

Mapa fotovoltaico: Cálculo de potencial solar fotovoltaico en superficies ya antropizadas (excepto cubiertas)

Memoria de trabajos 2020

Pertenciente al convenio: “PRODUCIR Y MANTENER LA INFORMACION GEOGRAFICA BASICA DE CANARIAS Y PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE INFORMACION TERRITORIAL DE CANARIAS (SITCAN) Y DE SU INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES (IDECANARIAS) DURANTE EL EJERCICIO 2020”. Orden 102/2020



Cartográfica de Canarias, S.A. (GRAFCAN)
Diciembre 2020



Contenido

Tablas	4
Figuras	6
1 Antecedentes.....	7
1.1 Marco del trabajo	7
1.2 Contexto justificativo	7
2 Objetivos del trabajo.....	9
3 Metodología	10
3.1 Determinación de la radiación solar	10
3.1.1 Generalidades.....	10
3.1.2 Procedimiento metodológico utilizado.....	11
3.1.3 Bases de datos de satélites	11
3.1.4 Modelo de radiación solar. Software GRASS-rsun.....	13
3.1.5 Mapa de radiación solar de Canarias.....	13
3.1.6 Datos de radiación solar medidos en Canarias.....	14
3.1.7 Calibración del mapa de radiación solar con medidas de piranómetro	17
3.2 Tipología de superficies seleccionadas para este estudio.....	20
3.2.1 Parte 1. Superficies construidas (sin incluir cubiertas)	20
3.2.2 Parte 2. Solar fotovoltaico flotante en presas y embalses.....	21
3.2.3 Parte 3. Terrenos urbanizables: proyección a 2040	23
3.3 Estimación del área disponible para cada tipología de superficie identificada.....	24
3.3.1 Parte 1. Superficies estimadas con captura de elementos	24
3.3.2 Parte 1. Superficies estimadas por planeamiento.....	26
3.3.3 Parte 2. Superficies estimadas con captura de elementos	27
3.3.4 Parte 3. Superficies estimadas por planeamiento.....	31
3.4 Cálculo del Factor de Sombra (FS)	31
3.5 Cálculo del Factor de Utilización (FU)	35
3.5.1 Parte 1. Factor de Utilización	35
3.5.2 Parte 2. Factor de Utilización de solar flotante: presas, balsas y embalses.....	48
3.5.3 Parte 3. Factor de Utilización en suelos urbanizables: cubiertas fotovoltaica en 2040	49
3.6 Procedimiento de cálculo para estimar la potencia fotovoltaica	54

3.7	Procedimiento de cálculo para estimar la producción fotovoltaica anual.....	56
4	Resultados	58
4.1	Parte 1. Área disponible, potencia y producción para cada tipología de superficie identificada.....	58
4.1.1	Zonas de estacionamiento	58
4.1.2	Depósitos.....	60
4.1.3	Invernaderos.....	63
4.1.4	Zonas de protección de infraestructuras	65
4.2	Parte 2. Área disponible, potencia y producción para fotovoltaica flotante: presas, balsas y embalses.....	66
4.3	Parte 3. Área disponible, potencia y producción en zonas para ampliación de cubiertas fotovoltaica en 2040	68
4.4	Resumen por municipios (sin cubiertas 2040).....	68
4.5	Resumen por islas/región.....	74
4.6	Cobertura de la demanda insular anual con las superficies solares identificadas	77
5	Conclusiones.....	82
6	Bibliografía.....	83

Tablas

Tabla 3.1. Estaciones de radiación solar utilizadas: ubicación y media anual	16
Tabla 3.2. Comparativa entre mediciones mediante piranómetro y GRASS-r.sun	17
Tabla 3.3 Comparativa entre mediciones mediante piranómetro y el Mapa de Radiación Solar de Canarias	19
Tabla 3.4 Muestra del cálculo del factor de sombra para una selección de recintos	35
Tabla 3.4. Experiencias de invernaderos fotovoltaicos	38
Tabla 3.5 Factores de Utilización (UF) para los distintos tipos de cultivos en cada isla	41
Tabla 3.6 Factores de utilización (UF) para las distintos usos de SRPI.....	47
Tabla 3.8 Superficies de cubiertas utilizable a 2009 y 2018.....	51
Tabla 3.9 Superficies de cubiertas: proyección a 2040.....	53
Tabla 3.10 Proyección superficie construida a 2040 versus SUSNO y SUNS.....	53
Tabla 3.11 Superficies de cubiertas utilizable: proyección a 2040.....	54
Tabla 3.12 Factores de uso (UF): proyección a 2040	54
Tabla 3.7. Parámetros principales de paneles fotovoltaicos.....	55
Tabla 4.1 Área, potencia y producción de energía anual de las zonas de estacionamiento.....	58
Tabla 4.2 Área, potencia y producción de energía anual en depósitos	60
Tabla 4.3 Área, potencia y producción de energía anual en invernaderos.....	63
Tabla 4.4 Área, potencia y producción de energía anual en zonas de infraestructuras (SRPI) ...	65
Tabla 4.5 Área, potencia y producción de energía anual de fotovoltaica flotante	66
Tabla 4.6 Área y potencia: Proyección 2040	68
Tabla 4.7 Área, potencia y producción de energía anual de la energía fotovoltaica total por municipios (sin infraestructuras ni cubiertas)	69
Tabla 4.8 Área, potencia y producción de energía anual de la energía fotovoltaica total por municipios (sin cubiertas).....	71
Tabla 4.9 Área, potencia y producción de energía anual por tipología de energía solar fotovoltaica y por isla	74

Tabla 4.10 Área, potencia y producción de energía anual por tipología de energía solar fotovoltaica a nivel regional	77
Tabla 4.11. Comparativa entre la producción fotovoltaica anual por tipo e isla y la demanda de electricidad en 2019.....	77
Tabla 4.12. Comparativa entre la producción fotovoltaica (sin cubiertas) por isla y la demanda de electricidad en 2019	80

Figuras

Figura 3.1 Planta de energía solar flotante en España	23
Figura 3.2. Ejemplo de elementos de parking.....	25
Figura 3.3. Ejemplo de elementos de depósito.....	26
Figura 3.4. Ejemplo de elementos de invernadero.....	26
Figura 3.5. Muestras de históricos de pluviometría en los últimos años en Canarias.....	30
Figura 3.6. Ejemplo de perimetrado de balsas/embalses sobre ortofoto	30
Figura 3.7. Ejemplo de efecto sombra sobre parking (ortofoto).....	32
Figura 3.8. Ejemplo de LIDAR	33
Figura 3.9. Ejemplo de cálculo detallado con r.sun y LIDAR	33
Figura 3.10. Parking fotovoltaico en INFECAR.....	36
Figura 3.11. Depósito descubierto con instalación fotovoltaica en Arinaga.....	37
Figura 3.12. Invernadero fotovoltaico con paneles flexibles	38
Figura 3.13. Invernadero fotovoltaico de tomates en Agadir	39
Figura 3.14. Invernadero fotovoltaico de estructura fija	40
Figura 3.15. Estructuras fotovoltaicas sobre cultivos a cielo abierto (sin invernadero).....	40
Figura 3.16. Paneles fotovoltaicos transparentes	41
Figura 3.17. SRPI en La Gomera, uso infraestructura: Aeropuerto de La Gomera y zonas aledañas	47
Figura 3.17. Dos zonas SRPI en Gran Canaria. Derecha: uso infraestructura especiales (viario), Tramo autopista. Izquierda: uso primaria, camping de Vargas.....	48
Figura 3.19. Instalación solar flotante	48
Figura 3.20. Instalación solar flotante en Murcia (España).....	49
Figura 3.18. Evolución de la superficie construida en Canarias según catastro (2006-2019).....	52
Figura 3.19. Proyecciones de la superficie construida en Canarias hasta 2040.....	52

1 Antecedentes

1.1 Marco del trabajo

Este documento contiene una memoria resumen de los trabajos realizados en el marco de la orden Nº 102/2020 perteneciente al convenio “PRODUCIR Y MANTENER LA INFORMACION GEOGRAFICA BASICA DE CANARIAS Y PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE INFORMACION TERRITORIAL DE CANARIAS (SITCAN) Y DE SU INFRAESTRUCTURA” en el apartado de Mapa Fotovoltaico.

1.2 Contexto justificativo

La Unión Europea ha establecido unos objetivos de energías renovables, eficiencia energética y reducción de los gases de efectos invernadero (GEI) para el año 2030. Estos objetivos incluyen una reducción de los gases de efectos invernadero (GEI) del 40% (respecto a los niveles de 1990), un 32% de energía procedente de renovables sobre el consumo total de energía final bruta y un aumento de la eficiencia energética en un 32,5%. Estos objetivos serán revisados en un plazo de 5 años a partir de su adopción, es decir, en 2023. En ese momento la cuota podrá ser revisada al alza, nunca a la baja. En este contexto, cada país de la UE debe elaborar sus propios planes de energía y clima. En ellos se deberán especificar los objetivos nacionales. Estos deberán de alcanzar, como mínimo, los objetivos de renovables y eficiencia energética establecidos para toda la Unión Europea. El primer plan se deberá de elaborar antes de fin de año de 2019 (31/12/2019). El siguiente en 2029 y así cada 10 años.

En estos momentos se cuenta con una versión actualizada a enero de 2020 del PNIEC español. Las medidas contempladas en el PNIEC permitirán alcanzar los siguientes resultados en 2030:

- 23% de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) respecto a 1990.
- 42% de renovables sobre el uso final de la energía.
- 39,5% de mejora de la eficiencia energética.
- 74% de energía renovable en la generación eléctrica.

En el largo plazo, la Unión Europea ha trazado un objetivo de decarbonización de la economía para el año 2050. Este objetivo lo ha asumido España como propio, que tratará de convertirse en un país neutro en carbono en 2050.

En la actualidad, Canarias presenta una enorme dependencia energética de los combustibles fósiles y, por tanto, del exterior. En este contexto el PNIEC plantea que la contribución en el mix eléctrico de las centrales de combustibles fósiles ubicadas en las Islas Canarias en el año 2030 se reduzcan en, al menos, un 50% respecto a la situación de 2019.

Para el año 2050 se ha fijado el objetivo de una completa descarbonización de la economía tanto para todos los estados miembros por parte de la Comisión Europea como para España por parte del Gobierno de España. El Gobierno de Canarias ha decidido adelantar este proceso a 2040.

El Pleno del Parlamento de Canarias declaró el 20 de enero de 2020 el estado de emergencia climática con el consenso de todas las fuerzas parlamentarias. Esta Declaración propone una hoja de ruta para las políticas medioambientales, sociales y económicas y tiene como propósito, además de elaborar el plan de acción canario para la implementación de la Agenda 2030 de Objetivos de Desarrollo Sostenible, apoyar la tramitación y aprobación del cuerpo legislativo necesario para desarrollar las medidas de adaptación, mitigación y gobernanza en materia de lucha contra el cambio climático y la transición energética. El objetivo principal de esta declaración es la descarbonización en el año 2040. En esta línea se plantea un escenario 100% renovable para las Islas Canarias en 2040 atendiendo el mercado interior canario, esto es, la demanda de energía de las islas así como el transporte marítimo y aéreo interinsular.

Ello significa ir hacia un modelo basado completamente en energías renovables para todos los usos energéticos. Para poder cumplir con estos objetivos, Canarias tiene que explotar su mayor potencial de energías renovables, sobre todo de energía solar y eólica, que actualmente suponen un escaso 4% del consumo global de energía primaria.

Una de las limitaciones de Canarias es su escaso territorio, por lo que el desarrollo de la energía solar ha de producirse, en la medida de lo posible, sin ocupar territorio adicional. De ahí nace la necesidad de evaluar el potencial fotovoltaico en grandes superficies ya ocupadas adicionalmente a las ya existentes en cubiertas, dado que éstas últimas se dedicarán en su mayoría previsiblemente al autoconsumo. Estas grandes superficies que no son cubiertas son, por ejemplo, grandes zonas de aparcamientos sin cubrir, grandes depósitos, etc.

2 Objetivos del trabajo

El objetivo del trabajo es evaluar las superficies disponibles para la explotación de energía solar fotovoltaica para su inyección a red, sin considerar las cubiertas de edificios, tanto a nivel insular como por municipio. Para poder cumplir con este objetivo el trabajo se dividirá en dos partes.

PARTE 1.

Mapa del potencial fotovoltaico en superficies ocupadas (sin incluir cubiertas).

PARTE 2.

Mapa del potencial de energía solar fotovoltaico flotante en presas y embalses.

PARTE 3.

Estimación del aumento de fotovoltaica en suelo urbanizable entre 2019 y 2040. Proyección a 2040.

3 Metodología

A continuación se describe, de forma esquemática, la metodología que se ha utilizado para el desarrollo de este trabajo.

Paso 1. Método de cálculo para la radiación solar que se va a utilizar en el estudio.

Paso 2. Identificación de las tipologías de superficies susceptibles de ser utilizadas para energía solar fotovoltaica (excluyendo edificios), tanto para la parte 1 (solar fija) como para la parte 2 (solar flotante).

Parte 3. Metodología para estimar la superficie disponible para la instalación de energía solar fotovoltaica para cada una de las tipologías de superficie identificadas.

Paso 4. Metodología para la caracterización de las superficies identificadas en cuanto a sombras. Cálculo del Factor de Sombra (FS).

Paso 5. Metodología para la caracterización de las superficies identificadas en cuanto al porcentaje aprovechable de las mismas para instalaciones solares fotovoltaicas. Cálculo del Factor de Utilización (FU).

Paso 6. Metodología para el cálculo de la potencia fotovoltaica que se podría instalar en las superficies identificadas.

Paso 7. Metodología para el cálculo de la producción fotovoltaica anual que se podría instalar en las superficies identificadas.

Paso 8. Estimación de la cobertura de la demanda insular anual con las superficies fotovoltaicas identificadas.

A continuación se desarrollan cada uno de estos pasos metodológicos.

3.1 Determinación de la radiación solar

3.1.1 Generalidades

El conocimiento preciso de la irradiación solar es esencial para multitud de aplicaciones, que incluyen sistemas de generación de energía solar. La radiación solar global se mide en tierra a través de un conjunto escaso de estaciones meteorológicas con piranómetros, costosas de instalar y mantener. Realizar un mapa de irradiación mediante interpolación/extrapolación, teniendo en cuenta solamente datos de estaciones, es inadecuado por los grandes errores que se derivan cuando dichas estaciones no están cercanas ni uniformemente distribuidas.

La radiación solar también puede ser medida a través del análisis de imágenes de satélite. Tanto la resolución de estas imágenes, en general de bastantes km x km, como su variabilidad

a efectos de nubosidad y a variables microclimáticas, inducen en estos modelos un cierto grado de incertidumbre no conocido en la mayor parte de los casos.

3.1.2 Procedimiento metodológico utilizado

La metodología seguida es la siguiente.

Paso 1: selección de las bases de datos de partida de entre las existentes

Paso 2: recopilación de datos de estaciones meteorológicas, tratamiento de datos y cálculo de las medias anuales

Paso 3: calibración de los datos de bases de datos con las medidas superficiales.

Esta metodología se detalla a continuación.

3.1.3 Bases de datos de satélites

En los últimos años se han desarrollado una serie de bases de dato con información sobre recursos de energía solar algunas de ellas son ESRA, SODA, Satel-Light, PVGIS, PVSAT, PVSAT-2 o Heliostat-3 y el proyecto ESA. Esto ha llevado a la situación de que varias bases de datos diferentes existen en paralelo, cada una con un enfoque diferente, con diferentes coberturas espaciales y temporales y resoluciones diferentes.

3.1.3.1 SODA ESRA

SODA (<http://www.helioclim.net/esra/>) es una aplicación diseñada para obtener información sobre varios recursos solares. Una serie de bases de datos almacena series de tiempo a largo plazo de irradiación o radiación, temperatura, precipitación, el factor de turbidez Linke, turbidez atmosférica, propiedades de cielos claros, radiación fotosintéticamente activa y la distribución espectral. Todas estas bases de datos tienen una interfaz de trabajo similar, con datos comunes de entrada: Longitud, latitud y altitud.

Los datos de radiación son proporcionados por la base de datos de METEONORM desde 1981, con una resolución 1 x 1 km con una cobertura de todo el mundo. Aunque con vistas a sus características técnicas cabría pensar que es una de las mejores, cae un importante peso negativo sobre ella y es que la obtención de sus datos requiere remuneración económica.

3.1.3.2 PVGIS

PVGIS (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>) es un proyecto de investigación y desarrollo de un instrumento de políticas de apoyo a la evaluación geográfica de los recursos de la energía solar. Este proyecto forma parte de los desarrollados por SOLAREC, que es una compañía que se dedica a la producción de este tipo de energía y que forma parte de la unidad de Energías Renovables de la JRC (Joint Research Center) de la Unión Europea.

PVGIS cubre el continente europeo, la cuenca mediterránea, África y el sur-oeste de Asia, proporcionando datos desde el año 1986, con una resolución de 5x5 km y de modo gratuito.

3.1.3.3 NASA SEE (Surface Meteorology and Solar Energy)

Desde la Nasa contamos con una serie de productos relacionados con la radiación. Nosotros trabajaremos con la última versión de SSE (<http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETSscreen/>), la 6.0 que se creó para las energías renovables solares. A su vez dicho producto se basa en el SRB (Surface Radiation Budget). La Nasa lleva tomando datos desde 1983 y los ofrece gratuitamente.

Su punto fuerte es que tiene una cobertura de todo el mundo aunque la resolución es de $1^{\circ} \times 1^{\circ}$, aproximadamente de 100km x 100km, lo cual es bastante mejorable. Con los productos que ofrece la Nasa podemos conocer la radiación global, directa y difusa además de una serie de parámetros meteorológicos como la humedad, presión... Los valores de radiación medidos en el SSE son comparados con los de la red de estaciones terrestres que tiene la Nasa por todo el mundo (39 estaciones), la BSRN (Baseline Surface Radiation Network). Se obtienen unos RMS (Errores cuadráticos medios) para promedios mensuales de 18,7% y para promedios diarios de 37,7%.

3.1.3.4 HelioClim

HelioClim (<http://www.helioclim.net/>) creado por la Escuela de Minas de París, se basa en el método Heliosat que convierte imágenes satelitales de Meteosat (Europa), GOES (USA) o GMS (Japón) en mapas de radiación solar a nivel del suelo. Actualmente se emplea la versión Heliosat 2.0 aunque el Heliosat 4.0 está siendo desarrollado en París con ayuda de la DLR (Agencia Aeroespacial Alemana). Los datos se ponen a disposición del usuario a través de las bases de datos HelioClim. Existen tres versiones de la misma HC-1, HC-2 y HC-3, de uso actual. Además se está trabajando en la versión HC-4. HelioClim lleva tomando datos desde el 1985 aunque el HC-3 funciona desde el 2002, ofrece una resolución espacial de un 5km x 5km y tiene una cobertura de latitud entre -66° y $+66^{\circ}$ y longitud entre -66° y $+66^{\circ}$ (viene a ser Europa, África, mar Mediterráneo, océano Atlántico y parte del Índico). Podemos obtener datos de radiación global y directa. Un punto en contra es su carácter de pago. Comparando los valores obtenidos con HelioClim y los de estaciones por Europa se llega a la conclusión de que tenemos un RMS de 31% para promedios horarios y de un 15% para promedios diarios.

3.1.3.5 CM-SAF

CM-SAF (<http://www.cmsaf.eu/>) ha sido desarrollado por el Servicio de Meteorología Alemán colaborando con el danés, belga, holandés, sueco y suizo. Empezó a funcionar en fase inicial desde el 2004 y en fase de operación desde 2007. Cada producto existe en dos versiones diferentes, una versión que deriva de datos de satélites de órbita polar (NOAA/METOP AVHRR) y otra que deriva de datos de satélites geoestacionarios (METEOSAT/SEVIRI). Su cobertura es el continente europeo. Se trabaja con SIS (Radiación de onda corta que llega a la superficie, medida en W/m^2).

La resolución espacial es de 15 x 15 km² y lo más destacable es la facilidad con la que provee los datos. Facilitan los mismos abriendo un ftp, con una sola petición, proporcionando una

descarga masiva de datos que posibilita la generación de mapas. Además, su política es de libre uso y distribución.

3.1.4 Modelo de radiación solar. Software GRASS-rsun

Este modelo ha desarrollado una base GIS para el cálculo de la irradiancia/irradiación obtenida en un plano inclinado para cualquier región geográfica y para cualquier tiempo o intervalo. Este enfoque está implementado en un software de GIS denominado GRASS, que está basado en el uso del modelo de radiación solar r.sun y para las técnicas de interpolación espacial s.surf.rst y s.vol.rst

El algoritmo del modelo r.sun está conceptualmente basado en las ecuaciones publicadas en ESRA. Se estima la irradiancia/irradiación, directa y difusa, y los componentes reflejados tanto para el plano horizontal como para planos inclinados. La irradiación total diaria [Wh/m²] es calculada con la integración de los valores irradiancia [W/m²] calculada a intervalos regulares durante el día. En cada cálculo se tiene en cuenta las sombras debidas al terreno, que son calculadas a partir de modelos digitales de elevación.

Este modelo proporciona por tanto datos diarios, pero no datos promediados a nivel anual.

3.1.5 Mapa de radiación solar de Canarias

El problema que presentan todas estas bases de datos de satélite para el objeto del presente estudio es la resolución, que en el mejor de los casos es de 1 x 1 km².

Es por ello por lo que se ha decidido utilizar los datos del mapa de radiación solar que desarrolló la empresa Dobon's Technology para Canarias, cuya resolución es de 50 x 50 m. A continuación se describe el procedimiento que se llevó a cabo para obtener dicho mapa.

