

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



**Trabajo Fin de Grado**

**Desarrollo de una aplicación para la  
estimación de la generación de energía  
solar fotovoltaica**

**(Development of an application for the  
estimation of solar photovoltaic electricity  
production)**

**Para acceder al Título de**

**Graduado en  
Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación**

**Autor: Sandra García Higuera**

**Mayo - 2021**



E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACION

## **GRADUADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN**

**CALIFICACIÓN DEL TRABAJO FIN DE GRADO**

**Realizado por: Sandra García Higuera**

**Director del TFG: Jesús María Mirapeix Serrano**

**Título:** “Desarrollo de una aplicación para la estimación de la generación de energía solar fotovoltaica”

**Title:** “Development of an application for the estimation of solar photovoltaic electricity production”

**Presentado a examen el día:**

para acceder al Título de

## **GRADUADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN**

Composición del Tribunal:

Presidente (Apellidos, Nombre):

Secretario (Apellidos, Nombre):

Vocal (Apellidos, Nombre):

Este Tribunal ha resuelto otorgar la calificación de: .....

Fdo.: El Presidente

Fdo.: El Secretario

Fdo.: El Vocal

Fdo.: El Director del TFG  
(sólo si es distinto del Secretario)



E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACION

Vº Bº del Subdirector

Trabajo Fin de Grado Nº  
(a asignar por Secretaría)

# Índice general

<b>1. Prólogo</b>	<b>1</b>
1.1. Resumen	1
1.1.1. Abstract	2
1.2. Contexto	3
<b>2. Introducción a las energías renovables</b>	<b>4</b>
2.1. Conceptos iniciales	4
2.1.1. ¿Qué tipos de energías renovables existen?	5
2.1.2. Ejemplos zonas/países	7
2.1.3. Cambio climático	8
2.2. Contexto mundial	13
2.3. Contexto europeo	18
2.4. ¿Qué proyección tienen las renovables en el futuro?	20
<b>3. Situación actual del sistema eléctrico español</b>	<b>21</b>
3.1. Balance eléctrico y potencia instalada	21
3.2. Sistema peninsular	23
3.3. Sistemas no peninsulares	25
<b>4. Marco regulatorio nacional, europeo y regional (2008-2030)</b>	<b>29</b>
4.1. Legislación	29
4.1.1. Nivel Europeo (UE)	29
4.1.2. Nivel Nacional (España)	30
4.1.3. Nivel Regional (Cantabria)	31
4.2. Ayudas/subvenciones a las energías renovables	31
<b>5. Energía solar fotovoltaica en España</b>	<b>33</b>
5.1. Energía solar	33
5.1.1. Cómo se obtiene y usos	33
5.1.2. Tipos	33
5.1.3. Energía solar fotovoltaica	34
5.1.4. Ventajas vs desventajas	35
5.1.5. Datos registrados generación eléctrica fotovoltaica en 2019	36

<b>6. Desarrollo de aplicación de escritorio para la estimación de la generación fotovoltaica en España</b>	<b>39</b>
6.1. Propósito inicial de la aplicación . . . . .	39
6.2. Descripción general y funcionamiento . . . . .	39
6.3. Ejemplos de la aplicación . . . . .	46
<b>7. Conclusiones y líneas futuras</b>	<b>56</b>
<b>8. Bibliografía y Referencias</b>	<b>57</b>

