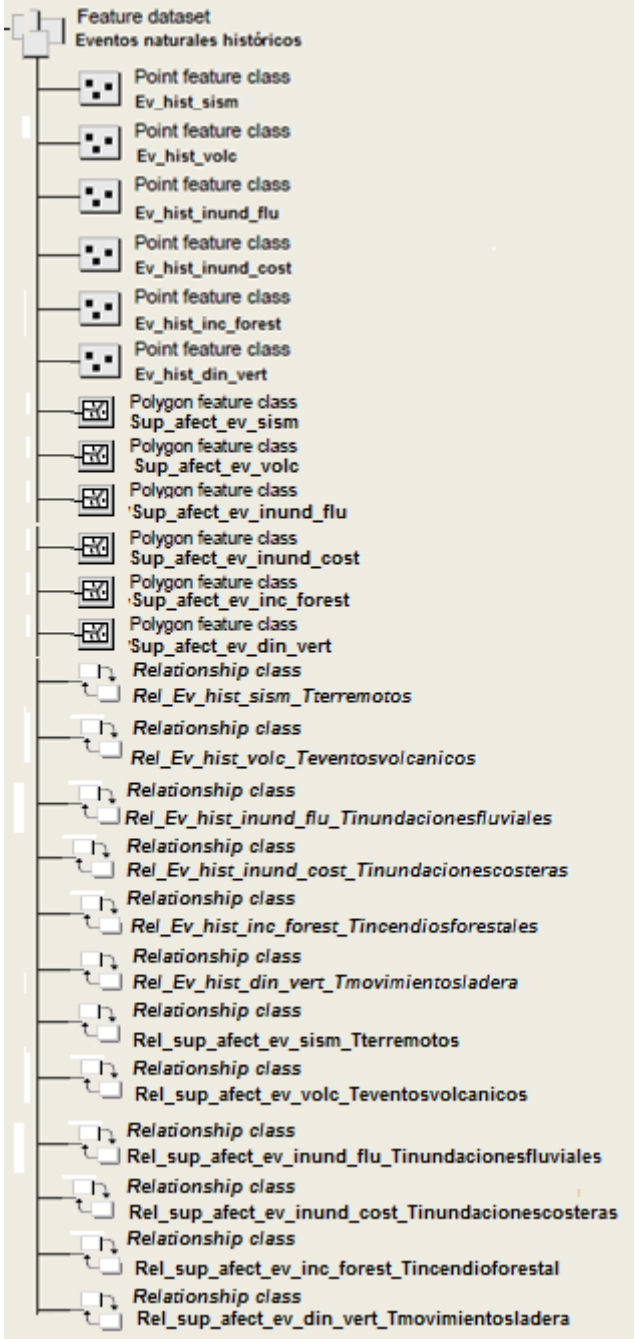


Figura: Componentes del dataset de Eventos naturales históricos

A continuación se detalla la composición de cada feature class:

Dataset EVENTOS NATURALES HISTORICOS				
Nombre del feature class: Ev_hist_sism	**Escala: -** **Fuente: Catálogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias**		**Tipo:** Punto **Representación gráfica:**	
Definición: Puntos que identifican el lugar donde se ha producido un evento natural histórico que ha producido daños relacionado con los sismos				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
IDEVENTO	Double	8	Yes	Código del evento registrado en el Catálogo de Eventos naturales Históricos de Canarias
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información
FECHA	Double	4	Yes	Fecha del evento
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset EVENTOS NATURALES HISTORICOS				
Nombre del feature class: Ev_hist_volc	**Escala: -** **Fuente: Catálogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias**		**Tipo:** Punto **Representación gráfica:**	
Definición: Puntos que identifican el lugar donde se ha producido un evento natural histórico que ha producido daños, relacionado con los fenómenos volcánicos				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
IDEVENTO	Double	8	Yes	Código del evento registrado en el Catálogo de Eventos naturales Históricos de Canarias
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información
FECHA	Double	4	Yes	Fecha del evento
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset EVENTOS NATURALES HISTORICOS				
Nombre del feature class: Ev_hist_inund_flu	**Escala: -** **Fuente: Catálogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias**		**Tipo:** Punto **Representación gráfica:**	
Definición: Puntos que identifican el lugar donde se ha producido un evento natural histórico que ha producido daños por inundaciones fluviales				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
IDEVENTO	Double	8	Yes	Código del evento registrado en el Catálogo de Eventos naturales Históricos de Canarias
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información
FECHA	Double	4	Yes	Fecha del evento
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset EVENTOS NATURALES HISTORICOS				
Nombre del feature class: Ev_hist_inund_cost	**Escala: -** **Fuente: Catálogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias**		**Tipo:** Punto **Representación gráfica:**	
Definición: Puntos que identifican el lugar donde se ha producido un evento natural histórico que ha producido daños por inundaciones costeras				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
IDEVENTO	Double	8	Yes	Código del evento registrado en el Catálogo de Eventos naturales Históricos de Canarias
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información
FECHA	Double	4	Yes	Fecha del evento
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset EVENTOS NATURALES HISTORICOS				
Nombre del feature class: Ev_hist_inc_forest	**Escala: -** **Fuente: Catálogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias**		**Tipo:** Punto **Representación gráfica:**	
Definición: Puntos que identifican el lugar donde se ha producido un evento natural histórico que ha `producido daños por incendio forestal				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
IDEVENTO	Double	8	Yes	Código del evento registrado en el Catálogo de Eventos naturales Históricos de Canarias
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información
FECHA	Double	4	Yes	Fecha del evento
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset EVENTOS NATURALES HISTORICOS				
Nombre del feature class: Ev_hist_din_vert	**Escala: -** **Fuente: Catálogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias**		**Tipo:** Punto **Representación gráfica:**	
Definición: Puntos que identifican el lugar donde se ha producido un evento natural histórico que ha `producido daños por movimientos de ladera				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
IDEVENTO	Double	8	Yes	Código del evento registrado en el Catálogo de Eventos naturales Históricos de Canarias
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información
FECHA	Double	4	Yes	Fecha del evento
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset EVENTOS NATURALES HISTORICOS				
Nombre del feature class: Sup_afect_ev_sism	**Escala: -** **Fuente: Catálogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**	
Definición: Poligonos que señalan espacialmente las zonas que se han visto afectadas por el evento sísmico.				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
IDEVENTO	Double	8	Yes	Código del evento registrado en el Catálogo de Eventos naturales Históricos de Canarias
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información
FECHA	Double	4	Yes	Fecha del evento
SUPER	String	25	No	Superficie en hectáreas de la zona afectada por el evento
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset EVENTOS NATURALES HISTORICOS				
Nombre del feature class: Sup_afect_ev_volc		**Escala: -** **Fuente: Catálogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias**	**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**	
Definición: Poligonos que señalan espacialmente las zonas que se han visto afectadas por el evento volcánico.				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
IDEVENTO	Double	8	Yes	Código del evento registrado en el Catálogo de Eventos naturales Históricos de Canarias
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información
FECHA	Double	4	Yes	Fecha del evento
SUPER	String	25	No	Superficie en hectáreas de la zona afectada por el evento
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset EVENTOS NATURALES HISTORICOS				
Nombre del feature class: Sup_afect_ev_inund_flu		**Escala: -** **Fuente: Catálogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias**	**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**	
Definición: Poligonos que señalan espacialmente las zonas que se han visto afectadas por el evento correspondiente a una inundación fluvial.				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
IDEVENTO	Double	8	Yes	Código del evento registrado en el Catálogo de Eventos naturales Históricos de Canarias
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información
FECHA	Double	4	Yes	Fecha del evento
SUPER	String	25	No	Superficie en hectáreas de la zona afectada por el evento
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset EVENTOS NATURALES HISTORICOS				
Nombre del feature class: Sup_afect_ev_inund_cost		**Escala: -** **Fuente: Catálogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias**	**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**	
Definición: Poligonos que señalan espacialmente las zonas que se han visto afectadas por el evento correspondiente a una inundación costera.				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
IDEVENTO	Double	8	Yes	Código del evento registrado en el Catálogo de Eventos naturales Históricos de Canarias
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información
FECHA	Double	4	Yes	Fecha del evento
SUPER	String	25	No	Superficie en hectáreas de la zona afectada por el evento
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset EVENTOS NATURALES HISTORICOS				
Nombre del feature class: Sup_afect_ev_inc_forest	**Escala: -** **Fuente: Catálogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**	
Definición: Poligonos que señalan espacialmente las zonas que se han visto afectadas por el evento correspondiente a un incendio forestal				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
IDEVENTO	Double	8	Yes	Código del evento registrado en el Catálogo de Eventos naturales Históricos de Canarias
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información
FECHA	Double	4	Yes	Fecha del evento
SUPER	String	25	No	Superficie en hectáreas de la zona afectada por el evento
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset EVENTOS NATURALES HISTORICOS				
Nombre del feature class: Sup_afect_ev_din_vert	**Escala: -** **Fuente: Catálogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**	
Definición: Poligonos que señalan espacialmente las zonas que se han visto afectadas por el evento correspondiente a un movimiento de ladera.				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
IDEVENTO	Double	8	Yes	Código del evento registrado en el Catálogo de Eventos naturales Históricos de Canarias
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información
FECHA	Double	4	Yes	Fecha del evento
SUPER	String	25	No	Superficie en hectáreas de la zona afectada por el evento
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Todos los componentes del feature class Eventos Naturales Históricos estarán asociados, según el procesos natural a una tabla (Tterremotos, Teventosvolcánicos, Tinundacionesfluviales, Tinundacionescosteras, Tincendiosforestales y Tmovimientosldera, donde se especificaran los detalles de cada uno de los eventos, tanto respecto a su ubicación (coordenadas del evento) como a la superficie que afectan). El campo común entre los feature class y las tablas será IDEVENTO. La relación entre las tablas y los feature class se llevará a cabo mediante Relationship denominados:

- Rel_Ev_hist_sism_Tterremotos
- Rel_Ev_hist_volc_Teventosvolcanicos
- Rel_Ev_hist_inund_flu_Tinundacionesfluviales
- Rel_Ev_hist_inund_cost_Tinundacionescosteras
- Rel_Ev_hist_Inc_Forest_Tincendiosforestales
- Rel_Ev_hist_din_vert_Tmovimientosladera

- Rel_Sup_afect_ev_sism_Tterremotos
- Rel_Sup_afect_ev_volc_Teventosvolcanicos
- Rel_Sup_afect_ev_inund_flu_Tinundacionesfluviales
- Rel_Sup_afect_ev_inund_cost_Tinundacionescosteras
- Rel_Sup_afect_ev_Inc_Forest_Tincendiosforestales
- Rel_sup_afect_ev_din_vert_Tmovimientosladera

Elementos de interés sismico y volcánico

Contendrá un total de 8 feature class, relacionados con los elementos considerados de interés en los procesos naturales sísmico y volcánico. Algunos de estos elementos podrán ser utilizados tanto en la estimación de la peligrosidad sísmica, como en la estimación de la peligrosidad volcánica. Además, contendrá 4 relationship class entre feature class y tablas asociadas a elementos sísmicos y volcánicos.

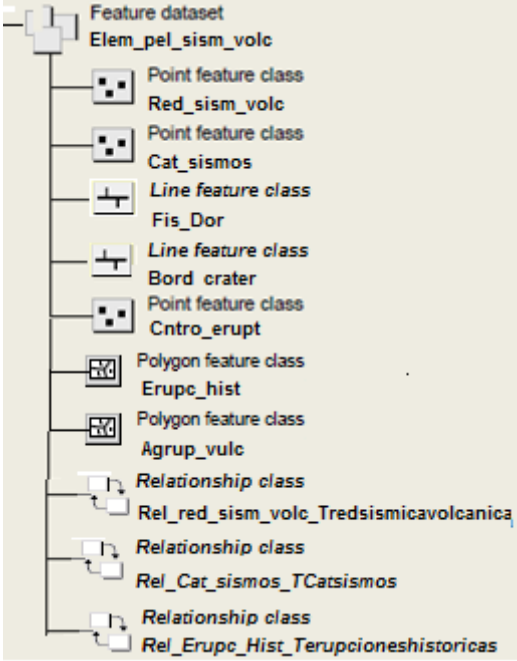


Figura: Componentes del dataset de elementos de interés sísmico y volcánico

A continuación se detalla la composición de cada feature class:

Dataset ELEM_PEL_SISM_VOLC				
Nombre del feature class: Red_sism_volc		**Escala:**		**Tipo:** Punto
		Fuente: IGN, CSIC		**Representación gráfica:**
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
COD_EST	String	10	No	Denominación de la estación por el IGN o CSIC
RED	String	254	No	Tipo de red (Geodésica, Sísmica o GPS)
FUENTE	String	50	No	Entidad que gestiona la red y fuente donde se ha obtenido la información
TIPO	String	25	No	Tipo de estación sísmica-volcánica
FECHA_ALTA	Date		Yes	Fecha de alta de la estación
FECHA_BAJA	Date		Yes	Fecha de baja de la estación
UTM_X	Double	10	No	Coordenada X UTM 28
UTM_Y	Double	10	No	Coordenada Y UTM 28
NOMBRE	String	25	Yes	Nombre de la estación
ISLA	String	25	No	Incluye el nombre de la isla donde se ha producido el evento
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Red_sism_volc: Feature class de puntos que representa la ubicación de las estaciones de la red sismico-volcánica desplegada en Canarias. La información se obtendrá del sistema de vigilancia sismico y volcánico del IGN. Así como de la información de la red volcánica de INVOLCAN, Red Canaria de Estaciones permanente GNSS (Red Geodésica Activa) y de la red Geodésica pasiva.

El feautre class de red_sism_volc estará asociado a una tabla Tredsismicavolcanica, donde se especificaran los detalles de las estaciones de la red de vigilancia existente en Canarias. El campo común entre el feature class y la tabla será COD_EST. La relación entre la tabla y el feature class se llevará a cabo mediante un Relationship denominado: Rel_red_sism_volc_Tredsismicavolcanica.

Dataset ELEM_PEL_SISM_VOLC				
Nombre del feature class: Cat_sismos		**Escala:** **Fuente: IGN, CSIC**		**Tipo:** Punto **Representación gráfica:**
Definición: Puntos que identifican donde se ha producido un sismo				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
CODIGO_FU	Double	6	Yes	Recogerá el código asignado a cada evento dado por el IGN o por el CSIC
FECHA	Date	-	Yes	Fecha del evento
TIPO	String	25	Yes	Clasificación del evento sísmico según la fecha en que se ha producido
UTM_X	Double	10	Yes	Corresponderá con la coordenada UTM28 X del evento sísmico correspondiente
UTM_Y	Double	25	No	Corresponderá con la coordenada UTM28 Y del evento sísmico correspondiente
PROF	Double	3		Se corresponde al dato de la profundidad del evento sísmico registrado (hipocentro), medido en km
MAG	Double	3		Dato de la magnitud (escala Richter) del evento medida en la estación sísmica correspondiente
INT	String	5		Dato de la intensidad según la escala EMS-98 del evento correspondiente.
UBICA	String	50	No	Situación en Canarias del evento sísmico que incluya el nombre del municipio donde se ha producido
ISLA	String	4	Yes	Incluye el nombre de la isla donde se ha producido el evento
FUENTE	String	50	Yes	Fuente del evento sísmico IGN o CSIC
Dominio Tipo: 1: Eventos históricos, 2: Eventos contemporáneso, 3: Eventos recientes				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Cat_sismos: Se utilizarán los datos de los sismos registrados en Canarias tanto por el IGN como por el CSIC. Los datos serán recopilados a partir de las bases de datos de eventos sísmicos del IGN y CSIC. Estos datos se dispondrán en formato txt o excel y serán depurados (se utilizarán únicamente aquellos cuya magnitud sea superior a 2,9) y tratados eliminado incompatibilidades y (tratamiento de los atos, verificando formato (evitar confusión entre puntos y comas)) asignando un código a cada evento, para su posterior paso a un Sistema de Información Geográfica.

El paso a SIG se realizará a partir de las coordenadas de ubicación de los epicentros de cada evento sísmico registrado, tanto del IGN como del CSIC, obteniendo como resultado puntos.

En función de las fechas de los eventos sísmicos se dividirá la base de datos en 3 tipos de eventos, según la fecha en la que se han producido. Se diferencia entre:

- Eventos históricos: Información relativa a todos los eventos sísmicos cuya fecha este comprendida desde que ha hay datos hasta el año 1950 incluido.
- Eventos contemporáneos: Contendrá la información relativa a todos los eventos sísmicos que se han producido entre los años 1951-2000.
- Eventos recientes: Contendrá la información relativa a todos los eventos sísmicos que se han producido entre los años 2001- hasta la actualidad.

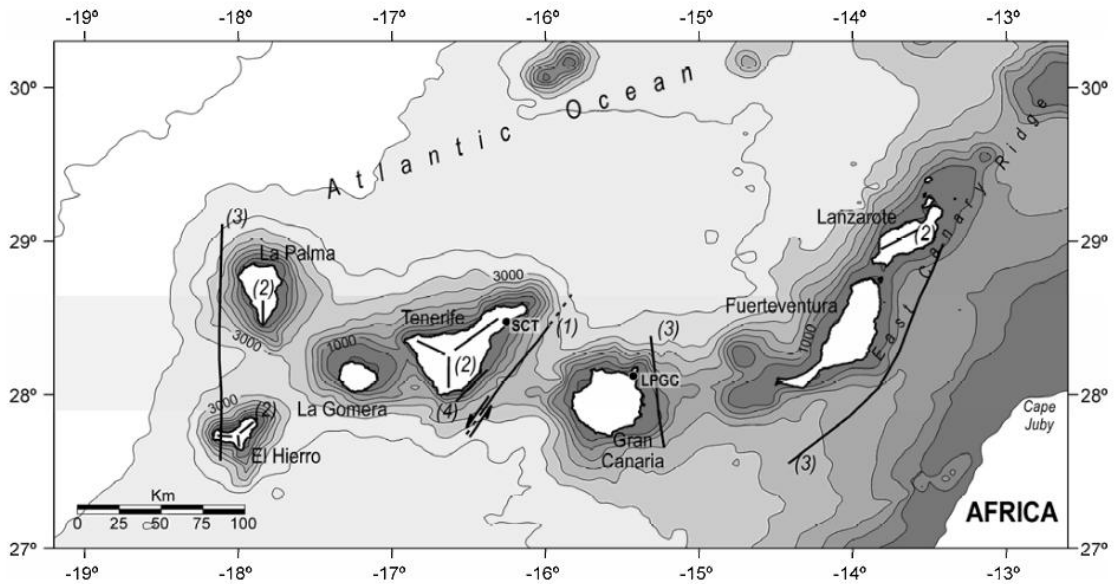
Por último, puesto que se parte de dos fuentes distintas de datos IGN y CSIC, se llevara a cabo una eliminación de aquellos eventos cuyo registro este duplicado, prevaleciendo por su fiabilidad, los datos del IGN y obteniendo la base de datos especial de eventos sísmicos.

El feautre class de Cat_sism estará asociado a una tabla TCatsismos, donde se especificaran los detalles de los sismos registrados por la red de estaciones de vigilancia. El campo común entre el feature class y la tabla será CODIGO_FU. La relación entre la tabla y el feature class se llevará a cabo mediante un Relationship denominado: Rel_Cat_sism_TCatsismos.

Dataset **ELEM_PEL_SISM_VOLC**				
Nombre del feature class: Fis_Dor		**Escala:** **Fuente: Datos bibliográficos**		**Tipo:** Línea **Representación gráfica:**
Definición: Líneas que representan las dorsales o fisuras tectónicas identificadas en Canarias pro diferentes autores				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
DENOM	String	4	Yes	Incluye el nombre dado a la fisura, dorsal o rift
UBICACIÓN	String	50	Yes	Incluye el nombre de la isla o el lugar (topónimo) donde se encuentra el elemento
FUENTE	String	50	Yes	Fuente donde se ha obtenido la información

Fis_dor: Feature class de líneas cuya información es obtenida a partir de los estudios llevados a del origen de la sismicidad en Canarias y las fracturas de la placa que se asienta ne el Archipiélago. (Mezcua et al, 1992; González de Vallejo et *al, 2003.).*

Figura: Principales características tectovolcánicas y alineaciones de las Islas Canarias:



Fuente: Seismotectonics and Seismic Hazard of the Canary Islands L.i. González de Vallejo, j. García-Mayordomo, and J.M. Insua, Universidad Complutense de Madrid, Departamento de Geodinámica: (1). Bosshard y McFarlane, 1970; Mezcua et al, 1992, (2), Navarro, 1974, (3) Carbó et al, 2003, (4) González. de Vallejo et al, 2003. Isolíneas mostrar la batimetría. Las ciudades capitales del archipiélago se muestran: Santa Cruz de Tenerife (SCT) y Las Palmas de Gran Canaria (LPGC).

Dataset ELEM_PEL_SISM_VOLC				
Nombre del feature class: Bord_crater		**Escala:** **Fuente: Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias**	**Tipo:** Línea **Representación gráfica:**	
Definición: Líneas que representan los borde de cráter o calderas que son fácilmente visibles y que existen en las Islas Canarias.				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
ESTR_ID	Double	8	Yes	Recogerá el código asignado a cada elemento en el Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias
ISLA	String	50	Yes	Incluye el nombre de la isla donde se encuentra el elemento
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Bord_crater: Los datos de la base se obtendrán a partir de la información existente en el Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias. De la capa denominada ESTRUCTURAS, se obtendrán todos los registros que en el campo ESTR_NOMBR del dbf del shape se denominan borde de cráter o borde de caldera.

Dataset ELEM_PEL_SISM_VOLC				
Nombre del feature class: Cntro_Erupt		**Escala:** **Fuente: Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias**	**Tipo:** Punto **Representación gráfica:**	
Definición: Puntos que identifican la ubicación de centros eruptivos tanto los visibles como los que no son apreciables a simple vista.				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
PUN_ID	Double	8	Yes	Recogerá el código asignado a cada elemento en el Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias
ISLA	String	4	Yes	Incluye el nombre de la isla donde se ha producido el evento
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Cntro_erupt: Los datos de la base se obtendrán a partir de la información existente en el Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias. De la capa denominada PUNTOS, se obtendrá los registros que en el campo PUN_NOMBRE de la tabla dbf del shape, aparecen designados como *Centro de emisión sin cráter* y tienen cógio 1, ya que representan la ubicación de los centros eruptivos no apreciables a simple vista.

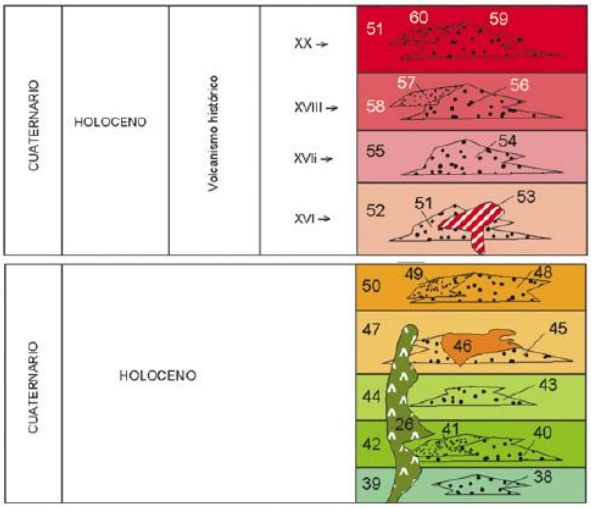
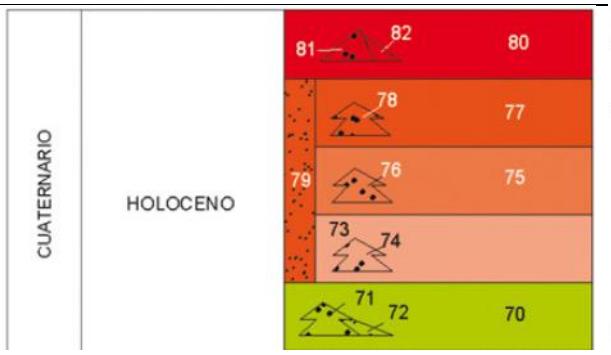
Dataset ELEM_PEL_SISM_VOLC			
Nombre del feature class: Erupc_hist	**Escala:**	**Tipo:** Polígono	
	Fuente: Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que identifican las coladas históricas o recientes que aparecen recogidas en el Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias como: erupciones históricas, subhistóricas, prehistóricas o recientes. Estas erupciones incluyen todas las erupciones que se han producido recientemente desde el punto de vista geológico y a las 16 erupciones históricas constatadas.			

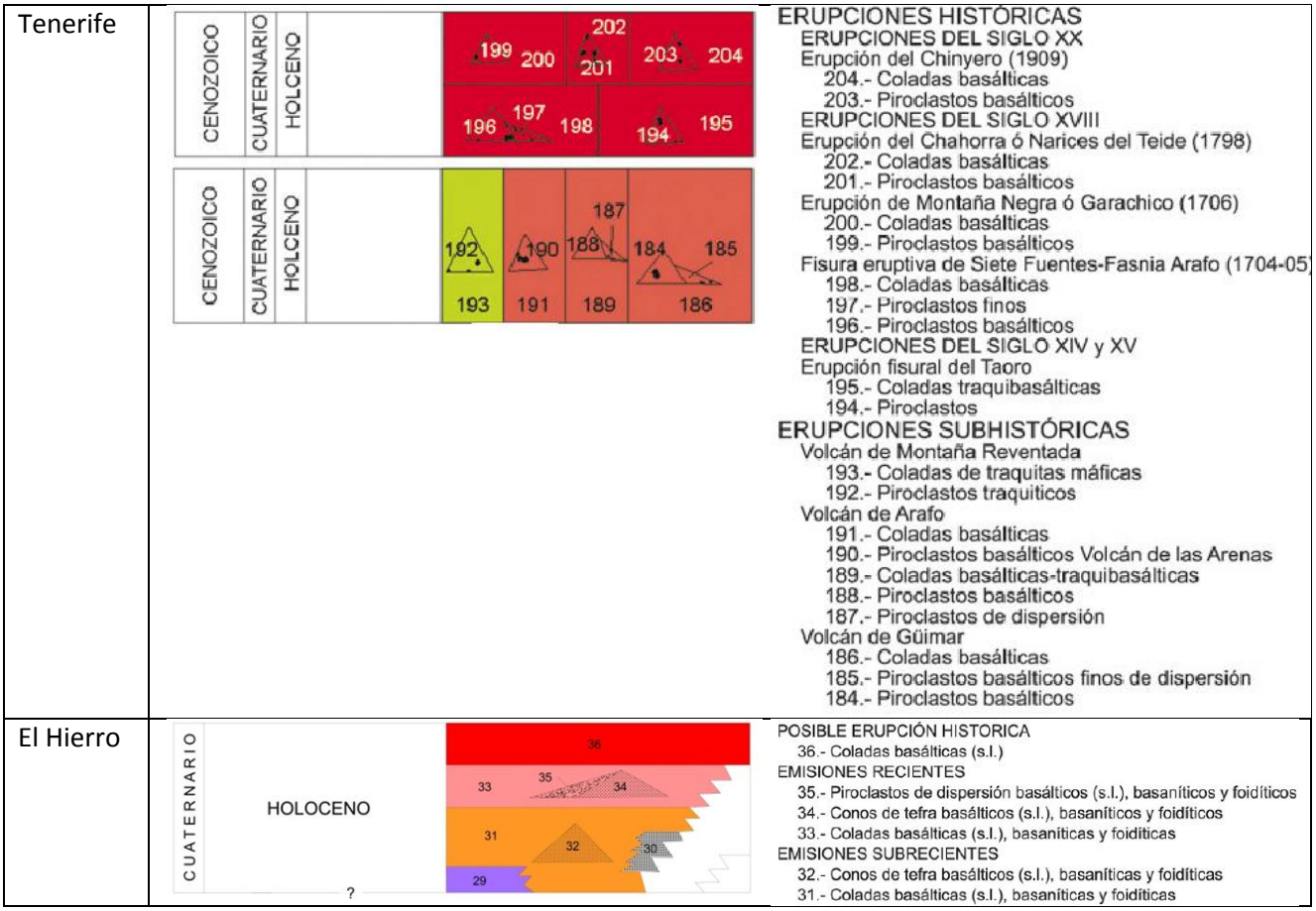
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
CODIGO_LE	Double	8	Yes	Código de la leyenda del Mapa Geológico a que corresponde
LIT_NOMBRE	String	100	No	Denominación de la litología del Mapa Geológico
TIPO	String	100	Yes	Incluye si se corresponde a una erupción histórica constatada
COD_EHIST	Double	8	Yes	Código de la erupción histórica según la tabla erupciones históricas constatadas
NOMBRE	String	250	Yes	Nombre de la erupción histórica
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Erupc_hist: Se entiende por erupciones históricas a las que aparecen recogidas en el Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias como: erupciones históricas, subhistóricas, prehistóricas o recientes. Estas erupciones incluyen todas las erupciones que se han producido recientemente desde el punto de vista geológico y a las 16 erupciones históricas constatadas.

Se parte de la información del Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias, donde aparecen señaladas las litologías correspondientes a erupciones históricas y que son las que se incluyen en el siguiente cuadro:

Tabla: Erupciones históricas (recientes, históricas, subhistóricas o prehistóricas).

Isla	Trama	Código leyenda Mapa Geológico
La Palma		ERUPCIONES HISTÓRICAS ERUPCIONES DEL SIGLO XX 61.- Coladas basálticas 60.- Depósitos freatomagmáticos 59.- Conos de piroclastos basálticos ERUPCIONES DEL SIGLO XVIII 58.- Coladas basálticas 57.- Depósitos freatomagmáticos 56.- Conos de piroclastos basálticos ERUPCIONES DEL SIGLO XVII 55.- Coladas basálticas 54.- Conos de piroclastos basálticos ERUPCIONES DEL SIGLO XVI 53.- Fonolitas juveniles intrusivas 52.- Coladas basálticas 51.- Conos de piroclastos basálticos ERUPCIONES PREHISTÓRICAS Y RECIENTES VOLCÁN MARTÍN Y MONTAÑA QUEMADA 50.- Coladas basálticas 49.- Depósitos freatomagmáticos 48.- Conos de piroclastos basálticos MALFORADA Y NANBROQUE 47.- Coladas tefríticas y fonolíticas 46.- Intrusiones de fonolitas juveniles 45.- Conos de piroclastos basálticos, basaníticos y tefríticos VOLCÁN FUEGO Y VOLCANES DE LA FAJANA 44.- Coladas basálticas 43.- Conos de piroclastos basálticos, basaníticos y tefríticos VOLCÁN SAN ANTONIO - LA CALDERETA 42.- Coladas basálticas 41.- Depósitos freatomagmáticos 40.- Conos piroclásticos basálticos GRUPO BIRIGOYO - LA BARQUITA 39.- Coladas basálticas 38.- Conos de piroclastos basálticos
Lanzarote		ERUPCIONES HISTÓRICAS Alineación volcánica del año 1824 82. Piroclastos de dispersión 81. Conos de tefra 80. Coladas basálticas Volcanismo del siglo XVIII (Timanfaya) 79. Piroclastos de dispersión de los tres episodios 78. Conos de tefra del tercer episodio 77. Coladas basálticas y basálticas olivínicas del tercer episodio 76. Conos de tefra del segundo episodio 75. Coladas basálticas y basálticas olivínicas del segundo episodio 74. Conos de tefra del primer episodio 73. Coladas basálticas y basálticas olivínicas del primer episodio ERUPCIONES SUBHISTÓRICAS 72. Piroclastos de dispersión 71. Conos de tefra 70. Coladas basálticas y basálticas olivínicas



Fuente: Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias

A continuación se detallan los erupciones históricas constatadas y su relación con la leyenda del Mapa Geológico:

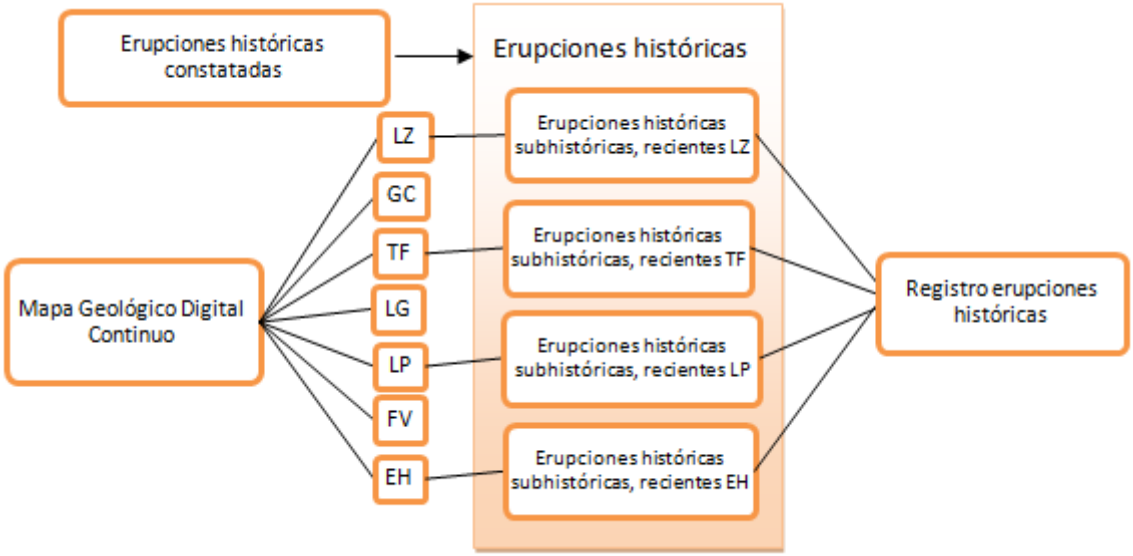
Tabla: Erupciones históricas constatadas

Isla	Erupciones históricas constatadas		Código leyenda Mapa Geológico
	Año	Denominación	
Lanzarote	1730-36	Timanfaya	79-73
	1824	Volcán de Tao, Volcán Nuevo del Fuego o del Chinero y Volcán de Tinguatón	81-80
Tenerife	1704-05	V. de Sietefuentes, V. de Fasnía y V. de Arafo	198-196
	1706	E. de Garachico y V. de Arenas Negras	200-199
	1798	E. Narices del Teide y V. de Chahorra	202-201
	1909	V Chinyero	204-203
La Palma	1430-1440	Tacande-Montaña Quemada	47-45
	1585	Tehuya	53-51
	1646	Volcán Martín o de Tigalate	55-54
	1667-68	Volcán de San Antonio	55-54
	1712	E. del Charco	58-56
	1949	E. de San Juan	61-59
	1949	V. de Nambroque	61-59
	1971	V. de Teneguía	61-59

Fuente: Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias y C. Romero (2007). Dpto. Geografía Univ. La Laguna

La información del Mapa Geológico esta estructurada por islas, siendo necesario para cada una de las islas, seleccionar las categorías litológicas indicadas anteriormente, si bien no todas las islas presentan erupciones históricas.

El esquema metodológico es el siguiente:



El feautre class de erupciones históricas estará asociada a una tabla Terupcioneshistóricas, donde se especificaran los detalles de las erupciones históricas constatadas. El campo común entre el feature class y la tabla será COD_EHIST. La relación entre la tabla y el feature class se llevará a cabo mediante un Relationship denominado: Rel_Erupc_hist_Terupcioneshistoricas.

Dataset **ELEM_PEL_SISM_VOLC**				
Nombre del feature class: Agrup_vulc		**Escala:** **Fuente: Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que identifican unidades vulcanológicas existentes en las islas llevadas a cabo tras la agrupación de las diferentes litologías en función de sus características vulcanológicas y de su edad geológica en cada una de las islas				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
CODIGO_LE	String	100	No	Código de la leyenda del Mapa Geológico que se encuentran incluidos en la agrupación
LIT_NOMBRE	String	100	No	Denominación de la litologías del Mapa Geológico que forman parte de la agrupación
COD_EHIST	Double	8	Yes	Código de la erupción histórica según la tabla erupciones históricas constatadas
DENOMIC	String	250	Yes	Nombre de la agrupación vulcanológica
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Agrup_vulc: Se corresponden a unidades vulcanológicas existentes en las islas, llevadas a cabo tras la agrupación de las diferentes litologías en función de sus características vulcanológicas y de su edad geológica en cada una de las islas.

A continuación se detallan las diferentes agrupaciones que se han llevado a cabo de las clases litológicas del Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias (GRAFCAN).

Isla	Denominación (Agrupación vulcanológica)		Código Leyenda Mapa Geológico
Tenerife	Depósitos antrópicos y edáficos		219-205
	Erupciones post-Cañadas	Históricas	204-184
		Recientes	183-131
	Periodo Cañadas	Cañadas y Dorsal antigua	91-37
		Centros periféricos pre-Diego Hernandez	130-92
	Edificios antiguos		36-1
Lanzarote	Depósitos sedimentarios cuaternarios		109-105, 92-83, 55-52 y 30-33
	Vulcanismo Holoceno	Erupciones históricas	82-73
		Erupciones subhistóricas	72-70
	Vulcanismo Pleistoceno		69-56, 51-37, 104-92
	Vulcanismo Plioceno		35, 34, 29 y 28
	Edificios Antiguos		27-1
La Palma	Depósitos sedimentarios cuaternarios		68-62, 37-33
	Dominio Cumbre Vieja	Erupciones históricas	61-51
		Erupciones prehistóricas y otras	50-24
	Dominio Taburiente		23-6
	Dominio Complejo Basal		5-1
La Gomera	Depósitos sedimentarios recientes		62-54
	Segundo ciclo volcánico		53-30
	Primer ciclo volcánico		29-5
	Complejo Basal		4-1
Gran Canaria	Depósitos sedimentarios cuaternarios		109-96
	Ciclo volcánico reciente		95-79
	Ciclo volcánico post- Roque Nublo		78-61
	Ciclo volcánico Roque Nublo y formación detrítica de Las Palmas		60-37
	Primer ciclo volcánico		36-1
Fuerteventura	Depósitos sedimentarios cuaternarios		151-137
	Vulcanismo Pleistoceno Medio-Holoceno		136-123
	Depósitos sedimentarios Plio-Pleistocenos		122-117
	Vulcanismo y sedimentos Pliocenos		116-105
	Dominio subaéreo. Vulcanismo Mioceno		104-38
	Formación de transición		37-33
	Dominio del Complejo Basal		32-1
El Hierro	Depósitos sedimentarios cuaternarios		40-37
	Vulcanismo de las Dorsales	Erupciones históricas o recientes	36-33
		Emisiones subreciente o antiguas y otros vulcanismos	32-16
	Edificio El Golfo-Las Playas		2, 15-10
	Edificio Tiñor		1, 3-9

Elementos inundación

Este dataset contendrá un total de 10 feature class, relacionados con los elementos considerados de interés de los procesos de inundación costera y fluvial y que serán utilizados en la estimación de la peligrosidad.

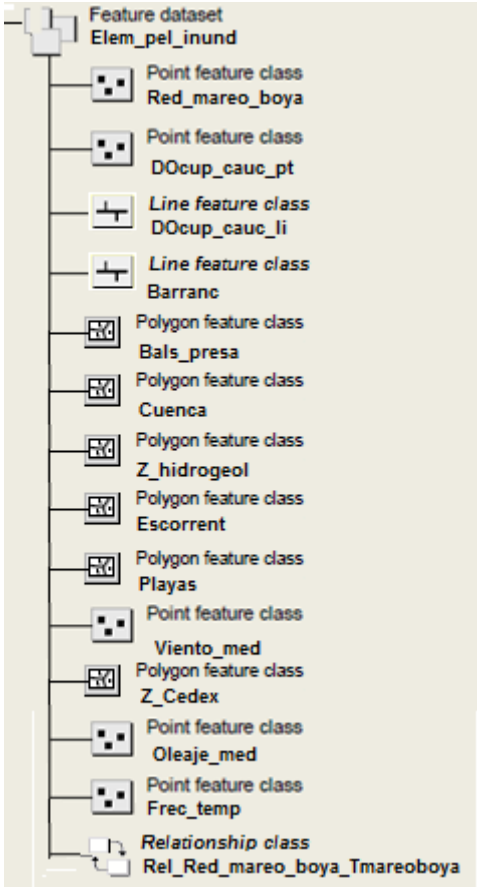


Figura: Componentes del dataset de los elementos de interés de inundación fluvial y costera

A continuación se detalla la composición de cada feature class:

Dataset ELEM_PEL_INUND				
Nombre del feature class: Red_mareo_boya		**Escala:** **Fuente: Puertos del Estado**	**Tipo:** Punto **Representación gráfica:**	
Definición: Puntos que identifican la ubicación de mareografos, red de boyas y estaciones para mediar las variables oceánicas desarrollada por Puertos del Estaod en Canarias				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Nombre asignado al elemento
COD_EST	String	10	No	Denominación de la estación
RED	String	254	No	Tipo de red
FUENTE	String	50	No	Entidad que gestiona la red
TIPO	String	25	No	Tipo de estación
UTM_X	Double	10	No	Coordenada X UTM 28
UTM_Y	Double	10	No	Coordenada Y UTM 28
NOMBRE	String	25	Yes	Nombre de la estación

Red_sism_volc: Feature class de puntos que representa la ubicación, mediante sus coordenadas, de las estaciones de mareografos y las boyas dispuestas en Canarias que miden las variables marinas necesarias para estimar la inundación costera. La información se obtendrá de las redes de Puertos dle Estado Red SIMAR 44, REDCOS, REDEXT y REDMAR.