La realización de este mapa partió de los datos de radiación global horizontal de 97 estaciones meteorológicas en Canarias con periodos de toma de datos que iban de 1 a 10 años. Los valores así obtenidos se han insertado en una base de datos, donde han sido procesados para obtener los promedios mensuales de insolación. Por medio del software GRASS y de la técnica de interpolación por splines, se han generado los mapas con una resolución de 50 x 50 m. Para ello también se utilizaron los mapas digitales de elevación del terreno proporcionados por GRAFCAN con una resolución de cuadrícula de 50 x 50 m.

Información más detallada sobre el procedimiento se puede consultar en *Monedero, J., García, J., Dobon, F., Yanes, M. A., & Hernandez, F. (2007, September). Calculation of PV potential maps in the Canary Islands. In Proceedings of the 22nd European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Milan, Italy (pp. 3-7).*

3.1.6 Datos de radiación solar medidos en Canarias

3.1.6.1 Fuentes de datos

En Canarias se han llevado a cabo diversas campañas de medida de radiación solar a lo largo del tiempo con distintos fines, que van desde las previsiones meteorológicas hasta el estudio solar en el archipiélago.

Es por ello que las fuentes de datos y la disponibilidad de éstos es muy variada: valores en diferentes periodos e intervalos, disponibilidad en algunos casos de los valores medios únicamente, se desconoce en algunos casos la fiabilidad y la longitud de registros. Por ello se han descartado datos registrados e incluso no se ha sido posible acceder a datos existentes de organismos públicos regionales.

La AEMET dispone de un conjunto de estaciones climatológicas con series de datos suficientemente largas y una frecuencia horaria en el caso de datos de radiación solar. Los datos de AEMET se pueden consultar vía web, a través de un portal abierto OPEN DATA (<https://opendata.aemet.es/centrodedescargas/inicio>), en cumplimiento de la ley de transparencia, hasta unos determinados intervalos. Los datos horarios, sin embargo, se tienen que solicitar a través del aplicativo al no estar disponibles vía web. Los datos medios sí están disponibles a través del portal OPEN DATA de AEMET.

El Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, a través de la Subdirección General de Regadíos e Infraestructuras Rurales, pone a disposición pública, vía web (<http://eportal.mapa.gob.es/websiar/Inicio.aspx>), toda la información recogida a través de la Red de estaciones agrometeorológicas del SiAR (Sistema de Información Agroclimática para el Regadío). Este sistema web dispone de datos meteorológicos cada 30 minutos, horarios, diarios, semanales y/o mensuales de varias estaciones. Mapa SIAR dispone de 395 estaciones estandarizadas del tipo Campbell- CR10X, con piranómetros SKYE SP1110 o de mayor precisión (5% máximo de error), que llevan recogiendo datos irradiación solar global en el plano horizontal con tiempos de muestreo 10s y almacenados en ficheros semihorarios desde 2004. Estas estaciones se gestionan (operación y mantenimiento) a nivel nacional, a través de la empresa TRAGSA, en cada una de las doce Comunidades Autónomas que constituyen Mapa SIAR (Galicia, Navarra, Castilla y León, Aragón, Comunidad Valenciana, Islas Baleares, Castilla La Mancha, Extremadura, Andalucía, Madrid, Murcia y Canarias). La gestión de los datos medidos se realiza a través de los organismos designados por cada una de las Comunidades Autónomas.

El Instituto Tecnológico de Canarias también ha llevado a cabo amplias campañas de medición en Canarias, pero no conocemos ni la frecuencia ni los periodos medidos dado que no se ha podido acceder a los datos. En el afán de disponer de cuantos más datos posibles, para una mayor calidad del trabajo, se llevó a cabo también una extensa búsqueda bibliográfica de documentación pública, fruto del cual se pudieron utilizar fuentes adicionales. En concreto, cabe destacar la publicación del ITC Mapa Bioclimático de Canarias (<http://mabican.itccanarias.org>, cuyo enlace en la actualidad no funciona) que dispone de datos de medias anuales de radiación solar para algunas ubicaciones concretas en Canarias.

Adicionalmente a las fuentes procedentes de organismos públicos, también existen personas físicas o empresas/promotores privados que tienen estaciones de medición de radiación solar.

3.1.6.2 Datos utilizados

Las fuentes que nos han proporcionado series de datos son la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), El Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente y empresas/promotores privados. Estas series de datos se trataron, dado que las series de datos siempre presentan algunos errores de medición. El error más común es el de datos sin medir, es decir, si la cadencia de los datos es, por ejemplo, horaria, que existan intervalos que no se han medido. Para resolver este problema, hay que crear un código que cree primero los huecos de los datos no-medidos, y luego estimar esos datos. Se desarrollaron dos programas en código MATLAB, con el programa MATLAB versión R2018b (licencia 40760023 de la ULPLGC): uno para completar datos en series incompletas, utilizando interpolaciones cúbicas, y otro para obtener los valores correspondientes, utilizando interpolaciones lineales o cúbicas dependiendo de la cadencia de los datos. Una vez completas las series se llevaron a cabo las medias anuales.

Adicionalmente, también se utilizaron las medias anuales de radiación solar procedentes del MABICAN para las ubicaciones disponibles en Canarias. Esta publicación proporciona sólo datos de medias anuales.

Las medias anuales se utilizaron posteriormente para poder comparar los resultados con mapas solares disponibles.

La tabla siguiente resume las fuentes utilizadas así como las medias anuales de las mismas.

Tabla 3.1. Estaciones de radiación solar utilizadas: ubicación y media anual

ESTACION	Latitud (N)	Longitud (O)	Wh/m2 dia	FUENTE
MASPALOMAS	27°46'24.45"	15°34'56.6"	5531	Promotor privado
ROQUE DE LOS MUCHACHOS	28°45'13.41"	17°53'21.59"	5810	IAC
AEROPUERTO FTV	28°26'41"	13°51'47"	5765	AEMET
AEROPUERTO GC	27°55'4"	15°23'43"	5650	AEMET
AEROPUERTO LNZT	28°57'7"	13°36'1"	5453	AEMET
IZAÑA	28°18'32"	16°29'58"	6818	AEMET
STA CRUZ TENERIFE	28°27'48"	16°15'19"	5593	AEMET
AEROPUERTO TNF NORTE	28°28'39"	16°19'46"	5240	AEMET
AEROPUERTO TNF SUR	28°02'49"	16°33'40"	5751	AEMET
VALVERDE - CENTRO ITC	27°48'19.48"	17°54'58.09"	4300	ITC
LA RESTINGA - C.E. LA RESTINGOLITA	27°38'28.59"	17°58'50.90"	5600	ITC
SAN SEBASTIÁN - ED. CABILDO	28°05'29.19"	17°06'43.23"	5600	ITC
VALLE GRAN REY - AYT	28°05'44.90"	17°20'04.35"	5100	ITC
LLANOS DE ARIDANE -AYTO	28°39'32.38"	17°54'46.74"	5200	ITC
SANTA CRUZ DE LA PALMA	28°41'09.20"	17°45'51.43"	4500	ITC
GRANADILLA	28°04'08.13"	16°30'37.62"	5300	ITC
PUERTO SANTIAGO - ALEATORIO	28°14'00.47"	16°50'18.44"	5300	ITC
LA LAGUNA - ULL	28°28'40.95"	16°18'49.01"	5000	ITC
PUERTO DE LA CRUZ - INVOLCAN	28°24'45.26"	16°32'53.82"	4500	ITC
SANTA CRUZ DE TENERIFE	28°27'44.87"	16°16'30.72"	5100	ITC
LAS PALMAS GC	28.11	-15.42	4700	ITC
SANTA LUCÍA DE TIRAJANA - POZO	27.82	-15.42	5700	ITC
LA ALDEA DE SAN NICOLÁS - AYT	27.99	-15.79	5800	ITC
SAN FERNANDO DE MASPALOMAS	27.77	-15.58	5200	ITC
MOGÁN	27.88	-15.72	5200	ITC
SANTA BRÍGIDA	28.03	-15.49	4700	ITC
SARDINA DE GÁLDAR	28°09'02.69"	15°41'41.53"	5100	ITC
CAÑADAS DEL RÍO - URBANIZACION	28°10'15.59"	14°13'15.05"	5700	ITC
EL COTILLO - EL ROQUE	28°41'04.84"	13°59'40.47"	5600	ITC
BETANCURIA - AYT	28°25'32.02"	14°03'28.09"	5500	ITC
JANUBIO	28°56'18.16"	13°48'52.73"	5300	ITC
LOS VALLES	29°05'38.93"	13°31'50.25"	5400	ITC
FRONTERA	27°46'43.23"	18°00'48.80"	4964	SIAR
ANTIGUA - POZO NEGRO	28°19'58.94"	13°56'33.89"	5396	SIAR
ANTIGUA - MOLINO DE AGUA	28°25'56.59"	14°00'48.42"	5551	SIAR
ARUCAS	28°07'47.46"	15°30'50.36"	4435	SIAR
GÁLDAR	28°09'23.20"	15°39'54.60"	4720	SIAR
SAN MATEO	28°01'11.53"	15°31'58.75"	4918	SIAR
LA ALDEA	27°59'16.63"	15°47'08.82"	5630	SIAR
VECINDARIO	27°50'33.51"	15°25'49.28"	5699	SIAR
HERMIGUA	28°10'02.37"	17°11'50.51"	4133	SIAR
SAN SEBASTIÁN DE LA GOMERA	28°06'11.36"	17°07'26.95"	5343	SIAR
BARLOVENTO	28°49'44.27"	17°46'47.65"	4195	SIAR
FUENCALIENTE	28°29'15.83"	17°51'58.35"	3979	SIAR
LOS LLANOS DE ARIDANE	28°39'14.68"	17°55'17.62"	5148	SIAR
LOS LLANOS DE ARIDANE II	28°39'50.76"	17°55'08.81"	5825	SIAR
PUNTALLANA - VIVERO	28°44'22.73"	17°44'42.66"	4816	SIAR
TAZACORTE	28°35'44.41"	17°54'53"	5259	SIAR
EL SOCORRO	28°39'25.67"	17°46'23.95"	4445	SIAR
LA DEGOLLADA	28°56'11.00"	13°46'40.12"	4104	SIAR
LA TORRECILLA	29°10'48.50"	13°28'17.27"	5345	SIAR
HARÍA	29°06'02.94"	13°28'34.32"	5213	SIAR
MASDACHE	29°0'13.34"	13°38'44.73"	5399	SIAR
TINAJO	29°03'02.15"	13°39'34.38"	4782	SIAR
GUÍA DE ISORA	28°13'44.15"	16°50'01.96"	5529	SIAR
GARIMBA	28°30'22.75"	16°23'21.25"	4593	SIAR
BUENAVISTA DEL NORTE - LA FUENTE	28°22'14.37"	16°51'39.54"	4630	SIAR
LA LAGUNA - GÜIMAR	28°19'05.27"	16°22'59.23"	5479	SIAR
LAS GALLETAS	28°02'19.79"	16°40'50.74"	4952	SIAR
PUERTO DE LA CRUZ	28°24'40.06"	16°32'04.88"	4284	SIAR
VALLE GUERRA - ISAMAR	28°30'46.14"	16°23'16.66"	4742	SIAR
VALLE GUERRA - PAJARILLOS	28°31'41.47"	16°23'13.39"	4684	SIAR
EL PICO	28°31'29.30"	16°22'11.71"	4321	SIAR

3.1.7 Calibración del mapa de radiación solar con medidas de piranómetro

Al objeto de calibrar los mapas de radiación disponibles a menor resolución se compararon dos modelos distintos, el GRASS-r.sun y el modelo utilizado para la elaboración del mapa de radiación de Canarias.

3.1.7.1 Comparativa GRASS-r.sun con datos de piranómetro

A continuación se muestran los resultados de comparar el GRASS-r.sun con los datos de piranómetro. Al objeto de llevar a cabo una comparativa inicial para comprobar si existe una cierta correlación, y dado que el GRASS-r.sun sólo proporciona datos de radiación solar diarios, se seleccionaron 4 días del año, representativos de cada estación (para llevar a cabo la media anual a posteriori) al objeto de hacer una comparativa inicial con una selección de las estaciones de piranómetro. Los resultados se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 3.2. Comparativa entre mediciones mediante piranómetro y GRASS-r.sun

ESTACION	Latitud (N)	Longitud (O)	Wh/m2 día	GRASS-r.sun				media_rad_a nual (Wh/m2)	Dif. con piranómetr o
				rad80	rad172	rad264	rad355		
MASPALOMAS	27°46'24.45"	15°34'56.6"	5531	6883	8671	6831	3897	6570.50	-18.79%
ROQUE DE LOS MUCHACHOS	28°45'13.41"	17°53'21.59"	5810	7344	9295	7318	3961	6979.52	-20.13%
AEROPUERTO FTV	28°26'41"	13°51'47"	5765	7008	8749	6963	4028	6686.88	-16.00%
AEROPUERTO GC	27°55'4"	15°23'43"	5650	7049	8738	7001	4104	6723.12	-18.99%
AEROPUERTO LNZT	28°57'7"	13°36'1"	5453	6969	8759	6925	3963	6653.79	-22.03%
IZAÑA	28°18'32"	16°29'58"	6818	7542	9291	7491	4403	7181.76	-5.33%
STA CRUZ TENERIFE	28°27'48"	16°15'19"	5593	6729	8426	6682	4031	6466.94	-15.62%
AEROPUERTO TNF NORTE	28°28'39"	16°19'46"	5240	7136	8909	7088	4109	6810.50	-29.97%
AEROPUERTO TNF SUR	28°02'49"	16°33'40"	5751	7048	8748	7002	4093	6722.73	-16.90%
VALVERDE - CENTRO ITC	27°48'19.48"	17°54'58.09"	4300	7008	8760	6981	4208	6739.12	-56.72%
LA RESTINGA - C.E. LA RESTINGOLITA	27°38'28.59"	17°58'50.90"	5600	6731	8351	6681	3859	6405.11	-14.38%
SAN SEBASTIÁN - ED. CABILDO	28°05'29.19"	17°06'43.23"	5600	7018	8712	6971	4071	6692.94	-19.52%
VALLE GRAN REY - AYTO	28°05'44.90"	17°20'04.35"	5100	6565	8502	6516	3668	6312.83	-23.78%
LLANOS DE ARIDANE - AYTO	28°39'32.38"	17°54'46.74"	5200	6385	8150	6336	3158	6007.14	-15.52%
SANTA CRUZ DE LA PALMA	28°41'09.20"	17°45'51.43"	4500	6952	8580	6906	4004	6610.52	-46.90%
GRANADILLA	28°04'08.13"	16°30'37.62"	5300	7034	8726	6986	4087	6708.13	-26.57%
PUERTO SANTIAGO - ALEATORIO	28°14'00.47"	16°50'18.44"	5300	6736	8586	6687	3022	6257.73	-18.07%
LA LAGUNA - ULL	28°28'40.95"	16°18'49.01"	5000	6826	8845	6673	823	5791.79	-15.84%
PUERTO DE LA CRUZ - INVOLCAN	28°24'45.26"	16°32'53.82"	4500	7027	8772	6980	4033	6703.02	-48.96%
SANTA CRUZ DE TENERIFE	28°27'44.87"	16°16'30.72"	5100	7041	8696	6996	4035	6692.18	-31.22%
LAS PALMAS GC	28.11	-15.42	4700	7034	8734	6987	4014	6692.17	-42.39%
SANTA LUCÍA DE TIRAJANA - POZO	27.82	-15.42	5700	7056	8732	7009	4119	6729.08	-18.05%
LA ALDEA DE SAN NICOLÁS - AYTO	27.99	-15.79	5800	6928	8639	6911	3886	6590.96	-13.64%
SAN FERNANDO DE MASPALOMAS	27.77	-15.58	5200	7076	8717	7028	4130	6737.93	-29.58%
MOGÁN	27.88	-15.72	5200	6778	8669	6725	3711	6470.91	-24.44%
SANTA BRÍGIDA	28.03	-15.49	4700	6861	8522	6811	3408	6400.51	-36.18%
SARDINA DE GÁLDAR	28°09'02.69"	15°41'41.53"	5100	6961	8662	6913	3841	6594.12	-29.30%
CAÑADAS DEL RÍO - URBANIZACION	28°10'15.59"	14°13'15.05"	5700	6955	8628	6929	3964	6618.96	-16.12%
EL COTILLO - EL ROQUE	28°41'04.84"	13°59'40.47"	5600	6894	8688	6847	3890	6579.90	-17.50%
BETANCURIA - AYTO	28°25'32.02"	14°03'28.09"	5500	7043	8777	6994	4045	6714.77	-22.09%
JANUBIO	28°56'18.16"	13°48'52.73"	5300	6970	8767	6925	3961	6655.86	-25.58%
LOS VALLES	29°05'38.93"	13°31'50.25"	5400	7056	8887	7011	4009	6740.55	-24.82%

Tal y como muestra la tabla, no existe una correlación entre los datos, más allá del resultado esperado de que la media de GRASS-r.sun resulte mayor, dado que está basado en modelo de

cielo despejado. Pero no se observa una consistencia más allá, variando los valores desde un 5% a más del 50%. Por tanto, los datos de este modelo no se van a utilizar en este trabajo.

3.1.7.2 Comparativa mapa de radiación solar de Canarias con datos de piranómetro

A continuación se muestran los resultados de comparar el mapa de radiación solar de Canarias con los datos de piranómetro para las ubicaciones de las que se disponían de datos.

Tabla 3.3 Comparativa entre mediciones mediante piranómetro y el Mapa de Radiación Solar de Canarias

ESTACION	Latitud (N)	Longitud (O)	Wh/m2 día	Mapa Radiación Solar (Wh/m2)	Diferencia datos piranómetro y Mapa
MASPALOMAS	27°46'24,45"	15°34'56,6"	5531	5763	-4.19%
ROQUE DE LOS MUCHACHOS	28°45'13.41"	17°53'21.59"	5810	5734	1.31%
AEROPUERTO FTV	28°26'41"	13°51'47"	5765	5466	5.18%
AEROPUERTO GC	27°55'4"	15°23'43"	5650	5300	6.19%
AEROPUERTO LNZT	28°57'7"	13°36'1"	5453	4998	8.34%
IZAÑA	28°18'32"	16°29'58"	6818	5265	22.78%
STA CRUZ TENERIFE	28°27'48"	16°15'19"	5593	4410	21.16%
AEROPUERTO TNF NORTE	28°28'39"	16°19'46"	5240	4412	15.81%
AEROPUERTO TNF SUR	28°02'49"	16°33'40"	5751	4849	15.68%
VALVERDE - CENTRO ITC	27°48'19.48"	17°54'58.09"	4300	4547	-5.74%
LA RESTINGA - C.E. LA RESTINGOLITA	27°38'28.59"	17°58'50.90"	5600	5503	1.73%
SAN SEBASTIÁN - ED. CABILDO	28°05'29.19"	17°06'43.23"	5600	5726	-2.25%
VALLE GRAN REY - AYTO	28°05'44.90"	17°20'04.35"	5100	5209	-2.14%
LLANOS DE ARIDANE -AYTO	28°39'32.38"	17°54'46.74"	5200	5162	0.73%
SANTA CRUZ DE LA PALMA	28°41'09.20"	17°45'51.43"	4500	4777	-6.16%
GRANADILLA	28°04'08.13"	16°30'37.62"	5300	4815	9.15%
PUERTO SANTIAGO - ALEATORIO	28°14'00.47"	16°50'18.44"	5300	4900	7.55%
LA LAGUNA - ULL	28°28'40.95"	16°18'49.01"	5000	4624	7.52%
PUERTO DE LA CRUZ - INVOLCAN	28°24'45.26"	16°32'53.82"	4500	4070	9.56%
SANTA CRUZ DE TENERIFE	28°27'44.87"	16°16'30.72"	5100	4416	13.41%
LAS PALMAS GC	28.11	-15.42	4700	4836	-2.89%
SANTA LUCÍA DE TIRAJANA - POZO	27.82	-15.42	5700	5822	-2.14%
LA ALDEA DE SAN NICOLÁS - AYTO	27.99	-15.79	5800	5848	-0.83%
SAN FERNANDO DE MASPALOMAS	27.77	-15.58	5200	5450	-4.81%
MOGÁN	27.88	-15.72	5200	5517	-6.10%
SANTA BRÍGIDA	28.03	-15.49	4700	4918	-4.64%
SARDINA DE GÁLDAR	28°09'02.69"	15°41'41.53"	5100	5186	-1.69%
CAÑADAS DEL RÍO - URBANIZACION	28°10'15.59"	14°13'15.05"	5700	5787	-1.53%
EL COTILLO - EL ROQUE	28°41'04.84"	13°59'40.47"	5600	5734	-2.39%
BETANCURIA - AYTO	28°25'32.02"	14°03'28.09"	5500	5771	-4.93%
JANUBIO	28°56'18.16"	13°48'52.73"	5300	5279	0.40%
LOS VALLES	29°05'38.93"	13°31'50.25"	5400	5390	0.19%
FRONTERA	27°46'43.23"	18°00'48.80"	4964	5117	-3.08%
ANTIGUA - POZO NEGRO	28°19'58.94"	13°56'33.89"	5396	5443	-0.88%
ANTIGUA - MOLINO DE AGUA	28°25'56.59"	14°00'48.42"	5551	5534	0.31%
ARUCAS	28°07'47.46"	15°30'50.36"	4435	4539	-2.34%
GÁLDAR	28°09'23.20"	15°39'54.60"	4720	4890	-3.61%
SAN MATEO	28°01'11.53"	15°31'58.75"	4918	5169	-5.10%
LA ALDEA	27°59'16.63"	15°47'08.82"	5630	5804	-3.10%
VECINDARIO	27°50'33.51"	15°25'49.28"	5699	5698	0.01%
HERMIGUA	28°10'02.37"	17°11'50.51"	4133	4166	-0.80%
SAN SEBASTIÁN DE LA GOMERA	28°06'11.36"	17°07'26.95"	5343	5386	-0.81%
BARLOVENTO	28°49'44.27"	17°46'47.65"	4195	4443	-5.90%
FUENCALIENTE	28°29'15.83"	17°51'58.35"	3979	4388	-10.27%
LOS LLANOS DE ARIDANE	28°39'14.68"	17°55'17.62"	5148	5166	-0.34%
LOS LLANOS DE ARIDANE II	28°39'50.76"	17°55'08.81"	5825	5169	11.26%
PUNTALLANA - VIVERO	28°44'22.73"	17°44'42.66"	4816	4955	-2.88%
TAZACORTE	28°35'44.41"	17°54'53"	5259	5237	0.42%
EL SOCORRO	28°39'25.67"	17°46'23.95"	4445	4856	-9.24%
LA DEGOLLADA	28°56'11.00"	13°46'40.12"	4104	5260	-28.16%
LA TORRECILLA	29°10'48.50"	13°28'17.27"	5345	5224	2.26%
HARÍA	29°06'02.94"	13°28'34.32"	5213	5221	-0.14%
MASDACHE	29°0'13.34"	13°38'44.73"	5399	5106	5.43%
TINAJO	29°03'02.15"	13°39'34.38"	4782	4865	-1.74%
GUÍA DE ISORA	28°13'44.15"	16°50'01.96"	5529	4960	10.29%
GARIMBA	28°30'22.75"	16°23'21.25"	4593	4112	10.47%
BUENAVISTA DEL NORTE - LA FUENTE	28°22'14.37"	16°51'39.54"	4630	4224	8.77%
LA LAGUNA - GÜIMAR	28°19'05.27"	16°22'59.23"	5479	4564	16.70%
LAS GALLITAS	28°02'19.79"	16°40'50.74"	4952	4146	16.28%
PUERTO DE LA CRUZ	28°24'40.06"	16°32'04.88"	4284	4026	6.01%
VALLE GUERRA - ISAMAR	28°30'46.14"	16°23'16.66"	4742	4148	12.52%
VALLE GUERRA - PAJARILLOS	28°31'41.47"	16°23'13.39"	4684	4274	8.75%
EL PICO	28°31'29.30"	16°22'11.71"	4321	4238	1.92%

Como muestra la tabla, las diferencias no son consistentes (siempre a la baja o a la alta) pero tampoco son significativas en la mayoría de los casos, salvo en el caso de Tenerife, en los que se aprecia que los datos del Mapa proporcionan, de forma consistente, valores menores que los registrados mediante piranómetro. En este sentido se ha decidido considerar buenos los datos del Mapa para todas las islas menos para Tenerife. En la isla de Tenerife se han ponderado los datos del Mapa al alza utilizando la media de las desviaciones observadas para la isla de Tenerife, en todas las estaciones de medida de la isla exceptuando la de Izaña, que presentaba una gran desviación, pero no se considera significativa porque está situada en espacio natural donde no se prevén instalaciones fotovoltaicas, salvo la del propio observatorio, pero que no compete a este estudio por ser cubierta de una edificación.