# Índice de figuras

2.1. Representación de diferentes tipos de energías renovables	7
2.2. Rubio, Javier Fernández. «El cambio climático reduce la población de aves acuáticas en los humedales de Cantabria». elDiario, 29 de junio de 2020 [11]	9
2.3. Ecoavant, «Los ecosistemas producirán más metano de lo previsto a causa del cambio climático», 30 de junio de 2020 [12]	10
2.4. El Diario Montañés, «Cantabria, única autonomía que elevó sus emisiones de gases de efecto invernadero», 1 de julio de 2020,[13]	10
2.5. Telecinco, «Hay más enfermedades nuevas que antes y la razón es el cambio climático», 12 de junio de 2020,[14]	10
2.6. Comercio, «Los manglares desaparecerán en 2050 debido al aumento del nivel del mar», 4 de junio de 2020 [15]	11
2.7. National Geographic «6 ciudades que pueden quedar sumergidas antes de 2100», 4 de mayo de 2020 [16]	11
2.8. CNN Español, «El cambio climático pondrá en riesgo de inundaciones a millones de propiedades en EE.UU», 29 de junio de 2020». [17]	12
2.9. Linares, Ismael Muñoz. «El cambio climático: el acelerador de los grandes incendios». Osbodigital [18]	12
2.10. Works, Eenda. «“Millones de españoles ya nos estamos viendo afectados por las consecuencias del cambio climático” [19]	12
2.11. National Geographic, «El cambio climático complica las perspectivas futuras de paz en Afganistán», 4 de febrero de 2020, [20]	13
2.12. Participación de las EERR estimada sobre el consumo total de energía final en 2018. Fuente: ren21.net, pp. 32	13
2.13. Participación energías en la producción total eléctrica a finales de 2019. Fuente: ren21.net	14
2.14. Inversión global en energías renovables por tecnología en 2019. Fuente: ren21.net	14
2.15. Inversión global en potencia instalada por tipo en 2019. Fuente: ren21.net	15
2.16. Los cinco principales países en generación para diferentes tecnologías en 2019. Fuente: ren21.net	15
2.17. Evolución energía solar fotovoltaica instalada entre los años 2009-2019. Fuente: ren21.net	16

2.18. Potencia solar fotovoltaica instalada de los primeros 10 países junto a su incremento en 2019. Fuente: ren21.net	17
2.19. Evolución energía eólica instalada entre los años 2009-2019. Fuente: ren21.net	17
2.20. Potencia eólica instalada de los primeros 10 países junto a su incremento en 2019. Fuente: ren21.net	18
2.21. Aportación de las EERR en la Unión Europea sobre la demanda de energía primaria en 2018. [23]	19
2.22. Uso final de energía en de la Unión Europea según la fuente de energía en 2018. Fuente: Eurostat [24]	19
2.23. Producción de electricidad en 2018 de los diferentes países que conforman la Unión Europea. Fuente: Eurostat	20
3.1. Demanda eléctrica por Comunidades Autónomas junto a su variación con respecto a 2020. Fuente: REE	22
3.2. Potencia instalada por Comunidades Autónomas en 2020. Fuente: REE	23
3.3. Demanda eléctrica en los últimos 5 años en el sistema peninsular. Fuente: REE	23
3.4. Cobertura eléctrica peninsular en 2020. Fuente: REE	24
3.5. Generación eléctrica peninsular renovable y no renovable en %. Fuente: REE	24
3.6. Generación eléctrica peninsular renovable en GWh. Fuente: REE	25
3.7. Generación eléctrica peninsular no renovable en GWh. Fuente: REE	25
3.8. Demanda eléctrica en los últimos 5 años en los sistemas no peninsulares. Fuente: REE	26
3.9. Potencia instalada en las Islas Baleares. Fuente: REE	26
3.10. Cobertura eléctrica en las Islas Baleares en 2020. Fuente: REE	27
3.11. Potencia instalada en las Islas Canarias. Fuente: REE	27
3.12. Cobertura eléctrica en las Islas Canarias en 2020. Fuente: REE	28
4.1. Directiva de Renovables 2009/28/CE	29
5.1. Representación diferentes tipos de energía solar	34
5.2. Instalación solar fotovoltaica	35
5.3. Variaciones de potencia solar fotovoltaica instalada en España en MW. Fuente: REE	36
5.4. Potencia solar fotovoltaica instalada en España en 2019 por Comunidades Autónomas en MW. Fuente: REE	37
5.5. Variaciones de generación solar fotovoltaica en España en GWh. Fuente: REE	38
5.6. Generación solar fotovoltaica en España en 2019 por Comunidades Autónomas en GWh. Fuente: REE	38
6.1. Visualización de la aplicación	40
6.2. Botón Cálculos	40
6.3. Valores de radiación(WWh/m2) obtenidos de PVGIS por meses	41