El feautre class de red_mareo_boya estará asociado a una tabla Tmareoboyas, donde se especificaran los detalles de todas las estaciones. El campo común entre el feature class y la

tabla será COD_EST. La relación entre la tabla y el feature class se llevará a cabo mediante un Relationship denominado: Rel_red_mareo_boya_Tmareoboyas.

Dataset ELEM_PEL_INUND				
Nombre del feature class: DOcup_cauc_pt		**Escala:** **Fuente: Consejos Insulares de Agua**		**Tipo:** Punto **Representación gráfica:**
Definición: Puntos que hacen referencia a los expedientes de ocupación de cauces que presenta cada Consejo Insular de Aguas de Canarias				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO	Double	8	Yes	Nombre asignado a la denuncia
NOMBRE	String	25	Yes	Nombre asignado a la denuncia
TIPO	String	50	Yes	Tipo de denuncia efectuada
UBICACIÓN	String	50	Yes	Nombre del municipio donde se ha producido la denuncia
ISLA	String	4	Yes	Incluye el nombre de la isla donde se ha producido el evento
FUENTE	String	50	Yes	Fuente del registro de denuncias
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

DOcup_cauc: Las zonas se localizarán a partir de las coordenadas de cada uno de los puntos declarados y citados en las denuncias que pudieran posiblemente suponer zonas de peligrosidad.

Dataset ELEM_PEL_INUND				
Nombre del feature class: DOcup_cauc_li		**Escala:** **Fuente: Consejos Insulares de Agua**		**Tipo:** Linea **Representación gráfica:**
Definición: Líneas que hacen referencia a los expedientes de ocupación de cauces que presenta cada Consejo Insular de Aguas de Canarias				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO	Double	8	Yes	Nombre asignado a la denuncia
NOMBRE	String	25	Yes	Nombre asignado a la denuncia
TIPO	String	50	Yes	Tipo de denuncia efectuada
UBICACIÓN	String	50	Yes	Nombre del municipio donde se ha producido la denuncia
ISLA	String	4	Yes	Incluye el nombre de la isla donde se ha producido el evento
FUENTE	String	50	Yes	Fuente del registro de denuncias
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

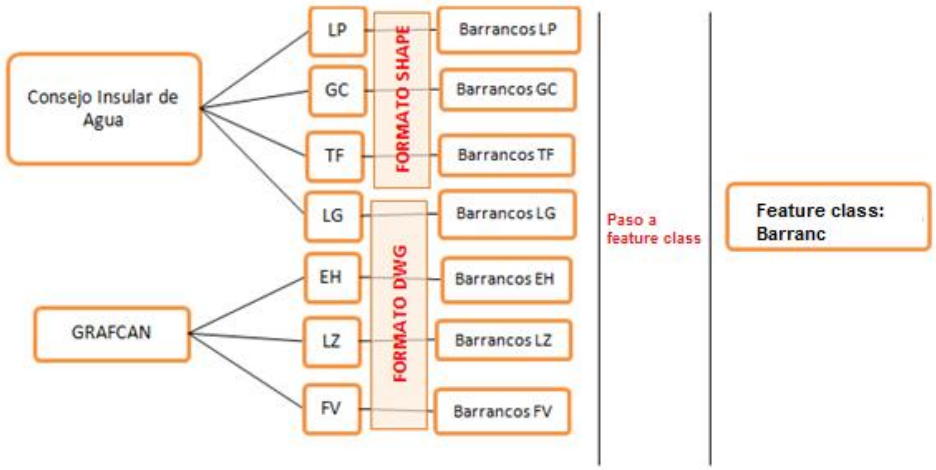
DOcup_cauc: Las zonas se localizarán a partir de las coordenadas de cada uno de los puntos declarados y citados en las denuncias que pudieran posiblemente suponer zonas de peligrosidad.

Dataset ELEM_PEL_INUND				
Nombre del feature class: Barranc		**Escala:** **Fuente: Consejos Insulares de Agua - GRAFCAN S. A.**		**Tipo:** Línea **Representación gráfica:**
Definición: Líneas que representan el inventario de barrancos de cada una de las islas				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
CODIGO	String	8	Yes	Recogerá el código del DGN donde se ha obtenido la información
NOMBRE	String	50	Yes	Incluye el nombre del barranco
LONG	Double	8	Yes	Recogerá la longitud en metros del barranco
ISLA	String	50	Yes	Incluye el nombre de la isla donde se encuentra el elemento
FUENTE	String	50	Yes	Fuente de la información. Consejos Insulares de Aguas o GRAFCAN
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Barranc: Se recopilará el inventario de los barrancos de cada una de las islas. Esta información se obtendrá a partir de los Consejos Insulares de Agua y de la cartografía de GRAFCAN (topográfico 1:5.000) disponible en formato digital. Como información añadida se aportará el nombre del cauce principal.

El esquema metodológico será el siguiente.

La red hidrográfica de barrancos se obtendrá de la cartografía de GRAFCAN en el caso de Lanzarote, Fuerteventura y El Hierro mientras que la de La Palma, La Gomera, Tenerife y Gran Canaria será proporcionada por los Consejos Insulares de Aguas de las respectivas islas. En los cauces en los que exista toponimia, será asignando el mismo al tramo de cauce principal, sin nombrar los afluentes. La información será proporcionada tanto en formato digital en shape como DWG, por lo que es necesario para su visualización pasarla toda a un mismo formato, en este caso, feature class.



Dataset ELEM_PEL_INUND				
Nombre del feature class: Bals_Presa	**Escala:** **Fuente: Consejos Insulares de Agua - GRAFCAN S. A.**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que identifican las balsas y presas utilizadas como elementos habituales para la regulación temporal del recurso				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
CODIGO	String	8	Yes	Recogerá el código del DGN donde se ha obtenido la información
NOMBRE	String	50	Yes	Incluye el nombre de la balsa o presa
TITULAR	String	8	Yes	Recogerá la longitud en metros del barran la titularidad de la balsa (pública o privada) sí se dispone de información
COTA	Double	4	Yes	Cota en la que se ubica la balsa en metros
CAP	Double	8	Yes	Capacidad de la balsa o presa expresada en m3
PERIM	Double	10	Yes	Perímetro de la balsa o presa en metros
SUP	Double	10	Yes	Superficie de la balsa o presa en metros cuadrados
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

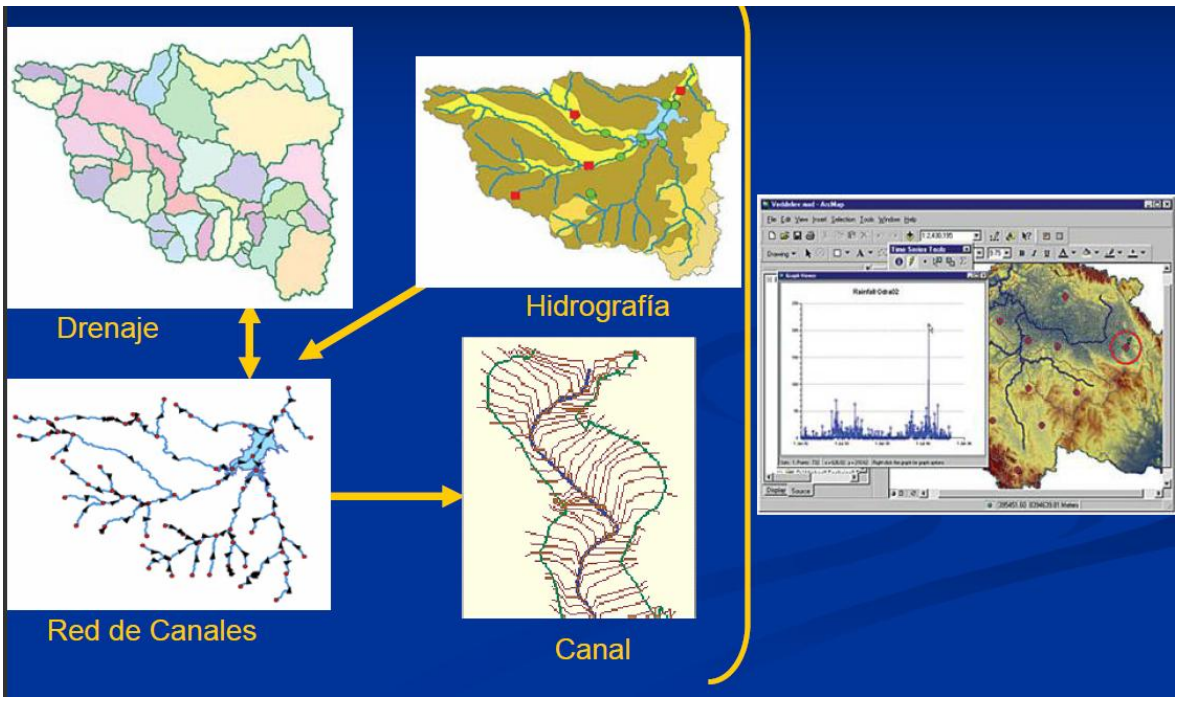
Bals_presa: El sistema de aguas se completa con la información de la captación, tratamiento y transporte a partir de la distribución de las infraestructuras destinadas al almacenamiento de las aguas. Las balsas y presas son los elementos habituales para la regulación temporal de este recurso. Se recopilará la información de las balsas y presas de cada una de las islas. Esta información será obtenida de los Consejos Insulares de Agua y de la cartografía de GRAFCAN (topográfico 1:5.000) y esta disponible en formato digital.

La distribución de las balsas y las presas se obtendrá de la cartografía de GRAFCAN en el caso de Lanzarote, Fuerteventura, La Palma y El Hierro mientras que La Gomera, Tenerife y Gran Canaria de los Consejos Insulares de Aguas de las respectivas islas. En las presas en los que pueda reconocerse su toponimia, se facilitará este dato, junto con la capacidad en m^3. La información será proporcionada en formato digital tanto shape como DWG, por lo que será necesario pasarla toda a feature class. Como resultado se obtendrá una capa para las balsas y presas.

Dataset ELEM_PEL_INUND				
Nombre del feature class: Cuenca	**Escala:** **Fuente: Elaboración propia**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que identifican cada una de las cuencas de los barrancos existentes				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
CODIGO	String	8	Yes	Recogerá el código del DGN donde se ha obtenido la información
NOMBRE	String	50	Yes	Incluye el nombre de la cuenca que se corresponde con el del barranco que alberga
PERIM	Double	10	Yes	Perímetro de la cuenca en metros
SUP	Double	10	Yes	Superficie de la cuenca en metros cuadrados
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

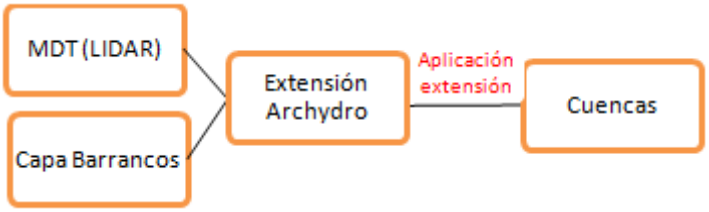
Cuenca: Las cuencas se refieren a toda la superficie cuya escorrentía va a parar a un mismo barranco. Se estimará la cuenca de cada uno de los barrancos identificados en la red hidrográfica descrita anteriormente. Para determinar las cuencas asociadas a cada uno de los barrancos que conforman la red hidrográfica, se utilizará la herramienta de ArcGis, concretamente la extensión ArcHydro, que permite su modelización hidrológica e hidráulica a partir del MDT, obteniendo como resultado las cuencas en formato digital.

Figura: Componentes principales de ArcHydro



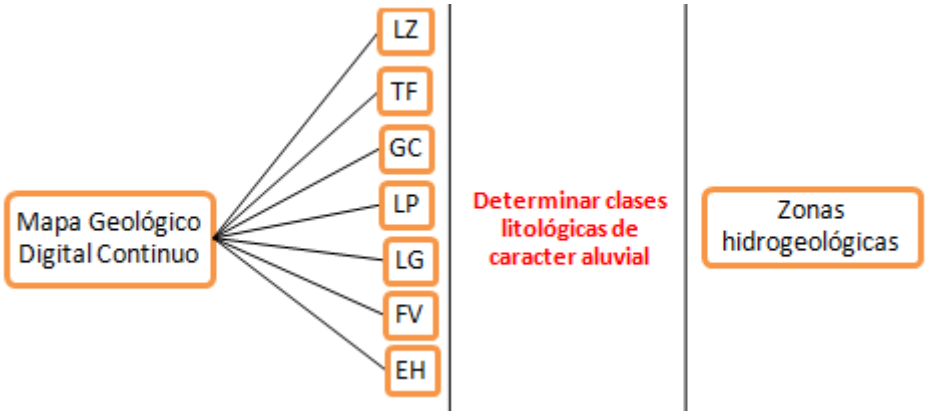
Fuente: Estudio de Riesgos Constatados Insulares (GESPLAN)

A partir del MDT, ArcHydro permite determinar las líneas de máximo flujo, las cuencas y subcuencas asociadas a cada registro de forma automática.



Dataset ELEM_PEL_INUND				
Nombre del feature class: Z_hidrogeol		**Escala:** **Fuente: Mapa geológico Digital Continuo de Canarias**	**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que identifican las litologías asociadas a dinámicas o procesos fluviales, delimitando su geomorfología, las llanuras de inundación y su evolución, permitiendo junto a otros aspectos establecer una evaluación preliminar de las zonas que han presentado inundación.				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
LIT _CODIGO	String	8	Yes	Código litológico del Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias
LIT_NOMBRE	String	50	Yes	Incluye el nombre de la clase litológica
CODIGO_LE	Double	10	Yes	Código de la leyenda de la clase litológica del Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Z_hidrolog: Para determinar las zonas hidrogeológicas se utilizará el Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias. Este mapa permite determinar las litologías asociadas a dinámicas o procesos fluviales, delimitando su geomorfología, las llanuras de inundación y su evolución, permitiendo junto a otros aspectos establecer una evaluación muy general y preliminar de las zonas que han presentado inundación. Se seleccionarán aquellas litologías que estén relacionadas con depósitos aluviales en cada una de las islas. Estas zonas se agruparan en una sola capa denominada zonas hidrogeológicas. A continuación se muestra la metodología a llevar a cabo:



Las clases litológicas que se han seleccionado por constituir zonas hidrogeológicas aparecen detalladas en la siguiente tabla:

Isla	Clase litológica	Código Leyenda
El Hierro	Depósitos aluviales y de fondo de barranco	38
Fuerteventura	Depósitos de barranco y/o aluviales	149
	Terrazas y aluviales antiguos	141
Gran Canaria	Depósitos aluviales actuales, y de fondo de barranco y de valle	105
	Depósitos sedimentos aluviales antiguos y terrazas fluviales	100
La Gomera	Depósitos aluviales y fondos de barranco	60
	Depósitos aluviales antiguos y terrazas	55
La Palma	Aluvial (relleno de barrancos)	
	Terrazas aluviales recientes	62
Lanzarote	Depósitos aluviales areno-arcillosos	108
Tenerife	Depósitos de barranco/rambla	217
	Depósitos aluviales y de fondo de valle	213
	Aluviales antiguos y terrazas	206

Dataset ELEM_PEL_INUND			
Nombre del feature class: Escorrent	**Escala:**	**Tipo:** Polígono	
	Fuente: Mapa geológico Digital Continuo de Canarias	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que identifican la escorrentía a partir de la estimación del numero de curva, en función de los tipos de suelo.			
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
ROTULO	String	254	No	Rótulo recogido en el SIOSE de cada clase
CAT_SIOSE	String	100	No	Incluirá la clase principal del SIOSE
CAT_SCS	String	100	No	Incluirá las clases de usos del suelo del SCS (Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de EE.UU.)
N_CURVA	Double	10	No	Número de curva asociado a cada clase de suelo
U_ESCOR	Double	10	No	Umbral de escorrentía
CESC_t2	Double	10	Yes	Coeficiente de escorrentía para un periodo de retorno de 2 años
CESC_t5	Double	10	Yes	Coeficiente de escorrentía para un periodo de retorno de 5 años
CESC_t10	Double	10	Yes	Coeficiente de escorrentía para un periodo de retorno de 10 años
CESC_t25	Double	10	Yes	Coeficiente de escorrentía para un periodo de retorno de 25 años
CESC_t50	Double	10	Yes	Coeficiente de escorrentía para un periodo de retorno de 50 años
CESC_t100	Double	10	Yes	Coeficiente de escorrentía para un periodo de retorno de 100 años
CESC_t200	Double	10	Yes	Coeficiente de escorrentía para un periodo de retorno de 200 años
CESC_t500	Double	10	Yes	Coeficiente de escorrentía para un periodo de retorno de 500 años
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Escorrent: La escorrentía se utiliza para estimar que parte de las precipitaciones discurre por el terreno y puede provocar una avenida que generé una inundación. Para determinar la escorrentía se utilizará el método del numero de curva del SCS (Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de EE.UU.) desarrollado en 1972. El numero de curva

depende de diversos factores como son la ocupación del suelo, tratamiento sobre el suelo, etc. Siendo necesario el empleo del SIOSE (Mapa de Ocupación del Suelo) para determinar la ocupación del suelo y su tratamiento.

La relación entre precipitación y escorrentía obedece a múltiples factores que la determinan y valoran. Todos ellos condicionan que parte de la lluvia caída nunca llegará a transformarse en escorrentía, lo que se denomina "pérdida". La modelización de las pérdidas repercute enormemente en los resultados finales de los cálculos de caudales de avenida.

Los números de curva o números hidrológicos vienen tabulados y reflejan la capacidad de la cuenca vertiente para producir escorrentía durante un aguacero. Este número de curva depende de:

- Uso del suelo o tipo de cubierta vegetal: cultivos, praderas, bosques….
- Tratamiento efectuado sobre el mismo o labores de cultivo: líneas de máxima pendiente, cultivos a nivel, terrazas…
- Tipo de suelo y su capacidad de infiltración.
- Condición de humedad, donde se valora la probable situación de humedad del suelo en el momento del aguacero de cálculo.

El método diferencia tres condiciones de humedad diferentes:

- *Condición I*: suelo seco sin llegar al punto de perder la cohesión, o sea, cuando pueden ararse y cultivarse en buenas condiciones.
- *Condición II*: suelo en situación normal (alejado de la capacidad de campo pero también alejado del punto de marchitez permanente). Son las condiciones medias existentes en la mayor parte de los suelos antes de que se produzca la máxima avenida anual.
- *Condición III*: suelo saturado o muy próximo a la saturación o capacidad de campo. Se da cuando en los cinco días anteriores a la tormenta estudiada se han producido fuertes lluvias o lluvias ligeras con bajas temperaturas y el suelo está casi saturado.

Para el presente estudio se particularizarán los diferentes parámetros según las características locales y los datos disponibles de partida.

Con respecto a la agrupación que maneja el método para los **tipos de suelo**, se seleccionará el llamado grupo C al representar el caso más desfavorable, esto es, el que conlleva menor permeabilidad y mayor escorrentía. Se define dicho grupo como "suelos franco-arcillosos e incluso arcillosos con escasa capacidad de infiltración una vez saturados; también se incluyen aquí suelos que presentan horizontes someros bastante impermeables. Los suelos de este grupo poseen un bajo contenido en materia orgánica."

En relación a los diferentes **usos del suelo**, se partirá del Mapa de ocupación del suelo SIOSE (GRAFCAN) al ser esta una de las fuentes de información geográfica más fiables y actualizada que caracteriza a todo el territorio Canario. Dentro de la clasificación que da dicho mapa, se

agruparán algunas de las categorías para adecuarlas a las clasificaciones que para el uso del suelo da el SCS, atendiendo a las características comunes con los grupos que éste distingue:

USOS DEL SUELO	MAPA DE OCUPACIÓN DEL SUELO (SIOSE)
Barbecho	Suelo desnudo
Cultivos de rotación (pobres)	Cultivos herbáceos distintos del arroz
Cultivos de rotación (densos)	Cultivos leñosos frutales
	Cultivos leñosos olivar
	Otros cultivos leñosos
Pradera pobre	Matorral
Pradera	Pastizales
Masas forestales	Frondosas
	Coníferas
Rocas impermeables	Roquedo
	Infraestructuras residuos
	Zonas de extracción o vertido
	Suelo no edificado
	Zonas quemadas
Firmes granulares sin pavimento	Urbano mixto discontinuo
	Primario
	Zona verde artificial y arbolado urbano
	Huerto familiar
	Asentamiento Agrícola Residencial
Pavimentos bituminosos o de hormigón	Edificación
	Urbano mixto (casco/ensanche/discontinúo)
	Vial, aparcamiento o zona peatonal sin vegetación
	Industrial
	Terciario
	Equipamiento/dotacional
	Infraestructuras transporte
	Infraestructuras energía
	Infraestructuras suministro de agua
	Lamina de agua artificial
	Otras construcciones
	Infraestructuras telecomunicaciones
Aguas	Aguas continentales
	Aguas marinas
	Humedales marinos
	Humedales continentales
Playas, dunas y arenales	Playas, dunas y arenales
Ramblas	Ramblas

Con respecto al tratamiento sobre el suelo, se tendrá en cuenta que los cultivos en Canarias se realizan en un altísimo porcentaje sobre terrazas o bancales, mientras que los matorrales de

costa, cumbre y pastizales, al ser de origen natural u originado sobre zonas de cultivos abandonados, siguen una línea de curva de nivel.

Finalmente, se clasificarán los usos del suelo y se relacionará con números de curva según la siguiente tabla:

USOS DEL SUELO	TIPO DE SUELO GRUPO C
Barbecho	91
Cultivos de rotación (pobres)	84
Cultivos de rotación (densos)	79
Pradera pobre	86
Pradera	75
Masas forestales	70
Rocas impermeables	82
Firmes granulares sin pavimento	87
Pavimentos bituminosos o de hormigón	90
Aguas	100
Ramblas*	32
Playas, dunas y arenales *	32

* NOTA: "playas, dunas y arenales" y "ramblas" no aparece en los grupos de usos del suelo del SCS. Por su singularidad y puesto que aparece en los mapas de ocupación de suelo, se ha incluido con un valor reducido de número de curva, que se corresponde con infiltraciones muy elevadas.

Este parámetro del número de curva se utiliza para estimar el umbral de escorrentía, que proporciona el coeficiente de escorrentía, que es una de los componentes para estimar el caudal de la avenida.

La relación entre la precipitación y la escorrentía es el denominado P_o "umbral de escorrentía", que es la cantidad de lluvia a partir de la cual comienza la escorrentía. Algunos métodos utilizan directamente tablas para obtener P_o, pudiéndose también calcular a partir del número de curva mediante la ecuación:

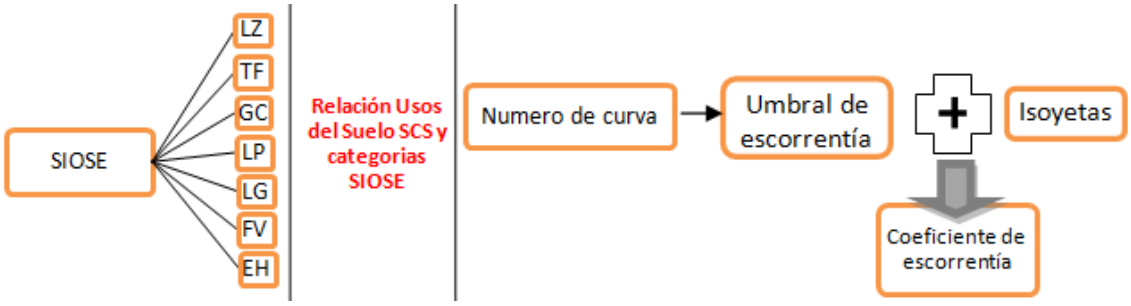
$$P_o = 0{,}2 * \frac{25400 - 254 * N}{N}$$

El coeficiente de Escorrentía (C) se determina con la siguiente fórmula:

$$C = \frac{[(Pd / Po) - 1] * [(Pd / Po) + 23]}{[(Pd / Po) + 11]^2}$$

Pd (mm): la precipitación total diaria correspondiente a dicho período de retorno.

A continuación se detalla un esquema de la metodología aplicada:



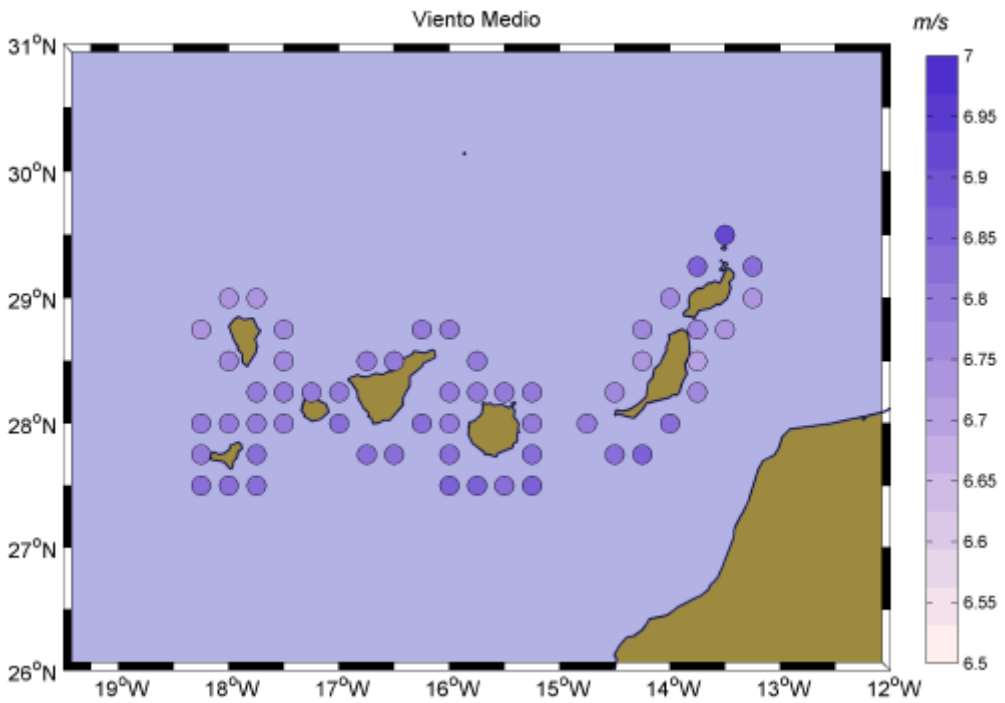
Dataset ELEM_PEL_INUND				
Nombre del feature class: Playas		**Escala: 1:5.000**		**Tipo:** Polígono
		Fuente: GRAFCAN		**Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que identifican las zonas de playas				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
TIPO	String	8	Yes	Tipo de playa de arena o de callado
NOMBRE	String	50	Yes	Nombre de la playa
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Playas: Las zonas de playa se corresponden a zonas de muy baja cota que se ven incididas en mayor medida por lo eventos meteorológicos adversos y por tanto, son zonas que pueden presentar peligrosidad de inundación. Las playas se estimarán a partir del Mapa topográfico 1:5.000 de GRAFCAN, donde estas zonas quedan delimitadas como un nivel independiente del DWG. El nivel seleccionados es el Level 416, que se corresponde con playas de arena y playas de callado tipo recinto.

Dataset ELEM_PEL_INUND				
Nombre del feature class: Viento_med		**Escala:**		**Tipo:** Punto
		Fuente: Grupo de Ingeniería Oceanográfico y de Costas		**Representación gráfica:**
Definición: Puntos que hacen referencia a viento medio a 10 metros de altura en el mar.				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código asignado al elemento
V_MEDIO	Double	8	Yes	Valores de la velocidad del viento media
H50	Double	8	Yes	Valores de la velocidad del viento para un periodo de retorno de 50 años
ISLA	String	4	Yes	Incluye el nombre de la isla donde se ha producido el evento
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Viento_med: La variable viento, definida a 10 metros de altura viene determinada por su intensidad (velocidad) y la dirección. Para estimar el viento se pueden utilizar medidas instrumentales, vía satélite o por simulación. Siendo la más utilizada los vientos de reanálisis, que asimilan la información satélite y la de las estaciones y se realiza una simulación. Esta es la metodología utilizada por el GIOC que ha estimado los valores medios y extremos, así como las tendencias de la velocidad del viento en Canarias.

Figura: Valores medios de la variable velocidad de viento en las Islas Canarias



Fuente: GIOC

Dataset ELEM_PEL_INUND				
Nombre del feature class: Z_Cedex		**Escala:** **Fuente: Grupo de Ingeniería Oceanográfico y de Costas**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Zonas en las que el CEDEX divide las costas de Canarias				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código asignado al elemento
ZONA	String	4	Yes	Zona
ISLA	String	4	Yes	Incluye el nombre de la isla donde se ha producido el evento
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

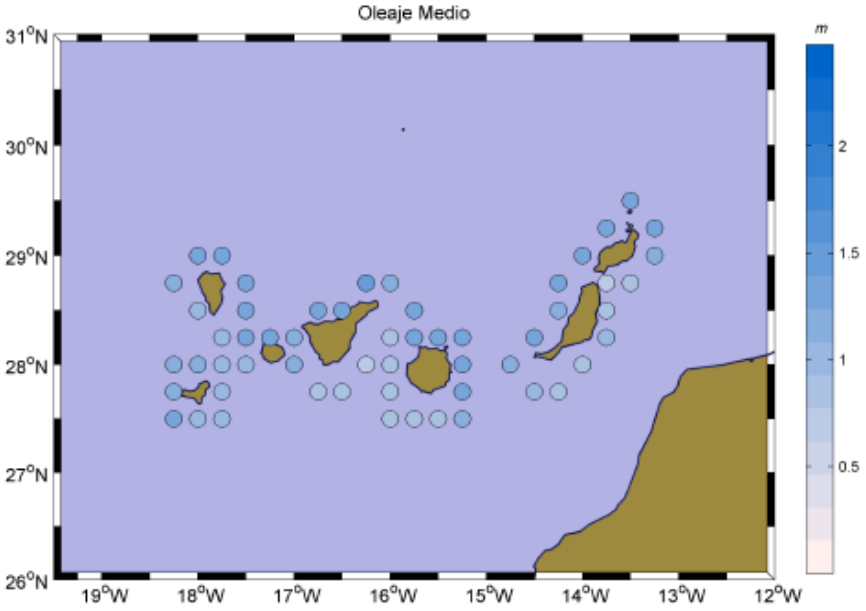
Z_Cedex: Zonas definidas por el CEDEX en el estudio *"Evaluación Preliminar de riesgos de inundación y selección de áreas con riesgo potencial significativo en zonas costeras de las Demarcaciones Hidrográficas de Canarias",* en las que se calculan los regimenes extremales correspondientes a las direcciones dominantes del viento.

Dataset ELEM_PEL_INUND				
Nombre del feature class: Oleaje_med		**Escala:** **Fuente: Grupo de Ingeniería Oceanográfico y de Costas**		**Tipo:** Punto **Representación gráfica:**
Definición: Puntos que hacen referencia a la altura media del oleaje en las costas de Canarias, según la orientación de la costa.				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código asignado al elemento
H_MEDIO	Double	8	Yes	Valores de la altura media de la ola
Hs12	Double	8	Yes	Altura de ola significante de probabilidad de ocurrencia al menos 12 horas al año
H50	Double	8	Yes	Altura de ola para un periodo de retorno de 50 años
SM	Double	8	Yes	Altura ola
SM10	Double	8	Yes	Cota de inundación 10 años
SMR010	Double	8	Yes	Cota de inundación 10 años, con marea remontante y dirección del viento
SM100	Double	8	Yes	Cota de inundación 100 años
SMR0100	Double	8	Yes	Cota de inundación 100 años, con marea remontante y dirección del viento
SM500	Double	8	Yes	Cota de inundación 500 años
SMR0500	Double	8	Yes	Cota de inundación 500 años, con marea remontante y dirección del viento
DVIENT	Double	8	Yes	Dirección del viento dominante
ZONA	String	4	Yes	Zona designada por el CEDEX
ISLA	String	4	Yes	Incluye el nombre de la isla donde se ha producido el evento
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Oleaje_med: El oleaje es el principal agente modelador de la costa. Cualquier variación en su intensidad, dirección o altura puede generar peligrosidad. Para estimar la altura del oleaje existen cuatro tipos de bases de datos en función de la fuente de obtención: bases de datos provenientes de datos instrumentales in situ (boyas), provenientes de instrumental remoto (satélites), datos visuales y datos simulados. El GIOC (Grupo de Ingeniería Oceanográfico y de Costas), a partir de los datos medidos desde 1958 (boyas y datos de satélites) y con una resolución espacial de 10 km, ha estimado los valores medios y extremos de altura de ola y la tendencia que presenta este fenómeno[26]. Esta información esta disponible en formato digital.

Figura: Valores medios de la altura de ola en las costas de las Islas Canarias

[26] En el documento "Estudio previo Plan Canario de Adaptación al Cambio Climático: Infraestructuras Costeras y Litoral", se analiza que para un horizonte del año 2025, los valores extremos de oleaje mediante simulación revelan un incremento superior a 30 cm al año en determinadas zonas.



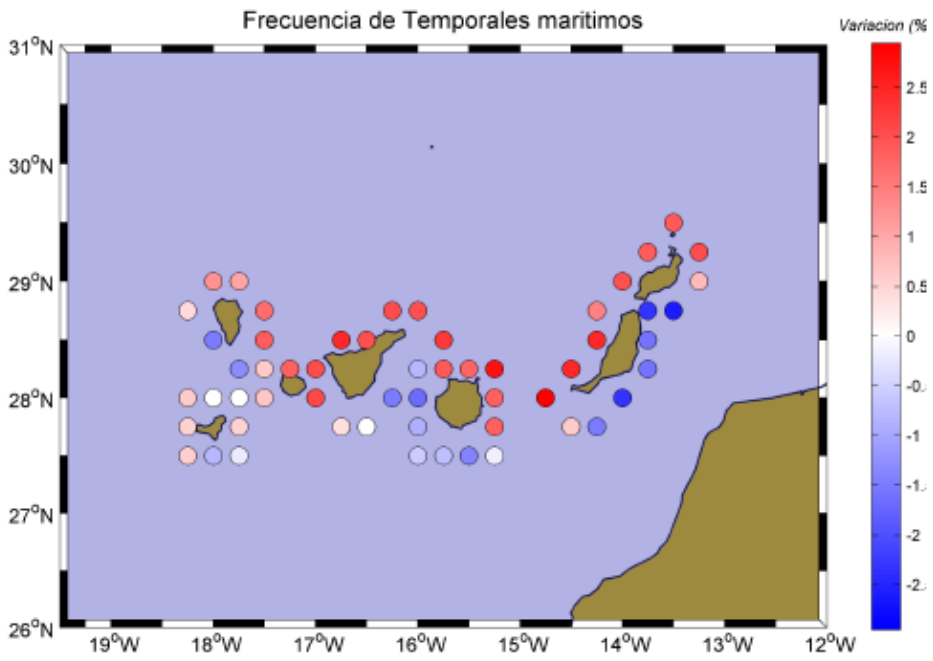
Fuente: GIOC

A partir de esta información, se contrasta con la aportada por el CEDEX de la Red SIMAR-44 de Puertos del Estado del *"Evaluación Preliminar de riesgos de inundación y selección de áreas con riesgo potencial significativo en zonas costeras de las Demarcaciones Hidrográficas de Canarias"*, que indica la altura de ola para periodos de retorno de 10, 100 y 500 años.

Dataset ELEM_PEL_INUND				
Nombre del feature class: Frec_temp		**Escala:** **Fuente: Grupo de Ingeniería Oceanográfico y de Costas**		**Tipo:** Punto **Representación gráfica:**
Definición: Puntos que hacen referencia a la frecuencia en la que se producen temporales marítimos en Canarias				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código asignado al elemento
VARIACION	Double	10	Yes	Valor en porcentaje de la variación de los temporales marítimos en el tiempo
ISLA	String	4	Yes	Incluye el nombre de la isla donde se ha producido el evento
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Frec_temp: Es importante estimar la frecuencia de los temporales marítimos que tiene lugar en Canarias, porque son estos temporales los que van a indicar la peligrosidad en el tiempo. Para estimar la frecuencia de temporales marítimos el GIOC ha analizado las series históricas, estimando la tendencia actual en Canarias de estos fenómenos adversos.

Figura: Frecuencia de temporales marítimos



Fuente: GIOC

Elementos incendios forestales

Contendrá un total de 12 feature class, relacionados con los elementos considerados de interés de los incendios forestales y que serán utilizados en la estimación de la peligrosidad de incendios forestales.

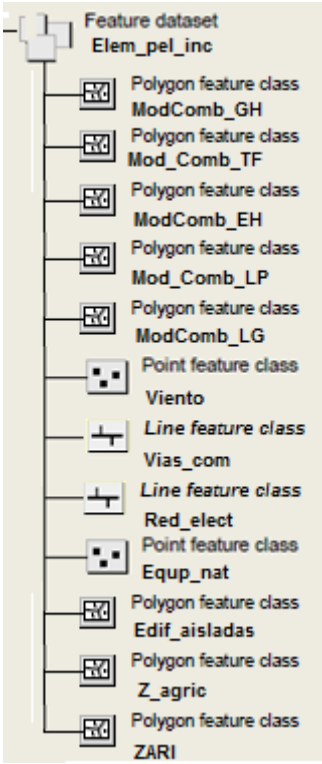


Figura: Componentes del dataset de los elementos de interés de incendios

A continuación se detalla la composición de cada feature class:

Dataset ELEM_PEL_INC				
Nombre del feature class: ModComb_GC		**Escala:** **Fuente: GRAFCAN**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que identifican los Modelos de Combustible de la isla de Gran Canaria				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
GRUPO	String	50	Yes	Denominación del grupo de vegetación al que pertenece el modelo de combustible
SUBGRUPO	String	254	Yes	Denominación del subgrupo de vegetación al que pertenece el modelo de combustible
MODELO	String	50	Yes	Código del modelo
DESCRIP	String	254	Yes	Descripción de las características del tipo de modelo
VALOR	Double	8	Yes	Recogerá el valor asignado a cada tipo de combustible desde el punto de vista de peligrosidad de incendios forestales
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria				

ModComb_GC: Todas las islas que presentan especies forestales tienen cartografía de modelos de combustible, que se han desarrollado a partir de trabajos de campo y el Mapa de Vegetación de Canarias (M. del Arco et al. 2006, GRAFCAN).

Los Modelos de Combustible utilizados parten de los siguientes proyectos y están disponibles en formato digital (shape):

Gran Canaria: Plan de Prevención de Incendios Forestales de Gran Canaria (2003) y Manual de operaciones contra incendios forestales del ICONA (1993).

Dataset ELEM_PEL_INC				
Nombre del feature class: ModComb_TF		**Escala:** **Fuente: GRAFCAN**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que identifican los Modelos de Combustible de la isla de Tenerife				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
GRUPO	String	50	Yes	Denominación del grupo de vegetación al que pertenece el modelo de combustible
SUBGRUPO	String	254	Yes	Denominación del subgrupo de vegetación al que pertenece el modelo de combustible
MODELO	String	50	Yes	Código del modelo
DESCRIP	String	254	Yes	Descripción de las características del tipo de modelo
VALOR	Double	8	Yes	Recogerá el valor asignado a cada tipo de combustible desde el punto de vista de peligrosidad de incendios forestales
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 2: Tenerife				

ModComb_TF: Todas las islas que presentan especies forestales tienen cartografía de modelos de combustible, que se han desarrollado a partir de trabajos de campo y el Mapa de Vegetación de Canarias (M. del Arco et al. 2006, GRAFCAN).