3.2 Tipología de superficies seleccionadas para este estudio

3.2.1 Parte 1. Superficies construidas (sin incluir cubiertas)

Los tipos de superficies construidas (sin incluir cubiertas, dado que no son objeto de este estudio) que se han seleccionado para este estudio incluye todas aquellas superficies ya construidas susceptibles de instalación de energía solar fotovoltaica. En concreto se han seleccionado dos tipos de superficies bien diferenciadas con procedimientos de cálculo diferentes.

Superficies estimadas con captura de elementos

- Zonas de estacionamiento de vehículos descubiertos susceptibles de ser cubiertos con paneles solares fotovoltaicos.
- Grandes depósitos (cubiertos o descubiertos)
- Invernaderos

Superficies estimadas por planeamiento

Dentro de esta categoría se pueden diferenciar, a su vez, dos categorías:

- Grandes áreas de infraestructuras
- Terrenos urbanizables: proyección a 2040

Grandes áreas de infraestructuras

Dentro de esta categoría se engloba la siguiente tipología.

Suelos rústicos de protección de infraestructuras (SRPI)

Son suelos reservados para el establecimiento de infraestructuras y de zonas de protección y de reserva que garanticen la funcionalidad de los **sistemas generales viarios**, los de telecomunicaciones, los energéticos, los hidrológicos, los de abastecimiento, saneamiento y otros análogos, así como para la implantación de las dotaciones y los equipamientos que sea preciso. Sobre todo se selecciona esta categoría con el foco puesto en los sistemas generales

viarios. Dentro de esta categoría de SRPI se analizaron los distintos usos globales, para descartar algunos (como el medioambiental) y asignarles factores de utilización a los restantes. Finalmente, dentro de esta categoría, se consideraron como viables los SRPI de uso común, industrial, infraestructuras especiales (como por ejemplo aeropuertos, desaladoras, depuradoras, etc., con grandes zonas aledañas.), residencial, turístico y terciario, así como los SRPI de uso viario, como son las zonas aledañas a autopistas y circunvalaciones.

3.2.2 Parte 2. Solar fotovoltaico flotante en presas y embalses

3.2.2.1 Breve introducción a la energía solar flotante

Las plantas fotovoltaicas flotantes son una **forma emergente de sistemas fotovoltaicos** que flotan en la superficie de depósitos de agua potable, lagos, presas, canales de riego y balsas de residuos.

Consisten en:

- **Un sistema flotante.** También conocido como pontón, es una estructura resistente que sostiene el panel solar. Se compone de una estructura y un flotador que permite la instalación del módulo fotovoltaico.
- **Un sistema de amarre.** Es una estructura permanente utilizada para detener el libre movimiento de la estructura flotante en el agua. Esto permite ajustar las fluctuaciones del nivel del agua mientras mantiene su posición en dirección sur. La estructura flotante se puede fijar en un punto en la parte inferior de la vía fluvial, eliminando la necesidad de conectarse a la estructura flotante en la orilla. Esto se puede hacer con la ayuda del anclaje de amarre.
- **Un sistema FV:** equipos de generación FV. La mayoría de los módulos solares fotovoltaicos utilizados en la industria son cristalinos.
- **Cable submarino:** para transferir la energía generada a la subestación eléctrica.

El diseño de los sistemas de anclaje y amarre, que se utilizan para mantener en su lugar las plataformas flotantes, dependerá de una amplia gama de factores, como el nivel del agua y su variabilidad, batimetría, condiciones del suelo, tipo de flotación y carga de viento.

Según el Banco Mundial, con un potencial global de 400 GW bajo supuestos muy conservadores, la energía solar flotante podría duplicar la capacidad instalada existente de energía solar fotovoltaica, pero sin la ocupación de terrenos que se requiere para las instalaciones montadas en tierra. Hay más de 400 000 kilómetros cuadrados (km²) de superficies artificiales de agua en el mundo, lo que sugiere que la energía solar flotante tiene un potencial teórico en una escala de teravatios, puramente desde la perspectiva de la superficie disponible. Desde 2013, las capacidades de las plantas de energía fotovoltaica flotante se han incrementado. A mediados de 2018, la capacidad instalada acumulada de energía solar flotante se acercaba a 1,1 gigavatios-pico (GWp), el mismo hito que alcanzó la energía solar fotovoltaica montada en tierra en el año 2000, y todo un record si se tiene en cuenta

que la primera instalación solar flotante se instaló en el año 2007 en Japón. Actualmente, la mayor parte de la capacidad instalada mundial está en Asia, que actualmente lidera el sector de la energía solar flotante.

Ventajas

- Los sistemas de generación de energía solar flotante generalmente generan más electricidad que los sistemas de montaje en el suelo y en la azotea debido al efecto de enfriamiento del agua.
- Como el sistema FV se coloca en una superficie de agua, evita todos los obstáculos de la adquisición de terrenos y todas las preocupaciones del consumo de tierras.
- Las plantas fotovoltaicas flotantes pueden reducir la pérdida de agua debido a la evaporación, dependiendo de la superficie cubierta y las condiciones climáticas. Además, CEEW estima que se requieren alrededor de 7,000 ~ 20,000 litros de agua por MW para la limpieza de una planta. El agua de limpieza utilizada en el sistema fotovoltaico flotante vuelve a entrar en el cuerpo de agua, que puede reutilizarse, lo que permite ahorrar agua y su coste asociado.
- Hay un aumento del rendimiento del sistema, que puede atribuirse a la temperatura de funcionamiento reducida de los módulos solares como resultado del enfriamiento natural del agua. Además, estos sistemas si se instalan en grandes cuerpos de agua pueden tener menos polvo depositado en ellos, lo que resulta en un aumento de la producción de energía de la planta.
- Este tipo de instalaciones fotovoltaicas no se basa en ninguna estructura fija como los cimientos utilizados para las plantas terrestres. Esto significa que son más rápidos de implementar y más fáciles de administrar.
- Las plantas fotovoltaicas flotantes mejoran la calidad del agua, al bloquear el crecimiento de algas a través del sombreado del agua.
- Geográficamente, cualquier cuerpo de agua con abundante luz solar se puede utilizar para instalar plantas flotantes.

Técnicamente y económicamente factible, las instalaciones de energía solar fotovoltaica flotante abren nuevas oportunidades para ampliar la capacidad de generación solar.

Desafíos

Al ser una tecnología relativamente nueva, todavía hay muchos factores que deberán analizarse a largo plazo.

- Impacto ecológico en el ecosistema del agua.
- Falta de experiencia, conocimiento y pruebas de plantas fotovoltaicas flotantes.

- Daños eventuales causados por agua salada y olas.

Este último sería un desafío en agua de mar pero no en el caso que nos compete.

La solar flotante llega a España

La primera planta solar fotovoltaica flotante en España fue inaugurada en Julio de 2020. La instalación, que tiene una potencia de 1,21 megavatios, ocupa una superficie acuática de unos 12 000 metros cuadrados, en torno al 0,07% del embalse de Sierra Brava (Zorita, Cáceres).

La siguiente figura muestra esta instalación solar flotante española.



Figura 3.1 Planta de energía solar flotante en España

3.2.2.2 Definición de las superficies incluidas en la categoría de solar flotante

En esta categoría se han identificado las superficies susceptibles de ser utilizadas para energía solar fotovoltaica flotante (fuera del mar): presas (todas), embalses y balsas (a partir de 600 m²). Estas superficies también han sido estimadas con métodos de captura de elementos.

Hay que tener en cuenta que el agua puede subir y bajar dependiendo de la estación, por lo que se ha estimado la superficie durante el periodo con menor nivel de agua (final del verano típicamente).

3.2.3 Parte 3. Terrenos urbanizables: proyección a 2040

En esta parte se han considerado las siguientes subcategorías.

Suelos urbanizables sectorizados no ordenados (SUSNO)

Son suelos urbanizables que no cuentan con ordenación pormenorizada. Se analizarían los destinos o usos globales previstos y su compatibilidad (incluso temporal) con la instalación de infraestructuras fotovoltaicas. De los SUSNO, se han descartado los que tienen uso global ambiental o primario.

Suelos urbanizables no sectorizados (SUNS)

Son suelos urbanizables sin delimitar en sectores. Podrá tener el destino turístico, estratégico (reservado por el planeamiento para la localización o el ejercicio de actividades industriales o del sector terciario relevantes para el desarrollo económico o social insular o autonómico) o diferido (el restante suelo urbanizable no sectorizado). En cualquier caso, se analizaría la compatibilidad con la instalación de infraestructuras fotovoltaicas. Se hace notar que esta categoría de suelo está reclasificada a suelo rústico común de reserva (SRC-R), por la disposición transitoria primera de la Ley 4/2017 del Suelo y de los Espacios Naturales Protegidos de Canarias, salvo en los casos razonados en los que se reclasifique como sectorizado o en los turísticos y estratégicos con informe desfavorable del Cabildo para su reclasificación.

El motivo de haber seleccionado estas dos categorías es para dar una perspectiva de futuro a la expansión de la fotovoltaica más allá de la fotografía fija actual. Estas dos categorías son básicamente reservas de suelo, ya sea industrial, residencial, turístico, infraestructura, etc. para futuras expansiones en cada uno de los ámbitos previstos en el planeamiento. En este sentido se ha hecho un esfuerzo para hacer una previsión del aumento de la superficie edificada hasta el año 2040 y se ha comparado con las reservas de suelo establecidas en el SUNS y SUSNO. El objeto es comparar si dichas expectativas futuras coinciden con las reservas establecidas y darles un coeficiente de uso fotovoltaico. Si son edificadas, la normativa exigirá que una parte sea cubierta con paneles fotovoltaicos, por lo que parte de esa superficie será cubierta con fotovoltaica. En caso contrario, no se ha considerado su explotación fotovoltaica.

Una vez analizadas estas categorías, se han podido determinar las zonas donde se pueden instalar parques fotovoltaicos.

3.3 Estimación del área disponible para cada tipología de superficie identificada

3.3.1 Parte 1. Superficies estimadas con captura de elementos

Las superficies estimadas con captura de elementos son las zonas de estacionamiento de vehículos descubiertos, los grandes depósitos (cubiertos o descubiertos) y los invernaderos.

La selección de estos elementos cartográficos (zonas de aparcamientos, depósitos e invernaderos) se ha realizado mediante técnicas de fotointerpretación y extracción de elementos cartográficos. En el caso de los estacionamientos de vehículos (Parking) se ha usado como referencia los puntos de interés del callejero digital de Canarias y se han

fotointerpretado de la última ortofoto disponible ya que estos elementos no existen como polígonos en la cartografía. La digitalización se ha realizado tratando de cubrir todo el área de estacionamiento, pero excluyendo elementos que lo invaden, y se ha mantenido un criterio general de área mínima de 200 metros cuadrados.

La figura siguiente muestra un ejemplo de zona de aparcamiento.



Figura 3.2. Ejemplo de elementos de parking

Para la digitalización de los depósitos se ha tomado como referencia la capa de depósitos de la cartografía digital de Canarias y se han interpretado los elementos con la ortofoto para comprobar su validez.

La figura siguiente muestra un ejemplo de depósito.



Figura 3.3. Ejemplo de elementos de depósito

En el caso de los invernaderos, los elementos se han extraído de las últimas versiones de los Mapas de Cultivos de Canarias realizados por la Consejería de Agricultura y que se generan mediante técnicas de fotointerpretación y trabajos en campo.

La figura siguiente muestra un ejemplo de elementos de invernadero.



Figura 3.4. Ejemplo de elementos de invernadero

3.3.2 Parte 1. Superficies estimadas por planeamiento

Dentro de las Superficies estimadas por planeamiento se ha incluido la siguiente categoría.

- Grandes áreas de infraestructuras. Esta categoría engloba el Suelo Rústico de Protección de Infraestructuras (SRPI).

En este caso la selección de las superficies se hace por categorías de planeamiento complementada con la información de las ortofotos para hallar los coeficientes de utilización.

Grandes áreas de infraestructuras

En este caso, se separa los Suelo Rústico de Protección de Infraestructuras-viarios del resto de categorías de SRPI.

Las zonas categorizadas como Suelo Rústico de Protección de Infraestructuras-viarios (SRPI-v) son, además de los propios viarios, las zonas aledañas a los mismos. Estas zonas pueden tener desde varios metros a varias decenas de metros (dependiendo de la categoría de la carretera y tramo puede alcanzar más de 100 m entre viario y zonas aledañas), en zonas mayormente planas y sin sombras en muchos de los casos.

El estudio de las ortofotos han permitido descartar grandes zonas con sombras o demasiado estrechas. Siguiendo estos criterios, se han seleccionado para este estudio las zonas aledañas a los siguientes viarios:

- Para las islas de Gran Canaria y Tenerife, se seleccionan los viarios correspondientes a autovías y circunvalaciones.
- Para las islas Lanzarote y Fuerteventura, se descartan las carreteras contenidas en espacios naturales protegidos.
- Para las islas de La Gomera, La Palma y El Hierro, se seleccionan los viarios en los aledaños de los aeropuertos.

El resto de categorías de SRPI se engloban en ambiental, primario, común, industrial, residencial, turístico, infraestructuras especiales y terciario. Las subcategorías de ambiental y primario no se consideraron. Al resto se le asignó un factor de utilización, por lo general, bajo.

Dentro de estas categorías se contemplan infraestructuras como aeropuertos, desaladoras, depuradoras, vertederos, radares y un largo etcétera, alrededor de las cuales se categorizan grandes superficies como SRPI por diversos motivos, incluyendo los de seguridad, perímetros amplios de distancias, previsiones de ampliaciones, etc. Se propone utilizar una pequeña parte de estas áreas para un uso fotovoltaico.

3.3.3 Parte 2. Superficies estimadas con captura de elementos

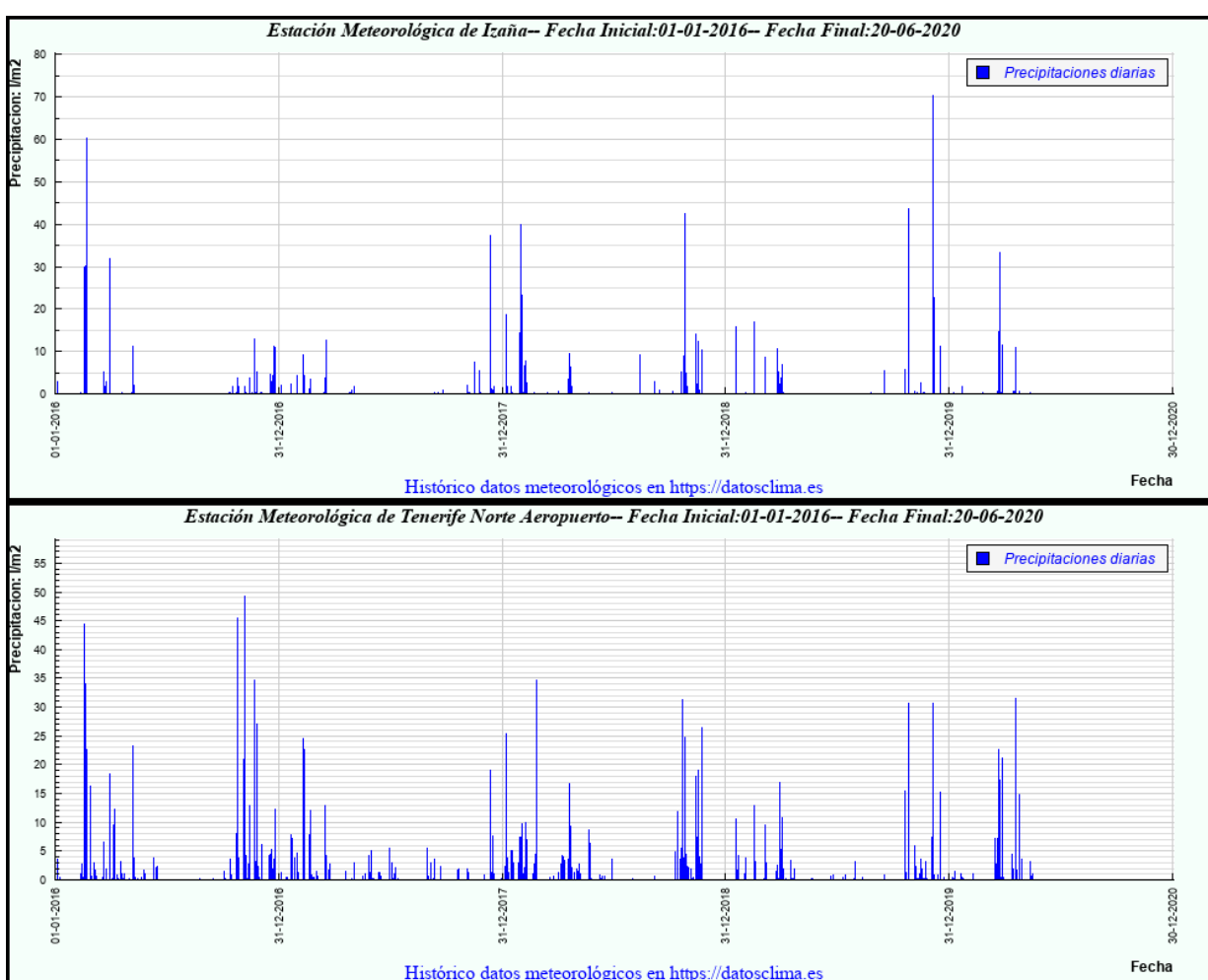
Para la selección de los elementos se han valorado distintas alternativas. La capa base de partida es la capa de balsas y embalses de la cartografía. El principal problema que se plantea en este apartado es que el volumen (y superficie) de agua de estos elementos es muy variable en función principalmente de las precipitaciones acumuladas durante el año. En el caso de la explotación que se pretende hacer de los mismos lo que necesitamos es conocer las superficies mínimas que tienen estas superficies.