6.4. Visualización herramienta PVGIS . . . . .	41
6.5. Acceso a nuestro fichero Excel con los datos de HSP . . . . .	42
6.6. Marcador del mapa indicando los valores deseados . . . . .	42
6.7. Interfaz del cálculo de energía del pasado . . . . .	43
6.8. Inspección del código de la página eltiempo.es . . . . .	43
6.9. Obtención de identificadores para nuestra aplicación . . . . .	44
6.10. Ejemplo parte de código que mostraría resultados finales . . . . .	45
6.11. Interfaz del cálculo de energía a futuro . . . . .	46
6.12. Ejemplo 1 . . . . .	47
6.13. Ejemplo 2 . . . . .	48
6.14. Ejemplo 3 . . . . .	49
6.15. Ejemplo 4 . . . . .	49
6.16. Comprobación Ejemplo 3 . . . . .	50
6.17. Comprobación Ejemplo 4 . . . . .	50
6.18. Ejemplo 5 . . . . .	51
6.19. Comprobación Ejemplo 5 . . . . .	51
6.20. Ejemplo 6 . . . . .	52
6.21. Comprobación Ejemplo 6 . . . . .	52
6.22. Ejemplo 7 . . . . .	53
6.23. Comprobación Ejemplo 7 . . . . .	53
6.24. Ejemplo 8 . . . . .	54
6.25. Comprobación Ejemplo 8 . . . . .	54
6.26. Ejemplo 9 . . . . .	55
6.27. Comprobación Ejemplo 9 . . . . .	55

# Índice de cuadros

2.1. Comparativa entre energías renovables y energías convencionales/no renovables	5
5.1. Ventajas y desventajas de la energía solar fotovoltaica	36

# Acrónimos

EERR: Energías Renovables

CSP: Concentrating Solar Power / Solar Termo-eléctrica

MoV: Memorandum of understanding

TIM: Tiempo de Interrupción Medio

ENS: Energía No Suministrada

REE: Red Eléctrica de España

OMIE: Operador del Mercado Ibérico de Energía

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

AIE: Agencia Internacional de la Energía

RBC: Royal Bank of Canada

OPV: Oferta Pública de Venta

HSP: Hora Solar Pico

# Capítulo 1

## Prólogo

### 1.1. Resumen

En la actualidad se está produciendo el auge de las EERR y de los retos que supone a nivel de adaptación de la red, convirtiéndose en un reto que debe afrontarse a nivel mundial. Las EERR, tales como la solar fotovoltaica y eólica, comienzan a ser competitivas en el mercado, pasando a necesitar menos subvenciones y cuya implantación, traerá consigo una serie de mejoras en diversos ámbitos.

Como toma de contacto con la materia, se presentan las diferentes fuentes de energía renovable existentes, en la que se explicará la forma de funcionamiento de éstas, los efectos que generan y su presencia a nivel global, para más adelante, centrarnos en la que vamos a usar para el estudio en España. Adicionalmente, se incluirán datos acerca del cambio climático junto con algunos artículos extraídos de diferentes medios periodísticos.

Además, se estudiará la situación actual del sistema eléctrico español, cómo ha podido evolucionar desde el comienzo hasta la inserción de las EERR y su gestionabilidad.

Se mencionará brevemente aspectos relacionados con el marco regulatorio a nivel nacional, europeo y regional para después introducir la energía solar en nuestro país, desde qué es, como se obtiene y la variedad de formas de obtenerla, hasta las ventajas y desventajas de su uso ya que es la utilizada para llevar a cabo nuestro estudio.

En este marco, el objetivo del presente proyecto es desarrollar una aplicación mediante la cual se mostrará una estimación de generación eléctrica renovable solar tanto a pasado como a futuro por Comunidades Autónomas, comparando algunos resultados con REE y finalmente exponiendo las conclusiones del trabajo así como ideas de posibles líneas futuras.

### 1.1.1. Abstract

Nowadays, renewable energies and objectives are rising regarding net adaptation, which is a worldwide challenge. Renewable energies such as photovoltaic solar energy and the wind energy, are starting to be competitive in the market, needing less grants and bringing some improvements in different areas.

In this project i introduce how they work the different existing renewable energies sources, in which we will learn how the work, their effects and their global existence, and then specifically in Spain. Moreover, there is some data about the climate change together with some articles of specialized magazines.

As well, we will see the actual situation of the spanish electrical system, how it has developed from the begining to the introducing of the renewable energies and the way of managing.

We will learn about the national, european and regional regulatory framework, and then introduce what the solar energy is in our country, how we get it and the different ways to do it, including the advantages and the disadvantages of using it, because this is the kind of energy we are studying in this project.

In this frame, the objective of this project is to develop an application to be able to estimate the amount of photovoltaic solar energy both in the pass and in the future, based on the weather forecast of each regions, comparing some of the results with renewable energies and finally making some conclusions of the project and writting down some possible ideas for future projects.