Los Modelos de Combustible utilizados parten de los siguientes proyectos y están disponibles en formato digital (shape):

Tenerife: TECNOMA SA. 2002. Caracterización de combustibles forestales de la isla de Tenerife. Gobierno de Canarias. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación territorial. Viceconsejería de Medio Ambiente.

Dataset ELEM_PEL_INC				
Nombre del feature class: ModComb_EH		**Escala:** **Fuente: GRAFCAN**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que identifican los Modelos de Combustible de la isla de El Hierro				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
GRUPO	String	50	Yes	Denominación del grupo de vegetación al que pertenece el modelo de combustible
SUBGRUPO	String	254	Yes	Denominación del subgrupo de vegetación al que pertenece el modelo de combustible
MODELO	String	50	Yes	Código del modelo
DESCRIP	String	254	Yes	Descripción de las características del tipo de modelo
VALOR	Double	8	Yes	Recogerá el valor asignado a cada tipo de combustible desde el punto de vista de peligrosidad de incendios forestales
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 7: El Hierro				

ModComb_EH: Todas las islas que presentan especies forestales tienen cartografía de modelos de combustible, que se han desarrollado a partir de trabajos de campo y el Mapa de Vegetación de Canarias (M. del Arco et al. 2006, GRAFCAN).

Los Modelos de Combustible utilizados parten de los siguientes proyectos y están disponibles en formato digital (shape):

El Hierro y La Gomera: Modelo de Combustible desarrollado por el proyecto Realización de un inventario, caracterización y zonificación detallada de los modelos de combustible presentes en las islas de La Gomera y El Hierro, perteneciente al Proyecto "Cooperación y Sinergias en materia de aprovechamiento forestal sostenible en la Región Macaronésica" – FORESMAC con código MAC/2/C75.

Dataset ELEM_PEL_INC				
Nombre del feature class: ModComb_LP		**Escala:** **Fuente: GRAFCAN**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que identifican los Modelos de Combustible de la isla de La Palma				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
GRUPO	String	50	Yes	Denominación del grupo de vegetación al que pertenece el modelo de combustible
SUBGRUPO	String	254	Yes	Denominación del subgrupo de vegetación al que pertenece el modelo de combustible
MODELO	String	50	Yes	Código del modelo
DESCRIP	String	254	Yes	Descripción de las características del tipo de modelo
VALOR	Double	8	Yes	Recogerá el valor asignado a cada tipo de combustible desde el punto de vista de peligrosidad de incendios forestales
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 5: La Palma				

ModComb_LP: Todas las islas que presentan especies forestales tienen cartografía de modelos de combustible, que se han desarrollado a partir de trabajos de campo y el Mapa de Vegetación de Canarias (M. del Arco et al. 2006, GRAFCAN).

Los Modelos de Combustible utilizados parten de los siguientes proyectos y están disponibles en formato digital (shape):

La Palma: Proyecto de Prevención de incendios y seguimiento del impacto de incendios forestales en el ámbito del proyecto (INTERREG IIIB Azores-Madeira-Canarias).

Dataset ELEM_PEL_INC				
Nombre del feature class: ModComb_LG		**Escala:** **Fuente: GRAFCAN**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que identifican los Modelos de Combustible de la isla de La Gomera				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
GRUPO	String	50	Yes	Denominación del grupo de vegetación al que pertenece el modelo de combustible
SUBGRUPO	String	254	Yes	Denominación del subgrupo de vegetación al que pertenece el modelo de combustible
MODELO	String	50	Yes	Código del modelo
DESCRIP	String	254	Yes	Descripción de las características del tipo de modelo
VALOR	Double	8	Yes	Recogerá el valor asignado a cada tipo de combustible desde el punto de vista de peligrosidad de incendios forestales
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 6: La Gomera				

ModComb_LG: Todas las islas que presentan especies forestales tienen cartografía de modelos de combustible, que se han desarrollado a partir de trabajos de campo y el Mapa de Vegetación de Canarias (M. del Arco et al. 2006, GRAFCAN).

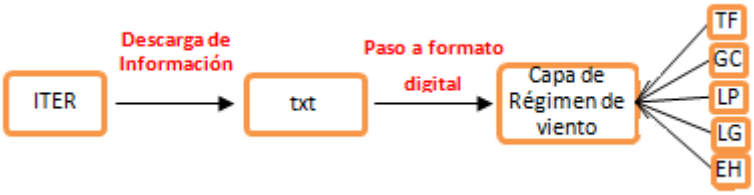
Los Modelos de Combustible utilizados parten de los siguientes proyectos y están disponibles en formato digital (shape):

El Hierro y La Gomera: Modelo de Combustible desarrollado por el proyecto Realización de un inventario, caracterización y zonificación detallada de los modelos de combustible presentes en las islas de La Gomera y El Hierro, perteneciente al Proyecto "Cooperación y Sinergias en materia de aprovechamiento forestal sostenible en la Región Macaronésica" – FORESMAC con código MAC/2/C75.

Dataset ELEM_PEL_INC				
Nombre del feature class: Viento		**Escala:** **Fuente: GRAFCAN**		**Tipo:** Punto **Representación gráfica:**
Definición: Puntos que identifican la velocidad del viento, a partir de un modelo desarrollado por el ITER.				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
V40	Double	8	Yes	Velocidad del viento a 40 m, expresada en m/s
V60	Double	8	Yes	Velocidad del viento a 60 m, expresada en m/s
V80	Double	8	Yes	Velocidad del viento a 80 m, expresada en m/s
WINDIRECT	String	10	Yes	Dirección dominante del viento
FUENTE	String	50	Yes	Fuente de la información
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Viento: El viento es analizado desde el punto de vista de su intensidad, que viene determinada por las condiciones de la orografía del terreno. El ITER dispone de un modelo de simulación de la intensidad del viento[27] donde se ha estimado la intensidad del viento a lo largo de puntos que conforman una malla de 100 metros, en todas las islas a alturas de 40, 60 y 80 metros. Los datos están disponibles en formato txt, que puede ser pasado a un formato shape de puntos mediante la utilización de las coordenadas de la malla de puntos donde se ha desarrollado el modelo.

[27] Estudio de la intensidad del viento desarrollado a partir del documento "Recurso Eólico en Canarias". Elaborado por el Instituto Tecnológico de Canarias y el Gobierno de Canarias).



Dataset ELEM_PEL_INC				
Nombre del feature class: Via_comun		**Escala:** **Fuente: Protección Civil**		**Tipo:** Línea **Representación gráfica:**
Definición: Líneas que identifican las infraestructuras viarias de las islas				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
CODIGO_PC	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento en el Modelo de Datos de Protección Civil (Catálogo del Inventario de Elementos Expuestos)
TIPO_PC	String	25	Yes	Tipo de vía según el Modelo de datos Protección Civil (Catálogo del Inventario de Elementos Expuestos)
TIPO_VIA	String	50	Yes	Tipo de vía recogida
NOMBRE	String	254	Yes	Nombre de la vía
VALOR	Double	8	Yes	Recogerá el valor asignado a cada tipo de vía desde el punto de vista de peligrosidad de incendios forestales
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				
Dominio Tipo_PC: 1: Autopistas; 2: Autovías, 3: Vías rápidas, 4: Carreteras convencionales 5: Caminos o pistas				
Dominio Tipo_via: 1: Viarios locales; 2: Vías comarcales o intermunicipales, 3: Carreteras insulares				

Via_comun: Las infraestructuras viarias representan la forma principal de accesos para las personas, por lo que suponen vías de accesos a las zonas de alto potencial para la iniciación de un incendio bien por descuidos o imprudencias (colillas arrojadas desde los automóviles) o bien por iniciación de incendios intencionadamente. Obtenida a partir de los elementos expuestos y de la base de datos asociada.

A partir de mapa topográfico 1:5.000 (GRAFCAN) y de los Cabildos Insulares (información de Protección Civil) se obtendrá la cartografía de las vías existentes en las islas en formato digital y representadas mediante una capa de polígonos.

Tabla: Elementos del Mapa topográfico 1:5.000 de GRAFCAN relacionados con las infraestructuras de transporte

Layer	LvlDesc	Infraestructura de transporte (Elemento estructurante)	Protección Civil (Inventario Elementos Expuestos)
5502	Autopista. Recinto	Autopistas o autovías	Autpistas o autovias
5503	Camino. Recinto	Camino o pistas	Camino o pistas
5501	Carretera. Recinto	Carreteras convencionales principales	Vías rápidas
		Carreteras convencionales secundarias	Carreteras convencionales

Fuente: GRAFCAN

Dataset ELEM_PEL_INC				
Nombre del feature class: Red_elect	**Escala:**		**Tipo:** Línea	
	Fuente: Protección Civil		**Representación gráfica:**	
Definición: Líneas que identifican las infraestructuras eléctricas de las islas, incluyendo únicamente las que van en aéreo.				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
CODIGO_PC	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento en el Modelo de Datos de Protección Civil (Catálogo del Inventario de Elementos Expuestos)
TIPO_PC	String	25	Yes	Tipo de línea según el voltaje del Modelo de datos Protección Civil (Catálogo del Inventario de Elementos Expuestos)
TIPOLINEA	String	50	Yes	Tipo de línea en aéreo
NOMBRE	String	254	Yes	Nombre de la vía
VALOR	Double	8	Yes	Recogerá el valor asignado a las líneas eléctricas desde el punto de vista de peligrosidad de incendios forestales
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Red_elect: Las infraestructuras eléctricas pueden ser origen de incendios, tanto por la caída del cableado sobre la vegetación o por el roce con el arbolado de las líneas eléctricas, por lo que se identificarán las líneas eléctricas existentes en las islas Canarias. Para obtener la cartografía de las infraestructuras eléctricas se parte de la cartografía digital del mapa topográfico 1:5.000 (GRAFCAN) en formato DWG, identificando el nombre de las líneas de mayor intensidad a partir de los Planes Territoriales Especiales de Ordenación de Infraestructuras Eléctricas. Así como de la información del Invetario de Elementos Expuestos (Protección Civil).

Dataset ELEM_PEL_INC				
Nombre del feature class: Equip_nat	**Escala:**		**Tipo:** Punto	
	Fuente: Gobierno de Canarias		**Representación gráfica:**	
Definición: Puntos que identifican los equipamientos de la naturaleza en Canarias				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
CODIGO_PC	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento en el Modelo de Datos de Protección Civil (Catálogo del Inventario de Elementos Expuestos)
TIPO_PC	String	25	Yes	Tipo de elemento según el Modelo de datos Protección Civil (Catálogo del Inventario de Elementos Expuestos)
NOMBRE	Double	8	Yes	Nombre del elemento
FUENTE	String	50	Yes	Fuente de la información
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Tipo PC 1: Camping, 2: Zona recreativa, 3: Albergue, 4: Aula de la naturaleza, 5: Mirador, 6: Centro de visitantes, 7: Refugio				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Equip_nat: Los equipamientos de la naturaleza o áreas recreativas se consideran zonas de alto riesgo por el tipo de actividad que en ellas se desarrolla. La alta presencia de personas en estos lugares y el uso de barbacoas en los mismos, genera cierta peligrosidad.

Las zonas de equipamientos en zonas forestales se obtendrán a partir de la información del Invetario de Elementos Expuestos (Protección Civil y Gobierno de Canarias) y están representados de forma digital al disponer de las coordenadas de su ubicación.

Dataset ELEM_PEL_INC				
Nombre del feature class: Edif_aisladas		**Escala:** **Fuente: GRAFCAN**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que identifican las edificaciones aisladas de núcleos en zonas de matorral y/o arbolado				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
NOMBRE	String	50	Yes	Denominación del municipio en el que está incluido la edificación
TIPO_EDIF	String	254	Yes	Tipo de edificación
VALOR	Double	8	Yes	Recogerá el valor asignado a la edificación desde el punto de vista de peligrosidad de incendios forestales
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Edif_aisladas: Las edificaciones situadas fuera de los principales núcleos y áreas urbanas son consideradas como zonas de riesgo, principalmente en el caso de la iniciación de incendios no intencionados.

Para estimar las edificaciones aisladas se utilizará la cartografía 1:5.000 de GRAFCAN, verificando esta cartografía con la delimitación de los núcleos que realiza cada Planeamiento Insular y con el Inventario de Elementos Expuestos.

De la cartografía 1:5.000 se seleccionará el nivel denominado como: edificio, tipo recinto y level 111; edificación ligera, recinto, level 134 y nave industrial, recinto, level 131. Obtenidos estos polígonos es necesario descartar aquellas edificaciones que se ubican en zonas urbanas. Para ello se utilizarán cartografía de planeamiento insular de cada una de las islas, descartando los suelos clasificados como suelos urbanos. Realizada esta operación, el resultado obtenido serán los polígonos que definan las edificaciones aisladas.

Dataset ELEM_PEL_INC				
Nombre del feature class: Z_agric	**Escala:**		**Tipo:** Polígono	
	Fuente: GRAFCAN		**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que identifican las zonas agrícolas abandonadas o en producción que se ubican junto a zonas arboladas o de matorral denso				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
CULTIVO	String	50	Yes	Tipo de cultivo
VALOR	Double	8	Yes	Recogerá el valor asignado a la elemento desde el punto de vista de peligrosidad de incendios forestales
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Z_agric: Se corresponden a los cultivos agrícolas designados en el Mapa de Cultivos (GRAFCAN) y que se ubican junto a las zonas arboladas o de matorral del Mapa de Vegetación de Canarias, por corresponder a zonas que tradicionalmente han sido origen de incendios forestales. Son zonas que presentan cubierta vegetal en las primeras etapas de sustitución, de fácil acceso y elevada inflamabilidad, origen de numerosos incendios en Canarias.

Se parte del Mapa de Cultivos de Canarias, de estas zonas, únicamente serán seleccionadas, aquellas que lindan con zonas de elevado carácter forestal (zonas de bosques o Arbustedas y/o matorrales).

Dataset ELEM_PEL_INC				
Nombre del feature class: ZARI	**Escala:**		**Tipo:** Polígono	
	Fuente: GRAFCAN		**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que identifican a las ZARI (Zonas de Alto Riesgo de Incendio) declaradas en la legislación Canaria.				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
NOMBRE	String	50	Yes	Nombre de la zona declarada
FUENTE	String	254	Yes	Legislación en la que se ha declarado la zona
FECHA	String	4	Yes	Año de declaración de la zona como ZARI
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

ZARI: Los respectivos Cabildos Insulares, declararon mediante la ORDEN nº 452, de 5 de agosto de 20055, las zonas de alto riesgo de incendios forestales de Canarias, concretamente para las islas de Gran Canaria, La Gomera y El Hierro. Esta orden ha sido modificada posteriormente por diversas órdenes: ORDEN nº 127, de 23 de mayo de 20086 por la que se amplían las superficies de las ZARIs en Tenerife y La Palma, la ORDEN nº 277, del 9 de octubre del 20087 por la que se amplía la superficie de las ZARIs de Gran Canaria, la ORDEN nº 423 del 17 de diciembre de 20088 por la que se amplía la superficie de ZARIs de La Palma, y finalmente la ORDEN de 22 de abril de 2009. De esta manera, y después de un proceso de varios años, quedan definidas las Zonas de Alto Riesgo de Incendios en todas las islas con masa forestal.

Elementos movimientos de ladera

Contendrá un total de 4 feature class, relacionados con los elementos considerados de interés de los procesos de movimientos de ladera y que serán utilizados en la estimación de la peligrosidad.

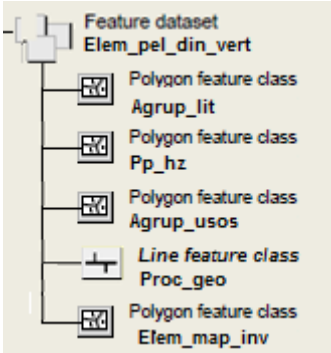


Figura: Componentes del dataset de elementos de interés de movimientos de ladera o dinámica de vertientes

A continuación se detalla la composición de cada feature class:

Dataset ELEM_PEL_DIN_VERT				
Nombre del feature class: Agrup_lit		**Escala:** **Fuente: Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que agrupan a las clases litológicas de canarios por grados de fragilidad				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
LIT_CODIGO	Double	8	Yes	Recogerá el código de la clase litológica del Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias
LIT_NOMBRE	String	25	No	Recogerá el nombre de la clase litológica del Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias
LIT_COD_LE	Double	8	Yes	Código de la leyenda de la clase litológica del Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias
LIT_FRAG	String	254	Yes	Clases litológicas agrupadas según la fragilidad
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio LIT_FRAG: 1: Arcillas , 2: Depósitos sedimentarios , 3: Macizo rocoso de baja resistencia 4: Piroclastos 5: Roca volcánica de alta resistencia				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Agrup_lit: Para determinar el grado de fragilidad de las distintas litologías se ha utilizado el Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias (GRAFCAN), del que se extraerán los grandes grupos litológicos que conforman las islas.

La metodología utilizada es similar a la empleada en la base de datos topográfica-geológica, a partir de las clases litológicas agrupadas se establecerán grados de fragilidad. Cada una de las islas se ha descompuesto en 5 tipos de terreno:

- Arcillas

- Depósitos sedimentarios

- Macizo rocoso de Baja resistencia

- Piroclastos

- Roca volcánica de alta resistencia

Dataset ELEM_PEL_DIN_VERT				
Nombre del feature class: Pp_horz		**Escala:** **Fuente: Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que delimitan las zonas donde hay constancia de la existencia de precipitación horizontal				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

PP_hz: El principal origen actualmente de inestabilidad de laderas es la saturación del suelo, siendo necesario llevar a cabo un análisis de la precipitación horizontal, puesto que en Canarias, es fenómeno representa un aporte de agua muy elevado.

Dataset ELEM_PEL_DIN_VERT				
Nombre del feature class: Agrup_usos		**Escala:** **Fuente: Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que agrupan los usos del suelo				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
Nom_SIOSE	String	254	Yes	Nomenclatura designada por el proyecto SIOSE
COBERT	String	25	No	Descripción de la cobertura principal asignada en el proyecto SIOSE
AGRU_USO	Double	8	Yes	Clases de usos del suelo agrupadas relacionadas con la dinámica de vertientes
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio AGRU_USO 1: Urbano , 2: Agua , 3: Masa boscosa 4: Matorral/pastizal 5: Agrícola con árboles, 6: Agrícola sin árboles, 7: Suelo desnudo				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Agrup_usos: Los usos del suelo afectan directamente a su erosionabilidad dependiendo del grado de protección que su cobertura le proporciona. Para utilizar el parámetro de los usos del suelo, se utilizara la información existente en el SIOSE. Agrupando las clases originales en categorías puesto que la peligrosidad de dinámica de vertientes varía en función de sí se trata de zonas cubiertas por vegetación, urbano o suelo desnudo.

Se parte de la base de datos del proyecto SIOSE, del cual se agrupan determinadas coberturas con la finalidad de su aplicación a la dinámica de vertientes. A continuación se detallan las agrupaciones:

Usos del suelo dinámica de vertientes	Cobertura SIOSE
Urbano	Artificial compuesto (urbano mixto, industrial, terciario, primario, equipamiento/dotacional, infraestructuras).
Agua	Cobertura de agua
Masa boscosa	Arbolado forestal
Agrícola con arboles	Cultivos leñosos
Agrícola sin arboles	Cultivos herbáceos
Matorral	Pastizal y matorral
Suelo desnudo	Terrenos sin vegetación

Dataset ELEM_PEL_DIN_VERT				
Nombre del feature class: Proc_geo		**Escala:** **Fuente: Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias**		**Tipo:** Línea **Representación gráfica:**
Definición: Líneas que identifican los diferentes procesos geomorfológicos				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
TIPO	String	100	Yes	Agrupa a las diferentes procesos geomorfológicos activos o recientes
DENO	String	100	No	Denominación de cada uno de los procesos geomorfológicos
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio TIPO 1: Dinámica gravitacional de ladera , 2: Dinámica fluvio-torrencial , 3: Dinámica marina 4: Actividad antrópica 5: otros				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Proc_geo: Se incluyen aquellos procesos geomorfológicos identifcados en las islas.

Dinámica Marina: socavamiento por oleaje que, por constancia y evolución, termina generando escarpes de acantilado, a veces separados del borde del mar por una estrecha franja de bloques, caídos del propio e inestable acantilado.

Dinámica Fluvio-torrencial: Grados de incisión/encajamiento y de erosión remontante que comportan los barrancos, que generan escarpes laterales en sus bordes y de cabecera en sus inicios. Además, puede exister socavamiento lateral en las partes cóncavas de los trazados meandriformes de los barrancos.

Dinámica Gravitacional o de Ladera: Escarpes rocosos (debidos a contrastes litológicos), así como cicatrices de deslizamiento (probablemente, rotacionales y relativamente recientes) y cicatrices de deslizamiento probables o antiguos, en ambos casos de materiales rocosos.

*Actividad Antrópicas: E*scarpes, muy verticalizados, correspondientes a canteras de picón y a algunos taludes de infraestructuras.

Para identifciar estos procesos geomorfológicos, se parte de la zonificación de la litológica (Mapa Geológico Continuo disponible de Grafcan, a escala 1/40.000 basado en los Mapas Geológicos del Plan Magna, realizados a escala 1/25.000), pendiente existente (se ha establecido un rango dada la escala municipal del estudio de: pendientes muy bajas (0-10º), bajas (10-25º), medias (25-45º), altas (45-70º) y muy altas (70-90º), Modelo Digital del Terreno, Mapa topográfico 1:5.000 y Fotografías aéreas de la zona, cuya información puede ser completada con trabajos de campo.

Dataset **ELEM_PEL_DIN_VERT**				
Nombre del feature class: Elem_map_inv		**Escala:** **Fuente: Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que identifican los procesos geológicos existentes en el territorio de estudio				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
TIPO	String	100	Yes	Agrupa a las diferentes tipos de procesos geológicos
ZONA	String	100	Yes	Zona afectada por el proceso
ACTIVID	String	100	Yes	Tipo de actividad
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio TIPO 1: Deslizamientos rocosos 2: Deslizamientos de suelos 3: Despredimientos de roca 4: Flujo o colada de barro 5: Flujo o colada de derrubios y bloques 6: Reptación 7: Avalancha de rocas 8: Avalanca de derrubios				
Dominio ACTIVID: 1: Proceso activo 2: Proceso inactivo 3: Proceso antiguo (fósil)				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Elem_map_inv: Se incluyen aquellos tipos de procesos geológicos identifcados en las islas y que junto a los processo geomorfológicos, constituyen el Mapa inventario.

Elementos de interés relacionados con la exposición

Dataset que contendrá un único feature class, correspondiente a la representación de los elementos expuestos procedente de la Base de Datos del Inventario de Elementos Expuestos. Además, este feature class estará relacionado con una tabla de la Base de Datos del Inventario de Elementos Expuestos mediante una relationship class.

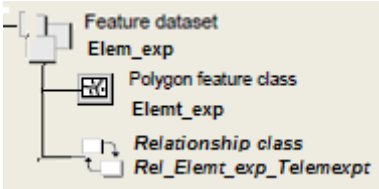


Figura: Componentes del dataset de elementos de interés relacionados con la exposición

A continuación se detalla la composición del feature class:

Dataset				
ELEM_EXP				
Nombre del feature class: Elemt_exp	**Escala:** **Fuente: GRAFCAN/Protección Civil**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos que indican los diferentes tipos de elementos expuestos obtenidos de la Base de Datos del Inventario de Elementos Expuestos				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información en la Base de Datos IEE
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
NOMBRE1	String	250	No	Nombre del elemento
NOMBRE2	String	250	Yes	Nombre secundario del elemento
DESCRIP	String	250	No	Descripción del elemento
F_MODIF	Double	4	Yes	Fecha de la última actualización de la información
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Elemet_exp: Feature class que representa geoespacialmente, los elementos recogidos en la Base de Datos dle Inventario de Elementos Expuestos de Protección Civil.

Elementos de interés relacionados con la vulnerabilidad

Este dataset contendrá un total de 28 feature class, relacionados con los elementos considerados de interés en la estimación de la vulnerabilidad total a partir de datos tanto de vulnerabilidad social como de vulnerabilidad económica.

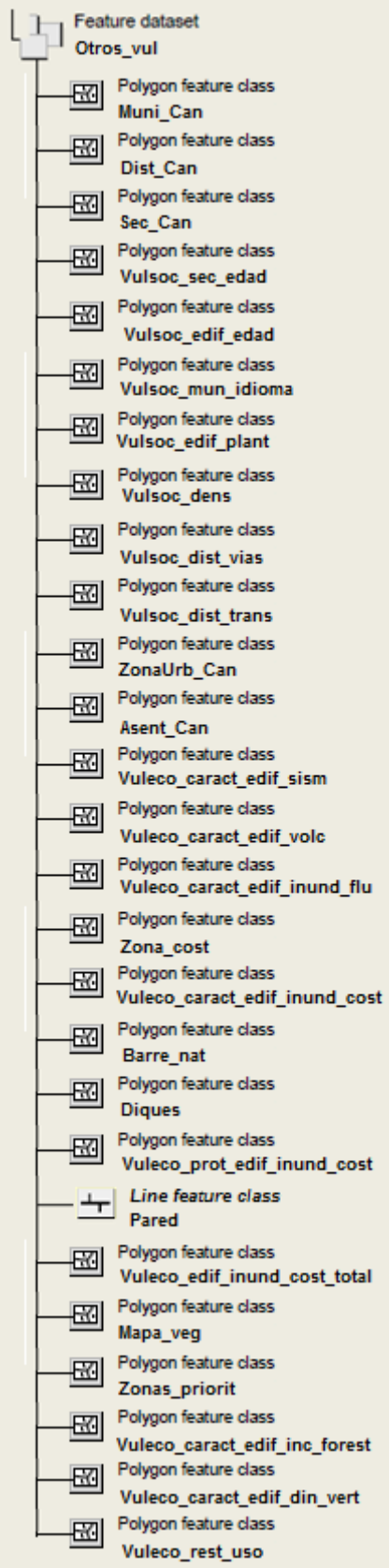


Figura: Componentes del dataset de los elementos de interés relacionados con la vulnerabilidad

A continuación se detalla la composición de los feature class:

Dataset ELEM_VUL				
Nombre del feature class: Dist_Can		**Escala:** **Fuente: GRAFCAN**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que identifican los distritos censales				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
COD_DIST	Double	8	Yes	Código del distrito
POB_DIS	Double	8	Yes	Población total del distrito
SUP	Double	25	Yes	Superficie total del distrito
NOMBRE_MUN	String	100	No	Nombre del municipio que alberga al distrito
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dist_Can: Feature class que delimita los distritos censales existentes en los diferentes municipios de Canarias. El municipio se divide en distritos censales. Es una información incluida en el visor del ISTAC y suministrada por GRAFCAN, que permitirá determinar la población, según el último censo, en cada distrito.

Dataset ELEM_VUL				
Nombre del feature class: Sec_Can		**Escala:** **Fuente: GRAFCAN**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que identifican las secciones censales				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
COD_SEC	Double	8	Yes	Código de la sección censal
POB_SEC	Double	8	Yes	Población total de la sección censal
SUP	Double	25	Yes	Superficie total de la sección censal
NOMBRE_MUN	String	100	No	Nombre del municipio que alberga la sección censal
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Sec_Can: Feature class que delimita las secciones censales existentes en los diferentes distritos censales de Canarias. Es una información incluida en el visor del ISTAC y suministrada por GRAFCAN.

Dataset ELEM_VUL				
Nombre del feature class: Vulsoc_sec_edad		**Escala:** **Fuente: ISTAC/GRAFCAN**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que identifican las secciones censales y la población existente en las mismas				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
NOMBRE_MUN	String	100	No	Nombre del municipio
COD_DIST	Double	8	Yes	Código del distrito
COD_SEC	Double	8	Yes	Código de la sección
POB_TOTAL	Double	8	Yes	Población total en la unidad censal
POB_0_17	Double	8	Yes	Población entre 0-17 años en la unidad censal
P_0_17	Double	8	Yes	Porcentaje población entre 0-17 años en la unidad censal
V_0_17	Double	8	Yes	Valor del porcentaje población entre 0-17 años en la unidad censal
POB_17_65	Double	8	Yes	Población entre 17-65 años en la unidad censal
POB_MAS65	Double	8	Yes	Población mayor de 65 años en la unidad censal
P_MAS65	Double	8	Yes	Porcentaje población mayor de 65 años en la unidad censal
V_MAS65	Double	8	Yes	Valor del porcentaje población mayor de 65 años en la unidad censal
V_TOTAL	Double	8	Yes	Resultado de la suma del valor de POB_0_17 y de POB_MAS65
VALOR	String	25	No	Graduación de la vulnerabilidad individual según la edad
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Sec_Can: Feature class que recoge los rangos de población de las secciones censales existentes en los diferentes distritos censales de Canarias, según el último censo, en cada sección. Es una información incluida en el visor del ISTAC y suministrada por GRAFCAN.

Dataset ELEM_VUL				
Nombre del feature class: Vulsoc_edif_edad		**Escala:** **Fuente: ISTAC/GRAFCAN**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos correspondiente a las edificaciones que por sus características albergan a población vulnerable.				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
NOMBRE_MUN	String	100	No	Nombre del municipio de la unidad censal
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información en la Base de Datos IEE
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
NOMBRE1	String	250	No	Nombre del elemento
DESCRIP	String	250	No	Descripción del elemento
V_EDIF	String	10	No	Valor del elemento
VALOR	String	25	No	Graduación de la vulnerabilidad individual según la edad
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Vulsoc_edif_edad: Feature class que representa geoespacialmente, aquellos elementos recogidos en la Base de Datos del Inventario de Elementos Expuestos de Protección Civil que albergan población vulnerable por su edad, como colegios (educación infantil, educación primaria y secundaria) o guarderias o residencias de ancianos.

Dataset ELEM_VUL				
Nombre del feature class: Vulsoc_mun_idioma		**Escala:** **Fuente: ISTAC/GRAFCAN**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que identifican los municipios existentes en Canarias y donde se refleja el porcentaje de habitantes extranjeros para evaluar su conocimiento del idioma.				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
NOMBRE_MUN	String	100	No	Nombre del municipio de la unidad censal
POB_TOTAL	Double	8	Yes	Población total en la unidad censal
POB_ID_HISP	Double	8	Yes	Población de habla hispana
P_ID_HISP	Double	8	Yes	Porcentaje población de habla hispana
V_ID_HISP	Double	8	Yes	Valor del porcentaje población de habla hispana
POB_NO_ID	Double	8	Yes	Población de habla no hispana
P_NO_ID	Double	8	Yes	Porcentaje población de habla no hispana
V_NO_ID	Double	8	Yes	Valor del porcentaje población de habla no hispana
V_TOTAL	Double	8	Yes	Resultado de la suma del valor de V_ID_HISP y V_NO_ID
VALOR	String	25	No	Graduación de la vulnerabilidad individual según la edad
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Vulsoc_mun_idioma: A partir de el feature class de los límites municipales y de la información de personas extranjeras dentro del municipio, se obtendrá el porcentaje de hábitantes extranjeros para evaluar su conocimiento del idioma.

Dataset ELEM_VUL				
Nombre del feature class: Vulsoc_edif_dep		**Escala:** **Fuente: ISTAC/GRAFCAN**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos correspondiente a las edificaciones que por sus características albergan a población dependiente que son hospitales y residencias de la 3ª edad				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
NOMBRE_MUN	String	100	No	Nombre del municipio de la unidad censal
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información en la Base de Datos IEE
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
NOMBRE1	String	250	No	Nombre del elemento
DESCRIP	String	250	No	Descripción del elemento
V_EDIF	String	10	No	Valor del elemento
VALOR				Graduación de la vulnerabilidad individual según la dependencia
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Vulsoc_edif_dep: Feature class que representa geoespacialmente, aquellos elementos recogidos en la Base de Datos del Inventario de Elementos Expuestos de Protección Civil que albergan población vulnerable por su dependencia, como son colegios de educación especial, hospitales o residencias de ancianos.

Dataset ELEM_VUL				
Nombre del feature class: Vulsoc_edif_plant		**Escala:** **Fuente: GRAFCAN/CATASTRO**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos correspondiente a las edificaciones que albergan el valor del número de plantas de los edificios, dato obtenido a partir de la altura del LiDAR y de los datos de catastro				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información en la Base de Datos IEE
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
NOMBRE1	String	250	No	Nombre del elemento
DESCRIP	String	250	No	Descripción del elemento
ALTURA	Double	6	Yes	Altura de los edificios expresa en metros
N_PLANT	Double	3	Yes	Nº de plantas
V_NPLANTAS	Double	6	Yes	Valor dado al edificio según el número de plantas
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Vulsoc_edif_dep: Feature class que representa geoespacialmente, todas las edificaciones recogidas en la Base de Datos del Inventario de Elementos Expuestos de Protección Civil, designando la altura de las msimas (nº de plantas) a partir de la tecnología LiDAR y de la informacion de catastro.

Dataset ELEM_VUL				
Nombre del feature class: Vulsoc_dens		**Escala:** **Fuente: ISTAC/GRAFCAN**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que identifican la densidad de la población por unidades censales.				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
NOMBRE_MUN	String	100	No	Nombre del municipio de la unidad censal
POB_TOTAL	Double	8	Yes	Población total en la unidad censal
SUP	Double	8	Yes	Superficie de la unidad censal en km2
DENSIDAD	Double	8	Yes	Densidad expresada en hab/km2
V_DEN	Double	8	Yes	Valor dado según la densidad
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset ELEM_VUL				
Nombre del feature class: Vulsoc_dist_vias		**Escala:** **Fuente: ISTAC/GRAFCAN**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígono que identifican los bufer de distancia a las vías de comunicación principales (vías rápidas y autopistas o autovías)				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
CODIGO_PC	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento en el Modelo de Datos de Protección Civil (Catálogo del Inventario de Elementos Expuestos)
TIPO_PC	String	25	Yes	Tipo de vía según el Modelo de datos Protección Civil (Catálogo del Inventario de Elementos Expuestos)
NOMBRE	String	254	Yes	Nombre de la vía
BUFER	Double	8	Yes	Distancia que corresponde le bufer
V_DIST	Double	8	Yes	Recogerá el valor asignado según la distancia a la vía
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				
Dominio Tipo_PC: 1: Autopistas; 2: Autovías, 3: Vías rápidas				
Dominio BUFER: 1: < 1.000; 2: 1.000-5.000, 3: 5.0'0-10.0'0, 4: > 1.0.000				

Dataset ELEM_VUL				
Nombre del feature class: Vulsoc_dist_trans		**Escala:** **Fuente: ISTAC/GRAFCAN**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que identifican la densidad de la población por unidades censales				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información en la Base de Datos IEE
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
NOMBRE1	String	250	No	Nombre del elemento
DESCRIP	String	250	No	Descripción del elemento
BUFER	Double	8	Yes	Distancia que corresponde le bufer
V_DIST	Double	8	Yes	Recogerá el valor asignado según la distancia a la zona de transporte
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				
Dominio BUFER: 1: < 1.000; 2: 1.000-5.000, 3: 5.0'0-10.0'0, 4: > 1.0.000				

Dataset ELEM_VUL				
Nombre del feature class: ZonaUrb_Can		**Escala:** **Fuente: GRAFCAN**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que identifican los límites de las zonas urbanas				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
NOMB_ZONURB	String	100	No	Nombre de la ciudad o núcleo urbano
NOMBRE_MUN	String	100	No	Nombre del municipio
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

ZonaUrb_Can: Feature class que identifa los límites de la zonas urbanas. La Información se obtiene a partir de los Planes Generales de Ordenación Insulares de Canarias y la clasificación del suelo de los mismos, suelos urbanos.

Dataset ELEM_VUL				
Nombre del feature class: Asent_Can		**Escala:** **Fuente: GRAFCAN**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos que identifican los límites de los asentamientos rurales				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
NOMB_ASENT	String	100	Yes	Nombre del asentamiento rural
NOMBRE_MUN	String	100	No	Nombre del municipio
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Asent_Can: Feature class que identifa los límites de la zonas urbanas. La Información se obtiene a partir de los Planes Generales de Ordenación Insulares de Canarias y la clasificación del suelo de los mismos, asentamientos rurales.