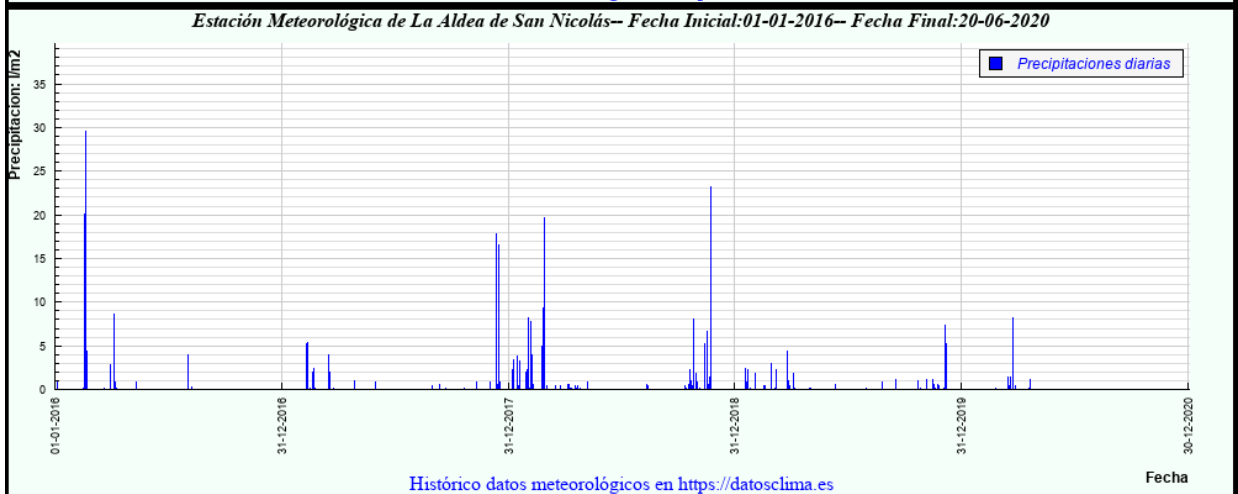
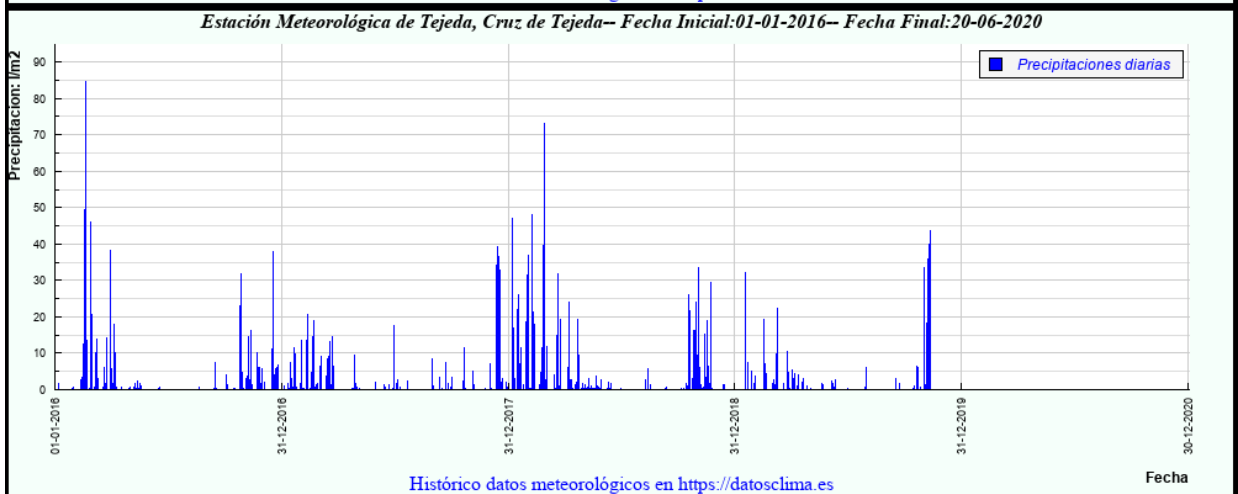
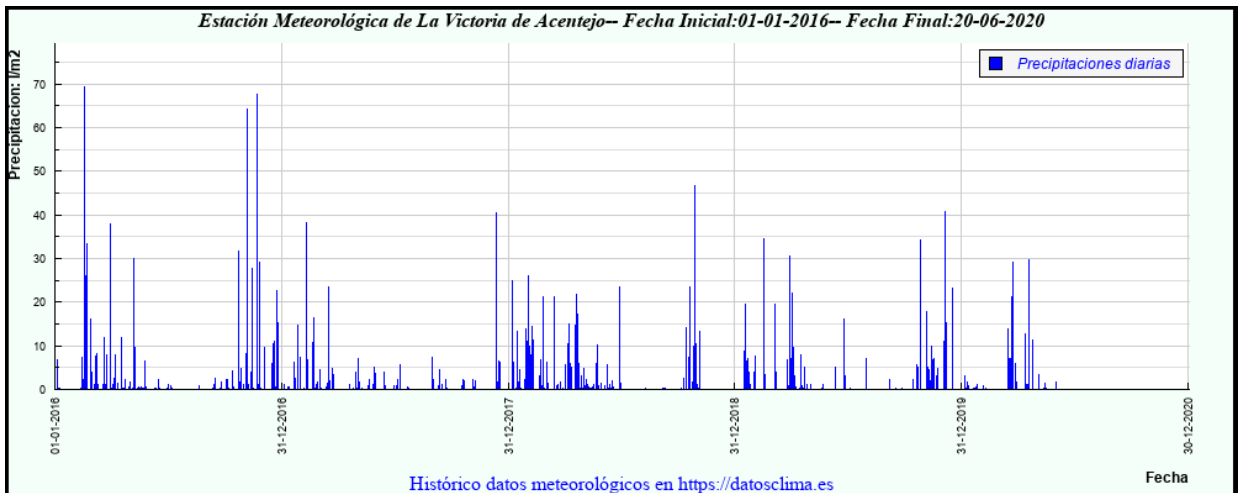
Una primera aproximación que se usó para resolver este problema fue fotointerpretar sobre las ortofotos de los últimos años cada recinto de balsa/embalse para intentar comprobar la cantidad de agua y estimar el perímetro sobre la imagen que se considerase el mínimo. El problema es que la fecha de las ortofotos es variable a lo largo de los años y no se puede

suponer que la fecha en la que se realizó la ortofoto coincide con el momento anual de menor cantidad de agua, por lo que se tuvo que descartar este método.

La segunda aproximación, y es la que se ha usado, ha sido emplear las imágenes del satélite Sentinel2 del proyecto Copernicus. Este satélite pasa sobre Canarias cada 5 días y se dispone de series históricas completas desde 2016. Este satélite dispone de información RGB (Red, Green, Blue) e Infrarrojo cercano a una resolución de 10 metros/píxel, además de otras bandas multispectrales a 20 y 60 metros/píxel. Para este proyecto ha sido especialmente útil la banda infrarroja (NIR) porque las masas de agua dejan una clara huella en esta banda ya que el agua absorbe la radiación infrarroja y, por tanto, esta radiación no es reflejada.

A continuación se buscaron históricos de precipitaciones para poder establecer los últimos años más secos. La figura siguiente muestra una captura de históricos de pluviometría.





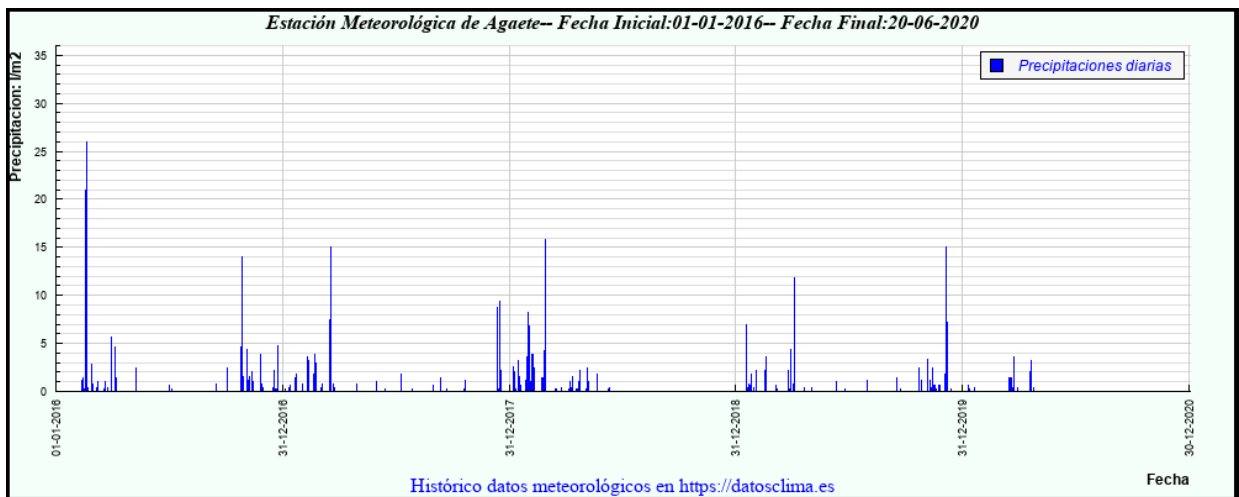


Figura 3.5. Muestras de históricos de pluviometría en los últimos años en Canarias

Tomando como referencia los gráficos de pluviometría de los últimos años se puede concluir que el año con menos lluvia de entre los que se disponen datos de Sentinel2 ha sido 2017 y se ha elegido el mes de Septiembre como época más probable de mínimos embalsamientos. Con esta información los operadores han fotointerpretado y recintado las balsas y embalses con estas superficies mínimas de agua que serán el punto de partida para los cálculos restantes.

La figura siguiente muestra un ejemplo de perimetrado de balsas/embalses sobre ortofoto.



Figura 3.6. Ejemplo de perimetrado de balsas/embalses sobre ortofoto

3.3.4 Parte 3. Superficies estimadas por planeamiento

Dentro de las terrenos urbanizables estimadas por planeamiento se pueden diferenciar, a su vez, dos categorías:

- Terrenos urbanizables. Esta categoría engloba los Suelos urbanizables sectorizados no ordenados (SUSNO) y los Suelos Urbanizables No Sectorizados (SUNS), para las previsiones a 2040.

En este caso la selección de las superficies se hace por categorías de planeamiento complementada con la información de las ortofotos para hallar los coeficientes de utilización.

Terrenos urbanizables

Esta categoría engloba los Suelos urbanizables sectorizados no ordenados (SUSNO) y los Suelos Urbanizables No Sectorizados (SUNS). Se contemplan en su totalidad supeditados a que sean finalmente urbanizados. Ante la incertidumbre de si serán finalmente urbanizados o no antes de 2040, se ha llevado a cabo una proyección de la superficie construida hasta 2040 que se ha comparado con la superficie total de SUSNO y SUNS, para comprobar el porcentaje que podría ser construido antes de 2040. El objeto es comparar si dichas expectativas futuras coinciden con las reservas establecidas y darles un coeficiente de uso fotovoltaico. Si son edificadas, la normativa fomentará que una parte sea cubierta con paneles fotovoltaicos, por lo que un porcentaje de esa superficie será cubierta con fotovoltaica. En caso contrario, no se ha considerado su explotación fotovoltaica.

3.4 Cálculo del Factor de Sombra (FS)

En esta sección se describe la metodología para la caracterización de las superficies identificadas en cuanto a sombras, lo que concluirá con el cálculo del Factor de Sombra (FS) para cada superficie.

En el marco de este trabajo, y debido a la naturaleza urbana de gran parte de los recintos capturados, especialmente los de tipo "parking" y algunos depósitos, se ha planteado la necesidad de tener en cuenta, como factor importante, los cálculos de posibles pérdidas de radiación debido a las sombras de los objetos cercanos (edificios, árboles...).

La figura siguiente muestra un ejemplo de recinto donde se puede apreciar en la ortofoto el enorme efecto de las sombras sobre un recinto de aparcamientos.



Figura 3.7. Ejemplo de efecto sombra sobre parking (ortofoto)

Para el cálculo del factor de sombra se requiere de un modelo muy detallado de los objetos por encima del terreno y un cálculo de radiación solar que habrá que realizar para distintos momentos del año y en todo el rango horario para poder cuantificar cuál será la pérdida de radiación debido a las sombras sobre el recinto.

Para el modelado de los objetos sobre el terreno se ha decidido usar la información del sensor LIDAR disponible para Canarias y que contiene una malla de puntos detallada y con una resolución nominal de 1 punto/metro cuadrado que contiene tanto los elementos de suelo como los objetos por encima del mismo.

El LIDAR (Light Detection and Ranging) es un sensor láser aerotransportado que permite obtener una nube de puntos georreferenciada del territorio. El sensor mide el tiempo desde que se emite el láser hasta que toca el suelo y regresa al sensor. Conociendo con exactitud la posición y orientación del avión se pueden calcular las coordenadas (x, y, z) de cada uno de los puntos.

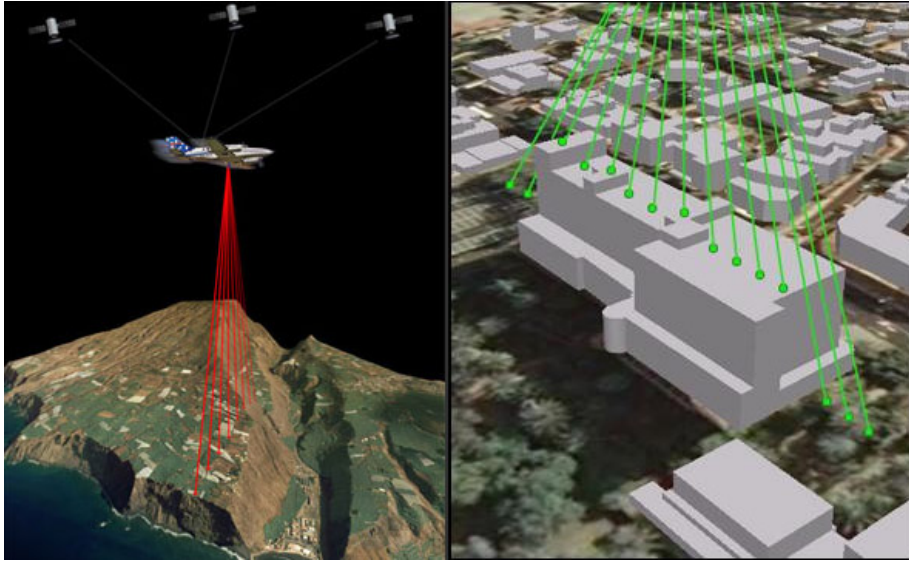


Figura 3.8. Ejemplo de LIDAR

Para los cálculos de radiación se ha utilizado la herramienta **r.sun** del paquete de software GRASS GIS. Esta es la descripción de la herramienta:

r.sun: Modelo de cálculo de irradiación e irradiancia solar. Este modelo calcula los componentes de radiación directa, difusa y reflejada sobre un mapa teniendo en cuenta la latitud, longitud, superficie y condiciones atmosféricas. También se puede especificar una hora (local time) para calcular el ángulo solar de incidencia y mapas de irradiancia o realizar integraciones diarias. El efecto de sombras se puede modelar mediante la incorporación de modelos digitales de terreno.

La figura siguiente muestra un ejemplo de cálculo detallado con la herramienta **r.sun** y modelo de superficie Lidar.



Figura 3.9. Ejemplo de cálculo detallado con **r.sun** y LIDAR

Esta herramienta nos permite calcular la radiación solar acumulada durante un día (integración cada 30 minutos) utilizando un modelo digital de terreno. Se han empleado parámetros por defecto de albedo (0.2) y turbidez atmosférica (Linke atmospheric turbidity) 3.0, que es un valor que se ha verificado correcto para Canarias (referencia: <http://www.soda-pro.com/gl/help/general-knowledge/linke-turbidity-factor>).

La herramienta r.sun nos permite calcular un valor absoluto de radiación, pero en nuestro caso lo que queremos es calcular la pérdida de radiación debido a las sombras (factor que después será aplicado sobre el modelo de radiación solar elegido para Canarias). Para ello lo que se ha hecho es calcular dos veces la radiación solar, una primera vez teniendo en cuenta los objetos sobre el terreno (edificios...) y una segunda vez sin tenerlos en cuenta, de forma que podemos calcular cuál es la relación de pérdida entre ambos mapas (factor de sombra FS).

Debido a la complejidad de los cálculos y al tiempo que se emplea en los mismos se ha decidido tomar cuatro momentos del año, representativos de las 4 estaciones, y posteriormente realizar una media de los mismos para el cálculo del factor de pérdida de radiación por sombra anual.

El primer paso ha consistido en la generación de los modelos digitales de terreno a partir de la información de la nube de puntos LIDAR. Se han generado dos modelos, el modelo digital de superficie, que incluye todos los elementos por encima del terreno (edificios, árboles...) y un segundo modelo digital de terreno solamente con los puntos que se consideran suelo y por tanto sin incluir los objetos encima del mismo. Ambos modelos han sido calculados a una resolución de 5m/pixel y para todas las áreas objeto de estudio en el marco de este proyecto.

Con cada uno de esos modelos se ha ejecutado, para cada uno de los recintos, la herramienta r.sun y se han realizado los cálculos de radiación para los 4 momentos del año seleccionados (un día por estación). Esta información se ha agregado a los recintos y, posteriormente, se ha calculado la media anual del factor de pérdida de radiación por sombras.

Los valores estimados de los factores de sombra con este método varían de recinto a recinto pero, en general, la horquilla de los valores que se han estimado no varía de forma importante. Tampoco hay grandes variaciones por tipología de superficies, aunque sí hay matices, así mientras la media del coeficiente de sombra para parking y depósitos es de 0,969; para el caso las presas y balsas es 0,983, dado que este tipo de superficies muestra menos sombras (objetos a su alrededor) que los entramados en los que se encuentran alrededor de parkings y depósitos.

La tabla siguiente muestra un ejemplo del cálculo del factor de sombra.

Tabla 3.4 Muestra del cálculo del factor de sombra para una selección de recintos

MUNICIPIO	area	ISLA	rad80	rad172	rad264	rad355	Rad_MFITC	FC_MFITC	FS_mean
AGULO	47567	LA GOMERA	0.99186869	0.99443545	0.99203327	0.98372795	4531.475	1	0.991
VALLEHERMI	37475	LA GOMERA	0.98159943	0.98901779	0.98190223	0.9619557	4628.098	1	0.979
SAN SEBAST	3037	LA GOMERA	0.99127184	0.98139886	0.99134403	0.99167495	4560.525	1	0.989
HERMIGUA	21057	LA GOMERA	0.97596205	0.99508064	0.97701187	0.93634404	4473.274	1	0.971
AGULO	8614	LA GOMERA	0.99471256	0.99620311	0.9939419	0.98092413	4293.817	1	0.991
VALLEHERMI	11347	LA GOMERA	0.99881637	0.99811969	0.99885829	0.99538046	5223.829	1	0.998
SAN SEBAST	3753	LA GOMERA	0.98666623	0.99269698	0.98577859	0.97644919	4555.289	1	0.985
ALAJERÓ	6227	LA GOMERA	0.98984819	0.99197808	0.99066254	0.96888699	4886.24	1	0.985
SAN SEBAST	779	LA GOMERA	0.99127829	0.99480721	0.98878219	0.94369283	4629.236	1	0.98
VALLE GRAN	1068	LA GOMERA	0.98364587	0.98565094	0.98284613	0.96752492	5262.158	1	0.98
ALAJERÓ	5876	LA GOMERA	0.9980561	0.9985515	0.99834857	0.99683191	5208.727	1	0.998
VALLEHERMI	4504	LA GOMERA	0.99693113	0.99801651	0.99709978	0.99691185	5068.128	1	0.997
HERMIGUA	6589	LA GOMERA	0.90594812	0.91691008	0.90774917	0.99999961	2885.997	1	0.933
VALLEHERMI	4591	LA GOMERA	0.94448895	0.96108772	0.94573674	0.82480647	4516.654	1	0.919
SAN SEBAST	1864	LA GOMERA	0.86502771	0.93055402	0.86792948	0.73715966	4525.801	1	0.85
VALLEHERMI	2671	LA GOMERA	0.97709441	0.98389375	0.97790364	0.96174504	4619.293	1	0.975
SAN SEBAST	1297	LA GOMERA	0.94224993	0.97278285	0.94388201	0.87437814	4604.852	1	0.933
AGULO	1110	LA GOMERA	0.94434893	0.97192478	0.94840639	0.77953649	4475.165	1	0.911
AGULO	1962	LA GOMERA	0.88563169	0.91112614	0.8867294	0.79060992	4589.041	1	0.869
VALLEHERMI	1629	LA GOMERA	0.96167741	0.97739038	0.96351655	0.8591092	4659.789	1	0.94
HERMIGUA	1485	LA GOMERA	0.96558196	0.95799129	0.96436881	0.90412926	3760.341	1	0.948
HERMIGUA	2110	LA GOMERA	0.9218718	0.98479217	0.92286998	0.90898082	4378.88	1	0.935
VALLE GRAN	1585	LA GOMERA	0.99865516	0.99715377	0.99854222	0.99385858	5303.395	1	0.997
VALLE GRAN	927	LA GOMERA	0.99713209	0.99743845	0.9969552	0.99619098	5212.159	1	0.997
AGULO	867	LA GOMERA	0.96411911	0.98748443	0.97751729	0.85516619	4487.249	1	0.946
VALLEHERMI	1634	LA GOMERA	0.97504851	0.98257968	0.97469743	0.83700001	4673.572	1	0.942
VALLEHERMI	1283	LA GOMERA	0.96605508	0.98751223	0.96987496	0.89633404	4746.272	1	0.955
VALLEHERMI	1530	LA GOMERA	0.96065463	0.96942888	0.96034048	0.91634076	3906.206	1	0.952
SAN SEBAST	435	LA GOMERA	0.99469796	0.99718996	0.99116976	0.94740443	4628.819	1	0.983
ALAJERÓ	625	LA GOMERA	0.99371636	0.99541356	0.99436683	0.98145795	4852.68	1	0.991
VALLE GRAN	596	LA GOMERA	0.9681789	0.97689742	0.96808945	0.94349796	4981.107	1	0.964
SAN SEBAST	3299	LA GOMERA	0.99000339	0.97277791	0.99037273	0.98325665	5153.051	1	0.984

3.5 Cálculo del Factor de Utilización (FU)

En esta sección se describe la metodología para la caracterización de las superficies identificadas en cuanto al porcentaje aprovechable de las mismas para instalaciones solares fotovoltaicas, lo que concluirá con el cálculo del Factor de Utilización (FU) para cada tipología de superficie.

3.5.1 Parte 1. Factor de Utilización

3.5.1.1 Factor de Utilización en zonas de estacionamiento

Para estimar el factor de utilización en zonas de estacionamiento se han estudiado distintos ejemplos de zonas de aparcamiento que tienen instalación fotovoltaica para establecer una media de factor de utilización realista.

La siguiente figura muestra el parking de INFECAR en Las Palmas de Gran Canaria, con la mitad derecha ya cubierta con fotovoltaica y la izquierda todavía por cubrir a efectos comparativos.



Figura 3.10. Parking fotovoltaico en INFECAR

Tras un análisis amplio de varios proyectos de parking fotovoltaicos el factor de utilización seleccionado, que se considera conservador, es del 35%.