## 1.2. Contexto

La finalidad de un sistema de suministro de energía eléctrica es el abastecimiento de demanda de energía en tiempo real. Por ello, se necesita la existencia de un entorno en el que queden reflejados ciertos factores, como la independencia energética, temas relacionados con el medioambiente, la competitividad de los precios de la energía y la demanda de ésta. En base a ello, los gobiernos crean acuerdos con las centrales de generación para desarrollar sus propuestas energéticas.

Los comienzos en España en el uso de la electricidad como fuente de suministro, se sustentaban en centrales hidráulicas y de carbón, siendo Reino Unido la principal suministradora de esta última.

La primera Guerra Mundial, trajo consigo un cambio importante en la generación de electricidad. Se llevó a cabo la reducción de las importaciones de carbón en España desde Reino Unido, para reducir la dependencia con ella y sustituir el carbón por el petróleo.

España presenta una elevada dependencia energética con otros países debido a la escasez de recursos energéticos y esto la hace vulnerable ante crisis energéticas. Una correcta planificación a medio y largo plazo puede poner en marcha medidas encaminadas a la reducción de la dependencia energética y a su vez, que sean menos contaminantes, sin que esto conlleve un coste adicional en la economía. Tras la primera crisis del petróleo, España realizó fuertes inversiones en centrales de producción de energía nuclear y de carbón, pero debido al gran equipamiento existente junto con la crisis se produjo un parón en la construcción de infraestructuras.

Una vez pasada la segunda crisis del petróleo, el mix de generación española ha continuado estable hasta los últimos 10 años, en los que se ha promovido la construcción de centrales de ciclo combinado y energía de origen renovable destacando la eólica y solar.

En la actualidad, el papel de las EERR es cada vez más destacable, llegando a superar el 50% de potencia instalada a día de hoy en España, y esto hace que una herramienta como la diseñada en este TFG sea interesante y práctica en el momento que se quiera conseguir información acerca de la cantidad de energía renovable generada.

## Capítulo 2

# Introducción a las energías renovables

A lo largo de los años, la temperatura media de la Tierra se ha mantenido estable. Los gases de efecto invernadero se han conservado en equilibrio gracias a la acción de la lluvia y los árboles que regulan día a día las cantidades de dióxido de carbono en la atmósfera.

Sin embargo, en los últimos años las concentraciones de gases de efecto invernadero están en aumento como consecuencia de la acción del hombre. Algunas de estas acciones son: el uso generalizado de los combustibles fósiles y la destrucción de grandes masas forestales.

Los gobiernos acordaron en 1997 el Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, en el cual, establecieron por objetivo reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero causantes del calentamiento global dividiéndose en dos períodos, en los cuales el segundo, que abarca hasta este año, es desolador.[1] [2]

Como conceptos previos, se va a explicar alguna terminología necesaria para entender mejor contenidos que se abarcarán más adelante.

### 2.1. Conceptos iniciales

**¿Qué es la energía primaria?** Una fuente de energía primaria es la energía disponible en la naturaleza antes de ser convertida o transformada. Esta energía, ha de modificarse posteriormente en una fuente de energía secundaria para ser utilizada. Una de las formas más usuales de consumo es la electricidad.

**¿Qué es la energía final?** Es la energía refinada y apta para ser utilizada en todas las aplicaciones que demanda nuestra sociedad.

**¿Qué son las energías renovables?** Las energías renovables son aquellas que se obtienen de fuentes naturales y pueden emplearse sostenidamente en el tiempo sin riesgo (o con un riesgo mínimo) de que se agoten o extingan. Son capaces de reponerse en el tiempo, por lo que también se las denomina energías alternativas.

**¿Qué son las energías convencionales/no renovables?** Las energías convencionales/no renovables son aquellas que se encuentran en la naturaleza en una cantidad limitada y una vez consumidas en su totalidad no pueden sustituirse ya que no existe un sistema de producción o extracción viable.

La energía que se obtiene del petróleo, gas y carbón no se renueva, y cada vez es más escasa. Por ello, debemos utilizar fuentes de energía como el viento, el sol o el agua, que son fuentes de energía renovable, no se agotan y no contaminan. Por todo esto, es necesario utilizar recursos energéticos diferentes a los tradicionales. [3]

Mediante el **Cuadro 2.1**, se destacan las diferencias y ventajas de las energías renovables frente a las energías convencionales/no renovables.