Dataset ELEM_VUL				
Nombre del feature class: Vuleco_caract_edif_sism		**Escala:** **Fuente: GRAFCAN/CATASTRO**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos correspondiente a las edificaciones que albergan diferentes características de las edificaciones necesarias para estimar la vulnerabilidad económica de las edificaciones ante sismos				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información en la Base de Datos IEE
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
NOMBRE	String	250	No	Nombre del elemento
DESCRIP	String	250	No	Descripción del elemento
ALTURA	Double	6	Yes	Altura de los edificios expresa en metros
N_PLANT	Double	3	Yes	Nº de plantas
ANO_CONST	Double	4	Yes	Año de construcción de la edificación
TIPO_CONST	String	100	No	Tipología de la construcción según le año de construcción y las características arquitectónicas de Canarias
NOMBRE_MUN	String	100	No	Nombre del municipio donde se encuentra la edificación
NOMBRE_URB	String	100	Yes	Nombre de la ciudad o núcleo urbano donde se encuentra la edificación
NOMB_ASENT	String	100	Yes	Nombre del asentamiento rural donde se encuentra la edificación
V_SISM	Double	4	Yes	Valor establecido de las edificaciones ante procesos sísmicos en función de su tipología, año de construcción y número de plantas y lugar donde se ubica (zona urbana, asentamiento rural)
VALOR	String	10	No	Graduación de la vulnerabilidad económica de inundación costera
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset ELEM_VUL				
Nombre del feature class:	**Escala:**		**Tipo:**	Polígono
Vuleco_caract_edif_volc	**Fuente: GRAFCAN/CATASTRO**		**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos correspondiente a las edificaciones que albergan diferentes características de las edificaciones necesarias para estimar la vulnerabilidad económica de las edificaciones ante procesos volcánicos				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información en la Base de Datos IEE
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
NOMBRE	String	250	No	Nombre del elemento
DESCRIP	String	250	No	Descripción del elemento
ALTURA	Double	6	Yes	Altura de los edificios expresa en metros
N_PLANT	Double	3	Yes	Nº de plantas
ANO_CONST	Double	4	Yes	Año de construcción de la edificación
TIPO_CONST	String	100	No	Tipología de la construcción según le año de construcción y las características arquitectónicas de Canarias
EST_EDIF	String	100	No	Estado de la edificación según Mapa Topográfico
TIPO_TECH	String	250	No	Tipo de techo de la edificación
NOMBRE_MUN	String	100	No	Nombre del municipio donde se encuentra la edificación
NOMBRE_URB	String	100	Yes	Nombre de la ciudad o núcleo urbano donde se encuentra la edificación
NOMB_ASENT	String	100	Yes	Nombre del asentamiento rural donde se encuentra la edificación
V_TIPO	Double	4	Yes	Valor establecido de las edificaciones según su tipología ante procesos volcánicos
V_CART_TECHO	Double	4	Yes	Valor establecido de las edificaciones según las características del techo ante procesos volcánicos
V_TOTAL	Double	4	Yes	Suma de los valores V_TIPO y V_CART_TECHO
VALOR	String	10	No	Graduación de la vulnerabilidad económica de las edificaciones ante procesos volcánicos según el V_TOTAL
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset ELEM_VUL				
Nombre del feature class: Vuleco_caract_edif_inund_flu		**Escala:** **Fuente: GRAFCAN/CATASTRO**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos correspondiente a las edificaciones que albergan diferentes características de las edificaciones necesarias para estimar la vulnerabilidad económica de las edificaciones ante inundaciones fluviales				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información en la Base de Datos IEE
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
NOMBRE	String	250	No	Nombre del elemento
DESCRIP	String	250	No	Descripción del elemento
ALTURA	Double	6	Yes	Altura de los edificios expresa en metros
N_PLANT	Double	3	Yes	Nº de plantas
ANO_CONST	Double	4	Yes	Año de construcción de la edificación
TIPO_CONST	String	100	No	Tipología de la construcción según le año de construcción y las características arquitectónicas de Canarias
EST_EDIF	String	100	No	Estado de la edificación según Mapa Topográfico
SIT_BARRANC	String	4	No	Ubicación de la edificación en barranco
COTA_BAJA	String	4	No	Identifica si las edificaciones se ubican en la cota más baja de la zona urbana o asentamiento rural
NOMBRE_MUN	String	100	No	Nombre del municipio donde se encuentra la edificación
NOMBRE_URB	String	100	Yes	Nombre de la ciudad o núcleo urbano donde se encuentra la edificación
NOMB_ASENT	String	100	Yes	Nombre del asentamiento rural donde se encuentra la edificación
V_BARRANC	Double	4	Yes	Valor establecido de las edificaciones según su ubicación próxima a los barrancos
V_CONS				Valor establecido de las edificaciones según su estado de conservación
V_COTA	Double	4	Yes	Valor establecido de las edificaciones según su ubicación en cotas bajas
V_TIPO	Double	4	Yes	Valor establecido de las edificaciones según su tipología ante inundaciones fluviales
V_TOTAL	Double	4	Yes	Suma de los valores V_BARRANC, V_CONS, V_COTA y V_TIPO
VALOR	String	10	No	Graduación de la vulnerabilidad económica de las edificaciones ante inundaciones fluviales según el V_TOTAL
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset ELEM_VUL				
Nombre del feature class: Zona_cost		**Escala:** **Fuente: GRAFCAN/CATASTRO**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos correspondiente a la franja costera (franja de 1.000 metros desde la costa)				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset ELEM_VUL			
Nombre del feature class: Vuleco_caract_edif_inund_cost	**Escala:**	**Tipo:** Polígono	
	Fuente: GRAFCAN/CATASTRO	**Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos correspondiente a las edificaciones que albergan diferentes características de las edificaciones necesarias para estimar la vulnerabilidad económica de las edificaciones ante inundaciones costeras (incluidos en la franja costera)			

ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información en la Base de Datos IEE
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
NOMBRE	String	250	No	Nombre del elemento
DESCRIP	String	250	No	Descripción del elemento
ALTURA	Double	6	Yes	Altura de los edificios expresa en metros
N_PLANT	Double	3	Yes	Nº de plantas
ANO_CONST	Double	4	Yes	Año de construcción de la edificación
TIPO_CONST	String	100	No	Tipología de la construcción según le año de construcción y las características arquitectónicas de Canarias
EST_EDIF	String	100	No	Estado de la edificación según Mapa Topográfico
FORM_ORIENT	String	4	No	Evaluación de la forma y orientación del edificio respecto a la costa (perpendicular a la costa o resto de orientaciones)
OBJ_MOV	String	4	No	Identifica las edificaciones que se ubican a menos de 100 metros de un parking o zona de aparcamiento
NOMBRE_MUN	String	100	No	Nombre del municipio donde se encuentra la edificación
NOMBRE_URB	String	100	Yes	Nombre de la ciudad o núcleo urbano donde se encuentra la edificación
NOMB_ASENT	String	100	Yes	Nombre del asentamiento rural donde se encuentra la edificación
V_NPLANT	Double	4	Yes	Valor establecido de las edificaciones según el nº de plantas
V_CIM	Double	4	Yes	Valor establecido de las edificaciones según su cimentación (en función del nº e plantas)
V_ORIENT	Double	4	Yes	Valor establecido de las edificaciones según su orientación
V_OBJMOV	Double	4	Yes	Valor establecido de las edificaciones según los bienes muebles próximos
V_CONS	Double	4	Yes	Valor establecido de las edificaciones según su estado de conservación
V_TIPO	Double	4	Yes	Valor establecido de las edificaciones según su tipología ante inundaciones costeras
V_TOTAL	Double	4	Yes	Suma de los valores V_NPLANT, V_CIM, V_ORIENT, V_OBJMOV, V_CONS y V_TIPO
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset ELEM_VUL				
Nombre del feature class: Barre_nat		**Escala:** **Fuente: MAPA DE VEGETACIÓN/USOS DEL SUELO**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos correspondiente a las zonas de dunas o vegetación costera ubicadas en la franja costera				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
TIPO	String	3	No	Tipo de elemento que actúa como barrera natural (vegetación costera, dunas, etc....)
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Barre_nat: Feature class que identifica las zonas de dunas o vegetación costera ubicada en la franja costera: A partir del Mapa de Vegetación de Canarias se selecionarán aquellas comunidades vegetales relacionadas con la vegetación costera. Así como las zonas de playas y dunas designadas en SIOSE.

Dataset ELEM_VUL				
Nombre del feature class: Diques		**Escala:** **Fuente: MAPA TOPOGRÁFICO/GRAFCAN**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos correspondiente a diques, escolleras o puertos que actúen de protección de la costa				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
TIPO	String	3	No	Tipo de elemento (dique, puerto, escollera)
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Diques: Feature class que identifica los diques, escolleras o pantalanes del Mapa Topográfico 1:5.000 de Canarias. Concretamente, se selecionaran:

- Dique: con level 5259
- Escollera: level 5782
- Pantalan: 5626

Dataset ELEM_VUL				
Nombre del feature class: Pared		**Escala:** **Fuente: MAPA TOPOGRÁFICO/GRAFCAN**		**Tipo:** Línea **Representación gráfica:**
Definición: Línea que delimita e identifica la existencia de muros de contención, paredes en las inmediaciones de los edificios, únicamente en la franja costera				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
TIPO	String	3	No	Tipo de elemento muro
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset ELEM_VUL				
Nombre del feature class: Vuleco_prot_edif_inund_cost	**Escala:** **Fuente: GRAFCAN/CATASTRO**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos correspondiente a las edificaciones que presentan algún tipo de protección frente a los fenómenos costeros (incluidos en la franja costera)				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información en la Base de Datos IEE
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
NOMBRE	String	250	No	Nombre del elemento
DESCRIP	String	250	No	Descripción del elemento
FILA_EDIFC	Double	6	Yes	Fila respecto a la costa en la que se encuentra el edificio
BARR_NAT	Double	3	Yes	Identificación de la existencia de barrera natural
DIQUES	Double	4	Yes	Presencia de diques
PARED	Double	4	Yes	Presencia de pared de protección
V_FILAEDIF	Double	4	Yes	Valor establecido de las edificaciones según su ubicación
V_BARRNAT	Double	4	Yes	Valor establecido de las edificaciones según la presencia de barreras naturales
V_DIQUES	Double	4	Yes	Valor establecido de las edificaciones según la presencia de diques
V_PARED	Double	4	Yes	Valor establecido de las edificaciones según su presencia de paredes de protección
V_TOTAL	Double	4	Yes	Suma de los valores V_FILAEDIF, V_BARRNAT, V_DIQUES y V_PARED
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset ELEM_VUL				
Nombre del feature class: Vuleco_edif_inund_cost_total		**Escala:** **Fuente: GRAFCAN/CATASTRO**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígonos correspondiente a valor total de la vulnerabilidad económica de las edificaciones ante fenómenos costeros				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información en la Base de Datos IEE
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
NOMBRE	String	250	No	Nombre del elemento
DESCRIP	String	250	No	Descripción del elemento
V_CARACT	Double	4	Yes	Valor establecido de las edificaciones según sus características
V_PROT	Double	4	Yes	Valor establecido de las edificaciones según su protección
V_TOTAL	Double	4	Yes	Suma de los valores V_CARACT y V_PROT
VALOR	String	10	No	Graduación de la vulnerabilidad económica de las edificaciones ante inundaciones fluviales según el V_TOTAL
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Pared: Feature class que identifica los muros o paredes que delimitan los edificios como son

- Muro, pared o tapia: Level 5264
- Bancal: 5346

Dataset ELEM_VUL				
Nombre del feature class: Mapa_veg		**Escala:** **Fuente: MAPA VEGETACIÓN/GRAFCAN**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**
Definición: Polígono que representa las distintas clases del Mapa de Vegetación de Canarias				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
C_VEGETACI	String	254	No	Tipo de vegetación existente según el Mapa de Vegetación de Canarias
C_NOM_COMU	String	254	No	Nombre de la comunidad de vegetación existente según el Mapa de Vegetación de Canarias
C_CODFISIO	String	254	No	Código fisionómico según el Mapa de Vegetación de Canarias
C_FISIONOM	String	254	No	Fisionomía de la clase de vegetación según el Mapa de Vegetación de Canarias
TIPO_VEG	String	50	No	Tipo de vegetación considerando: masa de frondosas, masa mixta, masa de coníferas, matorral, resto
V_TIPO_VEG	Double	8	Yes	Valor según el tipo de edificación
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset ELEM_VUL				
Nombre del feature class: Zonas_priorit		**Escala:** **Fuente: MAPA VEGETACIÓN/GRAFCAN**	**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**	
Definición: Polígono que representa varios bufer respecto a las edificaciones de 10, 30 y 100 metros, donde se encuentra masa de vegetación forestal (cualquier tipo de matorral o arbolado)				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
TIPO_VEG	String	50	No	Tipo de vegetación masa forestal (asa de frondosas, masa mixta, masa de coníferas, matorral)
ZONA_PRIORIT	String	250	No	identifica la zona respecto a la vegetación donde se ubica la edificación
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset ELEM_VUL				
Nombre del feature class: Vuleco_caract_edif_inc_forest	**Escala:** **Fuente: GRAFCAN/CATASTRO**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos correspondiente a edificaciones aisladas (incluidas en las zonas prioritarias) que presentan diferentes características, que genera una mayor vulnerabilidad económica ante incendios forestales				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información en la Base de Datos IEE
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
NOMBRE	String	250	No	Nombre del elemento
DESCRIP	String	250	No	Descripción del elemento
ANO_CONST	Double	4	Yes	Año de construcción de la edificación
TIPO_CONST	String	100	No	Tipología de la construcción según le año de construcción y las características arquitectónicas de Canarias
EST_EDIF	String	100	No	Estado de la edificación según Mapa Topográfico
TIPO_TECH	String	250	No	Tipo de techo de la edificación
ZONA_PRIORIT	String	250	No	identifica la zona respecto a la vegetación donde se ubica la edificación
TIPO_VEG	String	250	No	Tipo de vegetación en las zonas prioritarias 1 y 2
LOC_LADERA	String	250	No	Localización de la edificación en la ladera
NOMBRE_MUN	String	100	No	Nombre del municipio donde se encuentra la edificación
NOMBRE_URB	String	100	Yes	Nombre de la ciudad o núcleo urbano donde se encuentra la edificación
NOMB_ASENT	String	100	Yes	Nombre del asentamiento rural donde se encuentra la edificación
V_LOCLAD	Double	4	Yes	Valor establecido de las edificaciones según su localización en la ladera
V_TIPOVEG	Double	4	Yes	Valor establecido de las edificaciones según el tipo de vegetación colindante
V_TIPO	Double	4	Yes	Valor establecido de las edificaciones según su tipología
V_CART_TECHO	Double	4	Yes	Valor establecido de las edificaciones según las características del techo ante incendios forestales
V_TOTAL	Double	4	Yes	Suma de los valores V_LOCLAD, V_TIPOVEG, V_TIPO y V_CART_TECHO
VALOR	String	10	No	Graduación de la vulnerabilidad económica de las edificaciones ante incendios forestales según el V_TOTAL
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset ELEM_VUL				
Nombre del feature class: Vuleco_caract_edif_din_vert	**Escala:** **Fuente: GRAFCAN/CATASTRO**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos correspondiente a las edificaciones donde se incluyen las características que las hacen más vulnerables ante movimientos de ladera				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información en la Base de Datos IEE
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
NOMBRE	String	250	No	Nombre del elemento
DESCRIP	String	250	No	Descripción del elemento
ANO_CONST	Double	4	Yes	Año de construcción de la edificación
TIPO_CONST	String	100	No	Tipología de la construcción según le año de construcción y las características arquitectónicas de Canarias
EST_EDIF	String	100	No	Estado de la edificación según Mapa Topográfico
ZONA_PTE	String	250	No	Gradua la distancia existente de zonas de pendiente mayor al 30% de la edificación
UBICA	String	250	No	Disposición de las edificaciones respecto a las zonas de pendiente
NOMBRE_MUN	String	100	No	Nombre del municipio donde se encuentra la edificación
NOMBRE_URB	String	100	Yes	Nombre de la ciudad o núcleo urbano donde se encuentra la edificación
NOMB_ASENT	String	100	Yes	Nombre del asentamiento rural donde se encuentra la edificación
V_ZONAPTE	Double	4	Yes	Valor establecido de las edificaciones según su localización respecto a las zonas de pendiente superior al 30%
V_UBICA	Double	4	Yes	Valor establecido de las edificaciones según la zona donde se ubica
V_TIPO	Double	4	Yes	Valor establecido de las edificaciones según su tipología
V_ANOCONST	Double	4	Yes	Valor establecido de las edificaciones según la época de construcción y la aplicación de la normativa
V_TOTAL	Double	4	Yes	Suma de los valores V_ZONAPTE, V_UBICA, V_TIPO y V_ANOCONST
VALOR	String	10	No	Graduación de la vulnerabilidad económica de las edificaciones ante incendios forestales según el V_TOTAL
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset ELEM_VUL				
Nombre del feature class: Vuleco_rest_uso	**Escala:** **Fuente: GRAFCAN/CATASTRO**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos correspondiente a las edificaciones donde se incluyen las características que las hacen más vulnerables ante movimientos de ladera				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
CODIGO_IEE	Double	8	Yes	Código Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
FUENTE	String	25	No	Fuente de la información en la Base de Datos IEE
CLASE	String	100	No	Denominación de la clase a la que pertenece en la Base de Datos IEE
TIPO	String	100	No	Denominación del tipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
SUBTIPO	String	100	No	Denominación del subtipo de elemento al que pertenece en la Base de Datos IEE
NOMBRE	String	250	No	Nombre del elemento
DESCRIP	String	250	No	Descripción del elemento
NOMBRE_MUN	String	100	No	Nombre del municipio donde se encuentra la edificación
V_SISM	Double	4	Yes	Valor de vulnerabilidad económica establecida a cada tipo de elemento por procesos sísmicos
V_VOLC	Double	4	Yes	Valor de vulnerabilidad económica establecida a cada tipo de elemento por procesos volcánicos
V_INUN_FLU	Double	4	Yes	Valor de vulnerabilidad económica establecida a cada tipo de elemento por inundaciones fluviales
V_INUN_COST	Double	4	Yes	Valor de vulnerabilidad económica establecida a cada tipo de elemento por inundaciones costeras
V_INC	Double	4	Yes	Valor de vulnerabilidad económica establecida a cada tipo de elemento por incendios forestales
V_DIN_VERT	String	10	No	Valor de vulnerabilidad económica establecida a cada tipo de elemento por movimientos de ladera
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Elementos de interés relacionados con el riesgo

Este dataset estará compuesto por un total de 3 feature class, donde cada uno se corresponde al valor del riesgo en determinadas zonas críticas, originadas al interseccionar los barrancos con las zonas urbanas y recogidas en el Estudio de Riesgos Hidráulicos de Canarias.

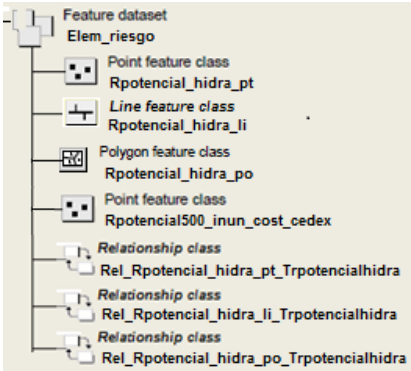


Figura: Componentes del dataset de elementos de interés del riesgo

A continuación se detalla la composición de cada feature class:

Dataset ELEM_RIESG				
Nombre del feature class: Rpotencial_Hidra_pt		**Escala:** **Fuente: GESPLAN**		**Tipo:** Punto **Representación gráfica:**
Definición: Punto correspondiente a los puntos críticos identificados en Canarias relativos al Estudio de Riesgos Hidráulicos desarrollado por GESPLAN.				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
COD_RP	Double	8	Yes	Recogerá el código dado al elemento según el Estudio de Riesgos hidráulicos
GRAVEDAD	String	25	No	Recogerá el grado dado a ese punto crítico según el estudio
FUENTE	String	100	No	Denominación de la fuente de identificación del punto crítico
NOMBMUN	String	100	No	Denominación del municipio en el que se encuentra el punto critico
NOMBCUENCA	String	100	No	Denominación de la cuenca en la que se encuentra el punto crítico
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset ELEM_RIESG				
Nombre del feature class: Rpotencial_Hidra_li		**Escala:** **Fuente: GESPLAN**		**Tipo:** Línea **Representación gráfica:**
Definición: Líneas correspondiente a los puntos críticos identificados en Canarias relativos al Estudio de Riesgos Hidráulicos desarrollado por GESPLAN.				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
COD_RP	Double	8	Yes	Recogerá el código dado al elemento según el Estudio de Riesgos hidráulicos
GRAVEDAD	String	25	No	Recogerá el grado dado a ese punto crítico según el estudio
FUENTE	String	100	No	Denominación de la fuente de identificación del punto crítico
NOMBMUN	String	100	No	Denominación del municipio en el que se encuentra el punto critico
NOMBCUENCA	String	100	No	Denominación de la cuenca en la que se encuentra el punto crítico
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset ELEM_RIESG				
Nombre del feature class: Rpotencial_Hidra_po	**Escala:** **Fuente: GESPLAN**		**Tipo:** Polígono **Representación gráfica:**	
Definición: Polígonos correspondiente a las zonas críticas identificados en Canarias relativos al Estudio de Riesgos Hidráulicos desarrollado por GESPLAN.				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
COD_RP	Double	8	Yes	Recogerá el código dado al elemento según el Estudio de Riesgos hidráulicos
GRAVEDAD	String	25	No	Recogerá el grado dado a ese punto crítico según el estudio
FUENTE	String	100	No	Denominación de la fuente de identificación del punto crítico
NOMBMUN	String	100	No	Denominación del municipio en el que se encuentra el punto critico
NOMBCUENCA	String	100	No	Denominación de la cuenca en la que se encuentra el punto crítico
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Dataset ELEM_RIESG				
Nombre del feature class: Rpotencial500_inund_cost_cedex	**Escala:** **Fuente: CEDEX**		**Tipo:** Punto **Representación gráfica:**	
Definición: Punto correspondiente a los centrodides de las zonas potenciales de inundación c ostera preliminares, para un periodo de retorno de 500 años, segun el estudio del CEDEX Evaluación Preliminar de riesgos de inundación y selección de áreas con riesgo potencial significativo en zonas costeras de las Demarcaciones Hidrográficas de Canarias".				
ATRIBUTOS	**TIPO**	**LONGITUD**	**NULL**	**DESCRIPCIÓN**
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
COD_CEDEX	Double	8	Yes	Recogerá el código dado por el CEDEX a ese elemento
NOMBRE_ARP	String	100	No	Denominación de la zona designada que presenta inundación potencial costera
UTM_X	Double	10	No	Coordenada X UTM 28
UTM_Y	Double	10	No	Coordenada Y UTM 28
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Object class o tablas

- Como object class aparecerán tablas que relacionarán la información gráfica con la información alfanumérica, en aquellos casos en los que no sea posible incluir esta información en la tabla de atributos del feature class, o bien, cuando se quiera relacionar con otras bases de datos del proyecto (como son el Catálogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias o la Base de Datos del Inventario de Elementos Expuestos).
- Es necesario además de detallar la composición de la tabla, incluir la relación existente entre el feature class y la tabla y describir cual es el tipo entre ambos elementos. A continuación se describe cada tabla:

Tredsismicavolcanica (Registro de estaciones sísmicas)

- Esta tabla incluirá diversas características de las estaciones de la red sísmica-volcánica de Canarias, información obtenida a partir de los datos del IGN (Instituto Geográfico Nacional) y de las estaciones del CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) o el ITER (Instituto Tecnológico y de Energías Renovables de Canarias).
- La información gráfica del feature class y la tabla se relacionaran mediante un relationship, a partir del campo de la tabla de atributos del feature class Red_sismos_volc denominado COD_EST. Este campo quedará incluido en tabla Tredsismicavolcanica, con la misma denominación y registros.
- El tipo de relación o cardinalidad es de una a una, ya que en el feature class existirá un único registro con un código, de igual forma que en la tabla.

TCatsismos (Catalogo de terremotos o sismos registrados según la información del IGN o CSIC)

- Tabla que incluirá todos los eventos sísmicos registrados en Canarias, con la información de detalle de los mismos, según lo indicado por el IGN.
- La información gráfica del feature class y la tabla se relacionaran mediante un relationship, a partir del campo de la tabla de atributos del feature class Cat_sismos denominado CODIGO_FU. Este campo quedará incluido en tabla TCatsismos, con la misma denominación y numero de registros.
- El tipo de relación o cardinalidad es de una a una, ya que en el feature class existirá un único registro con un código, de igual forma que en la tabla.

Tmareoboyas (Registro de estaciones de mareografos y boyas)

- Esta tabla incluirá diversas características de las estaciones de la red de boyas y mareografos de Canarias, información obtenida a partir de los datos de Puertos del Estado, red SIMAR-44, REDCOS, REDEXT Y REDMAR
- La información gráfica del feature class y la tabla se relacionaran mediante un relationship, a partir del campo de la tabla de atributos del feature class Red_mareo _boya denominado COD_EST. Este campo quedará incluido en tabla Tmareoboyas, con la misma denominación y registros.
- El tipo de relación o cardinalidad es de una a una, ya que en el feature class existirá un único registro con un código, de igual forma que en la tabla.

Terupcioneshistoricas (Registro Erupciones históricas)

- Esta tabla incluirá toda la información existente y de forma detallada relacionada con cada una de las erupciones históricas constatadas ocurridas en Canarias.
- La información gráfica del feature class y la tabla se relacionaran mediante un relationship, a partir del campo de la tabla de atributos del feature class Erupc_hist denominado COD_EHIST. Este campo quedará incluido en tabla Terupcioneshistoricas, con la misma denominación y registro.
- El tipo de relación o cardinalidad es de muchos a una, ya que en el feature class puede existir más de un registro o polígono asociado a una misma erupción o código dado a esa erupción, mientras que en la tabla el código de la erupción es único.

Tterremotos (Catalogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias. Sismos)

- La tabla incluirá toda la información necesaria para relacionar la información gráfica con la registrada en el Catálogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias referida a los sismos que han causado daños.
- La información gráfica del feature class y la tabla se relacionaran mediante un relationship, a partir del campo de la tabla de atributos del feature class Ev_hist_sism denominado IDEVENTO. Este campo quedará incluido en tabla Tterremotos, con la misma denominación y registro. El tipo de relación o cardinalidad es de una a una, ya que en el feature class existirá un único registro con un código, de igual forma que en la tabla.

Teventosvolcanicos (Catalogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias. Vulcanismo)

- La tabla incluirá toda la información necesaria para relacionar la información gráfica con la registrada en el Catálogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias referida a los eventos volcánicos que han causado daños.
- La información gráfica del feature class y la tabla se relacionaran mediante un relationship, a partir del campo de la tabla de atributos del feature class Ev_hist_volc denominado IDEVENTO. Este campo quedará incluido en tabla Teventosvolcanicos, con la misma denominación y registro.
- El tipo de relación o cardinalidad es de una a una, ya que en el feature class existirá un único registro con un código, de igual forma que en la tabla.

Tinundacionesfluviales (Catalogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias. Inundaciones fluviales)

- La tabla incluirá toda la información necesaria para relacionar la información gráfica con la registrada en el Catálogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias referida a las inundaciones fluviales que han causado daños.
- La información gráfica del feature class y la tabla se relacionaran mediante un relationship, a partir del campo de la tabla de atributos del feature class Ev_hist_inund_flu denominado IDEVENTO. Este campo quedará incluido en tabla Tinundacionesfluviales, con la misma denominación y registro.
- El tipo de relación o cardinalidad es de una a una, ya que en el feature class existirá un único registro con un código, de igual forma que en la tabla.

Tinundacionescosteras (Catalogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias. Inundaciones costeras)

- La tabla incluirá toda la información necesaria para relacionar la información gráfica con la registrada en el Catálogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias referida a las inundaciones costeras que han causado daños.
- La información gráfica del feature class y la tabla se relacionaran mediante un relationship, a partir del campo de la tabla de atributos del feature class Ev_hist_inund_cost denominado IDEVENTO. Este campo quedará incluido en tabla Tinundacionescosteras, con la misma denominación y registro.
- El tipo de relación o cardinalidad es de una a una, ya que en el feature class existirá un único registro con un código, de igual forma que en la tabla.

Tincendiosforestales (Catalogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias. Incendios forestales)

- La tabla incluirá toda la información necesaria para relacionar la información gráfica con la registrada en el Catálogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias referida a incendios forestales que han causado daños.
- La información gráfica del feature class y la tabla se relacionaran mediante un relationship, a partir del campo de la tabla de atributos del feature class Ev_hist_inc_forest denominado IDEVENTO. Este campo quedará incluido en tabla Tincendiosforestales, con la misma denominación y registro.
- El tipo de relación o cardinalidad es de una a una, ya que en el feature class existirá un único registro con un código, de igual forma que en la tabla.

Tmovimientosladera (Catalogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias. Movimientos de ladera)

- La tabla incluirá toda la información necesaria para relacionar la información gráfica con la registrada en el Catálogo de Eventos Naturales Históricos de Canarias referida a los movimientos de ladera que han causado daños.
- La información gráfica del feature class y la tabla se relacionaran mediante un relationship, a partir del campo de la tabla de atributos del feature class Ev_hist_din_vert denominado IDEVENTO. Este campo quedará incluido en tabla Tmovimientosladera, con la misma denominación y registro.
- El tipo de relación o cardinalidad es de una a una, ya que en el feature class existirá un único registro con un código, de igual forma que en la tabla.

Telemexpt (Base de datos del Inventario de Elementos Expuestos)

- La tabla incluirá toda la información necesaria para relacionar la información gráfica de los elementos expuestos con la información registrada en la Base de datos del Inventario de Elementos Expuestos utilizada por Protección Civil.
- La información gráfica del feature class y la tabla se relacionaran mediante un relationship, a partir del campo de la tabla de atributos del feature class Element_exp denominado CODIGO_IEE. Este campo quedará incluido en tabla Telemexpt, con la misma denominación y registro.
- El tipo de relación o cardinalidad es de muchos a una, ya que en el feature class existirán varios registros con un mismo código (por ejemplo varias carreteras principales), mientras que en la tabla solo existirá un único registro con ese código.

Trpotencialhidra (Base de datos del Estudio de Riesgos Hidráulicos)

- La tabla incluirá toda la información necesaria para relacionar la información gráfica de los puntos, líneas y polígonos con la información registrada en la Base de datos del Estudio de Riesgos Hidráulicos, que representan puntos críticos respecto al riesgo hidráulico, en barrancos que atraviesan zonas urbanas o infraestructuras,
- La información gráfica del feature class y la tabla se relacionaran mediante un relationship, a partir del campo de la tabla de atributos de los feature class Rpotencial_hidra_pt, Rpotencial_hidra_li y Rpotencial_hidra_po denominado COD_RP. Este campo quedará incluido en tabla Trpotencialhidra, con la misma denominación y registro.
- El tipo de relación o cardinalidad es de una a una, ya que en el feature class existirá un único registro con un código, de igual forma que en la tabla.

Raster catalog

- Incluido dentro del raster catalog aparecen almacenados la siguiente colección de raster datasets. La gestión de estos raster se lleva a cabo en una tabla dentro de la geodatabase en la que cada registro representa un Dataset raster individual. Los raster estarán gestionados por la propia geodatabase, es decir, estarán incluidos en la misma.
- A continuación de describen los detalles de todos los raster incluidos:

Dataset RASTER_CATALOG		
Nombre del feature class: Precip_2	**Escala:** **Fuente: Mapa geológico Digital Continuo de Canarias**	**Tipo:** Raster **Representación gráfica:**
Definición: Grid que indica las isoyetas (precipitación máxima diaria) para un periodo de retorno de 2 años.		
Observaciones: Se construye a través de la interpolación de los datos de las precipitaciones registradas por los pluviómetros de las islas Agencias Estatal de Meteorología e Instituto Canario de Investigaciones Agrarias), utilizando la precipitación máxima diaria para un periodo de retorno. A partir de la interpolación de estos datos se obtiene las isoyetas.		

Precip_2: Para estimar las precipitaciones se parte de la metodología desarrollada por GESPLAN en Canarias, en el documento "Estudios de Riesgos Hidráulicos Constatados Insulares"**.** El principal dato de partida para la estimación de los caudales de escorrentía es el régimen de precipitaciones al que se encuentra sometida la zona. Para definirlo, se tiene como principal herramienta la base de datos de los pluviómetros gestionada por el Instituto Nacional de Meteorología, que se ha completado con los pluviómetros del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA) de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación del Gobierno de Canarias. Los datos utilizados serán la precipitación máxima diaria para cada mes, extrayéndose el máximo anual. Como consecuencia del anterior análisis, se obtienen una serie de valores puntuales de precipitación máxima diaria correspondientes a cada periodo de retorno definido. Estos valores están localizados en los puntos donde se ubican las diferentes estaciones meteorológicas con datos válidos.

Para obtener a partir de estos datos puntuales un valor medio ponderado para cualquier superficie definida por una subcuenca se utilizará el método de las isoyetas (lugar geométrico de todos los puntos de igual precipitación). La interpolación de modelo pluviométrico se realizará automáticamente mediante el método “kriging”. Este método de interpolación asume que la distancia o la dirección entre puntos muestreados reflejan una correlación espacial que puede ser usada para explicar la variación en la superficie. El método ajusta una función matemática a un número específico de puntos o a todos los puntos dentro de un radio determinado, para finalizar con el valor de salida para cada localización. El método se desarrolla en varios pasos, incluyendo un análisis estadístico exploratorio de los datos, un modelo de variograma, la creación de la superficie y opcionalmente explorando una superficie de varianza..

De esta forma se obtendrán en formato raster las isoyetas (precipitación máxima diaria) para un periodo de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años, para cada una de las islas. Estas isoyetas permiten estimar la pluviometría media para la cuenca y serán pasadas a formato shape.

Dataset RASTER_CATALOG		
Nombre del feature class: Precip_5	**Escala:** **Fuente: Mapa geológico Digital Continuo de Canarias**	**Tipo:** Raster **Representación gráfica:**
Definición: Grid que indica las isoyetas (precipitación máxima diaria) para un periodo de retorno de 5 años.		
Observaciones: Se construye a través de la interpolación de los datos de las precipitaciones registradas por los pluviómetros de las islas Agencias Estatal de Meteorología e Instituto Canario de Investigaciones Agrarias), utilizando la precipitación máxima diaria para un periodo de retorno. A partir de la interpolación de estos datos se obtiene las isoyetas.		

Dataset RASTER_CATALOG		
Nombre del feature class: Precip_10	**Escala:** **Fuente: Mapa geológico Digital Continuo de Canarias**	**Tipo:** Raster **Representación gráfica:**
Definición: Grid que indica las isoyetas (precipitación máxima diaria) para un periodo de retorno de 10 años.		
Observaciones: Se construye a través de la interpolación de los datos de las precipitaciones registradas por los pluviómetros de las islas Agencias Estatal de Meteorología e Instituto Canario de Investigaciones Agrarias), utilizando la precipitación máxima diaria para un periodo de retorno. A partir de la interpolación de estos datos se obtiene las isoyetas.		

Dataset RASTER_CATALOG		
Nombre del feature class: Precip_25	**Escala:** **Fuente: Mapa geológico Digital Continuo de Canarias**	**Tipo:** Raster **Representación gráfica:**
Definición: Grid que indica las isoyetas (precipitación máxima diaria) para un periodo de retorno de 25 años.		
Observaciones: Se construye a través de la interpolación de los datos de las precipitaciones registradas por los pluviómetros de las islas Agencias Estatal de Meteorología e Instituto Canario de Investigaciones Agrarias), utilizando la precipitación máxima diaria para un periodo de retorno. A partir de la interpolación de estos datos se obtiene las isoyetas.		

Dataset RASTER_CATALOG		
Nombre del feature class: Precip_100	**Escala:** **Fuente: Mapa geológico Digital Continuo de Canarias**	**Tipo:** Raster **Representación gráfica:**
Definición: Grid que indica las isoyetas (precipitación máxima diaria) para un periodo de retorno de 100 años.		
Observaciones: Se construye a través de la interpolación de los datos de las precipitaciones registradas por los pluviómetros de las islas Agencias Estatal de Meteorología e Instituto Canario de Investigaciones Agrarias), utilizando la precipitación máxima diaria para un periodo de retorno. A partir de la interpolación de estos datos se obtiene las isoyetas.		

Dataset RASTER_CATALOG		
Nombre del feature class: Precip_200	**Escala:** **Fuente: Mapa geológico Digital Continuo de Canarias**	**Tipo:** Raster **Representación gráfica:**
Definición: Grid que indica las isoyetas (precipitación máxima diaria) para un periodo de retorno de 200 años.		
Observaciones: Se construye a través de la interpolación de los datos de las precipitaciones registradas por los pluviómetros de las islas Agencias Estatal de Meteorología e Instituto Canario de Investigaciones Agrarias), utilizando la precipitación máxima diaria para un periodo de retorno. A partir de la interpolación de estos datos se obtiene las isoyetas.		

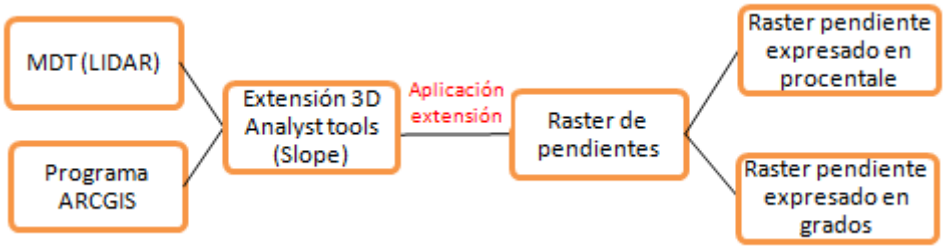
Dataset RASTER_CATALOG		
Nombre del feature class: Precip_500	**Escala:** **Fuente: Mapa geológico Digital Continuo de Canarias**	**Tipo:** Raster **Representación gráfica:**
Definición: Grid que indica las isoyetas (precipitación máxima diaria) para un periodo de retorno de 500 años.		
Observaciones: Se construye a través de la interpolación de los datos de las precipitaciones registradas por los pluviómetros de las islas Agencias Estatal de Meteorología e Instituto Canario de Investigaciones Agrarias), utilizando la precipitación máxima diaria para un periodo de retorno. A partir de la interpolación de estos datos se obtiene las isoyetas.		

Dataset RASTER_CATALOG		
Nombre del feature class: MDT	**Escala:** **Fuente: Mapa geológico Digital Continuo de Canarias**	**Tipo:** Raster **Representación gráfica:**
Definición: Grid que indica el valor de la altura en cada celda		
Observaciones: Construido a partir del tratamiento de la información LiDAR, mediante la interpolación de los valores de cota obtenidos con el laser.		

MDT: Los Modelos Digitales del Terreno (MDT) se construyen a través de curvas de nivel, puntos acotados y actualmente a partir del LIDAR. Constituyen una herramienta que permite visualizar el relieve, obteniendo diferentes factores en relación al análisis de la delimitación de cuencas de drenaje, obtención de mapas de pendientes y orientaciones, etc. Estos modelos digitales del terreno (MDT), se pueden obtener a partir de modelos digitales de elevaciones (MDE) mediante la utilización de LIDAR y han sido proporcionados en formato raster por medio de GRAFCAN.

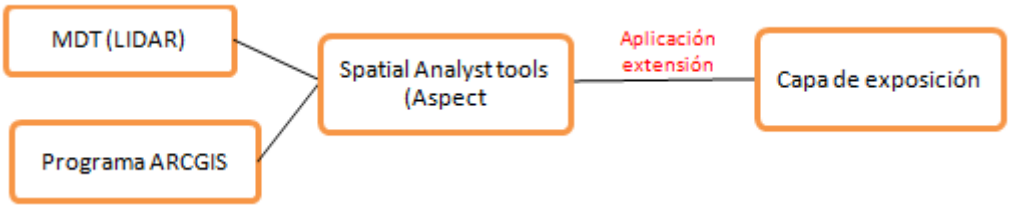
Dataset RASTER_CATALOG		
Nombre del feature class: Pendt	**Escala:** **Fuente: Mapa geológico Digital Continuo de Canarias**	**Tipo:** Raster **Representación gráfica:**
Definición: Grid que indica el valor de la pendiente en cada celda en porcentaje		
Observaciones: Se deberá construir a partir del MDT. Con el mismo tamaño de celda.		

Pendt: El mapa de pendientes se obtiene a partir del MDT y de la información asociada que presenta el mismo. Mediante la herramienta de ARCGIS Slope, incluida dentro de Arctoolbox en la extensión Analyst tools, se obtiene una capa en formato raster de la pendiente del terreno que puede ser expresada tanto en porcentaje como en grados.



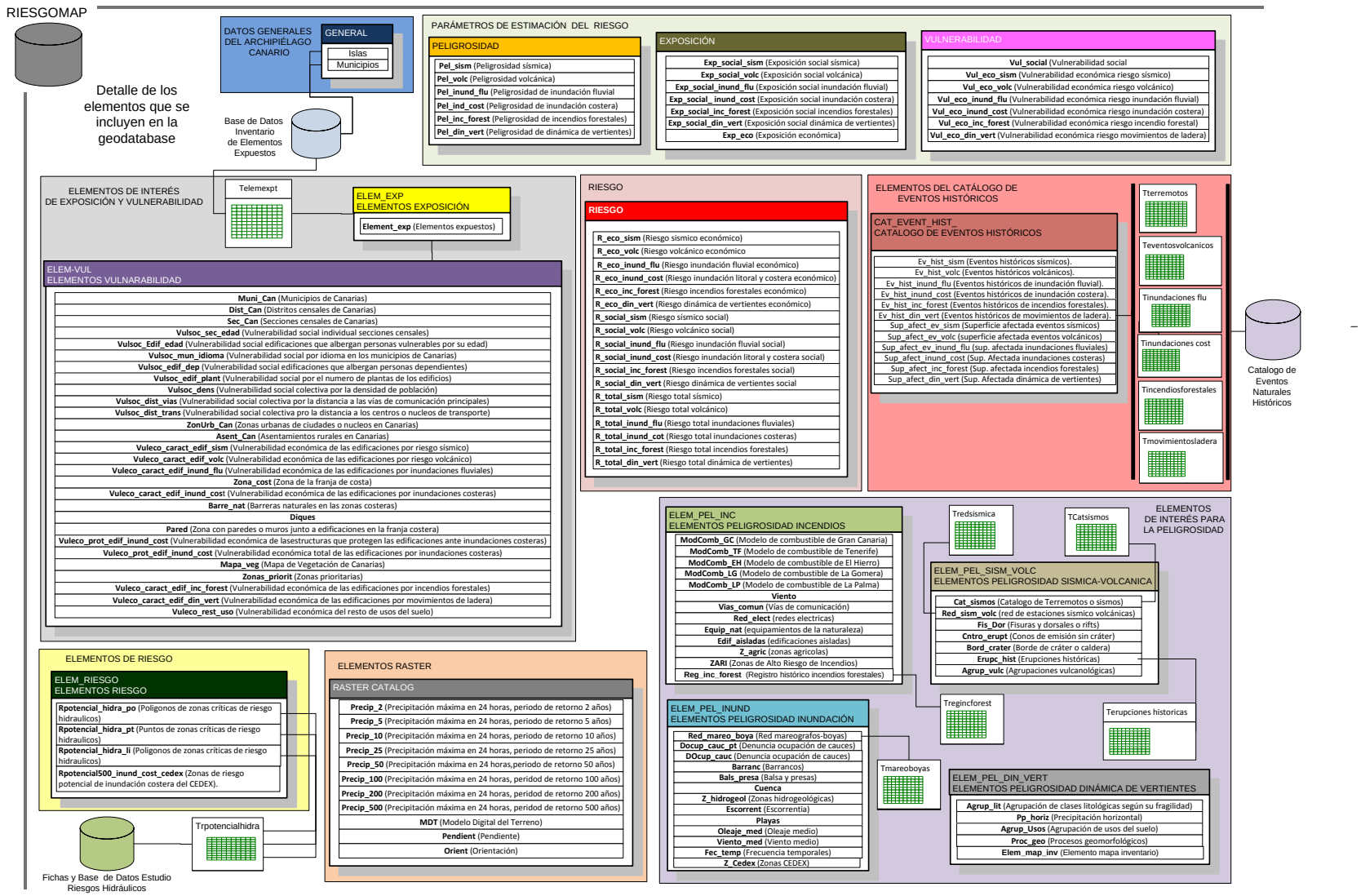
Dataset RASTER_CATALOG		
Nombre del feature class: Orient	**Escala:** **Fuente: Mapa geológico Digital Continuo de Canarias**	**Tipo:** Raster **Representación gráfica:**
Definición: Grid que indica el valor de la orientación en cada celda en porcentaje		
Observaciones: Se deberá construir a partir del MDT. Con el mismo tamaño de celda.		