3.5.1.2 Factor de Utilización en depósitos

Para estimar el factor de utilización en depósitos (cubiertos o descubiertos) se han estudiado distintos ejemplos de depósitos que tienen instalación fotovoltaica para establecer una media de factor de utilización realista.

La siguiente figura muestra un depósito descubierto con instalación fotovoltaica en Arinaga (Gran Canaria).



Figura 3.11. Depósito descubierto con instalación fotovoltaica en Arinaga

Tras un análisis amplio de varios proyectos de depósitos fotovoltaicos el factor de utilización seleccionado, que se considera conservador, es del 40%.

3.5.1.3 Factor de Utilización en invernaderos

3.5.1.3.1 Tipos de invernaderos fotovoltaicos

El cálculo del factor de utilización en el caso de los invernaderos es más complejo debido a varios motivos: no existen experiencias previas en Canarias, los distintos tipos de cultivos se ven afectados de forma distinta a posibles sombreamientos, en cada isla los tipos de cultivos son diferentes. Otro factor que influye es el tipo de panel fotovoltaico que se instale, que puede ser opaco y rígido, por lo que produce un mayor sombreamiento, o opaco y flexible o traslúcido, que no produce ningún sombreamiento.

La siguiente figura muestra un invernadero con paneles flexibles.



Figura 3.12. Invernadero fotovoltaico con paneles flexibles

Para estimar la influencia de la instalación solar fotovoltaica en invernaderos se ha llevado a cabo una extensa revisión bibliográfica. La tabla siguiente muestra un extracto de parte de los artículos que se han considerado más relevantes a los efectos de este estudio.

Tabla 3.5. Experiencias de invernaderos fotovoltaicos

Cultivo	Tipo de panel	% superficie cubierta con FV	País	Tipo de invernadero	Referencia
Lechuga	Silicio rígido	20%	Grecia	Cristal	Greenhouse performance results for roof installed photovoltaics G. Trypanagnostopoulos, A. Kavga, M. Souliotis, Y. Tripanagnostopoulos
Tomate	Silicio Flexible	9,8%	Almería	Canario	Morphology, yield and quality of greenhouse tomato cultivation with flexible photovoltaic rooftop panels (Almería-Spain) Raúl Aroca-Delgado, José Pérez-Alonso, Ángel-Jesús Callejón-Ferre*, Manuel Díaz-Pérez
Tomate	Silicio Flexible	40%	Agadir (Marruecos)	Canario	Performance of photovoltaic Canarian greenhouse: A comparison study between summer and winter seasons K. Ezzaeria*, H. Fatnassib, A. Wifayac, A. Bazgaoua, A. Aharounea, C. Poncetb, A. Bekkaouid, L. Bourdena

Caben resaltar las experiencias con el tipo de invernadero canario llevadas a cabo en Almería y en Agadir, éste último con un clima parecido al canario, para el tomate. En Agadir se llegó a cubrir un 40% de la superficie del invernadero con paneles opacos (flexibles). En ambos casos, la producción de tomate no se vio afectada, en invierno empeoró un poco la producción en comparación con el invernadero de control, pero en verano mejoró dado que la temperatura bajó un poco con respecto al invernadero de control, lográndose mantener dentro del rango

de temperatura óptima de crecimiento (mientras que en el invernadero de control se superaba ese rango).

En ambos casos se utilizaron paneles flexibles, dado que se pueden superponer sobre los invernaderos tipo canario sin necesidad de modificar ni reforzar la estructura.

La siguiente figura muestra el invernadero de Agadir, con el 40% de su superficie cubierta con paneles fotovoltaicos.



Figura 3.13. Invernadero fotovoltaico de tomates en Agadir

Los invernaderos de estructura fija permiten una fácil integración de los paneles solares fotovoltaicos fijos (no flexibles) como muestra la siguiente figura. En Canarias, los invernaderos tipo canario son los más extendidos, aunque también existe algún ejemplo de invernadero de estructura fija.



Figura 3.14. Invernadero fotovoltaico de estructura fija

Otra posibilidad de integración de energía solar fotovoltaica en zonas de cultivo pasa por la utilización de zonas de cultivo a cielo abierto (sin invernaderos) donde se instalan estructuras fotovoltaicas sobre los cultivos como muestra la siguiente figura.



Figura 3.15. Estructuras fotovoltaicas sobre cultivos a cielo abierto (sin invernadero)

3.5.1.3.2 El futuro de los invernaderos fotovoltaicos

El futuro de los invernaderos fotovoltaico ya ha llegado. Los paneles transparentes permiten el aprovechamiento de toda la luz y la radiación solar a la vez.

Las nuevas células son menos eficientes que los fotovoltaicos tradicionales, que absorben una mayor gama de longitud de onda, pero podrían permitir la recolección de energía en superficies que de otro modo, nunca se podrían utilizar para generar energía. En octubre de 2020, varias investigaciones establecieron un nuevo récord de eficiencia para las células solares transparentes de color neutro, logrando un 8,1% de eficiencia y un 43,3% de transparencia con un diseño orgánico, basado en carbono en lugar del silicio convencional. Un panel convencional tipo tiene una eficiencia de alrededor del 15% al 20%.

La figura siguiente muestra un panel solar fotovoltaico transparente.

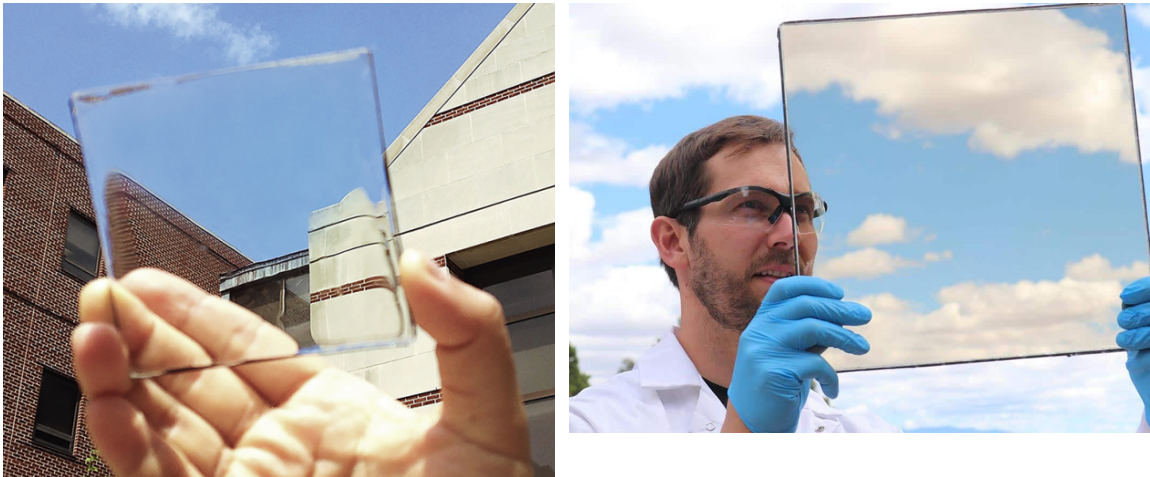


Figura 3.16. Paneles fotovoltaicos transparentes

3.5.1.3.3 Factor de utilización por tipo de cultivos en Canarias

Atendiendo a la revisión bibliográfica realizada, al tipo de invernadero predominante y los tipos cultivos, se ha establecido un factor de utilización para cada tipo de cultivo en cada isla. Los factores de utilización no coinciden necesariamente para los distintos tipos de cultivo en todas las islas dado que las condiciones de radiación solar son diferentes en las distintas islas, pudiendo aumentar o disminuir el sombreado para un mismo tipo de cultivo dependiendo de la isla. La tabla siguiente muestra los valores de los Factores de Utilización estimados para para los distintos tipos de cultivos en cada isla.

Tabla 3.6 Factores de Utilización (UF) para los distintos tipos de cultivos en cada isla

ISLA	CULTIVO	UF
El Hierro	Hortaliza Otras Mezclas	10%

El Hierro	Huerta Limpia	10%
El Hierro	Huerto Familiar	10%
El Hierro	Papa	10%
El Hierro	Papaya	10%
El Hierro	Piña	10%
El Hierro	Platanera	10%
El Hierro	Superficie agrícola no utilizada	10%
Fuerteventura	Aromáticas	20%
Fuerteventura	Hortaliza Otras Mezclas	20%
Fuerteventura	Huerta Limpia	20%
Fuerteventura	Huerto Familiar	20%
Fuerteventura	Mango	20%
Fuerteventura	Melón-Sandía	20%
Fuerteventura	Millo	20%
Fuerteventura	Papa	20%
Fuerteventura	Papaya	20%
Fuerteventura	Piña	20%
Fuerteventura	Subtropicales Otras Mezclas	20%
Fuerteventura	Superficie agrícola no utilizada	10%
Fuerteventura	Tomate	40%
Gran Canaria	Aguacate	10%
Gran Canaria	Almendro	10%
Gran Canaria	Aloe	10%
Gran Canaria	Aromáticas	10%
Gran Canaria	Asociación Cítricos-Hortaliza	10%
Gran Canaria	Asociación Viña-Templados	10%
Gran Canaria	Barbecho	10%
Gran Canaria	Batata	10%
Gran Canaria	Caña de Azúcar	10%

Gran Canaria	Cebolla	10%
Gran Canaria	Cítricos	10%
Gran Canaria	Fresas	10%
Gran Canaria	Frutos Rojos	10%
Gran Canaria	Granado	10%
Gran Canaria	Hortaliza Otras Mezclas	10%
Gran Canaria	Huerta Limpia	10%
Gran Canaria	Huerto Familiar	10%
Gran Canaria	Mango	10%
Gran Canaria	Melón-Sandía	10%
Gran Canaria	Millo	10%
Gran Canaria	Moringa	10%
Gran Canaria	Olivo	10%
Gran Canaria	Ornamentales	10%
Gran Canaria	Papa	10%
Gran Canaria	Papaya	10%
Gran Canaria	Parchita	10%
Gran Canaria	Pepino	10%
Gran Canaria	Piña	10%
Gran Canaria	Pitaya	10%
Gran Canaria	Platanera	10%
Gran Canaria	Subtropicales Otras Mezclas	10%
Gran Canaria	Superficie agrícola no utilizada	10%
Gran Canaria	Templado Hueso	10%
Gran Canaria	Templado Otras Mezclas	10%
Gran Canaria	Templado Pepita	10%
Gran Canaria	Tomate	40%
Gran Canaria	Tunera	10%
Gran Canaria	Viña	10%

Gran Canaria	Viveros	10%
La Gomera	Aguacate	10%
La Gomera	Barbecho	10%
La Gomera	Batata	10%
La Gomera	Cítricos	10%
La Gomera	Higuera	10%
La Gomera	Hortaliza Otras Mezclas	10%
La Gomera	Huerta Limpia	10%
La Gomera	Mango	10%
La Gomera	Olivo	10%
La Gomera	Papa	10%
La Gomera	Papaya	10%
La Gomera	Platanera	10%
La Gomera	Subtropicales Otras Mezclas	10%
La Gomera	Superficie agrícola no utilizada	10%
La Gomera	Templado Pepita	10%
La Gomera	Viña	10%
La Gomera	Viveros	10%
La Palma	Aguacate	10%
La Palma	Asociación Viña-Papa	10%
La Palma	Barbecho	10%
La Palma	Batata	10%
La Palma	Caña de Azúcar	10%
La Palma	Cebolla	10%
La Palma	Fresas	10%
La Palma	Hortaliza Otras Mezclas	10%
La Palma	Huerta Limpia	10%
La Palma	Mango	10%
La Palma	Millo	10%

La Palma	Ornamentales	10%
La Palma	Papa	10%
La Palma	Papaya	10%
La Palma	Pepino	10%
La Palma	Piña	10%
La Palma	Platanera	10%
La Palma	Strelitzias	10%
La Palma	Subtropicales Otras Mezclas	10%
La Palma	Superficie agrícola no utilizada	10%
La Palma	Tomate	10%
La Palma	Viveros	10%
Lanzarote	Aromáticas	10%
Lanzarote	Hortaliza Otras Mezclas	10%
Lanzarote	Huerta Limpia	10%
Lanzarote	Huerto Familiar	10%
Lanzarote	Papaya	10%
Lanzarote	Platanera	20%
Lanzarote	Subtropicales Otras Mezclas	10%
Lanzarote	Superficie agrícola no utilizada	20%
Tenerife	Aguacate	10%
Tenerife	Aloe	10%
Tenerife	Aromáticas	10%
Tenerife	Asociación Viña-Hortaliza	10%
Tenerife	Barbecho	10%
Tenerife	Batata	10%
Tenerife	Cebolla	10%
Tenerife	Cereal Otros	10%
Tenerife	Cítricos	10%
Tenerife	Fresas	10%

Tenerife	Granado	10%
Tenerife	Hortaliza Otras Mezclas	10%
Tenerife	Huerta Limpia	10%
Tenerife	Huerto Familiar	10%
Tenerife	Mango	10%
Tenerife	Melón-Sandía	10%
Tenerife	Millo	10%
Tenerife	Moringa	10%
Tenerife	Ornamentales	10%
Tenerife	Papa	10%
Tenerife	Papaya	10%
Tenerife	Parchita	10%
Tenerife	Pepino	10%
Tenerife	Piña	10%
Tenerife	Pitaya	10%
Tenerife	Platanera	10%
Tenerife	Próteas	10%
Tenerife	Strelitzias	10%
Tenerife	Subtropicales Otras Mezclas	10%
Tenerife	Superficie agrícola no utilizada	10%
Tenerife	Templado Otras Mezclas	10%
Tenerife	Templado Pepita	10%
Tenerife	Tomate	38%
Tenerife	Viña	10%
Tenerife	Viveros	10%

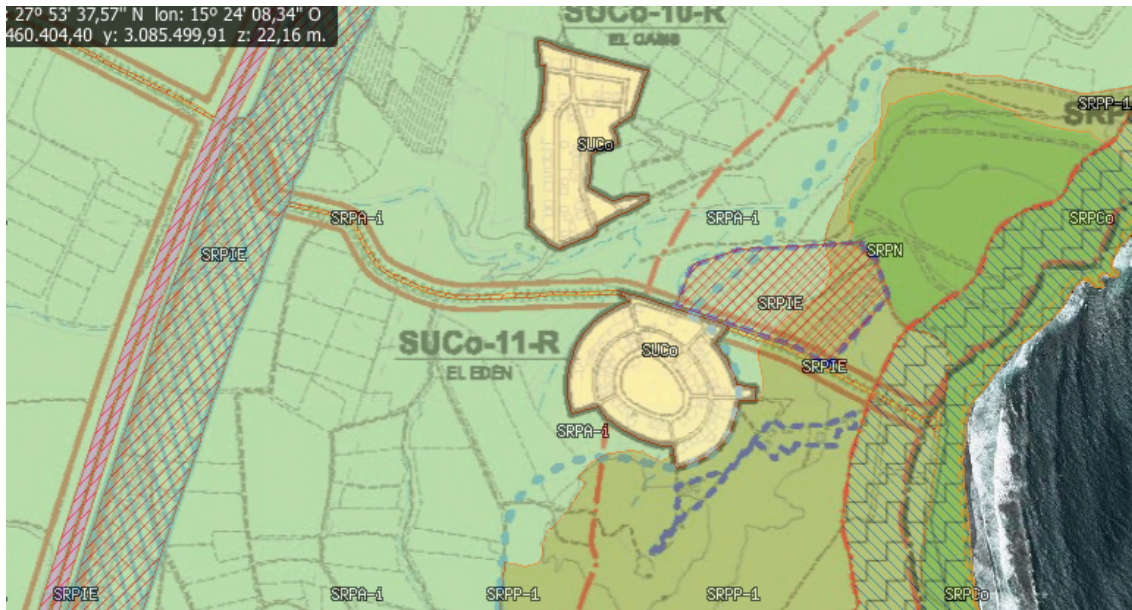


Figura 3.18. Dos zonas SRPI en Gran Canaria. Derecha: uso infraestructura especiales (viario), Tramo autopista. Izquierda: uso primaria, camping de Vargas

3.5.2 Parte 2. Factor de Utilización de solar flotante: presas, balsas y embalses

Para estimar el factor de utilización de solar flotante en presas, balsas y embalses se han estudiado distintos ejemplos de instalaciones fotovoltaicas flotantes fuera de Canarias, dado que en Canarias no existen este tipo de instalaciones todavía, para establecer una media de factor de utilización realista. En el caso de la primera instalación en España, la instalación tiene una potencia de 1125 kilovatios y ocupa una superficie acuática de unos 12 000 metros cuadrados.

Las siguientes figuras muestran dos instalaciones de energía solar flotante.



Figura 3.19. Instalación solar flotante



Figura 3.20. Instalación solar flotante en Murcia (España)

Tras un análisis amplio de varios proyectos de solar flotante el factor de utilización seleccionado, que se considera conservador, es del 50%.

3.5.3 Parte 3. Factor de Utilización en suelos urbanizables: cubiertas fotovoltaica en 2040

Dentro de esta categoría se encuentran los SUSNO y los SUSN. Son suelos urbanizables que representan reservas de suelo para futuras ampliaciones urbanas, industriales, turísticas, en definitiva, de toda índole.

Para establecer el factor de utilización de estas zonas se lleva a cabo primero una previsión de la superficie construida en 2040 para posteriormente establecer que porcentaje de estas reservas serían ocupadas previsiblemente hasta el 2040. Una vez establecido este porcentaje, se estimaron los factores de utilización (UF) para las cubiertas adicionales, dato a partir del cual se pudo estimar la potencia adicional instalable.

Proyección de la superficie construida a 2040

A partir de la serie temporal del castrato (2006-2018) se estableció una serie tendencial (cuyo coeficiente de correlación (R2) es del 92%) para estimar las proyecciones de superficie construida a 2040. A partir de estos datos se pudo obtener el dato de la superficie de cubierta estimada, tanto para uso residencial como no residencial (edificios comerciales, industriales, de oficinas y gubernamentales) para 2040.

Factores de utilización

Se utilizaron los factores de utilización definidos en los artículos *Photovoltaic techno-economical potential on roofs in regions and islands: the case of the Canary Islands. Methodological review and methodology proposal. Julieta Schallenberg. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 16 (2013)/ 219– 239/ELSEVIER/2013* y *Schallenberg-Rodriguez, J. (2014). Photovoltaic techno-economical potential on roofs in the Canary Islands. Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 2(1), 68-87*. En estos artículos se estima de forma detallada, con los datos del catastro, la superficie disponible en Canarias para cubiertas fotovoltaicas así como los factores de utilización por tipología de edificación.

A partir de la superficie de cubierta disponible (residencial y no residencial) para uso fotovoltaico, se pondera la cubierta residencial y la cubierta no residencial con un 0,7 (se considera que el 30% restante de la cubierta disponible, aunque sea utilizable, no se recubrirá con paneles por distintos motivos como seguridad, accesos, etc.). Por tanto, en cubiertas residenciales el porcentaje utilizable queda reducido a un 23% de las cubiertas existentes (resultado de un coeficiente de uso del 33% ponderado por un 70%). En cubiertas no residenciales (industriales, comerciales y gubernamentales) el porcentaje utilizable queda en un 53% de la superficie de cubiertas existentes, resultado de un coeficiente de uso del 75%, que es el coeficiente medio para los distintos usos considerados, aunque éste es un valor medio que varía de isla a isla según la distribución de cubiertas por tipo de edificio, ponderado por un 70%.

A continuación se describe brevemente la metodología seguida:

Paso 1

A partir de los datos de 2008 del artículo mencionado se actualizó el dato de la superficie de cubiertas utilizando los datos del catastro (disponibles sólo hasta 2018) y los del ISTAC de superficie construida (disponibles entre 1994 y 2019). Con los datos del catastro se calculó el incremento superficie construida entre 2009 y 2018. Con ese porcentaje se actualizó el dato de superficie de cubierta para 2018. Con los datos del ISTAC se comprobó también la diferencia

pero en este caso hasta 2019. Ambos métodos dieron resultados consistentes, por lo que se pudo tomar la actualización a 2019 como correcta. A partir de estos datos se pudo obtener el dato de la superficie de cubierta disponible para uso fotovoltaico aplicando los coeficientes de uso (utilization factors, UF) del artículo mencionado para el año 2018.

La siguiente tabla muestra los resultados de este procedimiento.

Tabla 3.8 Superficies de cubiertas utilizable a 2009 y 2018

2009	Gran Canaria	Lanzarote	Fuerte- ventura	Tenerife	La Palma	La Gomera	El Hierro	Islas Canarias
Superficie cubiertas	29,471,047	8,692,427	6,868,743	36,575,009	3,215,150	921,987	603,165	86,347,528
% cubiertas	34.1%	10.1%	8.0%	42.4%	3.7%	1.1%	0.7%	
Cubierta utilizable (A·UF)	14,753,179	3,946,039	3,159,562	19,264,820	1,539,741	453,022	258,048	43,374,411
% cubierta utilizable	50.1%	45.4%	46.0%	52.7%	47.9%	49.1%	42.8%	50.2%
Potencia (MW)	1,475	395	316	1,926	154	45	26	4,337
Superficie construida (m2)								196,366,400
2018 actualización								
Cubierta utilizable (A·UF)	16,931,130	4,528,576	3,625,995	22,646,024	1,809,984	532,533	303,338	50,377,581
Superficie cubiertas	29,471,047	8,692,427	6,868,743	42,994,356	3,779,447	1,083,807	709,028	93,598,854

Paso 2

Proyección de la superficie construida a 2040: a partir de la serie temporal del catastro (2006-2018) se estableció una serie tendencial (cuyo coeficiente de correlación (R2) es del 92%) para estimar las proyecciones de superficie construida a 2040. A partir de estos datos se pudo obtener el dato de la superficie de cubierta, tanto para usos residenciales como no residenciales (edificios comerciales, industriales, de oficinas y gubernamentales) a 2040.

La siguiente gráfica muestra la evolución de la superficie construida según el catastro (2006-2019).