	Energías renovables	Energías convencionales/ no renovables
<b>Diferencias destacables</b>	-Limpias -Inagotables -Autóctonas -Sin residuos	- Generan emisiones y residuos - Limitadas - Dependencia del exterior
<b>Ventajas medioambientales</b>	- No producen emisiones de CO2 y otros gases contaminantes - No generan residuos de difícil tratamiento - Inagotables	- Producidas a partir de combustibles fósiles que producen gases - La energía nuclear y los combustibles fósiles son una amenaza durante años - Finitos
<b>Ventajas estratégicas</b>	- Autóctonas - Reducción dependencia exterior	- Los combustibles fósiles existentes en algunos países - Importados en alto porcentaje
<b>Ventajas socioeconómicas</b>	- Crean más puestos de trabajo - Instaladas en zonas rurales - En algunos países se han desarrollado tecnologías propias	- Pocos puestos de trabajo respecto a su volumen de negocio - Cerca de las zonas desarrolladas - La mayoría tecnología importada

Cuadro 2.1: Comparativa entre energías renovables y energías convencionales/no renovables

### 2.1.1. ¿Qué tipos de energías renovables existen?

Se trata de fuentes cuya capacidad es regenerada por la naturaleza de manera continua a través del viento, luz solar, biomasa, agua y calor de la tierra. Las tecnologías asociadas a ellas transforman estas fuentes de energía naturales en otras utilizables como el calor, combustibles o electricidad. Entre ellas, se encuentran las siguientes:

- **Energía eólica:** es la energía obtenida a través del viento. Se trata de energía cinética, la cual es producida por el efecto de las corrientes de aire. Ésta se convierte en electricidad a través de un generador eléctrico. Entre sus características destacamos que es limpia, no contamina y contribuye a reemplazar la energía producida a base de combustibles fósiles. El país que más genera este tipo de energía es Estados Unidos, seguido de Alemania, China, India y España. [4]
- **Energía solar:** es la energía que se obtiene del sol. Sus principales tecnologías son la solar térmica, aprovechando el calor del sol y la solar fotovoltaica, la luz. Este tipo de energía es de las más fáciles de producir extendiendo su uso en zonas con más horas de sol. Se capta a través de paneles solares, heliostatos o colectores solares que transforman en energía

solar térmica (mediante la temperatura) o solar fotovoltaica (a través de la luz). También se puede aprovechar para uso de forma pasiva a través, principalmente, de la arquitectura bioclimática consistente en adaptar edificios a la climatología de la zona donde se encuentren para conseguir una climatización idónea en cada momento. [5]