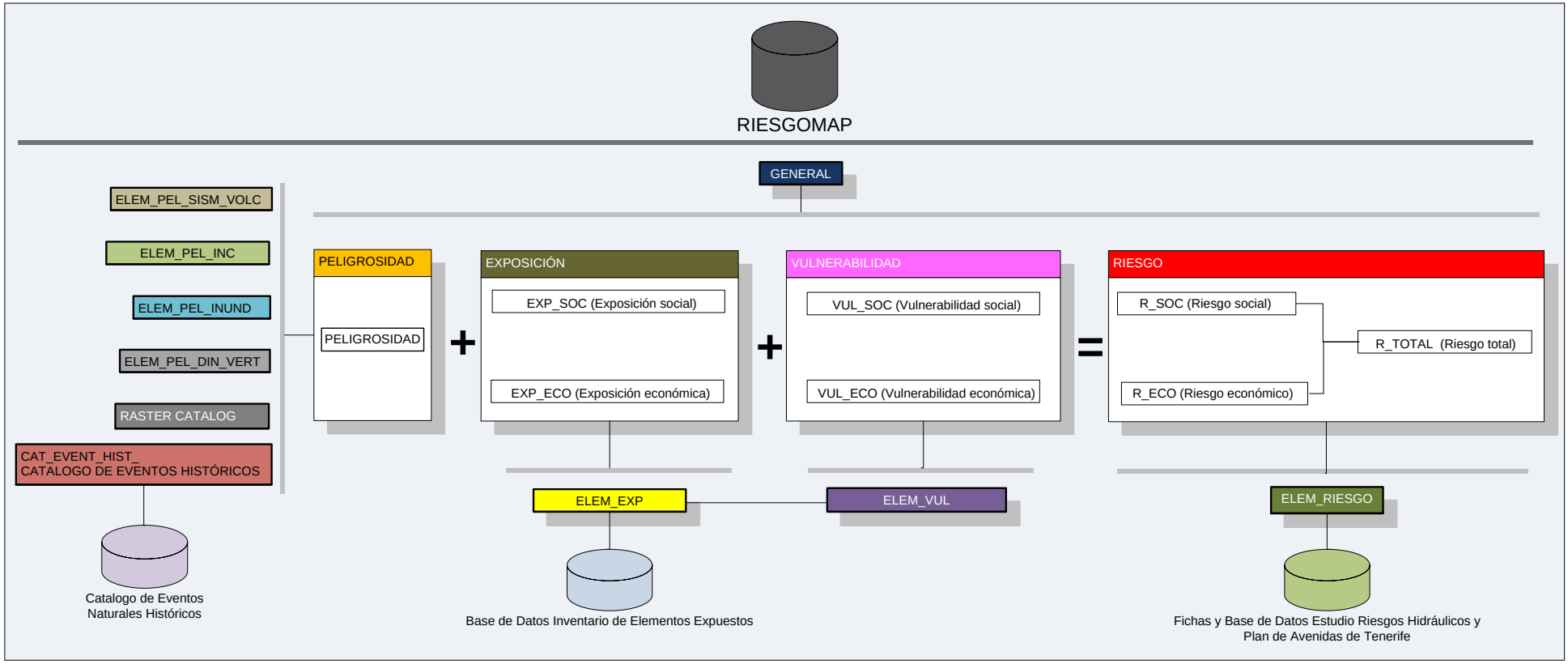
Orient: La incidencia de la radicación solar sobre las laderas influye sobre el grado de humedad de la vegetación, el tipo de vegetación y la temperatura superficial, factores importantes a la hora de iniciarse y propagarse un incendio. Para poder estimar la exposición del terreno se utiliza el Modelo Digital de Terreno (MDT) (GRAFCAN), obtenido a partir del LIDAR. Mediante el programa ArcGIS, en la extensión Spatial Analyst aparece la herramienta denominada Aspect que proporciona la orientación del terreno.

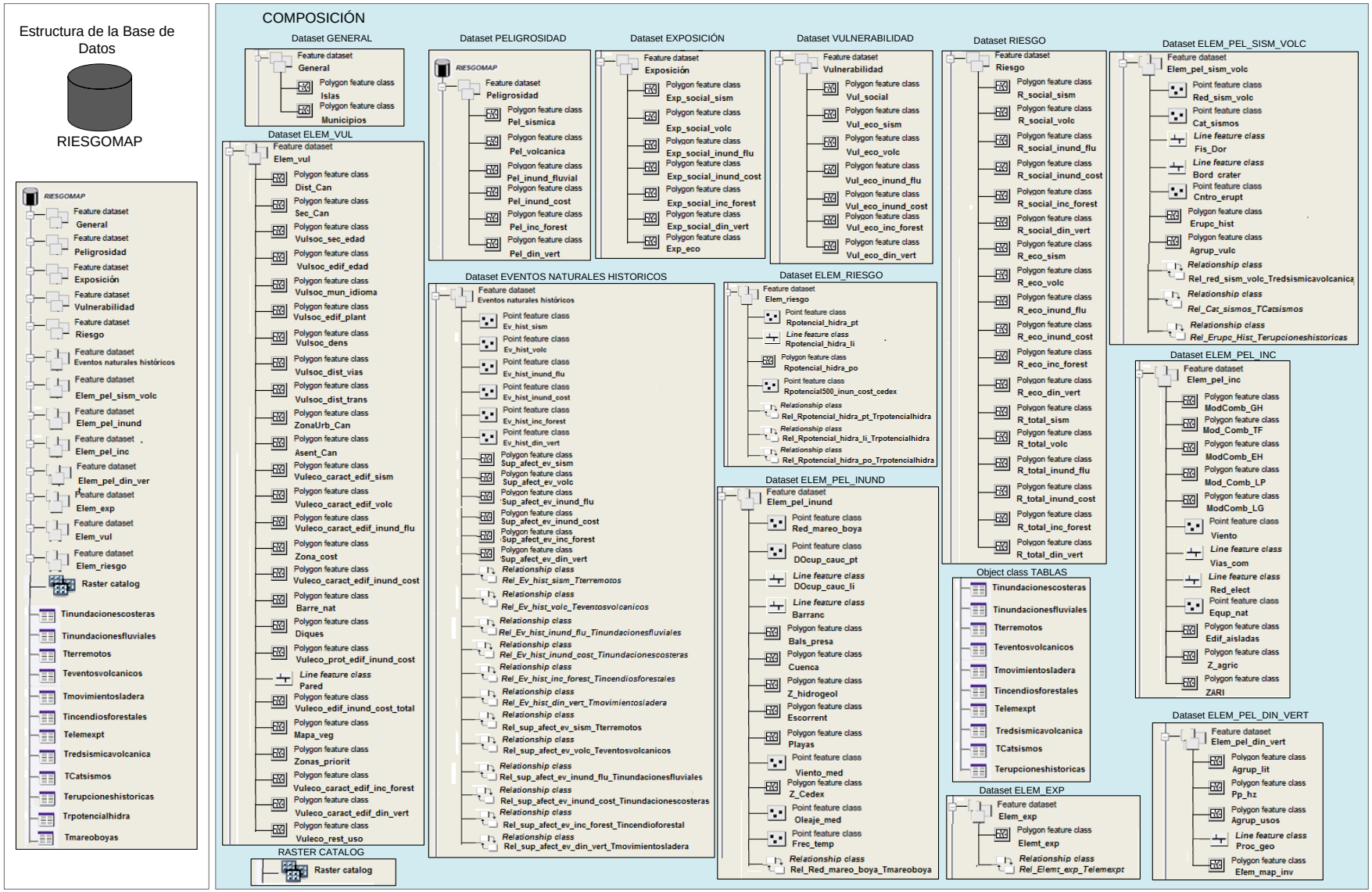


Esquemas

A continuación se adjuntan los esquemas generales de la Base de Datos de RIESGOMAP, diseñada como una geodatabase. En estos esquemas se detalla la composición de todos los elementos que constituyen la base de datos.


RIESGOMAP
Detalle de los elementos que se incluyen en la geodatabase
DATOS GENERALES DEL ARCHIPIÉLAGO CANARIO
GENERAL
Islas
Municipios
Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
PARÁMETROS DE ESTIMACIÓN DEL RIESGO
PELIGROSIDAD
Pel_sism (Peligrosidad sísmica)
Pel_volc (Peligrosidad volcánica)
Pel_inund_flu (Peligrosidad de inundación fluvial
Pel_ind_cost (Peligrosidad de inundación costera)
Pel_inc_forest (Peligrosidad de incendios forestales)
Pel_din_vert (Peligrosidad de dinámica de vertientes)
EXPOSICIÓN
Exp_social_sism (Exposición social sísmica)
Exp_social_volc (Exposición social volcánica)
Exp_social_inund_flu (Exposición social inundación fluvial)
Exp_social_ inund_cost (Exposición social inundación costera)
Exp_social_inc_forest (Exposición social incendios forestales)
Exp_social_din_vert (Exposición social dinámica de vertientes)
Exp_eco (Exposición económica)
VULNERABILIDAD
Vul_social (Vulnerabilidad social
Vul_eco_sism (Vulnerabilidad económica riesgo sísmico)
Vul_eco_volc (Vulnerabilidad económica riesgo volcánico)
Vul_eco_inund_flu (Vulnerabilidad económica riesgo inundación fluvial)
Vul_eco_inund_cost (Vulnerabilidad económica riesgo inundación costera)
Vul_eco_inc_forest (Vulnerabilidad económica riesgo incendio forestal)
Vul_eco_din_vert (Vulnerabilidad económica riesgo movimientos de ladera)
ELEMENTOS DE INTERÉS DE EXPOSICIÓN Y VULNERABILIDAD
Telemexpt
ELEM_EXP
ELEMENTOS EXPOSICIÓN
Element_exp (Elementos expuestos)
ELEM-VUL
ELEMENTOS VULNARABILIDAD
Muni_Can (Municipios de Canarias)
Dist_Can (Distritos censales de Canarias)
Sec_Can (Secciones censales de Canarias)
Vulsoc_sec_edad (Vulnerabilidad social individual secciones censales)
Vulsoc_Edif_edad (Vulnerabilidad social edificaciones que albergan personas vulnerables por su edad)
Vulsoc_mun_idioma (Vulnerabilidad social por idioma en los municipios de Canarias)
Vulsoc_edif_dep (Vulnerabilidad social edificaciones que albergan personas dependientes)
Vulsoc_edif_plant (Vulnerabilidad social por el numero de plantas de los edificios)
Vulsoc_dens (Vulnerabilidad social colectiva por la densidad de población)
Vulsoc_dist_vias (Vulnerabilidad social colectiva por la distancia a las vías de comunicación principales)
Vulsoc_dist_trans (Vulnerabilidad social colectiva pro la distancia a los centros o nucleos de transporte)
ZonUrb_Can (Zonas urbanas de ciudades o nucleos en Canarias)
Asent_Can (Asentamientos rurales en Canarias)
Vuleco_caract_edif_sism (Vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo sísmico)
Vuleco_caract_edif_volc (Vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo volcánico)
Vuleco_caract_edif_inund_flu (Vulnerabilidad económica de las edificaciones por inundaciones fluviales)
Zona_cost (Zona de la franja de costa)
Vuleco_caract_edif_inund_cost (Vulnerabilidad económica de las edificaciones por inundaciones costeras)
Barre_nat (Barreras naturales en las zonas costeras)
Diques
Pared (Zona con paredes o muros junto a edificaciones en la franja costera)
Vuleco_prot_edif_inund_cost (Vulnerabilidad económica de lasestructuras que protegen las edificaciones ante inundaciones costeras)
Vuleco_prot_edif_inund_cost (Vulnerabilidad económica total de las edificaciones por inundaciones costeras)
Mapa_veg (Mapa de Vegetación de Canarias)
Zonas_priorit (Zonas prioritarias)
Vuleco_caract_edif_inc_forest (Vulnerabilidad económica de las edificaciones por incendios forestales)
Vuleco_caract_edif_din_vert (Vulnerabilidad económica de las edificaciones por movimientos de ladera)
Vuleco_rest_uso (Vulnerabilidad económica del resto de usos del suelo)
RIESGO
RIESGO
R_eco_sism (Riesgo sismico económico)
R_eco_volc (Riesgo volcánico económico
R_eco_inund_flu (Riesgo inundación fluvial económico)
R_eco_inund_cost (Riesgo inundación litoral y costera económico)
R_eco_inc_forest (Riesgo incendios forestales económico)
R_eco_din_vert (Riesgo dinámica de vertientes económico)
R_social_sism (Riesgo sísmico social)
R_social_volc (Riesgo volcánico social)
R_social_inund_flu (Riesgo inundación fluvial social)
R_social_inund_cost (Riesgo inundación litoral y costera social)
R_social_inc_forest (Riesgo incendios forestales social)
R_social_din_vert (Riesgo dinámica de vertientes social
R_total_sism (Riesgo total sísmico)
R_total_volc (Riesgo total volcánico)
R_total_inund_flu (Riesgo total inundaciones fluviales)
R_total_inund_cot (Riesgo total inundaciones costeras)
R_total_inc_forest (Riesgo total incendios forestales)
R_total_din_vert (Riesgo total dinámica de vertientes)
ELEMENTOS DEL CATÁLOGO DE EVENTOS HISTÓRICOS
CAT_EVENT_HIST_
CATÁLOGO DE EVENTOS HISTÓRICOS
Ev_hist_sism (Eventos históricos sísmicos).
Ev_hist_volc (Eventos históricos volcánicos).
Ev_hist_inund_flu (Eventos históricos de inundación fluvial).
Ev_hist_inund_cost (Eventos históricos de inundación costera).
Ev_hist_inc_forest (Eventos históricos de incendios forestales).
Ev_hist_din_vert (Eventos históricos de movimientos de ladera).
Sup_afect_ev_sism (Superficie afectada eventos sísmicos)
Sup_afect_ev_volc (superficie afectada eventos volcánicos)
Sup_afect_ev_inund_flu (sup. afectada inundaciones fluviales)
Sup_afect_inund_cost (Sup. Afectada inundaciones costeras)
Sup_afect_inc_forest (Sup. afectada incendios forestales)
Sup_afect_din_vert (Sup. Afectada dinámica de vertientes)
Tterremotos
Teventosvolcanicos
Tinundaciones flu
Tinundaciones cost
Tincendiosforestales
Tmovimientosladera
Catalogo de Eventos Naturales Históricos
ELEMENTOS DE RIESGO
ELEM_RIESGO
ELEMENTOS RIESGO
Rpotencial_hidra_po (Poligonos de zonas críticas de riesgo hidraulicos)
Rpotencial_hidra_pt (Puntos de zonas críticas de riesgo hidraulicos)
Rpotencial_hidra_li (Poligonos de zonas críticas de riesgo hidraulicos)
Rpotencial500_inund_cost_cedex (Zonas de riesgo potencial de inundación costera del CEDEX).
Fichas y Base de Datos Estudio Riesgos Hidráulicos
Trpotencialhidra
ELEMENTOS RASTER
RASTER CATALOG
Precip_2 (Precipitación máxima en 24 horas, periodo de retorno 2 años)
Precip_5 (Precipitación máxima en 24 horas, periodo de retorno 5 años)
Precip_10 (Precipitación máxima en 24 horas, periodo de retorno 10 años)
Precip_25 (Precipitación máxima en 24 horas, periodo de retorno 25 años)
Precip_50 (Precipitación máxima en 24 horas,periodo de retorno 50 años)
Precip_100 (Precipitación máxima en 24 horas, peridod de retorno 100 años)
Precip_200 (Precipitación máxima en 24 horas, peridod de retorno 200 años)
Precip_500 (Precipitación máxima en 24 horas, peridod de retorno 500 años)
MDT (Modelo Digital del Terreno)
Pendient (Pendiente)
Orient (Orientación)
ELEM_PEL_INC
ELEMENTOS PELIGROSIDAD INCENDIOS
ModComb_GC (Modelo de combustible de Gran Canaria)
ModComb_TF (Modelo de combustible de Tenerife)
ModComb_EH (Modelo de combustible de El Hierro)
ModComb_LG (Modelo de combustible de La Gomera)
ModComb_LP (Modelo de combustible de La Palma)
Viento
Vias_comun (Vías de comunicación)
Red_elect (redes electricas)
Equip_nat (equipamientos de la naturaleza)
Edif_aisladas (edificaciones aisladas)
Z_agric (zonas agrícolas)
ZARI (Zonas de Alto Riesgo de Incendios)
Reg_inc_forest (Registro histórico incendios forestales)
Tredsismica
TCatsismos
ELEMENTOS DE INTERÉS PARA LA PELIGROSIDAD
ELEM_PEL_SISM_VOLC
ELEMENTOS PELIGROSIDAD SISMICA-VOLCANICA
Cat_sismos (Catalogo de Terremotos o sismos)
Red_sism_volc (red de estaciones sismico volcánicas)
Fis_Dor (Fisuras y dorsales o rifts)
Cntro_erupt (Conos de emisión sin cráter)
Bord_crater (Borde de cráter o caldera)
Erupc_hist (Erupciones históricas)
Agrup_vulc (Agrupaciones vulcanológicas)
Tregincforest
Terupciones historicas
ELEM_PEL_INUND
ELEMENTOS PELIGROSIDAD INUNDACIÓN
Red_mareo_boya (Red mareografos-boyas)
Docup_cauc_pt (Denuncia ocupación de cauces)
DOcup_cauc (Denuncia ocupación de cauces)
Barranc (Barrancos)
Bals_presa (Balsa y presas)
Cuenca
Z_hidrogeol (Zonas hidrogeológicas)
Escorrent (Escorrentia)
Playas
Oleaje_med (Oleaje medio)
Viento_med (Viento medio)
Fec_temp (Frecuencia temporales)
Z_Cedex (Zonas CEDEX)
Tmareoboyas
ELEM_PEL_DIN_VERT
ELEMENTOS PELIGROSIDAD DINÁMICA DE VERTIENTES
Agrup_lit (Agrupación de clases litológicas según su fragilidad)
Pp_horiz (Precipitación horizontal)
Agrup_Usos (Agrupación de usos del suelo)
Proc_geo (Procesos geomorfológicos)
Elem_map_inv (Elemento mapa inventario)


RIESGOMAP
GENERAL
ELEM_PEL_SISM_VOLC
ELEM_PEL_INC
ELEM_PEL_INUND
ELEM_PEL_DIN_VERT
RASTER CATALOG
CAT_EVENT_HIST_
CATALOGO DE EVENTOS HISTÓRICOS
PELIGROSIDAD
PELIGROSIDAD
+
EXPOSICIÓN
EXP_SOC (Exposición social)
EXP_ECO (Exposición económica)
+
VULNERABILIDAD
VUL_SOC (Vulnerabilidad social)
VUL_ECO (Vulnerabilidad económica)
=
RIESGO
R_SOC (Riesgo social)
R_TOTAL (Riesgo total)
R_ECO (Riesgo económico)
ELEM_EXP
ELEM_VUL
ELEM_RIESGO
Catalogo de Eventos
Naturales Históricos
Base de Datos Inventario de Elementos Expuestos
Fichas y Base de Datos Estudio Riesgos Hidráulicos y
Plan de Avenidas de Tenerife


Estructura de la Base de Datos
RIESGOMAP
RIESGOMAP
Feature dataset General
Feature dataset Peligrosidad
Feature dataset Exposición
Feature dataset Vulnerabilidad
Feature dataset Riesgo
Feature dataset Eventos naturales históricos
Feature dataset Elem_pel_sism_volc
Feature dataset Elem_pel_inund
Feature dataset Elem_pel_inc
Feature dataset Elem_pel_din_ver
Feature dataset Elem_exp
Feature dataset Elem_vul
Feature dataset Elem_riesgo
Raster catalog
Tinundacionescosteras
Tinundacionesfluviales
Tterremotos
Teventosvolcanicos
Tmovimientosladera
Tincendiosforestales
Telemexpt
Tredsismicavolcanica
TCatsismos
Terupcioneshistoricas
Trpotencialhidra
Tmareoboyas
COMPOSICIÓN
Dataset GENERAL
Feature dataset General
Polygon feature class Islas
Polygon feature class Municipios
Dataset ELEM_VUL
Feature dataset Elem_vul
Polygon feature class Dist_Can
Polygon feature class Sec_Can
Polygon feature class Vulsoc_sec_edad
Polygon feature class Vulsoc_edif_edad
Polygon feature class Vulsoc_mun_idioma
Polygon feature class Vulsoc_edif_plant
Polygon feature class Vulsoc_dens
Polygon feature class Vulsoc_dist_vias
Polygon feature class Vulsoc_dist_trans
Polygon feature class ZonaUrb_Can
Polygon feature class Asent_Can
Polygon feature class Vuleco_caract_edif_sism
Polygon feature class Vuleco_caract_edif_volc
Polygon feature class Vuleco_caract_edif_inund_flu
Polygon feature class Zona_cost
Polygon feature class Vuleco_caract_edif_inund_cost
Polygon feature class Barre_nat
Polygon feature class Diques
Polygon feature class Vuleco_prot_edif_inund_cost
Line feature class Pared
Polygon feature class Vuleco_edif_inund_cost_total
Polygon feature class Mapa_veg
Polygon feature class Zonas_priorit
Polygon feature class Vuleco_caract_edif_inc_forest
Polygon feature class Vuleco_caract_edif_din_vert
Polygon feature class Vuleco_rest_uso
RASTER CATALOG
Raster catalog
Dataset PELIGROSIDAD
RIESGOMAP
Feature dataset Peligrosidad
Polygon feature class Pel_sismica
Polygon feature class Pel_volcanica
Polygon feature class Pel_inund_fluvial
Polygon feature class Pel_inund_cost
Polygon feature class Pel_inc_forest
Polygon feature class Pel_din_vert
Dataset EXPOSICIÓN
Feature dataset Exposición
Polygon feature class Exp_social_sism
Polygon feature class Exp_social_volc
Polygon feature class Exp_social_inund_flu
Polygon feature class Exp_social_inund_cost
Polygon feature class Exp_social_inc_forest
Polygon feature class Exp_social_din_vert
Polygon feature class Exp_eco
Dataset VULNERABILIDAD
Feature dataset Vulnerabilidad
Polygon feature class Vul_social
Polygon feature class Vul_eco_sism
Polygon feature class Vul_eco_volc
Polygon feature class Vul_eco_inund_flu
Polygon feature class Vul_eco_inund_cost
Polygon feature class Vul_eco_inc_forest
Polygon feature class Vul_eco_din_vert
Dataset EVENTOS NATURALES HISTORICOS
Feature dataset Eventos naturales históricos
Point feature class Ev_hist_sism
Point feature class Ev_hist_volc
Point feature class Ev_hist_inund_flu
Point feature class Ev_hist_inund_cost
Point feature class Ev_hist_inc_forest
Point feature class Ev_hist_din_vert
Polygon feature class Sup_afect_ev_sism
Polygon feature class Sup_afect_ev_volc
Polygon feature class Sup_afect_ev_inund_flu
Polygon feature class Sup_afect_ev_inund_cost
Polygon feature class Sup_afect_ev_inc_forest
Polygon feature class Sup_afect_ev_din_vert
Relationship class Rel_Ev_hist_sism_Tterremotos
Relationship class Rel_Ev_hist_volc_Teventosvolcanicos
Relationship class Rel_Ev_hist_inund_flu_Tinundacionesfluviales
Relationship class Rel_Ev_hist_inund_cost_Tinundacionescosteras
Relationship class Rel_Ev_hist_inc_forest_Tincendiosforestales
Relationship class Rel_Ev_hist_din_vert_Tmovimientosladera
Relationship class Rel_sup_afect_ev_sism_Tterremotos
Relationship class Rel_sup_afect_ev_volc_Teventosvolcanicos
Relationship class Rel_sup_afect_ev_inund_flu_Tinundacionesfluviales
Relationship class Rel_sup_afect_ev_inund_cost_Tinundacionescosteras
Relationship class Rel_sup_afect_ev_inc_forest_Tincendioforestal
Relationship class Rel_sup_afect_ev_din_vert_Tmovimientosladera
Dataset ELEM_RIESGO
Feature dataset Elem_riesgo
Point feature class Rpotencial_hidra_pt
Line feature class Rpotencial_hidra_li
Polygon feature class Rpotencial_hidra_po
Point feature class Rpotencial500_inun_cost_cedex
Relationship class Rel_Rpotencial_hidra_pt_Trpotencialhidra
Relationship class Rel_Rpotencial_hidra_li_Trpotencialhidra
Relationship class Rel_Rpotencial_hidra_po_Trpotencialhidra
Dataset ELEM_PEL_INUND
Feature dataset Elem_pel_inund
Point feature class Red_mareo_boya
Point feature class DOcup_cauc_pt
Line feature class DOcup_cauc_li
Line feature class Barranc
Polygon feature class Bals_presa
Polygon feature class Cuenca
Polygon feature class Z_hidrogeol
Polygon feature class Escorrent
Polygon feature class Playas
Point feature class Viento_med
Polygon feature class Z_Cedex
Point feature class Oleaje_med
Point feature class Frec_temp
Relationship class Rel_Red_mareo_boya_Tmareoboya
Dataset RIESGO
Feature dataset Riesgo
Polygon feature class R_social_sism
Polygon feature class R_social_volc
Polygon feature class R_social_inund_flu
Polygon feature class R_social_inund_cost
Polygon feature class R_social_inc_forest
Polygon feature class R_social_din_vert
Polygon feature class R_eco_sism
Polygon feature class R_eco_volc
Polygon feature class R_eco_inund_flu
Polygon feature class R_eco_inund_cost
Polygon feature class R_eco_inc_forest
Polygon feature class R_eco_din_vert
Polygon feature class R_total_sism
Polygon feature class R_total_volc
Polygon feature class R_total_inund_flu
Polygon feature class R_total_inund_cost
Polygon feature class R_total_inc_forest
Polygon feature class R_total_din_vert
Object class TABLAS
Tinundacionescosteras
Tinundacionesfluviales
Tterremotos
Teventosvolcanicos
Tmovimientosladera
Tincendiosforestales
Telemexpt
Tredsismicavolcanica
TCatsismos
Terupcioneshistoricas
Dataset ELEM_EXP
Feature dataset Elem_exp
Polygon feature class Elemt_exp
Relationship class Rel_Elemt_exp_Telemexpt
Dataset ELEM_PEL_SISM_VOLC
Feature dataset Elem_pel_sism_volc
Point feature class Red_sism_volc
Point feature class Cat_sismos
Line feature class Fis_Dor
Line feature class Bord_crater
Point feature class Cntro_erupt
Polygon feature class Erupc_hist
Polygon feature class Agrup_vulc
Relationship class Rel_red_sism_volc_Tredsismicavolcanica
Relationship class Rel_Cat_sismos_TCatsismos
Relationship class Rel_Erupc_Hist_Terupcioneshistoricas
Dataset ELEM_PEL_INC
Feature dataset Elem_pel_inc
Polygon feature class ModComb_GH
Polygon feature class Mod_Comb_TF
Polygon feature class ModComb_EH
Polygon feature class Mod_Comb_LP
Polygon feature class ModComb_LG
Point feature class Viento
Line feature class Vias_com
Line feature class Red_elect
Point feature class Equp_nat
Polygon feature class Edif_aisladas
Polygon feature class Z_agric
Polygon feature class ZARI
Dataset ELEM_PEL_DIN_VERT
Feature dataset Elem_pel_din_vert
Polygon feature class Agrup_lit
Polygon feature class Pp_hz
Polygon feature class Agrup_usos
Line feature class Proc_geo
Polygon feature class Efem_map_inv

ANEXO VI: MODELO DE DATOS DE PROTECCIÓN CIVIL

Elementos expuestos

El modelo de datos esta basado en el modelo de datos de los Planes de Emergencia de Protección Civil.

Los elementos expuestos están determinados por el contexto social, material y ambiental representado por las personas y por los recursos, servicios y ecosistemas que pueden verse afectados por un accidente.

Todo elemento expuesto del sistema tiene un único registro asociado en la tabla *Elemento*. Esta tabla contiene los atributos comunes a todos ellos. La clasificación de los elementos se realiza mediante el almacenamiento en distintas tablas según su tipología, donde cada tipo de elemento tiene un conjunto de atributos personalizados.

Todos los elementos se caracterizan de la siguiente forma:

- *ID*. Identificador único.
- *codigo*. Código alfanumérico del elemento.
- *municipioID*. Código del municipio donde se encuentra ubicado el elemento (tabla *MunicipioValor*).
- *recursoID*. Identificador de medio/recurso (tabla *MedioRecursoValor*). En caso de que el elemento forme parte del conjunto de recursos de un plan de emergencias, este código de recurso lo identifica como tal según el listado de medios y recursos que aparece en el PLATECA (ver Medios humanos y materiales).
- *denominacion*. Descripción o nombre del elemento.
- *comentario*. Datos adicionales.
- *titularID*. Identificador del organismo o entidad del que depende el elemento (ver Directorio).
- *telefonoCentroControl*. Teléfono del centro de control.
- *validado*. Este atributo indica si la información y el elemento en sí han sido validados para que el elemento pueda ser transferido a la base de datos de explotación.
- *the_geom*. Geometría del elemento.

A continuación se hace un desglose de todos los elementos, atendiento a su tipología.

Elementos sociales

Municipios

Tablas:

- *Municipio*

Aquí figuran los municipios del archipiélago con los siguientes atributos:

- *codigo*. Código del municipio.
- *superficie*. Superficie en hectáreas.
- *perímetro*. Perímetro en metros.
- *longitudCosta*. Longitud de la costa.
- *altitudMaxima*. Altura máxima en metros.
- *altitudMinima*. Altura mínima en metros.
- *capital*. Capital de la isla.
- *poblacion*. Población total.
- *densidad*. Densidad poblacional.
- *poblacionResidente*. Población total de residentes.
- *poblacionTuristica*. Población total turística.

Islas

Tablas:

- *Isla*

Aquí figuran las islas del archipiélago con los siguientes atributos:

- *codigo*. Código de la isla.
- *superficie*. Superficie en hectáreas.
- *perímetro*. Perímetro en metros.
- *longitudCosta*. Longitud de la costa.
- *altitudMaxima*. Altura máxima en metros.
- *altitudMinima*. Altura mínima en metros.
- *capital*. Capital de la isla.
- *poblacion*. Población total.
- *densidad*. Densidad poblacional.
- *poblacionResidente*. Población total de residentes.

- *poblacionTuristica*. Población total turística.

Centros sanitarios

Tablas:

- *Hospital*
- *CentroSalud*
- *OtroCentroSanitario*

Centros relacionados con la sanidad: hospitales, centros de salud y otros centros sanitarios. El único atributo diferenciador es el de número de camas, asociado únicamente a los hospitales.

Centros de asistencia social

Tablas:

- *Residencia3aEdad*
- *CentroDeDia*
- *OtroCentroAsistenciaSocial*

Formados por residencias de la tercera edad, centros de día y otros centros de asistencia social. Las residencias de la tercera edad se caracterizan por el número de camas.

Centros educativos

Tablas:

- *CentroEducativoInfantilPreescolar*
- *CentroEducativoPrimariaSecundariaEspecial*
- *CentroEducativoSuperior*
- *OtroCentroEducativo*

Se caracterizan con el atributo de número de aulas y son centros educativos de infantil y preescolar; primaria, secundaria y educación especial; educación superior; y otros centros educativos.

Instalaciones deportivas

Tablas:

- *CampoFutbol*
- *Polideportivo*
- *PiscinaPublica*

Caracterizados por la superficie, se encuentran los campos de fútbol y los polideportivos. Caracterizados por el aforo y el punto de reunión, las piscinas públicas.

Campings y zonas recreativas

Tablas:

- *CampingZonaRecreativa*

Se caracterizan por el aforo y el punto de reunión. Disponen de un campo de tipología que permite distinguir entre camping, zona recreativa, albergue y aula de la naturaleza.

Zonas de esparcimiento

Tablas:

- *Playa*
- *ParquePublico*
- *ParqueAtraccion*
- *Zoologico*

Son las playas, parques públicos, parques de atracciones y zoológicos. Se caracterizan por el aforo y, más en concreto, por:

- *Playa*
  - *puntoReunion*. Ubicación del punto de reunión.
  - *socorristas*. Si dispone de socorristas.
  - *periodoSocorristas*. Período temporal de actividad del servicio de socorristas.
  - *senializacion*. Si dispone de señalización de seguridad.
- *ParquePublico*, *ParqueAtraccion*, *Zoologico*
  - *superficie*. Superficie en metros cuadrados.

Edificios de espectáculos

Tablas:

- *EdificioEspectaculo*

Son los cines, teatros, discotecas, salas de baile, salas de juego, museos y bibliotecas. La tabla dispone de un campo de tipología que permite distinguir cada registro.

Edificios públicos

Tablas:

- *CentroSocioCultural*
- *EdificioCulto*
- *EdificioEnAltura*
- *EstacionTransporte*
- *InstitucionPublica*
- *RecintoFerial*

Son los centros socio-culturales, edificios de culto religioso, edificios en altura, estaciones de transporte, edificios de instituciones públicas y recintos feriales. Las estaciones de transporte y los recintos feriales se caracterizan por su superficie total. La tabla *InstitucionPublica* dispone de un campo de tipología para indicar el tipo de institución, cuyo valor proviene de la tabla *InstitucionPublicaValor*. Lo mismo ocurre con la tabla *CentroSocioCultural*, donde el valor de su campo de tipo proviene de la tabla *CentroSocioCulturalValor*.

Instalaciones comerciales

Tablas:

- *InstalacionComercial*

Son los centros comerciales, mercados abiertos, mercados cerrados e hipermercados, y se caracterizan por su superficie. Dispone de un campo de tipología cuyo valor proviene de la tabla *InstalacionComercialValor*.

Establecimientos hoteleros

Tablas:

- *Apartamento*
- *Hotel*
- *Hostal*
- *HotelCasaRural*

Excepto los apartamentos, están caracterizados por el número de camas.

Aparcamientos

Tablas:

- *Aparcamiento*

Se caracterizan por el número de plazas, el número de plantas y la altura de evacuación.

Medios de comunicación social

Tablas:

- *MedioComunicacionSocial*

Formados por la prensa escrita, radio, televisión y agencias de información.

Servicios de seguridad y emergencia

Tablas:

- *Bomberos*
- *Policia*
- *FCSE*
- *TSU*
- *ProteccionCivil*
- *CoordinacionEmergencias*
- *CoordinacionServiciosEsenciales*
- *ServicioMilitar*

Se caracterizan en general por la disponibilidad de servicio las 24 horas (*24H*) y, en concreto, por el ámbito de actuación (*ambito*): bomberos, policía (la especificación de tipos se hace en *PoliciaValor*: local, canaria y portuaria), fuerzas y cuerpos de seguridad del estado (FCSE), transporte sanitario urgente (TSU), protección civil y coordinación de emergencias; y por los servicios que presta (*servicio*): coordinación de servicios esenciales (produccion de energía, distribución, telefonía, agua, combustibles, coordinación de emergencias, etcétera).

Bienes histórico-artístico

Tablas:

- *ArchivoHistorico*
- *BIC*
- *InteresTuristico*
- *MonumentoHistoricoArtistico*

Formados por los archivos históricos, BIC (Bienes de Interés Cultural), lugares de interés turístico y los monumentos histórico-artísticos.

Otros elementos sociales

Tablas:

- *OtroElementoSocial*

Son otros elementos sociales no tipificados y se caracterizan por su superficie.

Elementos tecnológicos

Vías de comunicación

Tablas:

- *ViaComunicacion*

Son las autopistas, autovías, vías rápidas y carreteras convencionales. Se encuentran cargadas por tramos y se caracterizan por:

- *tipo*. Tipo de la vía (tabla *ViaComunicacionValor*: autopista, autovía, ...).
- *IMD*. Intensidad media diaria (vehículos/día).
- *IMDPesados*. Intensidad media diaria asociada a vehículos pesados.
- *carriles*. Número de carriles.
- *tuneles*. Número de túneles que atraviesa la vía.
- *puentes*. Número de puentes por los que pasa la vía.
- *codVia* y *idutTra*. Son el código de la vía y el identificador de tramo, que constituyen la clave única. Las vías se encuentran cargadas por tramos, donde cada tramo se identifica unívocamente por su código de tramo y su código de vía.
- *tipoViaID*. Indica el tipo de la vía (tabla *TipoViaValor*: calle, callejón, avenida, lugar, paraje, ...).
- *codCar*. Código de la carretera.
- *localiza*. Para distinguir vías con el mismo nombre dentro del mismo municipio, se utiliza este campo que puede contener el nombre de la localidad, barrio, ... donde se ubica la vía.
- *nivel*. Indica si el tramo es puente (1), carretera (0) o túnel (-1).
- *sentido*. Indica el sentido del tramo:
    - Tramo digitalizado en sentido contrario al sentido vial (-1)
    - Doble sentido (0)
    - Tramo digitalizado en el sentido vial; 9: tramo peatonal (1)

Vías férreas

Tablas:

- *ViaFerrea*

Se caracterizan por:

- *tipo*. Tipo de la vía férrea: balasto, carril embutido y carril travesía.
- *velocidadMax*. Velocidad máxima (en kilómetros/hora).
- *linea*. Líneas de transporte que cubre.
- *tensionCatenaria*. Tension de la catenaria.
- *pasoElevado*, *pasoSubterraneo*, *tuneles* y *edifiPublicos*. Pasos elevados, pasos subterráneos, túneles y edificios públicos por los que transita.
- *tipoUnidad*. Tipo de unidad de transporte más habitual en la línea.
- *ocupacionUnidad*. Ocupación máxima establecida por unidad de transporte.

Puertos

Tablas:

- *Puerto*

Clasificados en estatales, regionales, de refugio, dique de abrigo, deportivo y dársena pesquera, se caracterizan por:

- *numeroAtraques*. Número de atraques o número simultáneo de buques.
- *caladoMin* y *caladoMax*. Calado mínimo y máximo.
- *mediosVarada*. Herramientas de varada: grúas, rampas, etcétera.

Túneles

Tablas:

- *Tunel*

Urbanos, interurbanos y de montaña, se caracterizan por:

- *viaID*. Vía a la que pertenece.
- *tubos*. Número de tubos.
- *carriles*. Número de carriles.
- *trafico*. Volúmen de tráfico, incluida su distribución temporal.
- *riesgoCongestion*. Riesgo de congestión, diario o de temporada.
- *tiempoAccesoSE*. Tiempo de acceso de los servicios de extinción (en minutos). Tiempo de respuesta de los servicios de extinción de incendios para llegar hasta el túnel.
- *presenciaVP*. Presencia de vehículos pesados. Presencia y porcentaje de vehículos pesados.

- *presenciaVMP*. Presencia de vehículos de mercancías peligrosas. Presencia, porcentaje y tipo de tráfico de mercancías peligrosas.
- *VMA*. Velocidad máxima autorizada.
- *iluminacion*, *ventilacion*, *senializacion*, *vigilancia* y *videoVigilancia*. Si dispone de iluminación, ventilación, señalización, vigilancia humana y video-vigilancia.
- *redHidrantes*. Si dispone de red de hidrantes (contra incendios).

Puentes

Tablas:

- *Puente*

Se caracterizan por:

- *viaID*. Vía a la que pertenece.
- *carriles*. Número de carriles.
- *trafico*. Volúmen de tráfico, incluida su distribución temporal.
- *riesgoCongestion*. Riesgo de congestión. Riesgo de congestión, diario o de temporada.
- *tiempoAccesoSE*. Tiempo de acceso de los servicios de extinción (en minutos).
- *presenciaVP*. Presencia de vehículos pesados. Presencia y porcentaje de vehículos pesados.
- *presenciaVMP*. Presencia de vehículos de mercancías peligrosas. Presencia, porcentaje y tipo de tráfico de mercancías peligrosas.
- *VMA*. Velocidad máxima autorizada.