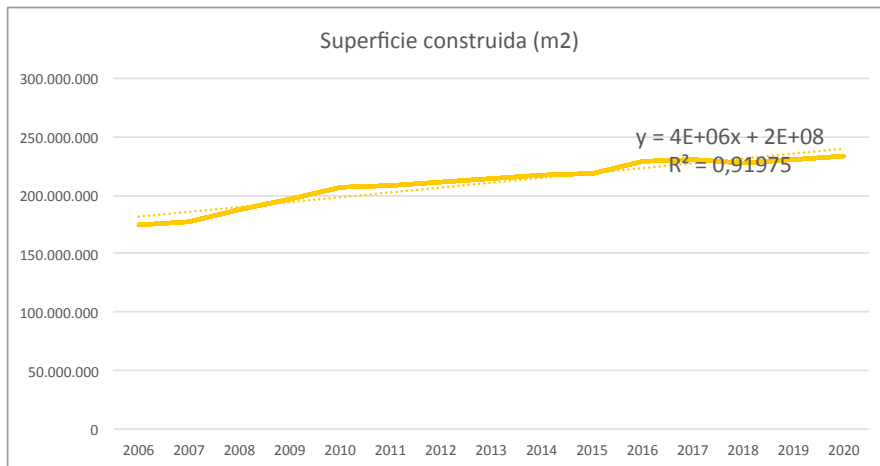


Figura 3.21. Evolución de la superficie construida en Canarias según catastro (2006-2019)

La siguiente gráfica muestra los resultados del procedimiento descrito con las proyecciones de superficie construida hasta 2040. Con esta proyección se estimaron los datos de superficie construida para 2040.

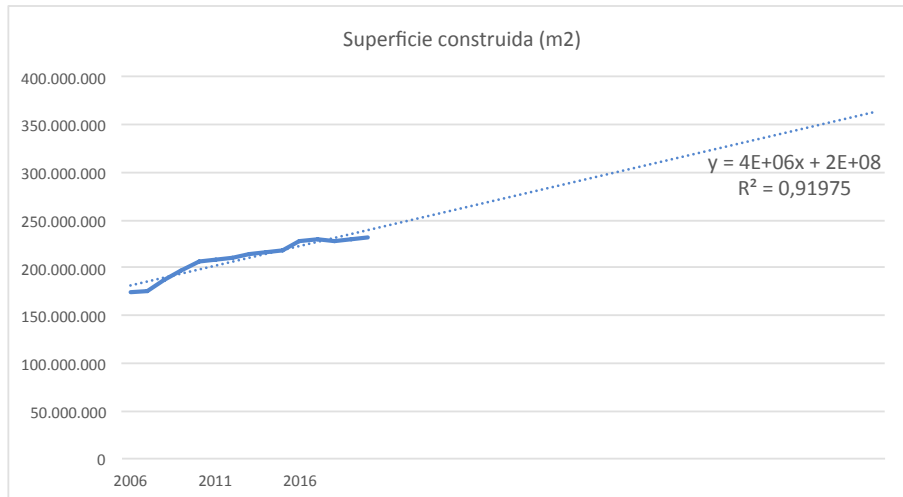


Figura 3.22. Proyecciones de la superficie construida en Canarias hasta 2040

Las tablas siguientes muestran los resultados de este procedimiento para estimar la superficie disponible a 2040.

Tabla 3.9 Superficies de cubiertas: proyección a 2040

2040 proyección	Gran Canaria	Lanzarote	Fuerteventura	Tenerife	La Palma	La Gomera	El Hierro	Islas Canarias
Superficie construida (m2)								304,854,799
Superficie de cubiertas	44,034,601	12,578,871	11,493,059	59,338,451	4,580,988	1,155,376	871,416	134,052,762
Cubiertas residenciales	24,327,560	6,949,382	6,349,509	37,243,130	2,875,207	725,159	546,935	79,016,881
Cubiertas no residenciales	19,707,041	5,629,489	5,143,550	22,095,321	1,705,781	430,217	324,481	55,035,880

Paso 3

Se establece la superficie de terreno construida entre 2019 y 2040 como la diferencia entre la superficie construida en 2019 y la estimación a 2040. Esta diferencia se compara, a su vez, con la superficie de terreno urbanizable (SUSNO+SUSN) y, finalmente, se establece el porcentaje del terreno calificado como urbanizable que se prevé que se construirá hasta 2040. La tabla siguiente muestra los resultados de este procedimiento.

Tabla 3.10 Proyección superficie construida a 2040 versus SUSNO y SUNS

	Gran Canaria	Lanzarote	Fuerteventura	Tenerife	La Palma	La Gomera	El Hierro	Canary Islands
Diferencia 2019-2040	9,606,100	2,968,871	3,288,370	15,661,138	969,514	146,033	219,070	32,859,097
SUSNO & SUNS	35,567,837	9,170,907	34,129,711	31,789,545	8,433,603	2,231,016	631,758	121,954,376
Dif (SUSNO&SUNS - incremento 2040)	25,961,737	6,202,036	30,841,341	16,128,406	7,464,089	2,084,983	412,688	89,095,280
% construido en 2040 del total SUSNO+SUNS	27%	32%	10%	49%	11%	7%	35%	27%

Se establece de esta forma la superficie que se prevé edificar hasta 2040 y el porcentaje que representa del terreno urbanizable.

Paso 4

Estimación de la superficie disponible para fotovoltaica: a partir de la superficie de cubierta, utilizando los coeficientes de uso (UF-utilization factors), definidos en el artículo mencionado, se estima la superficie de cubierta disponible (residencial y no residencial) para uso fotovoltaico.

Las tablas siguientes muestran los resultados de este procedimiento para estimar la superficie disponible a 2040.

Tabla 3.11 Superficies de cubiertas utilizable: proyección a 2040

2040 proyección	Gran Canaria	Lanzarote	Fuerteventura	Tenerife	La Palma	La Gomera	El Hierro	Islas Canarias
Superficie construida (m2)								304,854,799
Superficie de cubiertas	44,034,601	12,578,871	11,493,059	59,338,451	4,580,988	1,155,376	871,416	134,052,762
Cubiertas residenciales	24,327,560	6,949,382	6,349,509	37,243,130	2,875,207	725,159	546,935	79,016,881
Cubiertas no residenciales	19,707,041	5,629,489	5,143,550	22,095,321	1,705,781	430,217	324,481	55,035,880
Cubiertas utilizables (A·UF)	22,043,680	5,710,340	5,286,707	31,254,800	2,193,843	567,699	372,812	67,429,882

Asimismo también se muestran los factores de uso (UF) resultantes para cada isla. En el sector residencial el factor de uso utilizado es 33% (según resultado de la metodología del artículo publicado) y para el sector no residencial cada tipo de edificio (industrial, comercial, servicios) tiene un factor de uso. Dado que en cada isla la proporción de cada uno de estos sectores es distinto, se obtienen unos factores de uso distintos para el conjunto del edificios no residenciales. La tabla siguiente muestra estos resultados.

Tabla 3.12 Factores de uso (UF): proyección a 2040

	Gran Canaria	Lanzarote	Fuerteventura	Tenerife	La Palma	La Gomera	El Hierro	Islas Canarias
UF residencial	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%
UF no residencial	71.1%	60.7%	62.0%	85.8%	73.0%	76.3%	59.3%	75.2%

A partir de la superficie de cubierta disponible (residencial y no residencial) para uso fotovoltaico, se pondera la cubierta residencial y la cubierta no residencial por un 0,7 (se considera que el 30% restante de la cubierta disponible, aunque sea utilizable, no se recubrirá con paneles por distintos motivos como seguridad, accesos, etc.). Por tanto, en cubiertas residenciales el porcentaje utilizable queda reducido a un 23% de las cubiertas existentes (resultado de un coeficiente de uso del 33% ponderado por un 70%). En cubiertas no residenciales (industriales, comerciales y gubernamentales) el porcentaje utilizable queda en un 53% de la superficie de cubiertas existentes (resultado de un coeficiente de uso del 75%, que es el coeficiente medio para los distintos usos considerados, aunque éste es un valor medio que varía de isla a isla según la distribución de cubiertas por tipo de edificio, ponderado por un 70%).

3.6 Procedimiento de cálculo para estimar la potencia fotovoltaica

En esta sección se describe la metodología para el cálculo de la potencia fotovoltaica que se podría instalar en las superficies identificadas.

Para hallar la potencia instalable se multiplica la relación Superficie/Potencia por la superficie utilizable, que es a su vez el resultado de multiplicar la superficie disponible por el coeficiente de utilización en cada caso contemplado.

La ecuación para determinar la potencia quedaría por tanto como sigue:

$$P \text{ (kW)} = UF \cdot S \text{ (m}^2\text{)} \cdot (S/P)$$

Donde:

P (kW): potencia en kW

S: superficie disponible en m²

S/P: relación Superficie/Potencia en m²/kW

Esta relación se establece a continuación.

Relación Superficie/Potencia (S/P)

Para estimar la eficiencia y la relación Superficie/Potencia del panel fotovoltaico se consultaron numerosos catálogos de paneles fotovoltaicos de Silicio policristalino y monocristalino de última generación, cuyos parámetros principales se muestran a continuación.

Tabla 3.13. Parámetros principales de paneles fotovoltaicos

Fabricante	Modelo	Rendimiento	Potencia	Tamaño	S/P
SunPower	SPR-X22-370 (Ahora MAX3-400)	22.6%	400W	1.690 x 1.046 mm	4.42
SunPower	SPR-X22-360 (Ahora MAX3-390)	22.1%	390W	1.690 x 1.046 mm	4.53
SunPower	MAX3-370	20.9%	370W	1.690 x 1.046 mm	4.78
LG Neon	LG360Q1C-A5	20.8%	360W	1.700 x 1.016 mm	4.80
LG	LG355Q1C-A5	20.6%	355W	1.700 x 1.016 mm	4.87
AUO	SunForte PM096B00	20.6%	335W	1.559 x 1.046 mm	4.87
SunPower	MAX2-360	20.4%	360W	1.690 x 1.046 mm	4.91
AUO	SunForte PM096B00	20.3%	330W	1.559 x 1.046 mm	4.94
SunPower	MAX3-350	19.8%	327W	1.690 x 1.046 mm	
SHARP	NQ-R256A	19.8%	256W	1.318 x 980 mm	
Panasonic	VBHN330SJ53	19.7%	330W	1.590 x 1.053 mm	

Panasonic	VBHN325SJ53	19.4%	325W	1.590 x 1.053 mm	
SunPower	SPR-P19-400	19.4%	400W	2.067 x 998 mm	

De los paneles mostrados en la tabla, no se consideraron los sombreados en marrón por tener una eficiencia por debajo del 20%. Para el resto de paneles se halló la relación Superficie/Potencia, que se situaba entre 4,42 y 4,94, tal y como se muestra en la tabla. Tal como muestra la tabla, a mayor rendimiento menor relación Superficie/Potencia. En este estudio se ha priorizado la relación Superficie/Potencia, por lo que finalmente se seleccionó el Panel SunForte PM096B00 con una potencia de 330 W, cuya eficiencia es del 20,3% y cuya relación Superficie/Potencia es de 4,94 m²/kW.

3.7 Procedimiento de cálculo para estimar la producción fotovoltaica anual

En esta sección se describe la metodología para el cálculo de la producción fotovoltaica anual que se podría instalar en las superficies identificadas.

En cuanto a la producción solar fotovoltaica, se ha calculado dicha producción a partir de la siguiente expresión:

$$P = \frac{365 \cdot IG_{inclinada} \cdot \varepsilon \cdot PR \cdot S \cdot FS \cdot UF}{10^6}$$

Siendo:

P: Producción (MWh/a)

IG_{inclinada}: Radiación sobre superficie inclinada (Wh/(m² · d))

ε: Eficiencia del panel

PR: Performance Ratio

S: Superficie total de los paneles (m²)

FS: Factor de Sombra

UF: factor de utilización

Para la producción de energía solar fotovoltaica en zonas de estacionamiento, depósitos, invernaderos y solar flotante (presas, balsas y embalses), se ha considerado que la radiación

sobre la superficie inclinada aumenta en un 8% con respecto a la radiación sobre la horizontal y el Performance Ratio (PR) considerado es del 0,8. Mientras que para las superficies estimadas por planeamiento (SRPI, SUSNO y SUSN), se ha considerado que la radiación sobre la superficie inclinada aumenta en un 10% con respecto a la radiación sobre la horizontal, al poder ajustar mejor la inclinación, y el Performance Ratio (PR) considerado es del 0,85. Los factores de sombra se calcularon para cada superficie identificada y los factores de utilización para cada tipología identificada, tal y como se especificó en los apartados anteriores. Para el dato de eficiencia se seleccionó la del panel SunForte PM096B00, de la tabla anterior, que es del 20,3%.

4 Resultados

4.1 Parte 1. Área disponible, potencia y producción para cada tipología de superficie identificada

4.1.1 Zonas de estacionamiento

La tabla siguiente muestra los resultados de las zonas de estacionamiento, las superficies identificadas en cada municipio, la potencia resultante y la producción anual hallada con las ecuaciones expuestas en la sección anterior y los correspondientes factores de utilización y de sombra.

Tabla 4.1 Área, potencia y producción de energía anual de las zonas de estacionamiento

	Área (m2)	Potencia (kW)	Producción (MWh/a)
EL HIERRO	56,475	4,000	6,010
EL PINAR	4,093	290	486
FRONTERA	9,880	700	1,094
VALVERDE	42,502	3,010	4,430
FUERTEVENTURA	615,727	43,611	76,117
ANTIGUA	132,190	9,363	16,197
BETANCURIA	783	55	102
LA OLIVA	108,886	7,712	13,568
PUERTO DEL ROSARIO	211,609	14,988	25,940
TUINEJE	62,320	4,414	7,777
PÁJARA	99,939	7,078	12,533
GRAN CANARIA	1,629,281	115,399	183,348
AGAETE	12,827	909	1,489
ARUCAS	19,278	1,365	1,959
FIRGAS	1,249	88	137
INGENIO	45,465	3,220	5,312
LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	681,363	48,260	73,176
MOYA	430	30	44
TEJEDA	5,379	381	623
TELDE	346,263	24,525	39,246
TEROR	8,404	595	915
VALLESECO	2,706	192	263
VALSEQUILLO	4,248	301	486
VEGA DE SAN MATEO	19,252	1,364	2,193
GÁLDAR	17,488	1,239	1,903
SANTA LUCÍA DE TIRAJANA	60,262	4,268	7,352
AGÜIMES	151,269	10,714	18,458
SAN BARTOLOMÉ DE TIRAJANA	185,075	13,108	21,959

SANTA MARÍA DE GUÍA	9,292	658	961
LA ALDEA DE SAN NICOLÁS	2,567	182	314
MOGÁN	45,603	3,230	5,374
SANTA BRÍGIDA	10,861	769	1,183
ARTENARA	0	0	0
LA GOMERA	76,084	5,389	8,792
AGULO	4,817	341	458
HERMIGUA	3,899	276	364
VALLE GRAN REY	8,570	607	980
VALLEHERMOSO	7,216	511	759
SAN SEBASTIÁN DE LA GOMERA	44,902	3,180	5,482
ALAJERÓ	6,680	473	748
LA PALMA	168,957	11,967	18,471
BARLOVENTO	5,688	403	585
EL PASO	15,805	1,119	1,787
FUENCALIENTE	2,567	182	271
LOS LLANOS DE ARIDANE	31,540	2,234	3,568
PUNTAGORDA	912	65	78
PUNTALLANA	7,411	525	812
SANTA CRUZ DE LA PALMA	39,599	2,805	4,212
TAZACORTE	17,940	1,271	2,036
TIJARAFE	2,188	155	234
VILLA DE MAZO	14,787	1,047	1,598
BREÑA BAJA	11,012	780	1,183
BREÑA ALTA	13,901	985	1,515
SAN ANDRÉS Y SAUCES	3,095	219	308
GARAFÍA	2,512	178	283
LANZAROTE	498,835	35,331	56,825
ARRECIFE	153,865	10,898	17,274
TEGUISE	93,296	6,608	10,672
TINAJO	8,668	614	963
YAIZA	78,995	5,595	9,341
TÍAS	40,784	2,889	4,618
SAN BARTOLOMÉ	58,400	4,136	6,505
HARÍA	64,827	4,592	7,452
TENERIFE	1,836,851	130,100	191,887
ADEJE	192,697	13,648	19,537
ARAFO	5,473	388	615
ARICO	20,015	1,418	2,166
ARONA	177,397	12,565	18,195
BUENAVISTA DEL NORTE	8,501	602	870
CANDELARIA	24,818	1,758	2,652
EL ROSARIO	36,647	2,596	3,875
EL SAUZAL	7,111	504	675
EL TANQUE	10,352	733	1,062
FASNIA	4,256	301	452
GARACHICO	10,669	756	990
GRANADILLA DE	150,906	10,688	17,789

ABONA			
ICOD DE LOS			
VINOS	18,586	1,316	1,611
LA GUANCHA	7,840	555	718
LA LAGUNA	370,078	26,212	39,878
LA MATANZA DE			
ACENTEJO	17,542	1,242	1,647
LA OROTAVA	70,431	4,988	6,515
LA VICTORIA DE			
ACENTEJO	8,782	622	817
LOS REALEJOS	30,525	2,162	2,745
LOS SILOS	5,037	357	477
PUERTO DE LA			
CRUZ	63,493	4,497	6,200
SAN JUAN DE LA			
RAMBLA	596	42	51
SAN MIGUEL DE			
ABONA	108,388	7,677	11,680
SANTA CRUZ DE			
TENERIFE	375,772	26,615	39,112
SANTIAGO DEL			
TEIDE	10,491	743	1,245
TACORONTE	27,148	1,923	2,571
TEGUESTE	10,319	731	1,068
VILAFLO	4,261	302	470
SANTA ÚRSULA	6,904	489	607
GÜÍMAR	25,823	1,829	2,778
GUÍA DE ISORA	25,993	1,841	2,817
Total	4,882,210	345,797	541,451

4.1.2 Depósitos

La tabla siguiente muestra los resultados de los depósitos abiertos y cerrados, las superficies identificadas en cada municipio, la potencia resultante y la producción anual hallada con las ecuaciones expuestas en la sección anterior y los correspondientes factores de utilización y de sombra.

Tabla 4.2 Área, potencia y producción de energía anual en depósitos

	Área (m2)	Potencia (kW)	Producción (MWh/a)
EL HIERRO	8,137	659	1,027
EL PINAR	1,068	86	140
FRONTERA	3,233	262	412
VALVERDE	3,836	311	476
FUERTEVENTURA	92,666	7,501	13,135
ANTIGUA	13,021	1,054	1,817
BETANCURIA	603	49	87
LA OLIVA	19,437	1,573	2,785
PUERTO DEL			
ROSARIO	27,959	2,263	3,909
TUINEJE	8,420	682	1,206
PÁJARA	23,226	1,880	3,331

GRAN CANARIA	830,406	67,218	104,544
AGAETE	16,268	1,317	2,094
ARUCAS	67,229	5,442	7,772
FIRGAS	14,909	1,207	1,809
INGENIO	23,968	1,940	3,237
LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	149,928	12,136	18,440
MOYA	39,750	3,218	4,977
TEJEDA	5,921	479	808
TELDE	128,207	10,378	16,680
TEROR	8,633	699	1,100
VALLESECO	1,088	88	145
VALSEQUILLO	5,376	435	713
VEGA DE SAN MATEO	10,685	865	1,406
GÁLDAR	150,655	12,195	17,992
SANTA LUCÍA DE TIRAJANA	23,847	1,930	3,326
AGÜIMES	26,470	2,143	3,651
SAN BARTOLOMÉ DE TIRAJANA	36,610	2,963	5,049
SANTA MARÍA DE GUÍA	77,528	6,276	9,670
LA ALDEA DE SAN NICOLÁS	14,288	1,157	2,037
MOGÁN	6,328	512	846
SANTA BRÍGIDA	22,718	1,839	2,793
ARTENARA	0	0	0
LA GOMERA	18,434	1,492	2,307
AGULO	2,895	234	325
HERMIGUA	965	78	104
VALLE GRAN REY	3,542	287	447
VALLEHERMOSO	5,551	449	693
SAN SEBASTIÁN DE LA GOMERA	3,734	302	516
ALAJERÓ	1,747	141	222
LA PALMA	690,987	55,933	88,835
BARLOVENTO	8,681	703	1,022
EL PASO	42,587	3,447	5,318
FUENCALIENTE	21,645	1,752	2,466
LOS LLANOS DE ARIDANE	387,304	31,351	50,347
PUNTAGORDA	1,202	97	156
PUNTALLANA	6,615	535	800
SANTA CRUZ DE LA PALMA	11,746	951	1,452
TAZACORTE	141,262	11,435	18,589
TIJARAFE	17,628	1,427	2,228
VILLA DE MAZO	15,781	1,277	1,960
BREÑA BAJA	16,679	1,350	2,066
BREÑA ALTA	11,198	906	1,396
SAN ANDRÉS Y SAUCES	6,666	540	793
GARAFÍA	1,993	161	241
LANZAROTE	64,774	5,243	8,495

ARRECIFE	22,709	1,838	2,938
TEGUISE	9,443	764	1,263
TINAJO	4,862	394	622
YAIZA	10,471	848	1,417
TÍAS	8,772	710	1,141
SAN BARTOLOMÉ	4,143	335	540
HARÍA	4,374	354	575
TENERIFE	227,970	18,453	27,216
ADEJE	18,390	1,489	2,148
ARAFO	3,018	244	373
ARICO	2,284	185	278
ARONA	16,453	1,332	1,969
BUENAVISTA DEL NORTE	1,722	139	193
CANDELARIA	5,236	424	631
EL ROSARIO	2,106	170	256
EL SAUZAL	2,487	201	268
EL TANQUE	1,979	160	207
FASNIA	2,626	213	324
GARACHICO	679	55	56
GRANADILLA DE ABONA	14,829	1,200	2,006
ICOD DE LOS VINOS	5,999	486	599
LA GUANCHA	2,433	197	219
LA LAGUNA	29,674	2,402	3,657
LA MATANZA DE ACENTEJO	2,241	181	241
LA OROTAVA	13,303	1,077	1,336
LA VICTORIA DE ACENTEJO	0	0	0
LOS REALEJOS	5,331	432	552
LOS SILOS	1,157	94	120
PUERTO DE LA CRUZ	3,780	306	410
SAN JUAN DE LA RAMBLA	478	39	51
SAN MIGUEL DE ABONA	7,423	601	925
SANTA CRUZ DE TENERIFE	47,869	3,875	5,947
SANTIAGO DEL TEIDE	3,692	299	505
TACORONTE	3,828	310	383
TEGUESTE	4,292	347	553
VILAFLOR	2,035	165	259
SANTA ÚRSULA	2,379	193	243
GÜÍMAR	7,966	645	965
GUÍA DE ISORA	12,281	994	1,544
Total	1,933,374	156,499	245,559

4.1.3 Invernaderos

La tabla siguiente muestra los resultados de los invernaderos: las superficies identificadas en cada municipio, la potencia resultante y la producción anual hallada con las ecuaciones expuestas en la sección anterior y los correspondientes factores de utilización y de sombra.