- **Energía hidráulica o hidroeléctrica:** es la energía que se adquiere de los ríos y corrientes de agua dulce. Gracias a fenómenos meteorológicos, tales como lluvia y nieve, a través del deshielo, se crean en los ríos grandes corrientes de agua que generan gran cantidad de energía. Estas corrientes, son moduladas por las compuertas de un presa que empuja las cuchillas de una turbina y las hace girar produciendo electricidad. Se trata de la renovable más importante en cuanto a capacidad instalada y por lo tanto generación de electricidad, principalmente por tratarse de una tecnología madura con muchos años de funcionamiento.
- **Biomasa o biogás:** es la energía que se extrae de materia orgánica. Puede ser de desechos de agricultura (restos de cultivos o de limpiezas que se hacen del campo para evitar plagas o incendios) como de restos de madera (pellets elaborados con serrín natural seco para el uso de calefacciones y agua caliente). Se utilizan para calderas donde este material se quema lentamente pasando a cenizas, las cuales también pueden ser utilizadas después como abono.
- **Biocombustibles:** combustible derivado de la biomasa. Los más utilizados son el bioetanol, que se obtiene a partir de maíz, sorgo(planta de la familia de las gramíneas), remolacha o caña de azúcar, y el biodiésel a partir de aceites vegetales. [6]
- **Energía geotérmica:** es la energía calorífica contenida en el interior de la Tierra. Este calor asciende hasta las capas freáticas que contienen agua y se calienta dando lugar a geysers o yacimientos de agua termal. Esta energía se aprovecha mediante el uso de plantas geotérmicas situadas en estos yacimientos, ya sea a través de agua caliente o secos, en los cuales los primeros utilizan el agua caliente que circula mientras que los segundos aprovechan el calor que es transmitido por la piedra. Se genera electricidad gracias al agua que se convierte en vapor, moviendo esta una turbina que genera la energía eléctrica.
- **Energía aerotérmica:** es la energía almacenada en forma de calor en el aire, cuyos sistemas aportan refrigeración en verano, calefacción en invierno, y si se desea, agua caliente todo el año. Su funcionamiento consiste en extraer la energía ambiental que está contenida en la temperatura del aire y la transfiere a una habitación o al agua corriente. Esto se consigue mediante el ciclo termodinámico que utiliza un gas refrigerante comprimido a muy bajas temperaturas para extraer calor del aire exterior.
- **Energía mareomotriz:** es la energía que se obtiene de las mareas. A través de plantas mareomotrices, se aprovecha el agua del mar de diferentes formas para generar mediante unos alternadores una carga eléctrica que se utiliza de varias maneras.
- **Energía undimotriz u olamotriz:** es la energía obtenida de las olas. Se aprovecha por medio de unos generadores que se colocan sobre la superficie del océano convirtiendo el movimiento ascendente y descendente de las olas en energía eléctrica. Existen instalaciones que funcionan con éxito, aunque están en fase experimental y son escasas a pesar de que son una fuente de energía muy limpia.
- **Energía osmótica o energía azul:** es aquella que se obtiene por la alta concentración que hay entre la salinidad del mar y las aguas del río, siendo el fin de estas dos corrientes, a través de un sistema que no permite la entrada de la sal del mar las que generen la energía eléctrica. Este sistema se da a través de la utilización de unas membranas, en las cuales la concentración salina provee energía eléctrica. El éxito, por tanto, depende de la cantidad

de sal adentrada en dichas membranas. Este tipo de energía renovable se cataloga como la próxima energía del futuro, como consecuencia de ser un proceso altamente natural, lejos de contaminar el ambiente con la emisión de gases tóxicos.[7]

En la **Figura 2.1**, se ven representados los diferentes tipos de energías renovables existentes.



Figura 2.1: Representación de diferentes tipos de energías renovables

### 2.1.2. Ejemplos zonas/países

Existen desde hace años, grandes proyectos basados en este tipo de energías. Los más tradicionales, utilizan el sol o el viento para generar electricidad, aunque también hay otros como la biomasa, las energías geotérmicas o las osmóticas. Los compromisos medioambientales firmados por diversos países han impulsado el desarrollo de proyectos de energías renovables, creciendo el año pasado las energías limpias un 9% con un aumento del 30% en plantas fotovoltaicas. A continuación, se mencionan las centrales eléctricas renovables más grandes del mundo. [8] [9]

#### Utilizan energía solar...

La planta de energía solar de **Ivanpah**, es una planta termosolar concentrada en el desierto de Mojave, al suroeste de Las Vegas, en Estados Unidos. Puede ser uno de los lugares más calurosos y con más horas de sol al año, siendo ideal para aprovecharse de este recurso. En la actualidad, es la mayor planta de estas características en el mundo, ocupando 14km<sup>2</sup> en los que hay instalados 173.500 espejos de heliostatos, con un total de 392 MW de potencia instalada.

Otra zona del planeta ideal para potenciar la energía procedente del sol es el desierto del Sahara, encontrándose en **Ouarzate**, una planta con el mismo nombre aún en construcción, con hasta el momento una potencia instalada de 160MW con vistas a futuro de aumentar hasta los cerca de 600 MW, pasando a ocupar la mayor del planeta desbancando la anterior mencionada.

España, al ser uno de los países con más luz solar de Europa, en Almería que es un lugar tan árido es ideal para la instalación de plantas solares como la **PS10** de Sanlúcar la Mayor (Sevilla), un

proyecto innovador al aprovechar una torre solar comercial para suministrar electricidad a unos seis mil hogares, con capacidad de 50 MW de potencia.

En referencia a nuestro proyecto, basado principalmente en energía fotovoltaica, mencionamos la instalación Bhadla Solar Park ubicada en la India, con un total de 2245 MW, la más grande del mundo. Ubicando uno en España, Núñez de Balboa en Badajoz, siendo la mayor de Europa con 500 MW.