Aeropuertos y aeródromos

Tablas:

- *AeropuertoAerodromo*

Se caracterizan por:

- *categoriaAeropuerto/categoriaAerodromo*. Categoría del aeropuerto o aeródromo.
- *comunicacionPorRadio*. Si dispone de medios de comunicación por radio.
- *centroCoordinacion*. Ubicación del centro de coordinación.
- *servicioContraIncendios*. Si dispone de servicio contra incendios.
- *servicioMedico*. Si dispone de servicio médico.
- *24H*. Si está operativo las 24 horas.

- *ayudaVisual*. Si dispone de ayuda visual.
- *superficie*. Superficie en metros cuadrados.
- *material*. Materiales de construcción.

Helipuertos y helisuperficies

Tablas:

- *HelipuertoSuperficie*

Se caracterizan por:

- *tipoHelipuerto*. Tipología del helipuerto o helisuperficie.
- *altura*. Coordenada z en metros.
- *superficie*. Superficie en metros cuadrados de la zona de toma de contacto (TLOP).
- *material*. Materiales de construcción (de las zonas de acceso y las pistas).
- *FATO*. Área de aproximación final y de despegue.
- *areaSeguridad*. Área de seguridad (definida en torno a la FATO).
- *areaContacto*. Área de toma de contacto y de elevación inicial (TLOF).
- *iluminacion*. Si dispone de iluminación.
- *indicadorViento*.Si dispone de indicadores de viento.
- *balizamiento*. Si dispone de balizamiento.
- *estacionMeteorologica*. Si dispone de estación meteorológica.
- *numeroPuestos*. Número de puestos de estacionamiento.
- *hangar*. Si dispone de hangares.
- *comunicacion*. Tipo de comunicación (banda aérea, tetra, otro sistema).
- *combustible*. Capacidad en metros cúbicos de combustible Jet A-1.

Tomas aéreas

Tablas:

- *TomaAerea*

Se caracterizan por:

- *altura*. Coordenada z en metros.
- *superficie*. Superficie en metros cuadrados de la zona de toma de contacto (TLOP).
- *material*. Materiales de construcción.

- *iluminacion*, *indicadorViento*, *balizamiento* y *estacionMeteorologica*. Si dispone de iluminación, indicadores de viento, balizamiento y estación meteorológica.

Instalaciones industriales

Tablas:

- *InstalacionIndustrial*

Se caracterizan por:

- *tipo*. Tipología: química, explosivos, frigorífica, otra.
- *REI*. Número de Registro de Establecimiento Industrial.
- *cargadero*. Tipos de cargaderos de los que dispone.

Gasolineras y almacenamientos de butano

Tablas:

- *GasolineraButano*

Se caracterizan por:

- *REI*. Número de Registro de Establecimiento Industrial.
- *cargadero*. Tipos de cargaderos de los que dispone.

Oleoductos

Tablas:

- *Oleoducto*

Se caracterizan por:

- *tipo*. Tipo de combustible que transporta.
- Características físicas: *diametro*, *presionDisenio*, *material* (material de construcción).
- *medioSeguridad*. Medios de seguridad y su ubicación.
- *estacionBombeo*. Ubicación de las estaciones de bombeo.

Centros de investigación

Tablas:

- *CentroInvestigacion*

Son los observatorios astronómicos, centros de materia biológica y de organismos modificados.

Instalaciones radiológico-nucleares

Tablas:

- *InstalacionRadiologicoNuclear*

Instalaciones mineras

Tablas:

- *InstalacionMinera*

Pueden ser abiertas o subterráneas.

Instalaciones de abastecimiento hidráulico

Tablas:

- *Presa*
- *Galeria*
- *Pozo*
- *DepuracionDesalacion*
- *CanalConduccion*
- *AlmacenajeHidraulico*
- *RedDistribucionHidraulica*

Son las presas, galerías, canales de conducción, pozos, instalaciones depuradoras y desaladoras, redes de distribución hidráulicas y las instalaciones de almacenaje hidráulico.

- Presas. Se caracterizan por:
  - *clasificacion*. Tipo de presa: A, B o C.
  - *volumen*. Volumen en metros cúbicos.
  - *altura*. Altura de coronación.
  - *destino*. Destino al que se destina su contenido (abastecimiento, regadío).
- Galerías.
  - *tipo*. Tipología: convencional, naciente, socavón.
  - *activa*. Indicativa si se encuentra en activo.
- Canal de conducción.
  - *tipo*. Tipología: canal o conducción.
  - *tipoAgua*. Tipo de agua (subterránea, regenerada, otro).
  - *destino*. Destino del agua que transporta (abastecimiento, regadío).

- longitud. Longitud en metros.
- *seccion*. Sección.
- *caudal*. Caudal.

- Pozos.
  - *tipo*. Tipología: convencional, sondeo.
  - *peligrosidad*. Información sobre la peligrosidad.
  - *activo*. Indicativo de su actividad.
- Instalaciones depuradoras y desaladoras.
  - *produccion*. Producción.
  - *tipoAgua*. Tipo de agua (subterránea, regenerada, otro).
  - *destino*. Destino del agua depurada/desalada (abastecimiento, regadío).
- Instalaciones de almacenaje hidráulico.
  - *tipo*. Tipología: embalse, depósito, balsa.
  - *volumen*. Volumen.
  - *altura*. Altura del agua en metros.
  - *tipologia*. Tipo del almacenaje según su construcción: geomembrana, hormigón, fondo natural, arcilla compactada.
  - *destino*. Destino del agua que almacenan (abastecimiento, regadío).

Instalaciones de saneamiento

Tablas:

- *EmisarioSubmarino*
- *EDAR*
- *Alcantarillado*

Están constituidas por los emisarios, los alcantarillados y las EDAR (Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales).

- Emisarios.
  - *tipo*. Tipología: conducción-desagüe, emisario submarino, directo.
  - *naturalezaVertido*. Naturaleza o tipo de vertido.
- Alcantarillado. Sin caracterizar.
- EDAR.
  - *produccion*. Producción.

- *tipoAgua*. Tipo de agua: subterránea, regenerada, otro.
- *destino*. Destino del agua: abastecimiento, regadío.

Red eléctrica

Tablas:

- *ProduccionElectrica*
- *LineaDistribucionElectrica*
- *SubestacionTransformador*

Constituidas por las instalaciones de producción, las líneas de distribución y las subestaciones y transformadores.

- Producción.
  - *tipo*. Tipología: térmica clásica, turbina de gas, térmica de ciclo combinado, eólica, fotovoltaica, diesel, termosolar, hidráulica, biomasa.
  - *potencia*. Potencia desarrollada.
  - *cargadero*. Tipo de cargadero: terrestre, GLP, marítimo (boya, monoboya, pantalán, fondeadero).
- Líneas de distribución.
  - *tipo*. Tipología (según el voltaje).
  - *tipoLinea*. Tipo de la línea: aérea, enterrada, submarina.
- Subestaciones y transformadores.
  - *tipo*. Tipología: bajo rasante, casco urbano próximo, casco urbano no próximo, interior, exterior.

Redes de telecomunicación y de emergencia

Tablas:

- *RedTelecomunicacion*
- *RedTelecomunicacionEmergencia*

Constituidas por las redes de telecomunicación y de emergencia. Su caracterización es la misma:

- *tipo*. Tipología: central, repetidor.
- *lineas*. Número de líneas.
- *autonomia*. Autonomía en horas.

Redes de meteorología

Tablas:

- *RedMeteorologia*

Caracterizadas por:

- *estado*. Estado de la red (operativa o fuera de servicio).
- *tipoRed*. Tipo de red (automática o manual).
- *url*.
- *tipoUbicacion*. Tipo de ubicación (permanente o móvil).
- *temperatura*, *radiacionSolar*, *precipitacion*, *humedadRelativa*, *presionAtmosferica*, *velocidadViento*, *direccionViento*. Características varias.
- *caracteristicas.* Texto libre.

Redes sísmico-vulcanológicas

Tablas:

- *RedSismicoVolcanica*

Caracterizadas por:

- *tipo*. Sísmica, geoquímica, geodésica, geotérmica.
- *estado*. Estado de la red (operativa o fuera de servicio).
- *tipoRed*. Tipo de red (automática o manual).
- *url*.
- *tipoUbicacion*. Tipo de ubicación (permanente o móvil).
- *tipoTx*. Tipo de transmisión: digital, analógica, digital GPRS/UMTS.
- *caracteristicas.* Texto libre.

Redes de contaminación

Tablas:

- *RedContaminacion*

Caracterizadas por:

- *tipo*. Tipo de la red: tráfico, industrial, fondo.
- *estado*. Estado de la red: operativa, fuera de servicio.
- *url*.

- *tipoUbicacion*. Tipo de su ubicación: permanente, móvil.
- *contaminante*. Contaminantes que transporta: SO_2, NO, NO_2, O_3, ...

Residuos

Tablas:

- *InstalacionGestoraResiduos*
- *GestorResiduos*

Constituidas por las instalaciones gestoras de residuos y los gestores de residuo, se caracterizan por:

- Instalaciones gestoras.
  - *tipo*. Tipología: complejo ambiental, punto limpio, planta de transferencia, vertedero.
  - *tipoPuntoLimpio*. Tipo del punto limpio, en su caso (A, B, C).
- Gestores.
  - *tipo*. Tipo de gestor: RP, RNP.
  - *autorizacion*. Autorización.
  - *tipoResiduo*. Tipos de residuos, tomados de la tabla *ResiduoValor*.

Explotaciones ganaderas

Tablas:

- *ExplotacionGanadera*

Caracterizada por:

- *tipo.* Tipo de explotación: ganadera (avícola, bovina, caprina, cunícola, ovina, porcina); agrícola (instalación de envasado, embotellado/bodega, almacén de alimentación).
- *produccion.* Producción.

Explotaciones de acuicultura

Tablas:

- *ExplotacionAcuicultura*

Caracterizada por:

- *tipo.* Tipo de explotación: continental, marina.
- *produccion.* Tipo de producción: lubina, dorada.

Polígonos industriales

Tablas:

- *PoligonoIndustrial*

Se caracterizan por:

- *empresa*. Empresas que desarrollan su actividad.
- *redAguaCI*. Si disponen de red de hidrantes contra incendios.
- *emisario*. Si dispone de emisarios.
- *subestacion*/transformador. Si dispone de subestaciones o transformadores.

Elementos naturales

Tablas:

- *Acuifero*
- *ENP*
- *Mirador*
- *MonteZonaBoscosa*
- *ZEC*
- *ZEPA*

Caracterizados por:

- *ENP*.
  - *categoria*. Categoría del espacio natural protegido.
  - s*uperficie*. Superficie en hectáreas.
  - *perimetro*. Perímetro en metros.
- *ZEC*.
  - s*uperficie*. Superficie en hectáreas.
  - *perimetro*. Perímetro en metros.
- *ZEPA*.
  - s*uperficie*. Superficie en hectáreas.
  - *perimetro*. Perímetro en metros.

ANEXO VII: EVENTOS HISTÓRICOS

Eventos sísmicos históricos

A continuación se recoge un listado de todos los eventos sísmicos superiores a una magnitud de 1,9 en la escala de richter, registrados por el IGN, que en que han tenido lugar en Canarias.

Fecha	Lat	Lon	Prof. (km)	Mag.	Int	Localización
23/09/1903	286.667	-177.667			VI	STA.CRUZ.LP
23/03/1908	283.333	-165.000			III	LA OROTAVA.TFE
26/03/1908	283.333	-165.000			V	LA OROTAVA.TFE
26/03/1908	283.333	-165.000			IV	LA OROTAVA.TFE
28/07/1908	283.333	-165.000			IV	LA OROTAVA.TFE
18/11/1908	283.333	-165.000			V	LA OROTAVA.TFE
19/12/1908	283.667	-165.667			V	PUERTO LA CRUZ.TFE
04/01/1909	283.667	-165.667			VI	PUERTO LA CRUZ.TFE
21/04/1909	283.333	-165.000			IV	LA OROTAVA.TFE
19/06/1909	283.333	-167.500			IV	ICOD.TFE
23/09/1909	283.333	-165.000			VI	LA OROTAVA.TFE
14/11/1909	283.667	-165.167			V	CARAVEO.TFE
17/11/1909	283.667	-165.167			V	CARAVEO.TFE
21/11/1909	281.500	-166.167			VI	VILAFLOR.TFE
30/11/1909	283.667	-165.167			III	CARAVEO.TFE
15/03/1910	283.333	-167.333			VI	ICOD.TFE
22/12/1911	283.000	-164.000			V	GUIMAR.TFE
24/06/1913	279.000	-155.500			VII	INGENIO.GC
16/06/1915	283.500	-141.167			VII	PAJARA.FV
20/05/1917	283.500	-141.167			VI	PAJARA.FV
20/01/1920	287.667	-178.667			VII	MONTAÑA CUMBREVIEJA.LP
13/11/1935	280.500	-155.500			IV	TEROR.GC
07/12/1935	281.000	-165.500			V	GRANADILLA.TFE
23/07/1936	286.667	-178.167			III	EL PASO.LP
21/06/1937	283.500	-167.667			VI	GARACHICO.TFE
07/10/1937	283.500	-169.000			IV	FARO DE TENO.TFE
21/02/1939	286.667	-179.167			V	LOS LLANOS.LP
22/02/1939	286.667	-179.167			V	LOS LLANOS.LP
06/03/1939	286.667	-179.167			V	LOS LLANOS.LP
07/03/1939	286.667	-179.167			VI	LOS LLANOS.LP
11/03/1939	286.667	-179.167			V	LOS LLANOS.LP
25/03/1939	286.667	-179.167			VI	LOS LLANOS.LP
02/04/1939	286.667	-179.167			V	LOS LLANOS.LP
03/12/1943	283.500	-141.167			V	PAJARA.FV
23/01/1947	286.333	-178.667			V	EL PASO.LP
23/02/1950	282.167	-164.167			IV	FASNIA.TFE
22/05/1964	279.000	-160.400	34	4.3		TENERIFE-GRAN CANARIA
22/05/1964	278.000	-159.000	33	4.1		TENERIFE-GRAN CANARIA
28/05/1966	279.000	-166.000		4.4		TENERIFE-GRAN CANARIA
05/01/1971	282.167	-164.167			III	FASNIA.TFE
21/10/1971	284.667	-178.333			III	FUENCALIENTE.LP
21/10/1971	284.667	-178.333			III	FUENCALIENTE.LP
23/10/1971	284.667	-178.333			III	FUENCALIENTE.LP
23/10/1971	284.667	-178.333			II	FUENCALIENTE.LP
23/10/1971	284.667	-178.333			V	FUENCALIENTE.LP
23/10/1971	284.667	-178.333			III	FUENCALIENTE.LP
25/10/1971	284.667	-178.333			III	FUENCALIENTE.LP
25/10/1971	284.667	-178.333			IV	FUENCALIENTE.LP

Fecha	Lat	Lon	Prof. (km)	Mag.	Int	Localización
31/10/1971	284.667	-178.333			IV	TENEGUIA.LP
01/11/1971	284.667	-178.333			IV	FUENCALIENTE.LP
07/11/1971	284.667	-178.333			II	FUENCALIENTE.LP
16/11/1971	284.667	-178.333			III	FUENCALIENTE.LP
31/01/1975	288.850	-186.433	18	3.3		ATLÁNTICO-CANARIAS
11/07/1976	288.383	-149.083	20	3.4		ATLÁNTICO-CANARIAS
18/07/1977	283.000	-162.717	18	3.7		ATLÁNTICO-CANARIAS
03/11/1977	281.067	-162.650	12	3.8		ATLÁNTICO-CANARIAS
22/04/1981	281.467	-162.900	1	3.4		ATLÁNTICO-CANARIAS
16/11/1981	299.750	-153.867	21	3.4		ATLÁNTICO-CANARIAS
14/06/1984	297.800	-168.650	20	3.0		ATLÁNTICO-CANARIAS
28/11/1984	282.700	-162.800	27	3.0		ATLÁNTICO-CANARIAS
29/07/1987	279.533	-162.767	10	3.0		ATLÁNTICO-CANARIAS
27/08/1988	283.183	-150.450		3.7		ATLÁNTICO-CANARIAS
29/11/1988	283.000	-150.617		3.3		ATLÁNTICO-CANARIAS
30/11/1988	292.050	-145.583		3.1		ATLÁNTICO-CANARIAS
25/04/1989	283.400	-162.533	51	3.1		ATLÁNTICO-CANARIAS
09/05/1989	279.467	-162.000	36	5.2	V	ATLÁNTICO-CANARIAS
09/05/1989	281.867	-161.100	42	3.0		ATLÁNTICO-CANARIAS
09/05/1989	283.117	-161.750	48	4.0	III	ATLÁNTICO-CANARIAS
09/05/1989	281.100	-162.083	37	3.0		ATLÁNTICO-CANARIAS
09/05/1989	280.267	-162.567	18	3.1		ATLÁNTICO-CANARIAS
09/05/1989	280.700	-162.033	24	3.1		ATLÁNTICO-CANARIAS
10/05/1989	282.250	-160.850	35	3.2		ATLÁNTICO-CANARIAS
10/05/1989	281.817	-161.433	19	3.3		ATLÁNTICO-CANARIAS
11/05/1989	282.167	-161.200	27	3.0		ATLÁNTICO-CANARIAS
14/05/1989	280.483	-161.667	14	3.1		ATLÁNTICO-CANARIAS
16/05/1989	281.550	-161.050	17	3.0		ATLÁNTICO-CANARIAS
19/05/1989	281.350	-161.583	22	3.0		ATLÁNTICO-CANARIAS
29/05/1989	281.783	-161.850	51	4.0	III	ATLÁNTICO-CANARIAS
04/06/1989	280.750	-162.217	20	3.4		ATLÁNTICO-CANARIAS
28/11/1989	281.400	-161.083	26	3.4		ATLÁNTICO-CANARIAS
20/05/1990	292.033	-168.183		3.9	III	N TENERIFE
05/06/1990	277.600	-180.917	34	3.2	III	W HIERRO
07/06/1990	277.400	-180.800	34	3.1		W HIERRO
18/08/1990	279.100	-164.600	18	3.0		SE TENERIFE
12/09/1990	277.333	-182.217	32	3.3		W EL HIERRO
21/03/1991	274.050	-186.817	40	5.1	IV	ATLÁNTICO-CANARIAS
02/07/1991	281.550	-162.133	36	3.0		TENERIFE-G.CANARIA
04/07/1991	280.567	-161.183	29	3.0		TENERIFE-G.CANARIA
15/08/1991	294.100	-162.433	43	3.0		N TENERIFE
14/12/1991	282.967	-151.233		3.5		ATLÁNTICO-CANARIAS
05/02/1992	300.250	-151.217	15	3.9		CANARY ISLANDS, SPAIN REG
16/05/1992	282.867	-159.750	7	3.3		ATLÁNTICO-CANARIAS
01/08/1992	283.250	-161.617	36	3.1		E TENERIFE
22/02/1993	284.083	-186.467	35	3.4		ATLÁNTICO-CANARIAS
10/04/1993	280.933	-161.400	33	3.4		ATLÁNTICO-CANARIAS
30/05/1993	299.350	-166.900	19	3.3		ATLÁNTICO-CANARIAS
08/07/1993	269.333	-143.600	40	3.4		WESTERN SAHARA
10/09/1993	298.167	-133.433		3.3		ATLÁNTICO-CANARIAS
29/09/1993	291.833	-149.233	10	3.4		ATLÁNTICO-CANARIAS
16/12/1993	284.850	-188.600	20	3.0		ATLÁNTICO-CANARIAS
14/04/1994	278.217	-150.900	35	3.3		ATLÁNTICO-CANARIAS
30/05/1994	284.417	-144.967	48	3.4		ATLÁNTICO-CANARIAS
13/04/1995	280.200	-161.383	17	3.5		ATLÁNTICO-CANARIAS
19/01/1996	292.450	-164.067	8	3.3		ATLÁNTICO-CANARIAS
29/11/1996	280.300	-161.133		3.2		ATLÁNTICO-CANARIAS
01/09/1997	290.767	-149.700		3.5		ATLÁNTICO-CANARIAS

Fecha	Lat	Lon	Prof. (km)	Mag.	Int	Localización
11/11/1997	283.284	-150.476	6	3.2		ATLÁNTICO-CANARIAS
16/11/1997	280.459	-150.867	9	3.2		ATLÁNTICO-CANARIAS
15/01/1998	274.439	-179.268		3.8	II	ATLÁNTICO-CANARIAS
13/02/1998	288.400	-154.965	4	3.6		ATLÁNTICO-CANARIAS
02/03/1998	277.862	-149.188	14	3.2		ATLÁNTICO-CANARIAS
22/03/1998	276.052	-177.898		3.6	III	ATLÁNTICO-CANARIAS
04/04/1998	293.404	-159.697	33	3.5		ATLÁNTICO-CANARIAS
28/04/1998	282.341	-151.453		3.1		ATLÁNTICO-CANARIAS
01/06/1998	284.053	-143.494	20	3.4		ATLÁNTICO-CANARIAS
01/06/1998	286.506	-143.422		2.8	II-III	ATLÁNTICO-CANARIAS
06/06/1998	285.801	-144.851		3.0	II-III	ATLÁNTICO-CANARIAS
06/06/1998	285.931	-143.676	20	3.6	IV	ATLÁNTICO-CANARIAS
06/06/1998	284.421	-143.545	3	2.9	II-III	ATLÁNTICO-CANARIAS
08/07/1998	282.182	-162.111	13	3.4	III	ATLÁNTICO-CANARIAS
01/08/1998	282.481	-156.469	30	3.5	II	ATLÁNTICO-CANARIAS
28/10/1998	286.180	-142.084		2.5	II	ATLÁNTICO-CANARIAS
15/04/1999	280.555	-162.304	31	3.4	II	ATLÁNTICO-CANARIAS
05/06/1999	281.746	-151.298		3.1		ATLÁNTICO-CANARIAS
31/07/1999	290.750	-142.674	38	3.2	III	ATLÁNTICO-CANARIAS
11/12/1999	280.609	-162.989	8	2.6	III	ATLÁNTICO-CANARIAS
03/02/2000	286.357	-149.933		3.3		ATLÁNTICO-CANARIAS
05/06/2000	281.395	-161.595	30	3.0		ATLÁNTICO-CANARIAS
22/01/2001	292.497	-144.401	79	3.1		ATLÁNTICO-CANARIAS
02/02/2001	278.845	-150.485	35	3.0		ATLÁNTICO-CANARIAS
09/02/2001	292.579	-163.368	48	3.8	II	ATLÁNTICO-CANARIAS
09/03/2001	274.944	-175.292	7	3.6		ATLÁNTICO-CANARIAS
11/03/2001	281.017	-162.526	20	3.1		ATLÁNTICO-CANARIAS
15/08/2001	285.620	-167.330	28	3.1		ATLÁNTICO-CANARIAS
21/08/2001	280.649	-161.362		3.2		ATLÁNTICO-CANARIAS
11/09/2001	282.211	-162.332	1	3.1		ATLÁNTICO-CANARIAS
25/10/2001	280.943	-161.482	15	3.1		ATLÁNTICO-CANARIAS
06/11/2001	280.462	-162.119	30	3.0		ATLÁNTICO-CANARIAS
12/01/2002	289.802	-149.044	7	3.0		ATLÁNTICO-CANARIAS
13/08/2002	285.497	-166.351	31	2.7	II-III	ATLÁNTICO-CANARIAS
31/01/2003	281.304	-162.142	26	2.5	II	ATLÁNTICO-CANARIAS
28/04/2003	282.158	-161.923	24	2.7	II	ATLÁNTICO-CANARIAS
22/05/2003	290.690	-164.942	47	4.4		ATLÁNTICO-CANARIAS
22/05/2003	277.918	-149.730	29	4.0		ATLÁNTICO-CANARIAS
11/07/2003	276.118	-150.519	58	3.5		ATLÁNTICO-CANARIAS
21/07/2003	281.354	-161.674	30	3.1		ATLÁNTICO-CANARIAS
10/08/2003	289.930	-162.301	47	3.1		ATLÁNTICO-CANARIAS
20/11/2003	280.917	-161.577	37	3.4		ATLÁNTICO-CANARIAS
20/01/2004	289.804	-165.482	65	3.3		ATLÁNTICO-CANARIAS
08/05/2004	286.924	-156.580	44	3.1		ATLÁNTICO-CANARIAS
26/06/2004	291.129	-163.127	57	4.0		ATLÁNTICO-CANARIAS
16/07/2004	280.907	-150.262	30	3.2		ATLÁNTICO-CANARIAS
17/07/2004	289.271	-158.016	48	3.6		ATLÁNTICO-CANARIAS
18/07/2004	276.392	-154.240	37	4.1		ATLÁNTICO-CANARIAS
26/11/2004	286.354	-183.716		3.4		ATLÁNTICO-CANARIAS
24/02/2005	281.516	-159.870	32	2.6	II	ATLÁNTICO-CANARIAS
24/04/2005	278.226	-150.106	42	4.0		ATLÁNTICO-CANARIAS
02/05/2005	281.331	-162.627	30	3.4		ATLÁNTICO-CANARIAS
22/11/2005	285.596	-166.888	43	4.0		ATLÁNTICO-CANARIAS
25/11/2005	278.229	-152.880	47	3.4		ATLÁNTICO-CANARIAS
07/12/2005	294.940	-167.722	68	4.2		ATLÁNTICO-CANARIAS
14/12/2005	278.070	-152.639	47	3.3		ATLÁNTICO-CANARIAS
15/03/2006	290.898	-167.911	30	3.1		ATLÁNTICO-CANARIAS
28/03/2006	290.964	-147.699	52	3.6		ATLÁNTICO-CANARIAS

Fecha	Lat	Lon	Prof. (km)	Mag.	Int	Localización
31/05/2006	286.260	-152.477	42	3.1		ATLÁNTICO-CANARIAS
31/07/2006	293.685	-161.750	48	3.9		ATLÁNTICO-CANARIAS
12/08/2006	292.787	-144.583	41	3.5		ATLÁNTICO-CANARIAS
13/08/2006	283.988	-153.387	31	3.8		ATLÁNTICO-CANARIAS
14/08/2006	280.726	-169.543	22	3.4		ATLÁNTICO-CANARIAS
27/08/2006	287.563	-143.962	20	3.5		ATLÁNTICO-CANARIAS
02/11/2006	289.860	-163.268	66	3.2		ATLÁNTICO-CANARIAS
02/01/2007	281.548	-163.062	17	2.6	II	ATLÁNTICO-CANARIAS
09/02/2007	281.747	-151.187	43	3.2		ATLÁNTICO-CANARIAS
30/04/2007	298.742	-170.198	20	4.1		ATLÁNTICO-CANARIAS
03/06/2007	280.606	-161.935	28	3.2		ATLÁNTICO-CANARIAS
02/10/2007	296.165	-149.990	47	4.3		ATLÁNTICO-CANARIAS
05/10/2007	275.413	-172.667	28	3.8	II-III	ATLÁNTICO-CANARIAS
27/10/2007	280.691	-161.956	49	3.4		ATLÁNTICO-CANARIAS
15/03/2008	282.464	-152.928	44	3.9		ATLÁNTICO-CANARIAS
05/04/2008	298.163	-150.291	56	3.6		ATLÁNTICO-CANARIAS
13/05/2008	284.429	-160.148	30	3.5	III	ATLÁNTICO-CANARIAS
16/09/2008	276.559	-154.557	47	3.9		ATLÁNTICO-CANARIAS
08/11/2008	290.420	-151.521	43	4.7		ATLÁNTICO-CANARIAS
09/03/2009	284.811	-142.333		1.9	II	ATLÁNTICO-CANARIAS
10/03/2009	288.671	-168.913	41	3.6		ATLÁNTICO-CANARIAS
16/03/2009	285.724	-156.642	40	3.4		ATLÁNTICO-CANARIAS
18/03/2009	280.795	-151.513	34	3.1	II	ATLÁNTICO-CANARIAS
19/03/2009	280.959	-162.110	37	3.1	II	ATLÁNTICO-CANARIAS
06/05/2009	290.136	-157.650	48	3.9		ATLÁNTICO-CANARIAS
13/06/2009	288.931	-163.091	45	3.5		ATLÁNTICO-CANARIAS
19/06/2009	272.946	-182.789		3.4		ATLÁNTICO-CANARIAS
12/10/2009	281.590	-161.498	35	2.8	II	ATLÁNTICO-CANARIAS
21/01/2010	281.135	-158.606	32	2.6	IV	ATLÁNTICO-CANARIAS
14/04/2010	289.250	-162.056	49	3.4		ATLÁNTICO-CANARIAS
03/05/2010	280.802	-150.503	27	2.9	II	ATLÁNTICO-CANARIAS
30/07/2010	280.532	-161.874	18	3.1		TENERIFE-GRAN CANARIA
26/09/2010	293.225	-149.710		3.5		ATLÁNTICO-CANARIAS
22/10/2010	278.500	-152.538	50	3.3		ATLÁNTICO-CANARIAS
09/11/2010	291.017	-149.576	60	3.7		ATLÁNTICO-CANARIAS
21/12/2010	287.639	-143.119		2.9	III	ATLÁNTICO-CANARIAS
19/01/2011	301.319	-158.238	30	4.7		ATLÁNTICO-CANARIAS
04/02/2011	288.362	-152.897	45	4.0		ATLÁNTICO-CANARIAS
16/04/2011	294.291	-171.492	65	4.0		ATLÁNTICO-CANARIAS
19/06/2011	274.294	-156.326	54	3.7		ATLÁNTICO-CANARIAS
18/07/2011	290.662	-163.284	46	3.9		ATLÁNTICO-CANARIAS
05/01/2012	291.056	-141.938	36	3.7	II	ATLÁNTICO-CANARIAS
18/02/2012	280.898	-163.488	32	3.2	II	SE ARICO.ITF
15/05/2012	280.641	-161.806	29	3.4	II	ATLÁNTICO-CANARIAS

Lat: Coordenadas del evento sísmico, latitud

Lon: Coordenadas del evento sísmico, longitud

Prof: Profundidad del hipocentro, expresada en kilómetros

Mag: Magnitud del sismo registrado

Int: Intensidad del sismo registrado

Eventos volcánicos históricos en Canarias REGISTRADOS

Año*	Denominación	Lugar	Fecha (Inicio/ Final)	Duración (días)	Daños	Fuentes	Intervalos erupciones (años)	Observaciones
1430/1440	Tacande o Mtña Quemada	Cumbre Vieja (La Palma)	?	?	Sin datos	Recogida en las obras de los primeros historiadores Canarios, como Abreu Galindo	52	Referencias orales recogidas por los primeros historiadores canarios
1492	Erupción de Colón	Sin localización documental	?	?	Sin datos	Cristobal Colón	93	En actividad el 24 o 25 Agosto de 1492
1585	Tehuya	Cumbre Vieja (La Palma)	19 Mayo/1O Agosto	84	Destrucción de campos cultivados Incendio en el pinar	Fr. Alonso de Espinosa L. Torriani Nuñez de La Peña Ms Biblioteca Nacional	61	Extrusión forzada de varios monolitos fonolíticos
1646	Volcán Martín o de Tigalate	Cumbre Vieja (La Palma)	2 Oct/ 21 Dic	82	Pérdida de ganado. Destrucción de viviendas y estanques de agua. Daños en colmenas Las cenizas de este volcán se recogieron también en Tenerife. Daños en lugares de pasto. Incendios en el pinar de Fuencaliente	Nuñez de La Peña Ms Biblioteca Nacional	31	Formación de varios conjuntos eruptivos tanto en cumbre, como en las cercanías de la costa
1667/1678	Volcán de San Antonio	Cumbre Vieja (La Palma)	17 Nov/21 Ene	66	4 víctimas, al menos 1 de ellas por inhalación de gases tóxicos. Destrucción de la Fuente Santa. Destrucción de viviendas familiares. Destrucción de tanques de agua Destrucción de pasto y pérdida de ganado caprino. Pérdida de campos de cultivos	D. Juan Pinto de Guisla Archivo Parroquial de La Concepción La Laguna Nuñez de La Peña	26	Fases de contacto agua/magma
1704/1705					16 víctimas por los terremotos asociados a la actividad volcánica Desplome de al menos unas 70 casas y daños graves en estructuras religiosas en Güimar y La Orotava	Ms Biblioteca Central Cataluña Prensa Local Canaria Nuñez de La Peña	1	Erupción triple Importante actividad sísmica asociada
	V. de Sietefuentes	Dorso Cañadas (Tenerife)	31 Dic/4 ó 5 Ene	5	Sin daños, por desarrollarse en el sector de cumbres			
	V. de Fasnia	Ladera Sur de Izaña (Tenerife)	5 Ene/ 16 Ene	12	Sin daños, por encauzamiento de coladas en un barranco			Columna eruptiva visible desde La Orotava. Desplomes y desprendimientos
	V. de Arafo	Dorsal de Pedro Gil	2 Feb/27 Marzo	54	Daños en tierras de cultivo			Apertura de grietas y fisuras. Cambios en el caudal y curso de aguas corrientes. Evacuación de la población de Arafo
1706	E. de Garachico Tenerife. V. de Arenas Negras	Dorsal de Abeque (Tenerife)	5 May/13 Jun	40	Incendio en el pinar. Destrucción de viviendas familiares civiles y eclesiasticas. Destrucción de campos de cultivo de subsistencia y de exportación. Destrucción del Puerto de Garachico	Descripciones de Fray Juan García. Fray Domingo José Cassares	6	Es la erupción que provocó mayores daños y pérdidas económicas en Garachico constituía en ese momento el puerto comercial más importante de Canarias, esencial en la ruta entre Europa y América Evacuación de Garachico
1712		Cumbre Vieja (La	9 Oct/ 3	56	Destrucción de viviendas. Destrucción de campos cultivado	Descripción de D. Juan Agustín de	18	Es la erupción que cuenta con

Año*	Denominación	Lugar	Fecha (Inicio/ Final)	Duración (días)	Daños	Fuentes	Intervalos erupciones (años)	Observaciones
	E. del Charco	Palma)	Dic			Sotomayor y Massieu		menor documentación
					Destrucción de caseríos. Destrucción de sistemas de captación de aguas. Destrucción de campos de cultivos	Archivo de Simancas Lepoldo Von Buch (descripción del Cura de Yaiza)		Actividad volcánica discontinua temporalmente. Apertura de unas 180 bocas eruptivas. Construcción de unos 30 edificios
1730/1736	E. de Timanfaya	Sector centrooccidental (Lanzarote)	1 Set 1730 16 Abr 1736	2055	Destrucción de sectores de pasto. Pérdida de ganado por inhalación de gases	Actas Cabildo eclesiástico	62	Emigración de la población. Es la primera erupción que cuenta con el nombramiento de una comisión para el seguimiento de una crisis volcánica en Canarias. Primer mapa de riesgo volcánico de Canarias elaborado durante la crisis. Es la erupción de mayor envergadura en tiempos históricos en Canarias
1798	E. Narices del Teide V. de Chahorra	Laderas Pico Viejo (Teide, Tenerife)	9 Jun/14-15 Sep	99	Sin daños, por desarrollarse circuns crita en el ambito del Teide	Nicolás Segundo de Franqui (Anales de Historia Natural) Bernardo Cologán Fallow (Archivo Zárate Cólogan)	26	Fases de contacto agua/magma
1824	V. de Tao o del Clérigo Duarte	Sector centrooccidental (Lanzarote)	31 Jul/ 31 Julio	86	Destrucción de tierras y de aljibes de agua	Correspondencia personal de Pedro Barceló José Cabrera Carreño (Museo Canario)	85	Emisión tranquila de agua
	V. Nuevo del Fuego o del Chinero		29 Sep/5 Oct		Destrucción de tierras de "islotes"	Diario de D. Ginés de Castro Alvarez, (Archivo Histórico Nacional y Prensa		
	V. Nuevo o de Tinguatón		10 Oct/24 Oct		Sin daños, por ocupar terrenos afectados durante la erupción de 1730/36			Emisión de agua en forma de geiser
1909	V. del Chinyero	Dorsal de Abeque (Tenerife)	19 Nov/27 Nov	10		Lucas Fernández Navarro, Antonio de Ponte y Cólogan, Prensa local, nacional e internacional	40	Primera erupción con documentación fotográfica Primera erupción con estudios de carácter científico
1949	Erupción de San Juan V. de Nambroque, Duraznero y Llano del Banco	Cumbre Vieja (La Palma)	24 Jun/30 Jul	47	Destrucción de viviendas por sismos Destrucción de tierras de labor	Prensa local, nacional e internacional, Martel San Gil, Benitez Padilla, Bonelli Rubio		Fases de contacto agua/magma. Formación de flujos piroclásticos. Formación de pequeños lahares al finalizar la erupción. Importante actividad sísmica
1971	V. del Teneguía	Cumbre Vieja (La Palma)	26 Oct/18 Nov	24	1 victima por inhalación de gases	Prensa local, nacional e internacional	22	Formación de flujos a partir del desplome de coladas. Volumen especial de Estudios Geológicos

Fuente: C. Romero (2007). Dpto. Geografía Univ. La Laguna

Eventos históricos de inundaciones REGISTRADOS en Canarias

Pérdidas económicas por provincia correspondientes a inundaciones ocurridas entre 1989 y 2002 en el Archipiélago Canario. Las pérdidas se han estimado a partir de las cuantías pagadas por el Consorcio de Compensación de Seguros; los valores están expresados en euros a fecha de ocurrencia del evento

Relación entre pérdidas declaradas en Reales Decretos.