Tabla 4.3 Área, potencia y producción de energía anual en invernaderos

	Area (m2)	Potencia (kW)	Producción (MWh/a)
EL HIERRO	658,177	13,319	21,359
EL PINAR	122,700	2,483	4,036
FRONTERA	534,214	10,811	17,285
VALVERDE	1,263	26	38
FUERTEVENTURA	1,586,820	69,183	123,311
ANTIGUA	231,842	10,108	17,569
BETANCURIA	8,065	352	636
LA OLIVA	20,585	897	1,612
PÁJARA	209,987	9,155	16,452
PUERTO DEL ROSARIO	40,068	1,747	3,083
TUINEJE	1,076,271	46,924	83,959
GRAN CANARIA	33,019,972	956,160	1,628,926
AGAETE	37,165	1,076	1,776
AGÜIMES	4,627,545	134,000	229,968
ARTENARA	186	5	9
ARUCAS	779,013	22,558	33,173
FIRGAS	154,772	4,482	6,870
GÁLDAR	4,888,959	141,570	224,740
INGENIO	1,504,299	43,560	73,538
LA ALDEA DE SAN NICOLÁS	4,880,819	141,334	253,799
LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	246,653	7,142	10,945
MOGÁN	248,037	7,182	12,241
MOYA	131,088	3,796	5,948
SAN BARTOLOMÉ DE TIRAJANA	4,980,834	144,230	254,469
SANTA BRÍGIDA	21,669	627	977
SANTA LUCÍA DE TIRAJANA	5,228,957	151,415	271,678
SANTA MARÍA DE GUÍA	1,901,615	55,065	86,167
TEJEDA	1,132	33	55
TELDE	3,106,444	89,953	149,223
TEROR	7,315	212	340
VALLESECO	4,147	120	199
VALSEQUILLO	264,592	7,662	12,585
VEGA DE SAN MATEO	4,731	137	227
LA GOMERA	218,706	4,426	7,235
AGULO	57	1	2
ALAJERÓ	1,065	22	35
HERMIGUA	4,120	83	114
SAN SEBASTIÁN DE LA GOMERA	57,261	1,159	1,974
VALLE GRAN REY	1,217	25	39
VALLEHERMOSO	154,984	3,136	5,071
LA PALMA	7,415,112	150,056	240,431
BARLOVENTO	50,684	1,026	1,447
BREÑA ALTA	9,811	199	309
BREÑA BAJA	64,701	1,309	2,004
EL PASO	44,958	910	1,490
FUENCALIENTE	741,790	15,011	21,510

GARAFÍA	7,254	147	248
LOS LLANOS DE ARIDANE	2,867,993	58,038	94,037
PUNTAGORDA	221,847	4,489	7,236
PUNTALLANA	320,630	6,488	9,967
SAN ANDRÉS Y SAUCES	22,972	465	695
SANTA CRUZ DE LA PALMA	4,569	92	142
TAZACORTE	1,830,232	37,038	61,784
TIJARAFE	869,431	17,594	28,470
VILLA DE MAZO	358,239	7,250	11,092
LANZAROTE	106,990	2,958	4,835
ARRECIFE	13,946	386	625
HARÍA	2,437	67	111
SAN BARTOLOMÉ	6,158	170	275
TEGUISE	65,759	1,818	2,981
TÍAS	11,288	312	509
TINAJO	1,378	38	60
YAIZA	6,023	166	274
TENERIFE	29,837,296	715,516	1,102,209
ADEJE	1,753,197	42,043	61,196
ARAFO	225,269	5,402	8,485
ARICO	2,261,528	54,233	86,901
ARONA	7,014,216	168,205	245,833
BUENAVISTA DEL NORTE	1,148,530	27,542	40,722
CANDELARIA	188,002	4,508	6,863
EL ROSARIO	10,581	254	387
EL SAUZAL	13,255	318	440
EL TANQUE	74	2	3
FASNIA	191,714	4,597	6,884
GARACHICO	27,634	663	886
GRANADILLA DE ABONA	4,243,311	101,757	174,102
GUÍA DE ISORA	5,216,408	125,093	193,466
GÜÍMAR	1,400,821	33,592	53,171
ICOD DE LOS VINOS	153,740	3,687	4,868
LA GUANCHA	160,764	3,855	5,342
LA LAGUNA	3,062,718	73,446	111,440
LA MATANZA DE ACENTEJO	29,427	706	953
LA OROTAVA	43,318	1,039	1,401
LA VICTORIA DE ACENTEJO	13,628	327	445
LOS REALEJOS	30,255	726	981
LOS SILOS	350,738	8,411	11,858
PUERTO DE LA CRUZ	2,866	69	97
SAN JUAN DE LA RAMBLA	12,038	289	408
SAN MIGUEL DE ABONA	1,050,637	25,195	38,963
SANTA CRUZ DE TENERIFE	11,312	271	420
SANTIAGO DEL TEIDE	411,227	9,861	16,963
TACORONTE	643,505	15,432	22,802
TEGUESTE	156,917	3,763	5,565
VILAFLORES	9,666	232	368
Total	72,843,072	1,911,617	3,128,305

4.1.4 Zonas de protección de infraestructuras

La tabla siguiente muestra los resultados de las zonas de protección de infraestructuras: superficies identificadas en cada municipio, la potencia resultante y la producción anual hallada con las ecuaciones expuestas en la sección anterior y los correspondientes factores de utilización y de sombra.

Tabla 4.4 Área, potencia y producción de energía anual en zonas de infraestructuras (SRPI)

	Area (m2)	Potencia (kW)	Producción (MWh/a)
EL HIERRO	731,107	9,470	15,199
FRONTERA	44,550	451	784
VALVERDE	686,557	9,019	14,415
FUERTEVENTURA	11,681,532	162,550	308,542
ANTIGUA	240	5	9
BETANCURIA	135,133	2,733	5,279
PÁJARA	248	5	10
PUERTO DEL ROSARIO	11,545,911	159,807	303,244
GRAN CANARIA	25,900,118	326,053	585,776
AGAETE	104,311	2,111	3,774
AGÜIMES	1,189,543	4,890	9,096
ARTENARA	191,418	1,937	3,600
ARUCAS	1,517,802	17,233	27,571
FIRGAS	199	2	3
GÁLDAR	707,176	13,129	23,246
INGENIO	4,111,909	47,427	86,264
LA ALDEA DE SAN NICOLÁS	150,652	2,141	4,094
LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,141,814	39,324	66,721
SAN BARTOLOMÉ DE TIRAJANA	3,003,415	51,617	96,407
SANTA BRÍGIDA	63,880	646	1,099
SANTA LUCÍA DE TIRAJANA	1,686,328	33,464	64,295
SANTA MARÍA DE GUÍA	937,265	15,792	26,656
TELDE	7,071,368	96,152	172,618
TEROR	8,809	44	75
VALSEQUILLO	10,307	104	185
VEGA DE SAN MATEO	3,922	40	72
LA GOMERA	1,620,175	16,736	30,029
ALAJERÓ	1,030,416	10,426	18,173
SAN SEBASTIÁN DE LA GOMERA	589,759	6,310	11,855
LA PALMA	5,500,081	63,411	115,059
BREÑA ALTA	20,529	21	35
BREÑA BAJA	431,727	4,635	7,648
FUENCALIENTE	58,048	587	949
GARAFÍA	2,261,633	22,837	45,830
PUNTAGORDA	63,719	645	1,139
PUNTALLANA	74,776	757	1,270
SANTA CRUZ DE LA PALMA	293,057	3,097	5,034
TAZACORTE	79,424	804	1,396
TIJARAFE	1,036,959	20,689	36,333
VILLA DE MAZO	1,180,209	9,340	15,425
LANZAROTE	13,414,985	208,522	369,103
ARRECIFE	1,082,168	10,345	18,039
HARÍA	1,895,251	38,137	67,944
TEGUISE	5,379,871	85,468	152,011
TÍAS	2,836,413	41,225	71,700
TINAJO	535,146	10,631	18,085
YAIZA	1,686,136	22,715	41,323

TENERIFE	40,295,571	553,045	931,564
ADEJE	1,191,139	21,601	33,946
ARAFO	122,501	2,479	4,293
ARICO	1,357,401	27,470	47,598
ARONA	1,064,749	21,451	34,780
CANDELARIA	741,303	15,002	24,669
EL ROSARIO	306,736	5,911	9,721
EL SAUZAL	418,231	7,680	11,623
FASNIA	5,721,176	63,599	102,964
GARACHICO	94,750	959	1,393
GRANADILLA DE ABONA	16,870,375	178,891	326,461
GUÍA DE ISORA	2,341,343	44,068	71,328
GÜÍMAR	1,314,480	26,243	44,472
ICOD DE LOS VINOS	1,085,981	21,744	30,461
LA GUANCHA	324,050	6,558	9,649
LA LAGUNA	2,875,238	30,522	51,422
LA MATANZA DE ACENTEJO	683,931	9,882	15,103
LA OROTAVA	574,401	10,837	15,660
LA VICTORIA DE ACENTEJO	8,785	89	141
LOS REALEJOS	306,838	6,209	9,206
LOS SILOS	79,290	760	1,230
PUERTO DE LA CRUZ	176,207	3,566	5,268
SAN JUAN DE LA RAMBLA	3	0	0
SANTA CRUZ DE TENERIFE	1,693,746	30,682	51,448
SANTIAGO DEL TEIDE	453,980	9,177	16,953
TACORONTE	433,747	7,140	10,907
TEGUESTE	14,689	116	173
VILAFLORES	40,501	410	695
Total	99,143,569	1,339,787	2,355,271

4.2 Parte 2. Área disponible, potencia y producción para fotovoltaica flotante: presas, balsas y embalses

La tabla siguiente muestra los resultados de la fotovoltaica flotante en presas, balsas y embalses: superficies identificadas en cada municipio, la potencia resultante y la producción anual hallada con las ecuaciones expuestas en la sección anterior y los correspondientes factores de utilización y de sombra.

Tabla 4.5 Área, potencia y producción de energía anual de fotovoltaica flotante

	Area (m2)	Potencia (kW)	Producción (MWh/a)
EL HIERRO	68,032	6,871	10,290
EL PINAR	1,910	193	300
FRONTERA	12,037	1,216	1,957
VALVERDE	54,085	5,463	8,033
FUERTEVENTURA	97,021	9,799	17,293
ANTIGUA	28,449	2,873	5,032
PÁJARA	4,295	434	778
PUERTO DEL ROSARIO	48,143	4,862	8,584
TUINEJE	16,134	1,630	2,900
GRAN CANARIA	1,284,751	129,760	212,872

AGAETE	12,843	1,297	2,050
AGÜIMES	54,294	5,484	9,392
ARTENARA	142,742	14,417	23,551
ARUCAS	46,438	4,690	6,801
FIRGAS	25,365	2,562	3,610
GÁLDAR	11,595	1,171	1,757
INGENIO	10,369	1,047	1,738
LA ALDEA DE SAN NICOLÁS	16,738	1,691	3,030
LAS PALMAS DE GRAN			
CANARIA	58,820	5,941	9,073
MOGÁN	71,095	7,181	12,471
MOYA	15,326	1,548	2,421
SAN BARTOLOMÉ DE			
TIRAJANA	289,661	29,256	49,266
SANTA BRÍGIDA	1,402	142	212
SANTA LUCÍA DE TIRAJANA	43,478	4,391	7,747
SANTA MARÍA DE GUÍA	48,781	4,927	7,642
TEJEDA	338,069	34,145	56,571
TELDE	31,669	3,199	5,327
TEROR	41,002	4,141	6,095
VALLESECO	3,857	390	626
VALSEQUILLO	1,904	192	320
VEGA DE SAN MATEO	19,303	1,950	3,171
LA GOMERA	210,982	21,309	30,622
AGULO	60,120	6,072	8,524
ALAJERÓ	12,728	1,286	2,033
HERMIGUA	32,679	3,301	4,136
SAN SEBASTIÁN DE LA			
GOMERA	21,786	2,200	3,325
VALLE GRAN REY	5,999	606	969
VALLEHERMOSO	77,670	7,845	11,634
LA PALMA	259,141	26,173	40,734
BARLOVENTO	109,659	11,076	16,964
EL PASO	15,622	1,578	2,319
FUENCALIENTE	5,656	571	818
LOS LLANOS DE ARIDANE	49,353	4,985	8,160
PUNTAGORDA	9,246	934	1,532
PUNTALLANA	11,767	1,188	1,848
SAN ANDRÉS Y SAUCES	30,625	3,093	4,575
TAZACORTE	27,213	2,749	4,518
LANZAROTE	5,543	560	901
HARÍA	222	22	36
TÍAS	5,321	537	865
TENERIFE	494,024	49,896	71,774
ADEJE	13,859	1,400	2,029
ARICO	11,187	1,130	1,788
ARONA	49,860	5,036	7,378
BUENAVISTA DEL NORTE	48,775	4,926	7,248
EL ROSARIO	1,526	154	234
EL TANQUE	368	37	60
FASNIA	5,391	544	894
GRANADILLA DE ABONA	8,341	842	1,455
GUÍA DE ISORA	66,369	6,703	9,712
ICOD DE LOS VINOS	15,281	1,543	1,954
LA GUANCHA	12,001	1,212	1,611
LA LAGUNA	23,566	2,380	3,559
LA MATANZA DE ACENTEJO	11,779	1,190	1,640

LA OROTAVA	25,642	2,590	3,218
LOS REALEJOS	35,879	3,624	4,769
LOS SILOS	37,244	3,762	5,059
SAN JUAN DE LA RAMBLA	10,729	1,084	1,537
SAN MIGUEL DE ABONA	9,196	929	1,467
SANTA CRUZ DE TENERIFE	33,134	3,347	5,144
TEGUESTE	65,761	6,642	9,722
VILAFLORES	8,136	822	1,298
Total	2,419,494	244,369	384,485

4.3 Parte 3. Área disponible, potencia y producción en zonas para ampliación de cubiertas fotovoltaica en 2040

La tabla siguiente muestra los resultados de la potencia adicional en cubiertas que se podría instalar en los próximos 20 años atendiendo a las previsiones de proyección de la construcción.

Tabla 4.6 Área y potencia: Proyección 2040

	Gran Canaria	Lanzarote	Fuerte-ventura	Tenerife	La Palma	La Gomera	El Hierro	Islas Canarias
Diferencia cubiertas 2019-2040 (m2)	9,606,100	2,968,871	3,288,370	15,661,138	969,514	146,033	219,070	134,052,762
Residencial	5,307,031	1,640,196	1,816,708	9,829,542	608,505	91,656	137,497	19,431,135
No residencial	4,299,069	1,328,675	1,471,662	5,831,596	361,009	54,377	81,573	13,427,961
cubierta FV utilizable (A·UF)	4,808,805	1,347,757	1,512,622	8,249,048	464,302	71,754	93,723	16,548,011
Potencia (kW)	158,691	44,476	49,917	272,219	15,322	2,368	3,093	546,084
Producción (MWh/a)	289,855	78,232	96,686	453,256	26,921	4,181	5,104	954,234

4.4 Resumen por municipios (sin cubiertas 2040)

La tabla siguiente muestra los resultados de la fotovoltaica estimada sin considerar la fotovoltaica que se podría instalar en infraestructuras y reservas de terrenos a tales efectos, por tanto, la fotovoltaica que se podría instalar en parking, depósitos, invernaderos y flotante en presas, balsas y embalses: superficies identificadas en cada municipio, la potencia resultante y la producción anual hallada con las ecuaciones expuestas en la sección anterior y los correspondientes factores de utilización y de sombra.

Tabla 4.7 Área, potencia y producción de energía anual de la energía fotovoltaica total por municipios (sin infraestructuras ni cubiertas)

	Area (m2)	Potencia (kW)	Producción (MWh/a)
EL HIERRO	790,821	24,849	38,686
EL PINAR	129,771	3,052	4,961
FRONTERA	559,364	12,988	20,748
VALVERDE	101,686	8,809	12,977
FUERTEVENTURA	2,392,234	130,094	229,856
ANTIGUA	405,502	23,398	40,615
BETANCURIA	9,451	456	825
LA OLIVA	148,908	10,183	17,965
PÁJARA	453,850	26,840	47,079
PUERTO DEL ROSARIO	158,951	11,705	20,650
TUINEJE	1,215,570	57,512	102,722
GRAN CANARIA	36,764,410	1,268,536	2,129,691
AGAETE	79,103	4,599	7,410
AGÜIMES	4,768,346	146,291	249,091
ARTENARA	159,086	15,718	25,506
ARUCAS	894,884	32,408	48,523
FIRGAS	1,011,428	67,439	102,095
GÁLDAR	4,940,734	145,989	231,518
INGENIO	1,525,968	45,468	76,708
LA ALDEA DE SAN NICOLÁS	5,372,027	177,927	312,755
LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	322,510	14,377	22,033
MOGÁN	322,926	14,643	25,122
MOYA	156,038	6,080	9,569
SAN BARTOLOMÉ DE TIRAJANA	5,300,432	175,714	307,333
SANTA BRÍGIDA	191,214	14,203	21,084
SANTA LUCÍA DE TIRAJANA	5,356,544	162,005	290,102
SANTA MARÍA DE GUÍA	2,128,135	72,849	115,918
TEJEDA	560,886	50,250	83,633
TELDE	3,224,933	100,086	165,181
TEROR	65,172	5,691	8,786
VALLESECO	59,935	4,252	7,044
VALSEQUILLO	300,075	10,462	16,881
VEGA DE SAN MATEO	24,034	2,087	3,398
LA GOMERA	524,206	32,616	48,955
AGULO	67,889	6,649	9,309
ALAJERÓ	18,657	1,661	2,536
HERMIGUA	48,911	4,278	5,677
SAN SEBASTIÁN DE LA GOMERA	91,814	4,320	6,752

VALLE GRAN REY	55,852	4,113	7,005
VALLEHERMOSO	241,081	11,596	17,676
LA PALMA	8,534,197	244,129	388,471
BARLOVENTO	174,712	13,207	20,017
BREÑA ALTA	68,203	4,765	7,415
BREÑA BAJA	88,913	3,243	4,741
EL PASO	479,424	36,072	57,725
FUENCALIENTE	749,560	15,744	22,563
GARAFÍA	21,280	1,207	1,860
LOS LLANOS DE ARIDANE	2,968,691	66,778	107,862
PUNTAGORDA	390,295	18,129	29,392
PUNTALLANA	352,213	9,259	14,277
SAN ANDRÉS Y SAUCES	84,165	5,883	8,828
SANTA CRUZ DE LA PALMA	32,260	2,223	3,391
TAZACORTE	1,882,544	41,677	69,213
TIJARAFE	879,192	18,353	29,570
VILLA DE MAZO	362,744	7,589	11,616
LANZAROTE	676,142	44,092	71,056
ARRECIFE	190,520	13,122	20,837
HARÍA	105,398	7,462	12,081
SAN BARTOLOMÉ	19,688	1,178	1,860
TEGUISE	155,225	8,261	13,739
TÍAS	66,165	4,448	7,134
TINAJO	63,921	4,510	7,105
YAIZA	75,224	5,112	8,301
TENERIFE	32,396,141	913,966	1,393,086
ADEJE	1,978,143	58,579	84,909
ARAFO	233,760	6,034	9,473
ARICO	2,295,014	56,965	91,133
ARONA	7,257,926	187,137	273,374
BUENAVISTA DEL NORTE	1,207,528	33,210	49,034
CANDELARIA	218,056	6,690	10,146
EL ROSARIO	50,860	3,174	4,753
EL SAUZAL	22,853	1,023	1,383
EL TANQUE	12,773	932	1,331
FASNIA	203,987	5,656	8,554
GARACHICO	38,982	1,473	1,932
GRANADILLA DE ABONA	4,417,387	114,488	195,352
GUÍA DE ISORA	5,307,362	133,598	205,388
GÜÍMAR	1,411,094	34,345	54,109
ICOD DE LOS VINOS	568,773	33,844	50,358
LA GUANCHA	192,548	6,491	8,841
LA LAGUNA	3,170,018	81,891	122,851
LA MATANZA DE ACENTEJO	49,988	2,517	3,410

LA OROTAVA	104,816	6,222	7,916
LA VICTORIA DE ACENTEJO	19,822	777	1,041
LOS REALEJOS	133,407	9,152	12,359
LOS SILOS	389,056	12,253	17,019
PUERTO DE LA CRUZ	118,677	8,346	12,702
SAN JUAN DE LA RAMBLA	446,408	31,862	47,003
SAN MIGUEL DE ABONA	1,074,016	27,166	42,179
SANTA CRUZ DE TENERIFE	75,422	5,851	8,517
SANTA ÚRSULA	14,611	1,078	1,621
SANTIAGO DEL TEIDE	417,523	10,328	17,693
TACORONTE	652,788	16,113	23,651
TEGUESTE	256,467	12,879	19,030
VILAFLORES	56,076	3,889	6,027
Total general	82,078,150	2,658,282	4,299,800

La tabla siguiente muestra los resultados de la fotovoltaica considerada, parking, depósitos, invernaderos, infraestructuras (y sus reservas de terrenos) y flotante en presas, balsas y embalses: superficies identificadas en cada municipio, la potencia resultante y la producción anual hallada con las ecuaciones expuestas en la sección anterior y los correspondientes factores de utilización y de sombra.

Tabla 4.8 Área, potencia y producción de energía anual de la energía fotovoltaica total por municipios (sin cubiertas)

	Área (m ²)	Potencia (kW)	Producción (MWh/a)
EL HIERRO	1,521,928	34,319	53,885
EL PINAR	129,771	3,052	4,961
FRONTERA	603,914	13,439	21,532
VALVERDE	788,243	17,828	27,392
FUERTEVENTURA	14,073,766	292,643	538,398
ANTIGUA	405,742	23,403	40,624
BETANCURIA	144,584	3,189	6,104
LA OLIVA	148,908	10,183	17,965
PÁJARA	454,098	26,845	47,088
PUERTO DEL ROSARIO	11,704,862	171,512	323,894
TUINEJE	1,215,570	57,512	102,722
GRAN CANARIA	62,664,528	1,594,590	2,715,467
AGAETE	183,414	6,710	11,184
AGÜIMES	5,957,889	151,181	258,187
ARTENARA	350,504	17,654	29,106

ARUCAS	2,412,686	49,641	76,094
FIRGAS	1,011,627	67,441	102,098
GÁLDAR	5,647,910	159,118	254,764
INGENIO	5,637,877	92,895	162,971
LA ALDEA DE SAN NICOLÁS	5,522,679	180,068	316,849
LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	5,464,324	53,701	88,755
MOGÁN	322,926	14,643	25,122
MOYA	156,038	6,080	9,569
SAN BARTOLOMÉ DE TIRAJANA	8,303,847	227,332	403,740
SANTA BRÍGIDA SANTA LUCÍA DE TIRAJANA	7,042,872	195,469	354,397
SANTA MARÍA DE GUÍA	3,065,400	88,640	142,574
TEJEDA	560,886	50,250	83,633
TELDE	10,296,301	196,238	337,799
TEROR	73,981	5,735	8,861
VALLESECO	59,935	4,252	7,044
VALSEQUILLO VEGA DE SAN MATEO	27,956	2,126	3,470
LA GOMERA	2,144,381	49,352	78,984
AGULO	67,889	6,649	9,309
ALAJERÓ	1,049,073	12,087	20,709
HERMIGUA SAN SEBASTIÁN DE LA GOMERA	681,573	10,630	18,607
VALLE GRAN REY	55,852	4,113	7,005
VALLEHERMOSO	241,081	11,596	17,676
LA PALMA	14,034,278	307,540	503,529
BARLOVENTO	174,712	13,207	20,017
BREÑA ALTA	88,732	4,786	7,450
BREÑA BAJA	520,640	7,878	12,389
EL PASO	479,424	36,072	57,725
FUENCALIENTE	807,608	16,332	23,512
GARAFÍA LOS LLANOS DE ARIDANE	2,968,691	66,778	107,862
PUNTAGORDA	454,014	18,773	30,531
PUNTALLANA SAN ANDRÉS Y SAUCES	84,165	5,883	8,828
SANTA CRUZ DE LA PALMA	325,317	5,319	8,425
TAZACORTE	1,961,968	42,481	70,609
TIJARAFE	1,916,151	39,042	65,903

VILLA DE MAZO	1,542,953	16,929	27,041
LANZAROTE	14,091,127	252,615	440,159
ARRECIFE	1,272,688	23,467	38,876
HARÍA	2,000,649	45,600	80,025
SAN BARTOLOMÉ	19,688	1,178	1,860
TEGUISE	5,535,096	93,729	165,750
TÍAS	2,902,578	45,673	78,834
TINAJO	599,067	15,141	25,190
YAIZA	1,761,360	27,827	49,624
TENERIFE	72,691,712	1,467,011	2,324,650
ADEJE	3,169,282	80,180	118,855
ARAFO	356,261	8,513	13,766
ARICO	3,652,415	84,435	138,731
ARONA	8,322,675	208,589	308,154
BUENAVISTA DEL NORTE	1,207,528	33,210	49,034
CANDELARIA	959,359	21,692	34,816
EL ROSARIO	357,596	9,085	14,474
EL SAUZAL	441,084	8,703	13,006
EL TANQUE	12,773	932	1,331
FASNIA	5,925,163	69,255	111,518
GARACHICO	133,732	2,432	3,325
GRANADILLA DE ABONA	21,287,762	293,379	521,813
GUÍA DE ISORA	7,648,705	177,666	276,716
GÜÍMAR	2,725,574	60,588	98,581
ICOD DE LOS VINOS	1,654,754	55,588	80,819
LA GUANCHA	516,598	13,049	18,490
LA LAGUNA	6,045,256	112,414	174,272
LA MATANZA DE ACENTEJO	733,919	12,399	18,512
LA OROTAVA	679,217	17,059	23,576
LA VICTORIA DE ACENTEJO	28,607	866	1,182
LOS REALEJOS	440,245	15,362	21,565
LOS SILOS	468,346	13,014	18,249
PUERTO DE LA CRUZ	294,884	11,912	17,970
SAN JUAN DE LA RAMBLA	446,411	31,862	47,003
SAN MIGUEL DE ABONA	1,074,016	27,166	42,179
SANTA CRUZ DE TENERIFE	1,769,168	36,533	59,964
SANTA ÚRSULA	14,611	1,078	1,621
SANTIAGO DEL TEIDE	871,503	19,505	34,645
TACORONTE	1,086,535	23,253	34,559
TEGUESTE	271,156	12,995	19,202

VILAFLOR	96,577	4,298	6,722
Total general	181,221,719	3,998,069	6,655,072

Adicionalmente a los datos presentados en la tabla, se tendría que considerar las cubiertas fotovoltaicas actuales (no objeto de este estudio) y las estimaciones realizadas a 2040 como proyección de ampliación de las cubiertas existentes. Con estos datos se tendría el potencial fotovoltaico global de Canarias.

4.5 Resumen por islas/región

La tabla siguiente muestra el resumen de cada tipología de fotovoltaica que se puede instalar por isla, mostrando también los subtotales con y sin terrenos para infraestructuras y con y sin las ampliaciones previstas de cubiertas entre 2020 y 2040.

Tabla 4.9 Área, potencia y producción de energía anual por tipología de energía solar fotovoltaica y por isla

		Área (m2)	Potencia (kW)	Producción (MWh/a)
EL HIERRO	Parking	56,475	4,000	6,010
	Depósitos	8,137	659	1,027
	Invernaderos	658,177	13,319	21,359
	Balsas/Embalses	68,032	6,871	10,290
	SUBTOTAL (sin cubiertas no infraestructuras)	790,821	24,849	38,686
	Infraestructuras	731,107	9,470	15,199
	TOTAL (sin cubiertas)	1,521,928	34,319	53,885
	Ampliación cubiertas 2040	219,070	3,093	5,104
	TOTAL	1,740,998	37,412	58,989
	FUERTE-VENTURA	Parking	615,727	43,611
Depósitos		92,666	7,501	13,135
Invernaderos		1,586,820	69,183	123,311
Balsas/Embalses		97,021	9,799	17,293
SUBTOTAL (sin cubiertas no infraestructuras)		2,392,234	130,094	229,856
Infraestructuras		11,681,532	162,550	308,542

	TOTAL (sin cubiertas)	14,073,766	292,644	538,398
	Ampliación cubiertas 2040	3,288,370	49,917	96,686
	TOTAL	17,362,136	342,561	635,084
GRAN CANARIA	Parking	1,629,281	115,399	183,348
	Depósitos	830,406	67,218	104,544
	Invernaderos	33,019,972	956,160	1,628,926
	Balsas/Embalses	1,284,751	129,760	212,872
	SUBTOTAL (sin cubiertas no infraestructuras)	36,764,410	1,268,536	2,129,691
	Infraestructuras	25,900,118	326,053	585,776
	TOTAL (sin cubiertas)	62,664,528	1,594,590	2,715,467
	Ampliación cubiertas 2040	9,606,100	158,691	289,855
TOTAL	72,270,628	1,753,281	3,005,322	
LA GOMERA	Parking	76,084	5,389	8,792
	Depósitos	18,434	1,492	2,307
	Invernaderos	218,706	4,426	7,235
	Balsas/Embalses	210,982	21,309	30,622
	SUBTOTAL (sin cubiertas no infraestructuras)	524,206	32,616	48,955
	Infraestructuras	1,620,175	16,736	30,029
	TOTAL (sin cubiertas)	2,144,381	49,352	78,984
	Ampliación cubiertas 2040	146,033	2,368	4,181
TOTAL	2,290,414	51,720	83,165	
LA PALMA	Parking	168,957	11,967	18,471
	Depósitos	690,987	55,933	88,835
	Invernaderos	7,415,112	150,056	240,431
	Balsas/Embalses	259,141	26,173	40,734

	SUBTOTAL (sin cubiertas no infraestructuras)	8,534,197	244,129	388,471
	Infraestructuras	5,500,081	63,411	115,059
	TOTAL (sin cubiertas)	14,034,278	307,540	503,529
	Ampliación cubiertas 2040	969,514	15,322	26,921
	TOTAL	15,003,792	322,862	530,450
LANZAROTE	Parking	498,835	35,331	56,825
	Depósitos	64,774	5,243	8,495
	Invernaderos	106,990	2,958	4,835
	Balsas/Embalses	5,543	560	901
	SUBTOTAL (sin cubiertas no infraestructuras)	676,142	44,092	71,056
	Infraestructuras	13,414,985	208,522	369,103
	TOTAL (sin cubiertas)	14,091,127	252,615	440,159
		Ampliación cubiertas 2040	2,968,871	44,476
	TOTAL	17,059,998	297,091	518,391
TENERIFE	Parking	1,836,851	130,100	191,887
	Depósitos	227,970	18,453	27,216
	Invernaderos	29,837,296	715,516	1,102,209
	Balsas/Embalses	494,024	49,896	71,774
	SUBTOTAL (sin cubiertas no infraestructuras)	32,396,141	913,966	1,393,086
	Infraestructuras	40,295,571	553,045	931,564
	TOTAL (sin cubiertas)	72,691,712	1,467,011	2,324,650
		Ampliación cubiertas 2040	15,661,138	272,219
	TOTAL	88,352,850	1,739,230	2,777,906

La siguiente tabla muestra el resumen por tipología fotovoltaica identificada.

Tabla 4.10 Área, potencia y producción de energía anual por tipología de energía solar fotovoltaica a nivel regional

	Área (m ²)	Potencia (kW)	Producción (MWh/a)
Parking	4,882,210	345,797	541,451
Depósitos	1,933,374	156,499	245,559
Invernaderos	72,843,072	1,911,617	3,128,305
Infraestructuras	99,143,569	1,339,787	2,355,271
Solar flotante	2,419,494	244,369	384,485
TOTAL (sin cubiertas)	181,221,719	3,998,069	6,655,072
Cubiertas (2020-2040)	134,052,762	546,084	954,234
TOTAL (con ampliación cubiertas 2040)	315,274,481	4,544,153	7,609,306

Como muestra la tabla anterior, el elemento que más contribuiría ,en términos de producción anual, serían los invernaderos, teniendo en cuenta la metodología propuesta y sus niveles de cobertura para los distintos cultivos. Seguidamente se encontrarían las superficies reservadas para infraestructuras. Y, en menor medida, les seguirían las instalaciones en futuras cubiertas, según la proyección realizadas entre 2020 y 2040, seguidas de parking, solar flotante en balsas y embalses y, por último, depósitos.

4.6 Cobertura de la demanda insular anual con las superficies solares identificadas

La siguiente tabla el resumen de la producción fotovoltaica anual de los distintos elementos identificados en este estudio así como su potencial contribución comparativa con la demanda de electricidad de 2019.

Tabla 4.11. Comparativa entre la producción fotovoltaica anual por tipo e isla y la demanda de electricidad en 2019

	Producción (GWh/a)	Comparativa con demanda electricidad 2019	Demanda de electricidad 2019 (GWh)

EL HIERRO	Parking	6.0	9.7%	
	Depósitos	1.0	1.7%	
	Invernaderos	21.4	34.4%	
	Balsas/Embalses	10.3	16.6%	
	SUBTOTAL (sin cubiertas no infraestructuras)	38.7	62.4%	
	Infraestructuras	15.2	24.5%	
	TOTAL (sin cubiertas)	53.9	86.9%	
	Ampliación cubiertas 2040	5.1	8.2%	
TOTAL	59.0	95.1%	62	
FUERTE-VENTURA	Parking	76.1	10.6%	
	Depósitos	13.1	1.8%	
	Invernaderos	123.3	17.2%	
	Balsas/Embalses	17.3	2.4%	
	SUBTOTAL (sin cubiertas no infraestructuras)	229.9	32.1%	
	Infraestructuras	308.5	43.0%	
	TOTAL (sin cubiertas)	538.4	75.1%	
	Ampliación cubiertas 2040	96.7	13.5%	
TOTAL	635.1	88.6%	717	
GRAN CANARIA	Parking	183.3	5.1%	
	Depósitos	104.5	2.9%	
	Invernaderos	1628.9	45.5%	
	Balsas/Embalses	212.9	5.9%	
	SUBTOTAL (sin cubiertas no infraestructuras)	2129.7	59.5%	
	Infraestructuras	585.8	16.4%	
	TOTAL (sin cubiertas)	2715.5	75.8%	
	Ampliación cubiertas 2040	289.9	8.1%	

	TOTAL	3005.3	83.9%	3582
LA GOMERA	Parking	8.8	11.4%	
	Depósitos	2.3	3.0%	
	Invernaderos	7.2	9.4%	
	Balsas/Embalses	30.6	39.8%	
	SUBTOTAL (sin cubiertas no infraestructuras)	49.0	63.6%	
	Infraestructuras	30.0	39.0%	
	TOTAL (sin cubiertas)	79.0	102.6%	
	Ampliación cubiertas 2040	4.2	5.4%	
	TOTAL	83.2	108.0%	77
LA PALMA	Parking	18.5	6.6%	
	Depósitos	88.8	31.6%	
	Invernaderos	240.4	85.6%	
	Balsas/Embalses	40.7	14.5%	
	SUBTOTAL (sin cubiertas no infraestructuras)	388.5	138.2%	
	Infraestructuras	115.1	40.9%	
	TOTAL (sin cubiertas)	503.5	179.2%	
	Ampliación cubiertas 2040	26.9	9.6%	
	TOTAL	530.5	188.8%	281
LANZAROTE	Parking	56.8	6.3%	
	Depósitos	8.5	0.9%	
	Invernaderos	4.8	0.5%	
	Balsas/Embalses	0.9	0.1%	
	SUBTOTAL (sin cubiertas no infraestructuras)	71.1	7.8%	
			0.0%	
	Infraestructuras	369.1	40.7%	
	TOTAL (sin cubiertas)	440.2	48.6%	
			0.0%	

	Ampliación cubiertas 2040	78.2	8.6%	
	TOTAL	518.4	57.2%	906
TENERIFE	Parking	191.9	5.2%	
	Depósitos	27.2	0.7%	
	Invernaderos	1102.2	29.7%	
	Balsas/Embalses	71.8	1.9%	
	SUBTOTAL (sin cubiertas no infraestructuras)	1393.1	37.5%	
	Infraestructuras	931.6	25.1%	
	TOTAL (sin cubiertas)	2324.6	62.6%	
	Ampliación cubiertas 2040	453.3	12.2%	
	TOTAL	2777.9	74.9%	3711

La tabla anterior muestra la producción fotovoltaica de cada tipología identificada por isla así como su contribución comparativa con la demanda de 2019. En su cómputo global, la producción fotovoltaica, esta vez incluyendo las posibles expansiones en cubiertas durante el periodo 2020-2040, llegaría a una cobertura del 81,5% de la demanda de 2019. La tabla muestra la distinta cobertura por isla y por tipología estudiada. En este sentido, cada isla muestra una distribución muy desigual tanto de la contribución global como de la contribución de cada tipología. Así, por ejemplo, la contribución fotovoltaica mayor corresponde a los invernaderos en las islas de El Hierro, Gran Canaria, La Palma y Tenerife; a las reservas de suelo para infraestructuras en el caso de Fuerteventura y Lanzarote y a solar flotante en balsas y embalses en La Gomera.

A continuación se compara los datos de la demanda eléctrica por isla con la producción fotovoltaica sin contar con cubiertas (ni las actuales ni las posibles expansiones a 2040) con el objeto de poder establecer cuál es el porcentaje de la demanda anual que se podría cubrir en teoría, como media anual, con las instalaciones propuestas, a las que faltaría añadir las cubiertas fotovoltaicas y las previsibles ampliaciones hasta 2040 para tener el potencial fotovoltaico global.

Tabla 4.12. Comparativa entre la producción fotovoltaica (sin cubiertas) por isla y la demanda de electricidad en 2019

	Gran Canaria	Tenerife	Lanzarote	Fuerteventura	La Palma	La Gomera	El Hierro	Canarias
--	--------------	----------	-----------	---------------	----------	-----------	-----------	----------

Demanda de electricidad 2019 (GWh)	3,582	3,711	906	717	281	77	62	9,336
Producción fotovoltaica	2,715	2,325	440	538	504	79	54	6,667
Porcentaje de cobertura (%)	75.8%	62.6%	48.6%	75.1%	179.2%	102.6%	87%	71.4%

Como muestra la tabla, el porcentaje que la energía solar fotovoltaica (sin contar cubiertas ni sus expansiones futuras) podría cubrir de la demanda es un valor muy relevante alcanzando el 70% en términos anuales y regionales, aunque varía de forma importante de isla a isla. En algunas de las islas sobrepasaría el 100% de la demanda anual, como es el caso de La Gomera y de La Palma, mientras que en otras islas no llegaría al 50%, como es el caso de Lanzarote. Hay que señalar no obstante, que este es un análisis sólo en términos anuales. Para poder determinar la verdadera cobertura de la solar fotovoltaica habría que hacer un análisis comparativo en intervalos de tiempos de minutos o incluso segundos, pero ese no es el objeto de este trabajo sino establecer en términos globales cuál es el potencial solar fotovoltaico a nivel municipal e insular con las tipologías de superficies seleccionadas.

5 Conclusiones

Este estudio muestra el importante potencial de la energía solar fotovoltaica en Canarias y el desarrollo que se podría alcanzar sin ocupar suelo adicional del que ya tiene un uso mientras se compatibiliza ese uso con la explotación fotovoltaica.

Los resultados muestran que el porcentaje que la energía solar fotovoltaica (sin contabilizar las cubiertas ni sus posibles expansiones a 2040) podría cubrir de la demanda es un valor muy relevante alcanzando el 70% en términos anuales y regionales, aunque varía de forma importante de isla a isla. En algunas de las islas sobrepasaría el 100% de la demanda anual, como es el caso de La Gomera y de La Palma, mientras que en otras islas no llegaría al 50%, como es el caso de Lanzarote. Este porcentaje se eleva hasta el 81,5% si se consideran también las contribuciones de las expansiones de cubiertas en el periodo 2020-2040.

De las tipologías seleccionadas la que más contribuye, en términos de potencia y de producción anual, son los invernaderos, seguidos de las infraestructuras, instalaciones en futuras cubiertas (2020-2040), parking, solar flotante y, finalmente, los depósitos. Aunque esta distribución es desigual según las distintas islas. Así, por ejemplo, la contribución fotovoltaica anual mayor corresponde a los invernaderos en las islas de El Hierro, Gran Canaria, La Palma y Tenerife; a las reservas de suelo para infraestructuras en el caso de Fuerteventura y Lanzarote y a solar flotante en balsas y embalses en La Gomera.

Hay que señalar no obstante, que este es un análisis sólo en términos anuales. Para poder determinar la verdadera cobertura de la solar fotovoltaica habría que hacer un análisis comparativo en intervalos de tiempos de minutos o incluso segundos, pero ese no es el objeto de este trabajo sino establecer en términos globales cuál es el potencial solar fotovoltaico a nivel municipal e insular con las tipologías de superficies seleccionadas.

6 Bibliografía

Monedero, J., García, J., Dobon, F., Yanes, M. A., & Hernandez, F. (2007, September). Calculation of PV potential maps in the Canary Islands. In Proceedings of the 22nd European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Milan, Italy (pp. 3-7)

Greenhouse performance results for roof installed photovoltaics. G. Trypanagnostopoulos, A. Kavga, M. Souliotis, Y. Tripanagnostopoulos

Morphology, yield and quality of greenhouse tomato cultivation with flexible photovoltaic rooftop panels (Almería-Spain). Raúl Aroca-Delgado, José Pérez-Alonso, Ángel-Jesús Callejón-Ferre*, Manuel Díaz-Pérez

Performance of photovoltaic Canarian greenhouse: A comparison study between summer and winter seasons. K. Ezzaeria, H. Fatnassib, A. Wifayac, A. Bazgaoua, A. Aharounea, C. Poncetb, A. Bekkaouid, L. Bouirdena

Photovoltaic techno-economical potential on roofs in regions and islands: the case of the Canary Islands. Methodological review and methodology proposal. Julieta Schallenberg. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 16 (2013)/ 219– 239/ELSEVIER/2013.

Schallenberg-Rodriguez, J. (2014). Photovoltaic techno-economical potential on roofs in the Canary Islands. Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 2(1), 68-87.

Anuario del Sector Eléctrico de Canarias 2019. Gobierno de Canarias, 2020.

<https://opendata.aemet.es/centrodedescargas/inicio>

<http://eportal.mapa.gob.es/websiar/Inicio.aspx>

<http://www.soda-pro.com/gl/help/general-knowledge/linke-turbidity-factor>)