Fecha de ocurrencia	Provincia afectada	Pérdidas económicas
16/02/1989	Las Palmas	1.387.431,00
11/04/2002	Sta Cruz de Tenerife	20.962,00
31/03/2022	Sta Cruz de Tenerife	92.262.579
01/01/2002	Las Palmas	1.294.932,00
20/11/2001	Las Palmas	18.270.020,00
21/11/2001	Sta Cruz de Tenerife	69.896,00
10/11/2001	Las Palmas	10.034,00
11/11/2001	Sta Cruz de Tenerife	24.332,00
02/11/2001	Sta Cruz de Tenerife	53.001,00
04/01/2001	Sta Cruz de Tenerife	751,00
07/01/2000	Las Palmas	27.521.662,00
29/10/1999	Las Palmas	174.172,00
26/10/1999	Sta Cruz de Tenerife	9.679,00
27/10/1999	Las Palmas	103.140,00
23/10/1999	Sta Cruz de Tenerife	180,00
24/10/1999	Las Palmas	8.739,00
08/10/1999	Sta Cruz de Tenerife	33.956,00
08/01/1999	Las Palmas	448.159,00
09/01/1999	Sta Cruz de Tenerife	14.008.592
02/12/1998	Las Palmas	43.726
16/12/1997	Sta Cruz de Tenerife	2.481,00
21/01/1997	Las Palmas	7.223,00
16/12/1996	Sta Cruz de Tenerife	2.883,00
13/12/1996	Sta Cruz de Tenerife	1.302,00
31/01/1996	Las Palmas	62.211,00
31/01/1996	Sta Cruz de Tenerife	87.578,00
15/01/1996	Las Palmas	20.820,00
25/12/1995	Las Palmas	8.611
15/12/1995	Sta Cruz de Tenerife	1.968
15/12/1995	Las Palmas	132.692
11/12/1995	Sta Cruz de Tenerife	4.752
11/12/1995	Las Palmas	266.889
30/11/1995	Las Palmas	751
28/11/1995	Las Palmas	8.106

Fuente: Instituto Geológico y Minero de España. Consorcio de compensación de seguros

Incendios ocurridos en Canarias (2000-2011)

	2011		2010		2009		2008		2007		2006		2005		2004		2003		2002		2001		2000	
	Nº	Superficie forestal quemada	Nº	Superficie forestal quemada	Nº	Superficie forestal quemada	Nº	Superficie forestal quemada	Nº	Superficie forestal quemada	Nº	Superficie forestal quemada	Nº	Superficie forestal quemada	Nº	Superficie forestal quemada	Nº	Superficie forestal quemada	Nº	Superficie forestal quemada	Nº	Superficie forestal quemada	Nº	Superficie forestal quemada
Gran Canaria																								
Conatos	40	4,57	56	6,14	53	5,00	49	5,22	49	4,48	52	7,26	55	7,49	43	3,93	35	2,62	31	2,28	17	3,01	18	4,16
Incendios	5	10,64	4	74,10	9	23,06	2	4,36	9	23,72	17	77,40	6	202,91	22	222,26	9	47,50	4	26,60	12	109,10	17	422,50
Grandes Incendios	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	18.672,90	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Tenerife																								
Conatos	20	2,04	20	2,55	27	2,66	33	3,98	24	3,08	28	2,68	32	6,07	28	5,37	21	4,13	14	0,86	23	2,98	18	1,70
Incendios	1	2,77	3	6,17	5	49,57	3	15,16	8	61,90	5	50,01	6	14,00	8	53,51	2	9,30	3	9,81	3	161,87	5	9,30
Grandes Incendios	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	16.820,63	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
La Gomera																								
Conatos	5	1,31	3	0,26	6	0,35	5	0,53	7	0,93	1	0,30	13	1,40	8	0,74	1	0,50	17	1,46	1	0,05	5	0,34
Incendios	1	4,00	2	105,18	1	65,47	2	387,67	3	131,14	1	5,00	3	14,50	4	34,00	1	5,00	3	18,50	0	0,00	3	8,90
Grandes Incendios	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
La Palma																								
Conatos	21	2,57	27	1,48	19	1,43	38	2,60	31	4,71	16	1,53	30	2,20	20	2,14	6	1,35	14	1,74	8	1,39	15	1,88
Incendios	4	5,00	1	2,80	1	1,00	1	5,00	6	35,13	1	1,00	2	4,00	5	11,50	4	8,50	2	82,00	3	10,50	3	15,74
Grandes Incendios	0	0,00	0	0,00	1	3.464,33	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	1.890,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	3.912,50
El Hierro																								
Conatos	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,77	0	0,00	3	0,06	1	0,03	0	0,00	1	0,30	0	0,00
Incendios	2	26,27	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	1,00	1	320,00	0	0,00	1	1,00	0	0,00
Grandes Incendios	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	1.466,70	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00

Superficie medida en hectáreas

Fuente: Instituto Canario de Estadística (ISTAC) a partir de datos de la Viceconsejería de Medio Ambiente

Eventos históricos por dinámica de laderas

No existe un registro de los eventos históricos de movimientos de ladera ocurridos en Canarias. El única evento registrado en Canarias, en el registro de principales movimientos de ladera que ocasionaron daños en España del IGME en el Plan PLIGEO es:

Nombre	Fecha	Tipología del movimiento	Causas	Daños
Rosiana (Gran Canaria)	01/1881, 1879, 1921, 1923 y 17/02/1956	Deslizamiento traslacional	Lluvia	Destrucción de la localidad 5 x 10^5 m3

ANEXO VIII: CATALOGO DE EVENTOS NATURALES HISTÓRICOS QUE HAN PROVOCADO DAÑOS EN CANARIAS

Ejemplo de diseño y metodología para la realización de un inventario de eventos históricos, según el Catálogo Nacional de Riesgos Geológicos

En el presente anexo se muestra la propuesta de realización de un inventario de eventos históricos ocurridos en Canarias, que permita la recopilación de datos de caracterización, daños y costes de los diferentes riesgos analizados en el proyecto RIESGOMAP (eventos volcánicos, inundaciones, terremotos, incendios forestales y movimientos de ladera).

A continuación, se muestra la estructura y funcionalidad de la base de datos, así como el detalle de la información que es posible implementar en la misma.

Diseño de metodología para crear la base de datos

La base de datos se plantea realizarla en el programa Microsoft Access, debido a que las características del mismo se adecuan a los datos a recoger.

Para ello, a cada evento se le asignará un código de identificación, consistente en un número de 6 cifras (de forma similar al Catalogo de Riesgos Geológicos).

Cada evento tendrá asociado una serie de tablas y campos en las que se recogerán sus características principales:

- Localización geográfica y temporal (Tabla de los datos temporales y espaciales del evento)
- Características físicas del evento, por ejemplo intensidad en terremotos o precipitación máxima en inundaciones (Tabla de datos de las características físicas del evento)
- Zonas y elementos afectados (Tabla de los datos de los municipios afectados)
- Daños y pérdidas ocasionados por cada evento, etc. (Tabla de los Datos de daños y tabla de los datos de pérdidas o costes)
- Metadatos (tabla de los metadatos y fuentes de información)

Todas las tablas estarán conectadas entre sí a partir del código de identificación del evento, por lo que se podrán realizar múltiples consultas a partir de los diferentes parámetros

considerados. Así, por ejemplo, se podrá obtener desde el número de inundaciones ocurridas en un periodo de tiempo y en una zona determinada hasta todas las características registradas de un terremoto o de una inundación específica.

La información incluida en la base de datos será posteriormente tratada gráficamente mediante un Sistema de Información Geográfica, lo que permitirá la representación cartográfica en mapas a distintas escalas y el tratamiento estadístico de la información.

Para complementar la base de datos, la información referente a los eventos históricos en Canarias, será obtenida de diversas fuentes:

- Catálogo Nacional de Riesgos Geológicos
- Notas de prensa: Obtenidas a partir de la revisión de la base de datos EFEData, de páginas Web de medios de comunicación y de noticias de periódicos.
- Valoraciones oficiales de daños: Obtenidas a partir de los informes de los daños declarados por entidades públicas (ayuntamientos, diputaciones, gobiernos autonómicos, etc.) al Ministerio del Interior para la elaboración de Reales Decretos. Estos datos son recopilados por la Dirección General de Protección Civil tras los sucesos, quien los ha puesto a disposición del estudio para su consulta.
- Información del Consorcio de Compensación de Seguros: Cuantías pagadas por el Consorcio de Compensación de Seguros como indemnizaciones por los daños producidos como consecuencia de eventos naturales en Canarias.
- Datos recopilados por la Dirección General de Protección Civil
- Información recogida por los Cabildos Insulares y el Gobierno de Canarias.

Los datos necesarios para cumplimentar cada una de las tablas objeto de la base de datos, como la caracterización temporal, espacial y física de los fenómenos estudiados (terremotos, inundaciones y movimientos de ladera) daños o costes, serán seleccionados en base a su disponibilidad, calidad, grado de detalle, homogeneidad, fiabilidad y validez para los objetivos del estudio. Existirán algunos campos de las tablas que no podrán ser implementados por falta de información, quedando vacios.

Estos criterios se realizarán en función de la discriminación y selección de información válida entre toda la información existente. Aunque en algunos casos, no se tenga información de todos los criterios seleccionados, se recopilarán todos los datos válidos posibles.

La exhaustiva recopilación de la información en Canarias y de los futuros eventos, ayudará en la investigación y estimación de la peligrosidad de cada uno de los riesgos analizados, puesto que para estimar la frecuencia de los procesos, en gran medida en función de cálculos

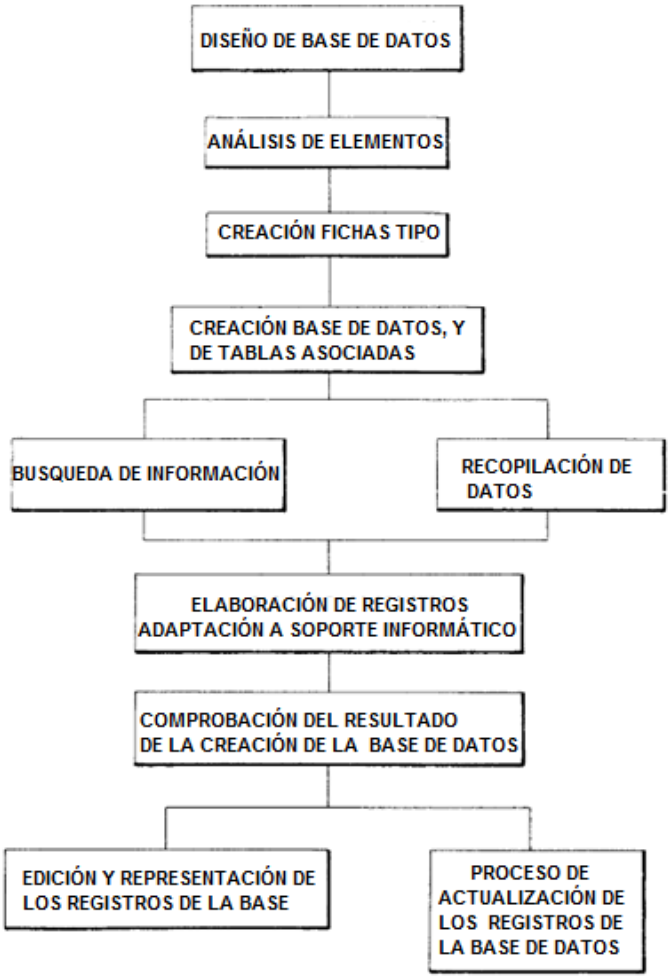
estadísticos, se requerirá una muestra de datos suficientemente grande y representativa para ser fiables.

Los datos socioeconómicos serán obtenidos fundamentalmente del Instituto Canario de Estadística (ISTAC), del Instituto Nacional de Estadística (INE) y de los Anuarios de La Caixa y Caja España.

Con respecto a la cartografía digital necesaria para la representación y tratamiento de los datos obtenidos a nivel de municipios, islas o provincias, se empleará la cartografía temática de GRAFCAN S.A..

Todos los peligros incluidos en la base de datos tendrá el mismo tipo de información en cuanto a datos de las tablas correspondientes a la distribución espacial y temporal, los municipios afectados, los daños producidos, los costes y/o pérdidas y los metadatos. Los únicos datos diferentes adaptados a las peculiaridades de cada tipo de peligro serán los que caracterizan la tabla de características físicas de los eventos.

A continuación se adjunta un esquema de cada uno de los pasos a seguir en la realización de la base de datos:



Analizadas de forma somera, las características de la base de datos, la metodología de realización y su contenido, a continuación se analiza de forma concreta el contenido de cada una de las tablas planteadas en la base de datos.

Datos temporales y espaciales

Contenido de la tabla de datos temporales y espaciales

La primera tabla de la base de datos se corresponderá a los datos espaciales y temporales de cada uno de los eventos históricos ocurridos en Canarias (registros). Estos datos son comunes a cualquier evento, por lo que se podrán hacer búsquedas por tipo de peligro, fecha de ocurrencia o coordenadas UTM.

La información a recopilar de cada evento será:

Datos del evento	
Características	Id del evento
	Fecha
	Coordenadas UTM 28

espaciales	Ubicación
	Superficie afectada
	Municipios afectados
	Tipo de peligro (terremoto, inundación, vulcanismo, incendio o movimiento de ladera)

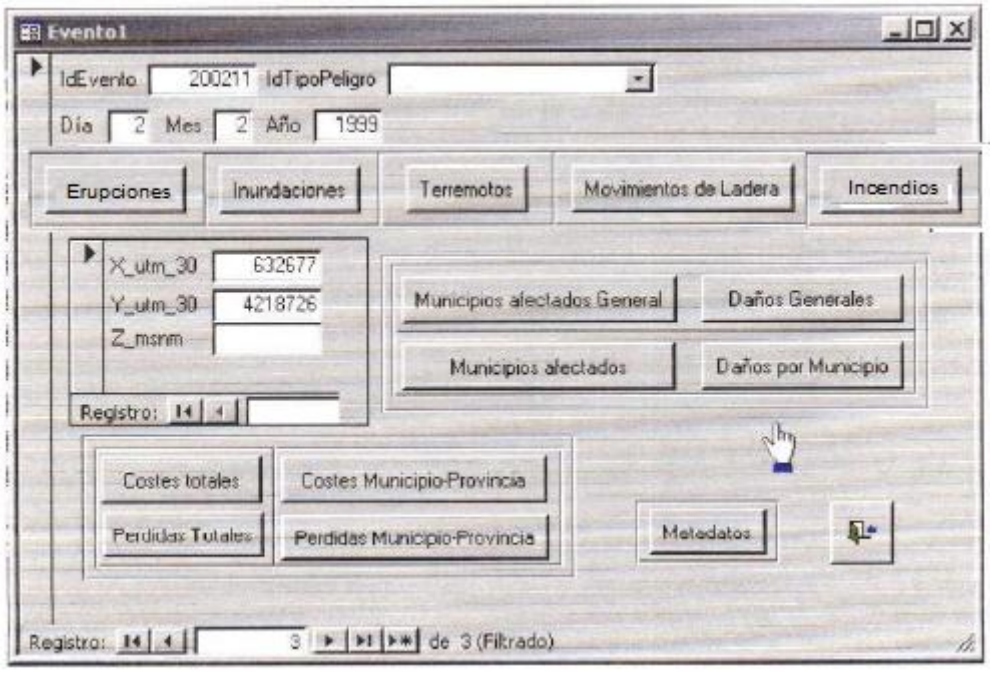
Visualización de la tabla de datos temporales y espaciales

Para facilitar el uso de la base de datos, se propone la realización de varias ventanas y formularios de Access que contengan la información y permita mediante botones el acceso y la conexión con el resto de tablas de la base de datos.

En la primera ventana de la base de datos se propone incluir los datos espaciales y temporales del evento. Como ejemplo se adjunta una posible configuración de los datos temporales y espaciales basada en el Catalogo de Riesgos Geológicos.

Se dispondrá de botones que den acceso al resto de tablas de la base de datos.

Figura: Datos sobre la caracterización temporal de los eventos registrados en la base de datos



Datos del municipio afectado

Contenido de la tabla de municipios afectados

Respecto a la información espacial, en la base de datos se registrarán aquellos municipios en los que se hayan producido y/o declarado daños. Para ello se establecerá una tabla que dispondrá de dos entradas, en función de la información que se quiera consultar: Por un lado

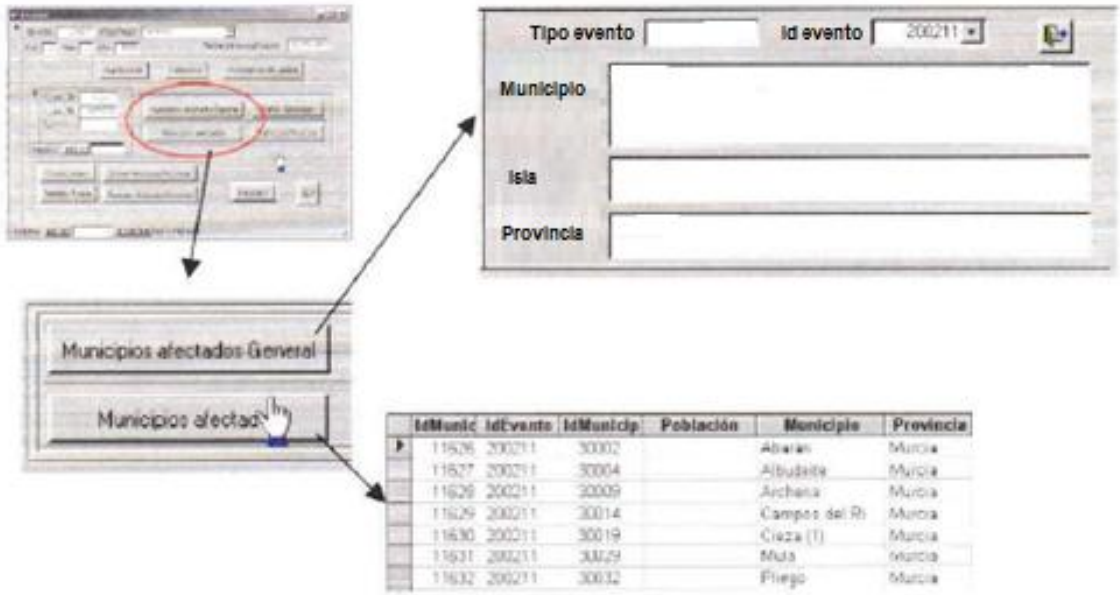
"Municipios afectados general", y por otro "Municipios afectados". En cada una de las entradas se recogerá la siguiente :

Datos a incluir (Municipios afectados General)	
Tipo de evento	Terremoto, Inundación, Vulcanismo, Incendio forestal o Movimiento de ladera
Id evento	(6 cifras)
Municipio	
Isla	
Provincia	

Datos a incluir (Municipios Afectados)	
Id evento	(6 cifras)
IdMunicipio	Según el código del INE
Población	(último censo disponible INE)
Municipio	
Entidades/núcleos de población	
Isla	
Provincia	

Visualización de la tabla de municipios afectados

La primera ventana, descrita con anterioridad, se diseñara de tal forma que se disponga de un botón que de acceso a los datos de los municipios afectados (tabla de municipios afectados). De tal forma que si se pincha en el botón 'Municipios afectados General" se obtendrá una lista de las islas y provincias afectadas por el evento, o pinchando en el botón "Municipios afectados I" se enlazará con la tabla "Municipios Afectados", que tendrá el registro completo de todos los municipios afectados por ese evento registrado. A partir de esta tabla se puede obtener información adicional, como el número de veces que un municipio ha sido afectado por un tipo de peligro en un periodo concreto de tiempo.



Datos de caracterización física del evento

Contenido de la tabla

Se dispondrá de una tabla para cada tipo de peligro, de tal forma que cada una contendrá toda la información que caracteriza a cada uno de los eventos. A continuación se detalla la información a incluir en cada tabla.

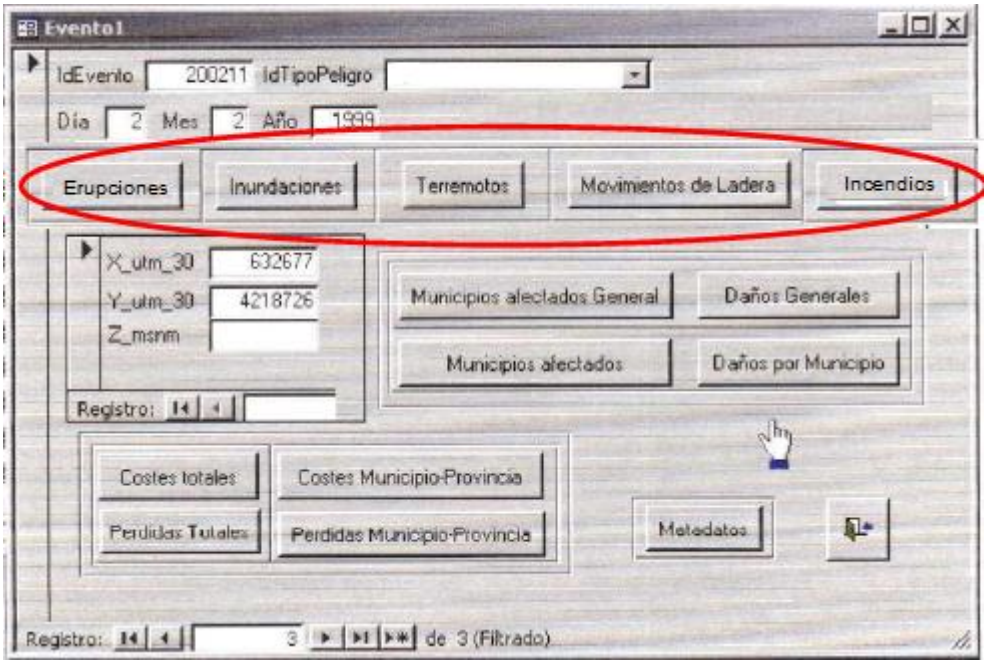
Tabla: Datos de caracterización espacial y física de los eventos registrados en la base de datos

	Datos del evento	Terremotos	Vulcanismo	Inundaciones fluviales	Inundaciones litorales	Incendios forestales	Movimientos de ladera
Características físicas	**Id evento**						
	Zonas afectadas	Municipio epicentro	Longitud y latitud (erupción) Paraje Ubicación Superficie	Cuenca hidrográfica en la que se produjo Ríos, ramblas y/o barrancos afectados Superficie	Zona costera afectada (longitud, paraje, ubicación) Superficie afectada (km2)	Municipio Paraje Superficie afectada (km2)	Paraje Ubicación Zona afectada Superficie afectada (m2)
	Severidad y magnitud de los procesos	Intensidad (MSK) Profundidad focal (km) Magnitud (MR) Duración (s) Registro Réplicas	Duración Frecuencia	Altura máxima del nivel de agua (m) y lugar de medición Caudal Máximo (m3/s) y lugar de medición Precipitación máxima (mm2) y lugar de medición Caudal específico (l/s/krn2) y lugar de medición	Duración de la inundación Frecuencia (años) Altura máxima del nivel de agua (m) y lugar de medición Velocidad del viento	Fecha y hora de inicio Fecha y hora de incendio controlado Modelo de combustible Humedad relativa Dirección del viento Temperatura máxima Tipo de día (laborable, sábado o festivo)	Litología y su código Formación Edad Volumen (m3) Angulo del talud Nivel freático
	Clasificación	Mecanismo focal	Tipo de erupción	Origen	Tipo de inundación litoral (tsunami, marea o ocasionada por temporal)	Tipo de fuego (de copas, de superficie, subsuelo o ambos) Peligro (Alarma, Alarma extrema, prealerta o sin datos)	Tipo de movimiento
	Causas	Tipo: Tectónico o Volcánico	Tipo de proceso volcánico	(ej: temporal de lluvias con 1.300 Hm3 en 36 h.)	Causas (ej: temporal de lluvias con 1.300 Hm3 en 36 h.)	Indicación de la zona donde se ha iniciado el incendio (junto a una carretera, casas, cultivos, etc..) Tipo de causa (Cierta o supuesta) Grupo de causa (Desconocida, Intencionado, negligencias y causas accidentales). Causa Causante (Identificado, no identificado) Motivación	
	Notas						
	Observaciones						
	Fotografías disponibles						

La información referente a estos campos será recopilada principalmente de documentación existente, a partir del Catálogo Nacional de Riesgos Geológicos, datos del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), el Instituto Geográfico Nacional (IGN), la Dirección General de Protección Civil (DGPC), el Gobierno de Canarias y los Cabildos insulares, etc...

Visualización de la tabla

En la primera ventana aparecerá un botón para cada tipo de peligro. Según el evento histórico a registrar, se accederá a una ventana de la base de datos diferente.



Pulsando sobre el botón del peligro correspondiente a ese evento, se accederá a una nueva ventana que aportará los datos de las características físicas de ese evento, realizada a partir de los datos recogidos en la tabla correspondiente. Seguidamente se adjunta un ejemplo de la posible representación de esta información de la tabla, dispuesta en la nueva ventana que se despliega.

Terremotos

IdTerremoto 211 IdEvento 200211 Municipio Epicentro: Mula

Intensidad (MSK) 6,5 Magnitud (MR) 4,9 Registro: Instrumental

Profundidad Focal (Km) 4 Duración (s)

Replicas: 38 réplicas, 9 de ellas sentidas por la población

Tectónica: Movimiento de las placas tectónicas Africana y Euroasiática

Mecanismo focal: Si

Mapa de isosistas: ☑

Zonas afectadas: Sentido en las provincias de Murcia, Albacete, Almería, Valencia, Jaén, Ciudad Real, Granada, Toledo, Cuenca, Castellón, Madrid, Segovia y Valladolid

Observaciones: Los daños se han concentrado en los municipios de Mula, Albudeite y Campos del Río (provincia de Murcia) y de menor consideración en los municipios de Pliego, Archena, Abarán, Cieza, etc.

Registro: 1 de 1

Eventos volcánicos

IdMovimien 1 IdEvento 300001 Activo S Reactivación ☑

IdEvento	Id TIPO_ERUPCIÓN
300001	
300001	

Registro: 1 de 1

Superficie afectada (km2): 200

Frecuencia (años): 500 años

Duración (días): 4

Longitud Latitud

Paraje (s)

Ubicación

Notas

Observaciones

Registro: 1 de 1

Inundaciones fluviales

IdInundación: 1 — IdEvento: 100001

Duración (días): 4 — Frecuencia (años): 500 años

Cuenca Hidrográfica: Norte de España — Causas: Gota fría, temporal de lluvias de 1.300 Hm3 en 36 h. Desbordamientos de cauces

Ríos/Ramblas: Nervión, Asón, Saja

Altura máxima nivel de agua (m): 4,77 — Medida en: Bilbao

Caudal máximo (m3/s): 3703 — Medido en: Basauri

Precipitación máxima (l/m2): 466 — Medida en: Basauri en 36 horas

Caudal específico (l/s/km2): — Medido en:

Observaciones: Efectos magnificados por ocupación de cauces

Superficie afectada (km2): 200

Registro: 1 de 1

Inundaciones Litoral o Costera

IdInundación: 1 — IdEvento: 100001 — Duración (días): 4

IdEvento	Id TIPO_INUNDACIÓN
300001	
300001	

Registro: 1 de 1

Frecuencia (años): 500 años

Causas: Gota fría, temporal de lluvias de 1.300 Hm3 en 36 h. Desbordamientos de cauces

Altura máxima nivel de agua (m): 4,77 — Medida en: Bilbao

Caudal máximo (m3/s): 3703 — Medido en: Basauri

Longitud: — Latitud:

Paraje (s):

Ubicación:

Observaciones: Efectos magnificados por ocupación de cauces

Superficie afectada (km2): 200

Registro: 1 de 1

Movimientos de ladera

IdMovimen 1 IdEvento 300001 Fecha_movimiento: 1975 y ant Activo S Reactivación

IdEvento	Id TIPO_MOVIM
300001	Deslizamiento
300001	

Registro: 1 de 1

Litología LIM.CAL.MAR Código litología
Formación
EDAD D200-CUATERN
Volumen m3
Superficie m2
Angulo del talud 45
Nivel freático

Longitud 013140 E Latitud 411318
Paraje (s) Autopista Zaragoza Mediterraneo
Ubicación Terraplen autopista
Zona Afectada Carretera

Notas Circulación interna de agua y fnos. de colapso en los limos

Observaciones Agua en cto mar cal

Registro: 1 de 1

Incendios forestales

IdEvento 200211 Fecha Inicio hora Fecha controlado hora

Zona Incendio Modelo combustible Tipo de día
Humedad relativa Tipo de fuego Paraje (s) Autopista Zaragoza Mediterraneo
Dirección viento Peligro Ubicación Terraplen autopista
Temperatura máx.

Tipo de causa Causante Causas Gota fría, temporal de lluvias de 1.300 Hm3 en 36 h. Desbordamientos de cauces
Grupo de causa Motivación

Observaciones Efectos magnificados por ocupación de cauces

Superficie afectada (km2) 200

Registro: 1 de 1

Datos de daños

Contenido de la tabla

Estos son los datos más importantes a recopilar, ya que el objetivo es conocer y evaluar los riesgos naturales en Canarias. La obtención de esta información no será fácil, tanto por la inexistencia de valoraciones económicas de daños en muchos de los eventos, como por la falta de criterios uniformes a la hora de realizarlas. Además, existe la dificultad añadida del acceso a este tipo de información.

Para su tratamiento, se diferencian entre dos tablas distintas: los daños económicos y materiales y los daños sociales.

Daños económicos: Aquellos valorados y declarados por organismos oficiales (Ayuntamientos, Diputaciones, Consejerías, Ministerios, etc.). Dentro de los daños económicos se diferenciará entre pérdidas y costes. Se consideran pérdidas a la totalidad de los daños económicos producidos por el evento y costes a aquellas cantidades que tras el evento han sido invertidas para sufragar gastos de reposición o indemnizaciones, ayudas, etc. con objeto de paliar las pérdidas ocasionadas. Como daños materiales se considerarán aquellos que han sido descritos y/o cuantificados, pero no han sido valorados económicamente.

Daños sociales: número de muertos, desaparecidos, heridos, desplazados y evacuados tras los eventos.

La información podrá ser en muchos casos de carácter cualitativo, con descripciones vagas y/o someras de los daños

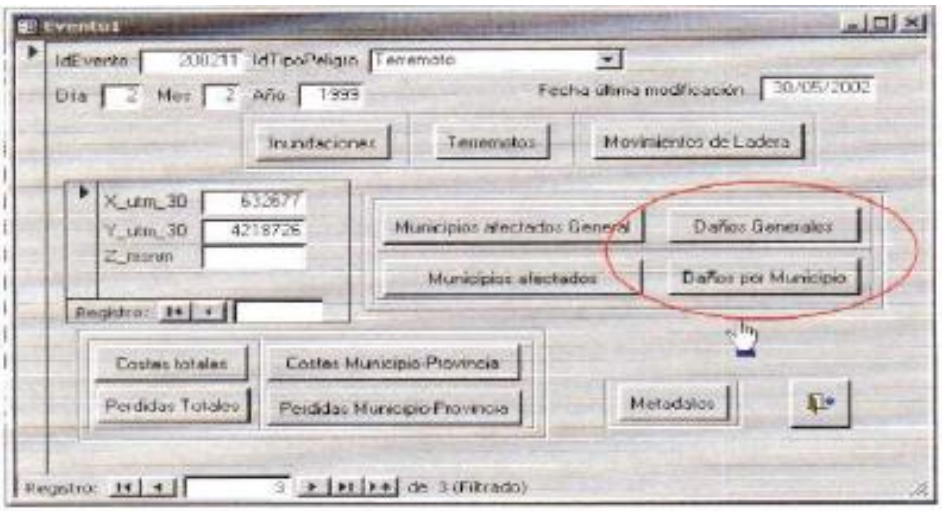
La información a recopilar será común para todos los eventos naturales analizados. Los tipos de datos recopilados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla. Datos sobre los daños ocasionados por los eventos registrados en la base de datos

Tipos de daño		Datos	Nivel de detalle
Daños sociales		Nº de muertos Desaparecidos Heridos Desplazados Evacuados	Evento y municipio (Id del evento y municipio)
Daños materiales (no valorados)	Generales	Descripción general	Evento (Id del evento)
	Indirectos		
	Edificios	Tipo. Número de plantas, Numero de edificios, Tipo de daño	Evento y Municipio (Id del evento y municipio)
	Infraestructuras	Tipo de infraestructura, Longitud afectada (m), Tipo de año, duración del daño (días)	
	Usos del suelo	Uso, tipo, subtipo, (SIOSE), área	
	Animales	Tipo, subtipo, muertos	
	Vehículos	Tipo, número y daño.	
	Indirectos	Descripción (Incendio en Barranco Tirajana, Corte de red viaria)	

Visualización de la tabla

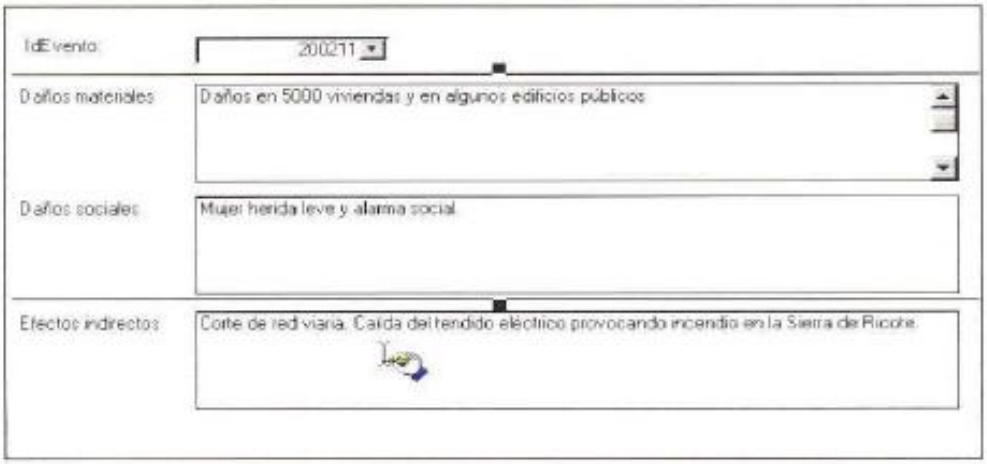
A partir de la ventana inicial, se puede ver una descripción general cualitativa de los daños producidos por el evento seleccionando el botón 'Daños Generales".



En el caso de que en la base de datos se haya registrado información sobre daños en el ámbito municipal, se puede consultar su descripción en el formulario correspondiente que se abre al hacer clic en el botón 'Daños por Municipio".

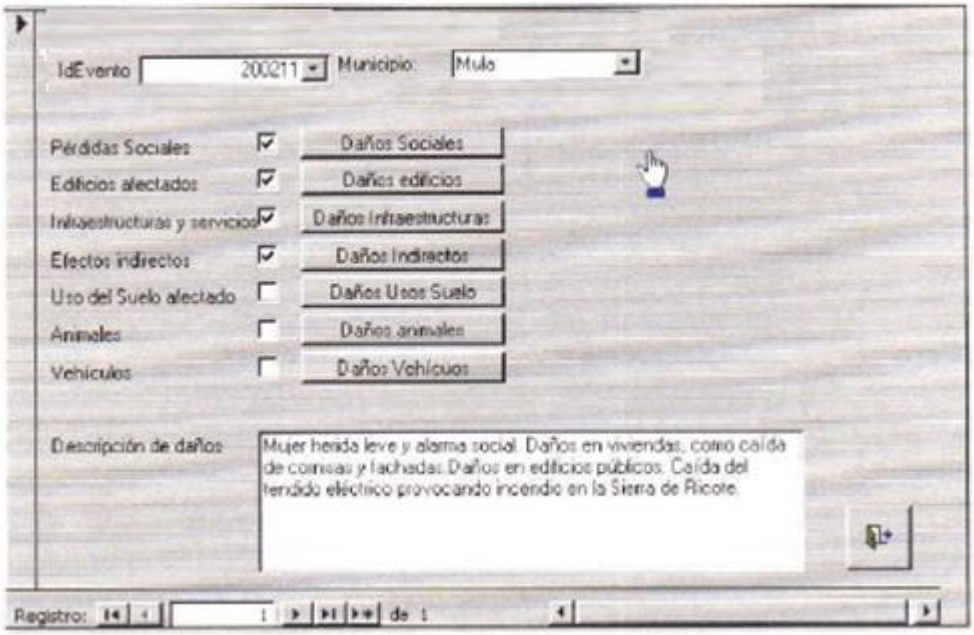
A continuación se presenta una imagen de la posible estructura de la base de datos para ambos formularios:

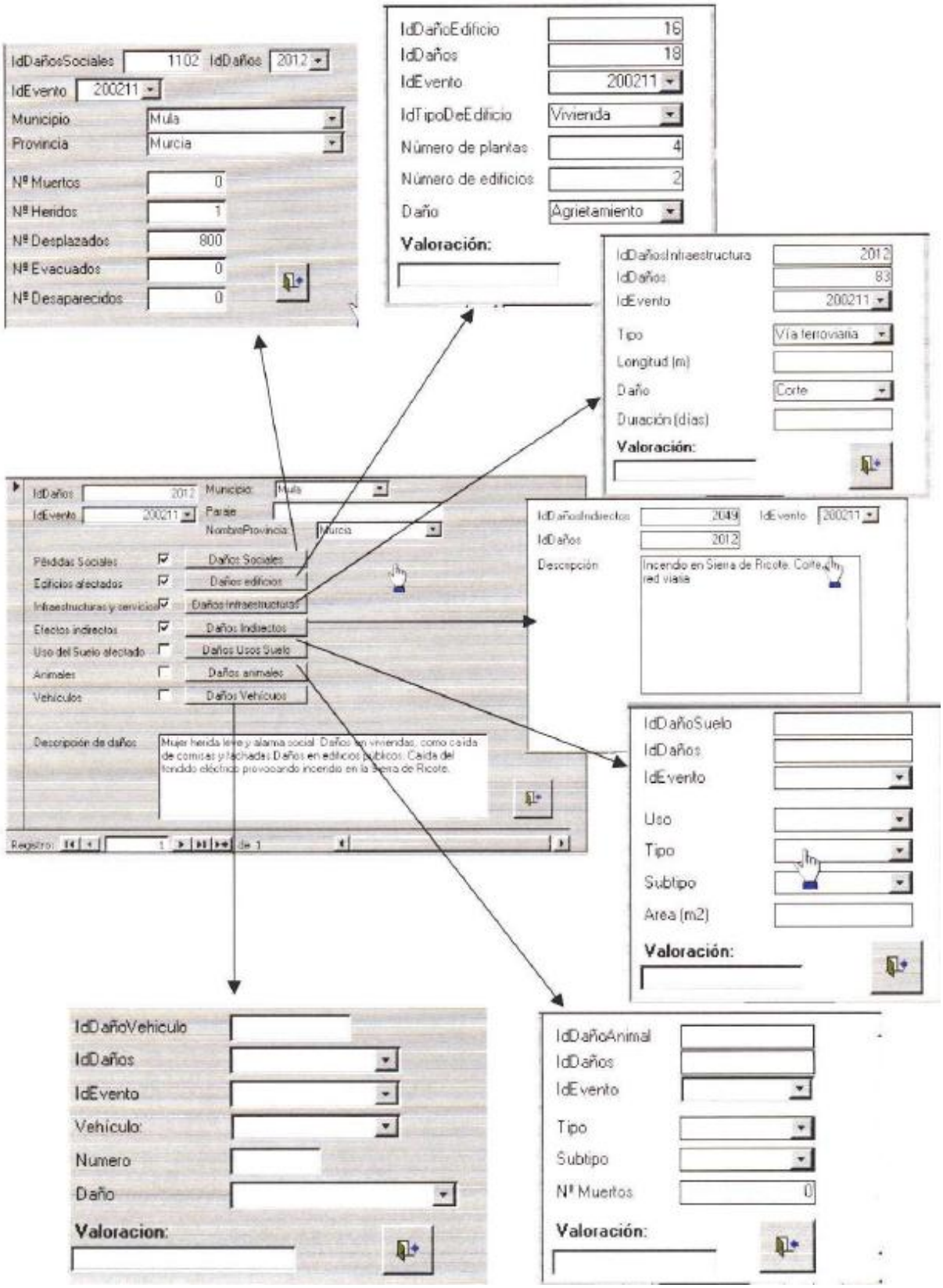
Daños generales



Por último, se puede obtener para cada municipio afectado la información cuantitativa referente a cada uno de los tipos de daños definidos en el formulario de 'Daños por Municipio". Para ello se pincha en el botón correspondiente al tipo de daño "Daños por municipio".

Daños por municipio




IdDañosSociales 1102 IdDaños 2012
IdEvento 200211
Municipio Mula
Provincia Murcia
Nº Muertos 0
Nº Heridos 1
Nº Desplazados 800
Nº Evacuados 0
Nº Desaparecidos 0
IdDañoEdificio 16
IdDaños 18
IdEvento 200211
IdTipoDeEdificio Vivienda
Número de plantas 4
Número de edificios 2
Daño Agrietamiento
Valoración:
IdDañosInfraestructura 2012
IdDaños 83
IdEvento 200211
Tipo Vía ferroviaria
Longitud (m)
Daño Corte
Duración (días)
Valoración:
IdDaños 2012
IdEvento 200211
Municipio Mula
Parale
NombreProvincia Murcia
Pérdidas Sociales
Daños Sociales
Edificios afectados
Daños edificios
Infraestructuras y servicios
Daños Infraestructuras
Efectos indirectos
Daños Indirectos
Uso del Suelo afectado
Daños Usos Suelo
Animales
Daños animales
Vehículos
Daños Vehículos
Descripción de daños
Mujer herida leve y alarma social. Daños en viviendas, como caída de cornisas y fachadas. Daños en edificios públicos. Caída del tendido eléctrico provocando incendio en la Sierra de Ricote.
IdDañosIndirectos 2049
IdEvento 200211
IdDaños 2012
Descripción
Incendio en Sierra de Ricote. Corte red viaria
IdDañoSuelo
IdDaños
IdEvento
Uso
Tipo
Subtipo
Area (m2)
Valoración:
IdDañoVehiculo
IdDaños
IdEvento
Vehículo
Numero
Daño
Valoracion:
IdDañoAnimal
IdDaños
IdEvento
Tipo
Subtipo
Nº Muertos 0
Valoración:

Datos de pérdidas y costes

Contenido de la tabla

Una vez visualizados los daños ocasionados, se pueden conocer las valoraciones económicas de los mismos mediante la estimación de las pérdidas y/o los costes que han supuesto para ese evento.

Se consideran los daños económicos como aquellos valorados y declarados por organismos oficiales (Ayuntamientos, Diputaciones, Consejerías, Ministerios, etc. Todos los datos de pérdidas económicas serán recopilados manteniendo la divisa y el valor vigente en el momento de su publicación. Dentro de los daños económicos se diferenciará entre las pérdidas y los costes.

Se consideran como pérdidas la totalidad de los daños económicos producidos por el evento y costes aquellas cantidades que tras el evento han sido invertidas para gastos de reposición o indemnizaciones, ayudas, etc. con objeto de paliar las pérdidas ocasionadas.

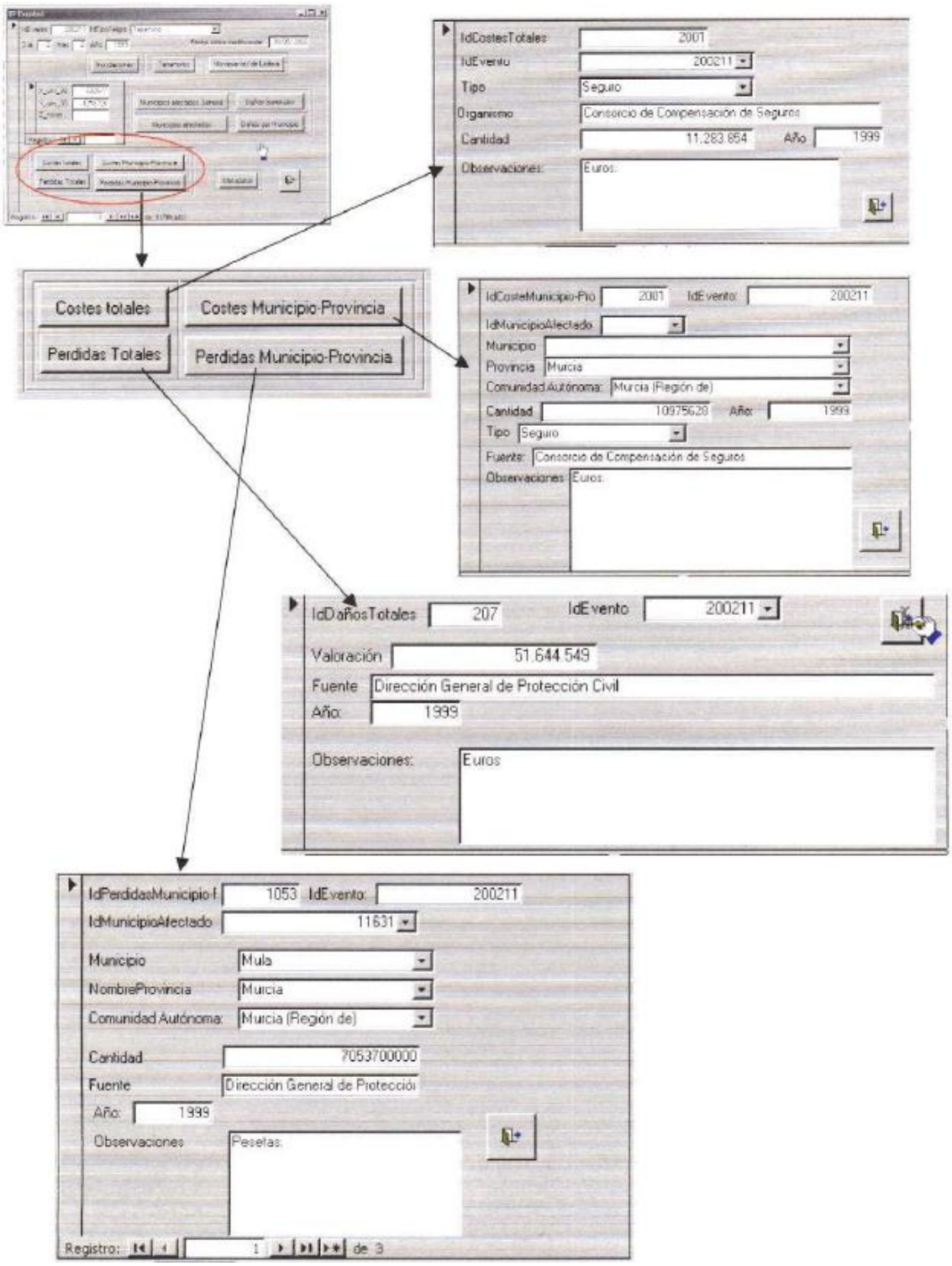
La información recopilada podrá incluir valoraciones de costes y pérdidas declaradas tanto para el evento en su conjunto como a nivel provincial o municipal.

A continuación se incluye en l tabla la información a recopilar:

<table>
<tr><th colspan="3">Tipos de daño</th><th>Datos</th><th>Nivel de detalle</th></tr>
<tr><td rowspan="6">Daños económicos (valorados)</td><td colspan="2" rowspan="2">Pérdidas</td><td>Fuente
Valoración
Año
Divisa
Observaciones</td><td rowspan="6">Evento y municipio</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Costes</td><td>Préstamo</td><td rowspan="5">Organismo
Cantidad
Divisa
Año
Observaciones</td></tr>
<tr><td>Reposición</td></tr>
<tr><td>Seguro</td></tr>
<tr><td>Ayuda</td></tr>
<tr><td>Indemnización</td></tr>
</table>

Visualización de la tabla

Pulsando los botones relativos a costes y pérdidas identificados en la ventana principal, se accederá a cada una de las tablas y nuevas ventanas que contendrán la información.



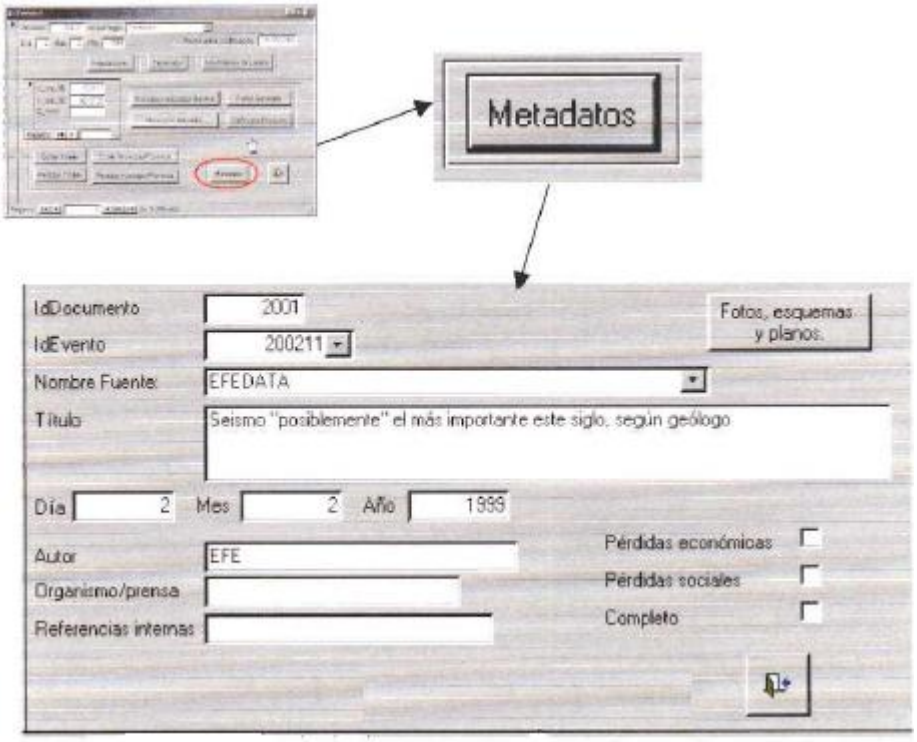
Metadatos

En los metadatos se recogerá las fuentes de la información contenida en la base de datos. Las principales fuentes podrán ser la ya descritas en la parte inicial:

- Catálogo Nacional de Riesgos Geológicos

- Notas de prensa:
- Consorcio de Compensación de Seguros o Compañías de Seguros
- Datos recopilados por la Dirección General de Protección Civil
- Información recogida por los Cabildos Insulares y el Gobierno de Canarias
- Empresas privadas

Para conocer los metadatos de cada registro, el evento podrá tener asociados mediante hipervínculos, los formularios de datos que describen los documentos de los que se obtuvo la información y, en su caso, la información necesaria para localizar la fuente documental. El acceso a esta información se realizará a partir del formulario principal haciendo clic en el botón "Metadatos". Un ejemplo se puede ver en la imagen siguiente.



Campos de la base de datos propuesta

En las tablas que componen la base de datos y las fichas de visualización existen unos campos comunes a todos los eventos que son los siguientes:

Tipo de Riesgo: Campo que contiene denominación de cada uno de los Riesgos considerados.

Id evento: Campo numérico que expresa el orden del registro que se asigna a cada una de las fichas. (compuesto por 6 cifras)

Fecha del Registro: Campo de fecha que contiene la fecha de introducción o de la última actualización del registro.

Municipio: Campo donde se recoge el municipio donde ha sido registrado el suceso.

Paraje: Campo que contiene otras reseñas de ubicación geográfica, que aportan más datos sobre la localización del suceso.

Isla: Campo donde se consigna la isla donde se ha registrado la incidencia.

Provincia: Campo donde se consigna la provincia donde se ha registrado la incidencia.

Zonas afectadas: Campo donde se consignan las localidades, pueblos o áreas geográficas afectadas por el Riesgo Geológico, en el caso de que el suceso pueda afectar a un área más extensa y no a un único punto geográfico.

Coordenada de longitud (X): Campo donde se almacena la coordenada X en UTM y uso 28.

Coordenada de latitud (Y): Campo donde se almacena la coordenada Y en UTM y uso 28.

Fecha: Campo en el que se consigna la fecha de ocurrencia del suceso. La estructura que se plantea es AAAA/MM/DD para poder realizar búsquedas por la fecha. Este campo no ha sido considerado como campo fecha, dado que pueden existir datos heterogéneos e imprecisos, y por tanto no pueden adaptarse al formato del campo fecha.

Hora: Campo que recoge la hora de ocurrencia de los sucesos registrados en horas, minutos, segundos y décimas en caso de existir. Este campo de y no numérico, por motivos idénticos a los señalados para el campo anterior.

Daños materiales: Campo donde se consignan los daños a instalaciones e infraestructura afectadas, pérdidas materiales, etc.

Nº Muertos: Campo donde se refleja el número de víctimas que se han registrado en los sucesos Este campo no ha sido considerado numérico por no conocerse con exactitud el número de víctimas, conociéndose únicamente la existencia o no de las mismas, en algunos casos.

Nº Heridos: Campo donde se recoge el número de heridos registrado en el suceso. El campo no es numérico por motivos idénticos a los señalados para el campo anterior.

Pérdidas económicas: Campo donde se consigna la cuantía económica en millones de euros de las pérdidas registradas en cada evento.

Observaciones y Efectos indirectos: Se han preparado estos dos campos de para introducir en ellos todas las cuestiones generales que puedan se significativas y que aporten datos para el conocimiento de este suceso, así como otros efectos secundarios consecuencia del mismo.

Notas: Este campo se ha destinado a almacenar en él gran cantidad de textos que no pueden ser registrados en la breve extensión de los campos de la ficha.

Fotografías: Campo que contiene las fotografías disponibles del evento.

De igual forma existen unos campos específicos de técnico de cada uno de los tipos de Riesgos Geológicos; éstos son revisados a continuación de forma separada (algunas de los elementos incluidos en estas tablas ya han sido definidos con anterioridad en el apartado general y no se han incluido a continuación).

RIESGO SISMICO:

Registro (instrumental o histórico): Campo que indica si el registro ha sido realizado en base a fuentes históricas o por el contrario ha sido realizado mediante sismógrafos en una estación sismológica.

Intensidad (MSK): Campo que contiene el valor de la intensidad. La intensidad es un concepto que se refiere a los efectos de los terremotos sobre estructuras y personal que está relacionada con el potencial destructivo del mismo. De las diferentes escalas utilizadas en el mundo, se ha escogido la escala MSK propuesta por S.Medvedev y mejorada en 1964 por el mismo S. Medvedev, W. Sponheuer y V. Karnik. Esta escala utiliza conceptos similares a los de la escala de Mercalli modificada para definir los grados de intensidad, pero además utiliza un péndulo en correspondencia con el desplazamiento máximo del mismo. En la actualidad y en versión española se utiliza MSK que emplea 12 grados de intensidad sísmica.

Magnitud (MR): Campo que contiene la magnitud. La escala de magnitud más utilizada es la de Richter, donde se expresa una medida de la energía del terremoto en el foco, que se define como el logaritmo decimal de la amplitud del movimiento sísmico medido en micrones a 100 km. del epicentro con un sismógrafo Wood-Anderson.

Profundidad Focal: Campo en el que se consigna la profundidad expresada en km del hipocentro. Esto permite conocer si un terremoto es superficial, medio o profundo.

Duración: Campo en el que se expresa la duración en segundos del movimiento sísmico registrado.

Réplicas: Campo que contiene información sobre el número de movimientos sísmicos asociados que se han registrado de un terremoto, duración de las mismas y fechas en las que éstas han tenido lugar.

Tipo Tectónico o volcánico: Campo que refleja información sobre la tectónica de la región o el elemento , así como estructuras geológicas con las que está relacionado el seísmo, o que pueden ser origen del mismo.

Mecanismo Focal: Campo que recoge la existencia de mecanismos focales relacionados con los terremotos. El mecanismo focal proviene de la aplicación en torno al foco de un seísmo del método sismológico conocido como "Estudio de las primeras ondas P". De aquí se deducen cuatro cuadrantes que quedan en posiciones alternas, dos en compresión y dos en extensión. Estos cuadrantes están divididos por dos planos ortogonales, que en la realidad corresponden al plano de falla y al plano perpendicular a la dirección de deslizamiento de la falla. La representación en proyección estereográfica de estos dos planos y sus correspondientes cuadrantes compresivos y extensivos es lo que se conoce como mecanismo focal. El mecanismo focal indica el tipo de falla.

Zonas afectadas: Recoge el nombre de todas las zonas afectadas por el sismo

RIESGO VOLCANICO:

Volumen de los materiales (mili. m^3): Campo que contiene la información sobre el volumen de los materiales en millones de metros cúbicos expulsados durante esta erupción.

Superficie afectada (Km2): Campo que recoge la superficie en kilómetros cuadrados que fue cubierta por materiales expulsados durante la erupción.

Activo: Campo que indica si el volcán en el que se ha producido la erupción se considera activo. Se considera que un volcán esta activo a aquellos que han tenido una erupción en últimos 10.000 años. En caso contrario, se considera dormido (ha dejado de tener actividad en un largo periodo de tiempo o su cámara magmática se ha quedado sin material o se ha solidificado.

Frecuencia (Años): Campo que refleja la frecuencia estadística de las erupciones de un volcán en año.

Tipos de erupción: Campo que contiene datos relativos al tipo de vulcanismo o tipo de erupción.

Notas: Campo que señala la existencia o no de movimientos sísmicos precursores de la erupción volcánica.

Duración de la erupción: Campo que recoge la duración de las premoniciones en caso de que éstas existan.

RIESGO POR INUNDACIÓN FLUVIAL:

Cuenca Hidrográfica: Campo que señala la cuenca insular donde se ha producido la inundación.

Barrancos/Ramblas: Campo donde se señala el nombre de los barrancos o ramblas que han sido afectados por las inundaciones.

Causas: Campo destinado a almacenar la información sobre las posibles causas que han desencadenado las inundaciones.

Frecuencia (años): Campo que recoge la frecuencia estadística con la que se producen las inundaciones.

Superficie Afectada (Km^2): Campo que contiene la superficie total inundada expresada en km^2.

Datos hidrológicos y/o meteorológicos: Son cuatro campos que contienen parámetros de tipo hidrológico y meteorológico con la indicación del lugar de medición en donde ha sido registrado este parámetro. Estos son los siguientes:

Altura máxima del nivel de Agua (m.): Máximo nivel alcanzado por las aguas expresado en metros, sobre la altura del agua habitual en este punto.

Caudal máximo (m^3/s): Caudal máximo del agua registrado en un cauce al pasar por una localidad expresado en metros cúbicos/segundo

Precipitación máxima (mm^2) :Precipitación expresada en litro/metros cuadrados recogida en un determinado observatorio meteorológico o localidad durante un período de inundaciones. Estas precipitaciones corresponden según los casos a precipitación punta o a precipitaciones registradas en un determinado período de tiempo.

Caudal específico ($l/s/Km^2$): Caudal por unidad de superficie expresado en litros/segundo/kilómetro cuadrado. Esta cifra da idea de los caudales acumulados y desaguados en una cuenca en relación con la superficie que presenta la misma.

RIESGO POR INUNDACIÓN LITORAL O COSTERA:

Frecuencia: Campo que recoge la frecuencia estadística con la que se producen las inundaciones.

Tipo de inundación: Campo que recoge los tipos de inundación costera que se pueden producir en Canarias (tsunamis, marea o ocasionada por temporal)

Causas: Campo destinado a almacenar la información sobre las posibles causas que han desencadenado las inundaciones.

Superficie Afectada (Km^2): Campo que contiene la superficie total inundada expresada en km^2.

Altura máxima del nivel de Agua (m.): Máximo nivel alcanzado por las aguas expresado en metros, sobre la altura del agua habitual en este punto.

Caudal máximo (m^3/s): Caudal máximo del agua registrado en un cauce al pasar por una localidad expresado en metros cúbicos/segundo

Velocidad del viento (m/s): Velocidad máxima del viento registrada, medida en metros/segundo.

RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES:

Fecha de inicio/incendio controlado: Campo en el que se consigna la fecha de inicio del suceso.

Hora inicio/incendio controlado: Campo que recoge la hora de inicio del incendio o en qué momento se ve controlado el mismo.

Zona inicio incendio: Campo donde se registra la zona donde se ha iniciado el incendio (junto a una carretera, casas, cultivos, etc..)

Modelo de combustible: Tipo de modelo que combustible que se ha visto afectado pro le incendio forestal.

Tipo de fuego: Campo donde se registra el tipo de fuego producido, en función de la estructura vertical de la vegetación: de copas, de superficie, de subsuelo o todos combinados.

Peligro: Tipo de alerta establecida por Protección Civil del incendio, según los niveles establecidos (Alarma, Alarma extrema, prealerta o sin datos)

Humedad relativa: Campo que registrará el valor medido de la humedad relativa y el lugar donde se ha producido esta medición.

Dirección del viento: Campo donde se registrará la dirección del viento dominante registrada.

Temperatura máxima: Campo que contendrá el valor medido de la temperatura máxima en grados centígrados, del momento de producirse el incendio. Además, se indicará el lugar donde se ha producido esta medición.

Tipo de día (laborable, sábado o festivo): Indicación del tipo de día en el que se ha iniciado el incendio.

Tipo de causa (Cierta o supuesta): Campo en el que se indica el tipo de causa que ha generado el incendio, referida a su fiabilidad. Supuesta: no se sabe con certeza. Cierta: Conocimiento de la causa.

Grupo de causa: Campo en el que se indicará alguna de las causas que a continuación se describen: Desconocida, Intencionado, negligencias y causas accidentales.

Causa: Descripción de la causa.

Causante: Indicación de si está identificada el causante del incendio (Identificado, no identificado)

Motivación: Campo que recoge la motivación por la que se ha provocado el incendio.

Superficie afectada (km^2): Campo que contiene la superficie total quemada o afectada por el incendio, expresada en km^2.

RIESGO POR MOVIMIENTOS DE LADERA:

Tipo de Movimiento: Campo en el que se refleja la tipología de los movimientos del terreno. La clasificación básica empleada ha sido la siguiente:

- Deslizamiento
- Desprendimiento
- Vuelco
- Flujo o colada
- Hundimiento

Ubicación: Campo que refleja la posición fisiográfica del movimiento. Es decir, situación en laderas naturales, taludes artificiales, acantilados costeros, etc.

Litología: Campo que contiene la naturaleza litológica y descripción de los materiales a los que afecta el movimiento del terreno.

Edad: Campo que indica la edad geológica de los materiales a los que afecta el movimiento del terreno.

Volumen (m^3): volumen expresado en metros cúbicos de la masa desprendida o deslizada del área que ha sido afectada por el movimiento del terreno.

Superficie (m^2): superficie expresada en metros cuadrados.

Causas: Campo en donde se consignan las causas desencadenantes del movimiento del terreno, bien sean éstas naturales o artificiales. En este campo se ha señalado, en los casos en los que se disponía de datos, si ha habido o no influencia antrópica en las causas del movimiento.

Angulo del talud: Indica la disposición del talud donde se ha producido el evento, expresando el grado de inclinación del mismo, en grados.

Nivel freático o hidrogeología Campo que contiene si existe saturación del suelo o las características hidrogeológicas de la zona en donde se ha producido el movimiento.

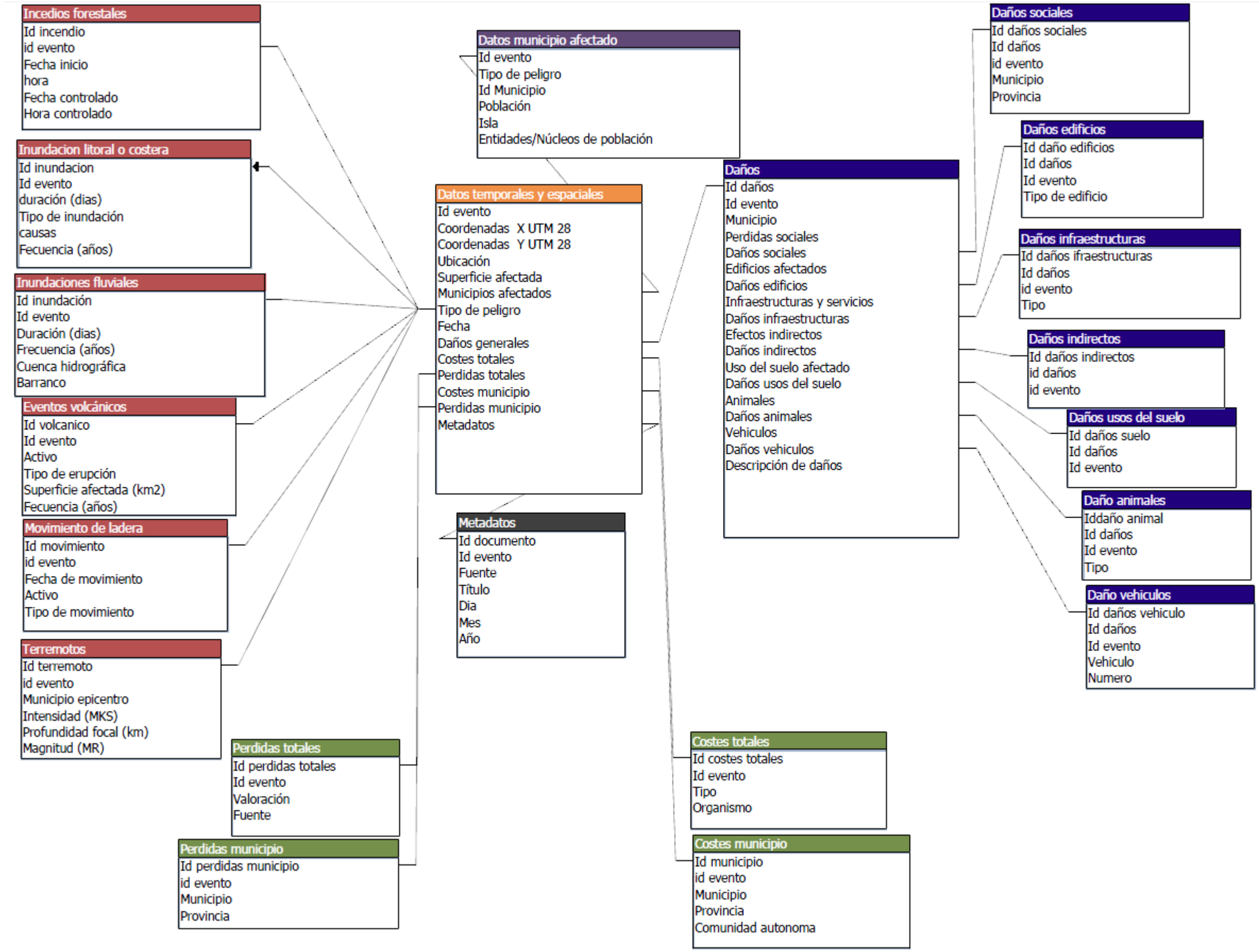
Profundidad del plano (m.): profundidad del plano de rotura expresada en metros

En el caso de los movimientos del terreno, se puede marcar en el apartado de observaciones, cuando se disponga de los datos, si el movimiento es fósil y se encuentra reactivado en la actualidad o si por el contrario es un movimiento nuevo.

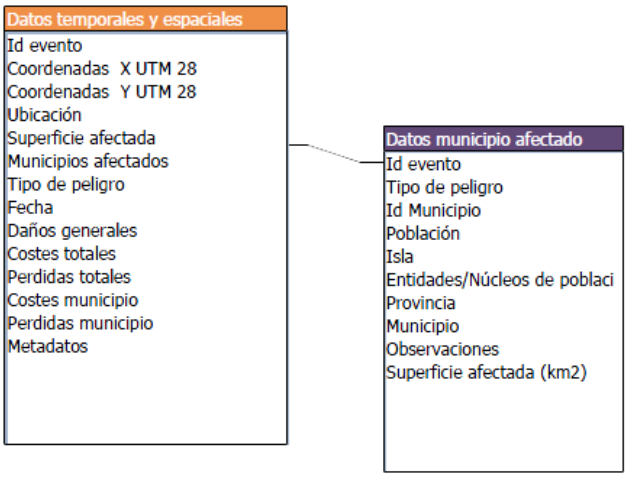
Esquema de la relación entre las tablas que constituyen la base de datos

A continuación se adjunta, el esquema general de las relaciones existentes, entre cada una de las tablas que constituyen la base de datos del Catalogo de Riesgos Naturales de Canarias.

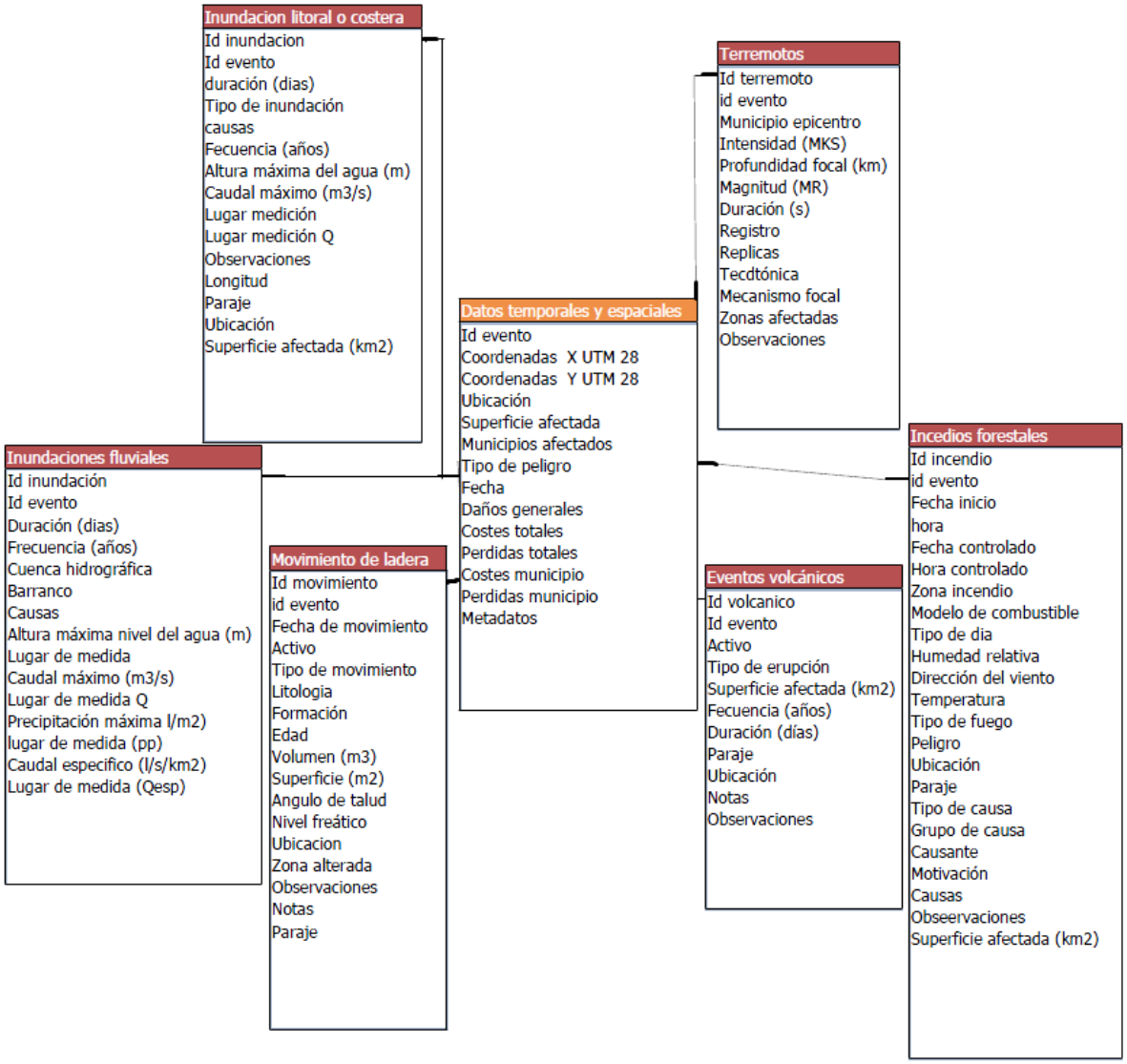
Además, posteriormente se incluye de forma detallada la relación de cada una de las tablas, con la tabla general denominada datos temporales y espaciales.


Incedios forestales
Id incendio
id evento
Fecha inicio
hora
Fecha controlado
Hora controlado
Inundacion litoral o costera
Id inundacion
Id evento
duración (dias)
Tipo de inundación
causas
Fecuencia (años)
Inundaciones fluviales
Id inundación
Id evento
Duración (dias)
Frecuencia (años)
Cuenca hidrográfica
Barranco
Eventos volcánicos
Id volcanico
Id evento
Activo
Tipo de erupción
Superficie afectada (km2)
Fecuencia (años)
Movimiento de ladera
Id movimiento
id evento
Fecha de movimiento
Activo
Tipo de movimiento
Terremotos
Id terremoto
id evento
Municipio epicentro
Intensidad (MKS)
Profundidad focal (km)
Magnitud (MR)
Datos municipio afectado
Id evento
Tipo de peligro
Id Municipio
Población
Isla
Entidades/Núcleos de población
Datos temporales y espaciales
Id evento
Coordenadas X UTM 28
Coordenadas Y UTM 28
Ubicación
Superficie afectada
Municipios afectados
Tipo de peligro
Fecha
Daños generales
Costes totales
Perdidas totales
Costes municipio
Perdidas municipio
Metadatos
Metadatos
Id documento
Id evento
Fuente
Título
Dia
Mes
Año
Perdidas totales
Id perdidas totales
Id evento
Valoración
Fuente
Perdidas municipio
Id perdidas municipio
id evento
Municipio
Provincia
Daños
Id daños
Id evento
Municipio
Perdidas sociales
Daños sociales
Edificios afectados
Daños edificios
Infraestructuras y servicios
Daños infraestructuras
Efectos indirectos
Daños indirectos
Uso del suelo afectado
Daños usos del suelo
Animales
Daños animales
Vehiculos
Daños vehiculos
Descripción de daños
Costes totales
Id costes totales
Id evento
Tipo
Organismo
Costes municipio
Id municipio
id evento
Municipio
Provincia
Comunidad autonoma
Daños sociales
Id daños sociales
Id daños
id evento
Municipio
Provincia
Daños edificios
Id daño edificios
Id daños
Id evento
Tipo de edificio
Daños infraestructuras
Id daños ifraestructuras
Id daños
id evento
Tipo
Daños indirectos
Id daños indirectos
id daños
id evento
Daños usos del suelo
Id daños suelo
Id daños
Id evento
Daño animales
Iddaño animal
Id daños
Id evento
Tipo
Daño vehiculos
Id daños vehiculo
Id daños
Id evento
Vehiculo
Numero

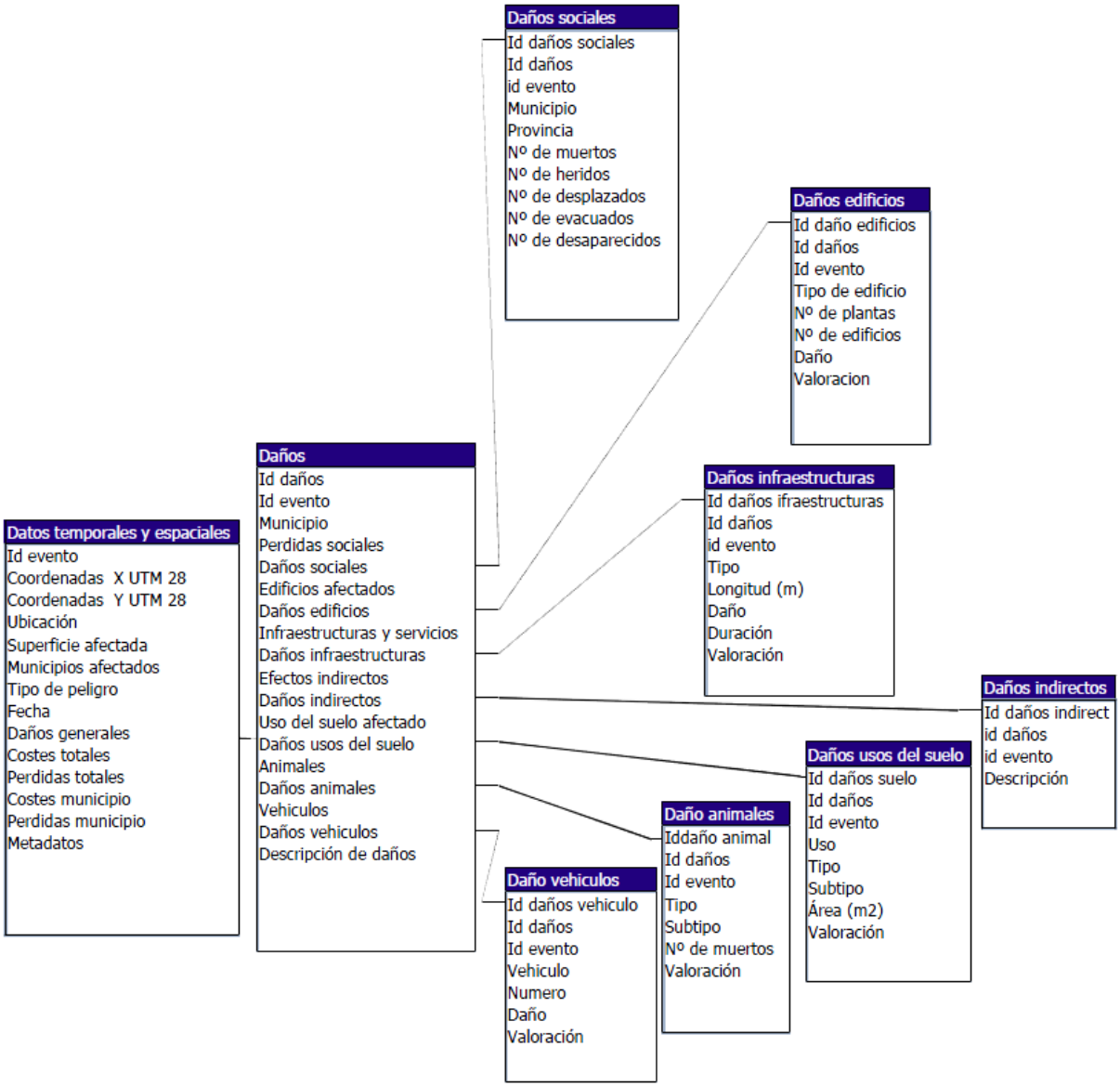
Relación entre la tabla datos temporales y espaciales y la tabla de municipio afectado.



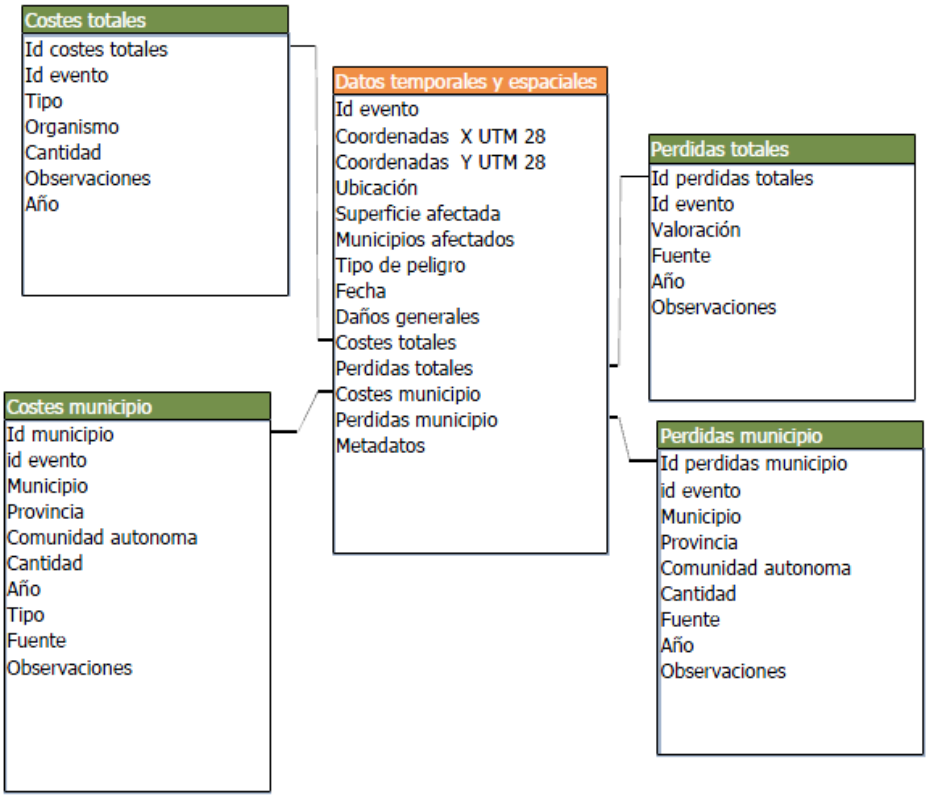
Relación entre la tabla datos temporales y los distintos tipos de peligro



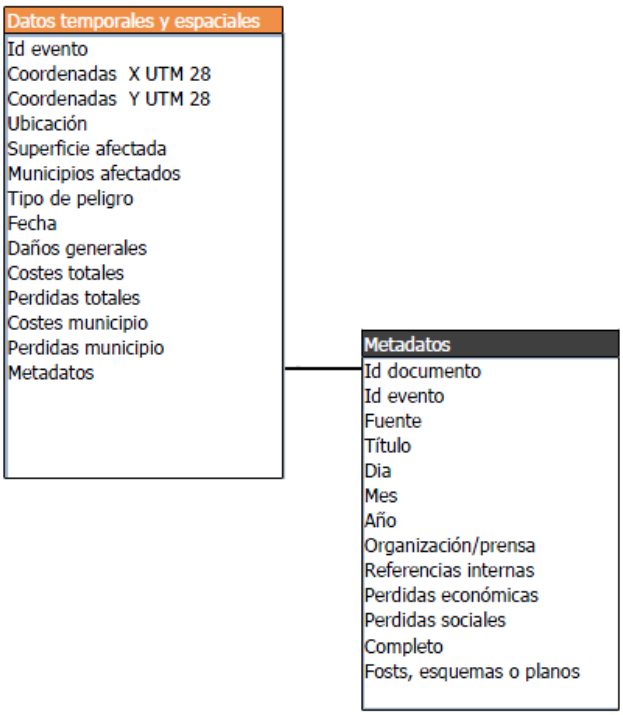
Relación entre la tabla datos temporales y espaciales y la tabla de daños generales y sus tablas asociadas.



Relación entre la tabla datos temporales y espaciales y las tablas de costes totales, costes municipio, pérdidas totales y pérdidas municipio



Relación entre la tabla datos temporales y espaciales y la tabla de metadatos


Datos temporales y espaciales
Id evento
Coordenadas X UTM 28
Coordenadas Y UTM 28
Ubicación
Superficie afectada
Municipios afectados
Tipo de peligro
Fecha
Daños generales
Costes totales
Perdidas totales
Costes municipio
Perdidas municipio
Metadatos
Metadatos
Id documento
Id evento
Fuente
Título
Dia
Mes
Año
Organización/prensa
Referencias internas
Perdidas económicas
Perdidas sociales
Completo
Fosts, esquemas o planos