### **Utilizan energía eólica. . .**

El parque eólico terrestre más grande del mundo, se encuentra en la región de **Tehachapi**, en California, Estados Unidos, con una potencia instalada de 1500 MW y esperando ampliar su capacidad hasta los 3000 MW.

El parque eólico marino **Walney** de Cumbria, en Reino Unido, es el más potente del mundo. Con una superficie equivalente al terreno de juego de unos 20.000 campos de fútbol y capacidad de 659 MW de potencia.

### **Utiliza energía hidroeléctrica. . .**

La central de las **Tres Gargantas**, en China, tiene potencia de 22.500 MW y es la planta hidroeléctrica más grande del mundo. Utiliza las aguas del río Yangtsé y su construcción finalizó hace cinco años, con una presa de más de 2km de longitud y 181 metros de altura suministrando electricidad a nueve provincias chinas y dos ciudades, una de ellas Shanghái.

### **Utiliza la biomasa...**

La planta de **Ironbridge**, en el Reino Unido, la cual es la planta de generación de energía por biomasa pura más grande del mundo. Se puso en marcha tras la adaptación de la central térmica de carbón existente, y ahora genera energía de biomasa a partir de pellets de madera con capacidad de 740 MW.

### **Utiliza la energía geotérmica...**

Los 350 pozos de agua que alimentan un total de 22 plantas de energía geotérmica que conforman **Los Géiseres**, en California. Con capacidad de 1517 MW, cubren la demanda eléctrica de más de un millón de personas a partir de vapor de agua.

### **Utiliza energía osmótica...**

La compañía noruega **Statkraft** es pionera en las diferentes aplicaciones de energía osmótica. A medida que se continua trabajando en proyectos piloto como el de Tofte, este tipo de energía tiene un potencial de 1600 a 1700 TWh, casi equivalente al consumo total de electricidad de China.

Las energías renovables son el presente y el futuro, y apostar por ellas, a parte de ser prueba de responsabilidad social y ecológica, también es un acierto económico.

## **2.1.3. Cambio climático**

El cambio climático constituye la mayor amenaza medioambiental a la que se enfrenta la humanidad, y sus consecuencias pueden ser devastadoras si no se reducen la dependencia de los

combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero.

### Qué es

El cambio climático consiste en la variación del sistema climático, que perdura durante largos periodos de tiempo hasta alcanzar un nuevo equilibrio. Estos cambios han aumentado debido a factores, como el excesivo aumento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, producido por la quema de combustibles fósiles a través de las personas.

También influye el exceso de CO<sub>2</sub> que mantiene el calor en el ambiente y produce un excesivo calentamiento global. En nuestras manos está frenarlo y buscar maneras respetuosas de interactuar con el planeta.

Aunque parezca imposible, se puede revertir esta tendencia, pero es tan urgente que existen dudas acerca de la capacidad del planeta de echar marcha atrás. [10]

### Qué cambios esta produciendo

Está cambiando de forma radical el comportamiento de la fauna y la flora. Un ejemplo de esto, lo tenemos en el siguiente artículo del SEO/Birdlife:



**El cambio climático reduce la población de aves acuáticas en los humedales de Cantabria**

Figura 2.2: Rubio, Javier Fernández. «El cambio climático reduce la población de aves acuáticas en los humedales de Cantabria». elDiario, 29 de junio de 2020 [11]

El 80 % de las especies que hibernan en Cantabria, lo hacen en Santoña (siendo el lugar predominante en la comunidad) seguido de la Bahía de Santander y el entorno del Pantano del Ebro. Constatan una tendencia negativa en las anteriores, como la Ría de Ajo y el estuario de Mogro. Las aves acuáticas que invernan en los 23 humedales de Cantabria, se están reduciendo debido a que en Centroeuropa los inviernos están siendo más cálidos y las aves escogen hábitats diferentes de nidificación. En definitiva, esto nos hace conscientes del inminente cambio climático que ya está afectando al Planeta y no de un cambio achacable a las condiciones de los humedales que siempre han sido las mismas.

Pero este cambio de temperatura tiene también consecuencias directas en el día a día de la población mundial. El cambio supone pérdidas provocadas en gran parte por la acción humana en la producción industrial. El sistema económico capitalista en los países industrializados empeora la situación ya que se basa en un sistema de producción sin límites cuyo objetivo central es satisfacer la demanda individual. La producción se lleva a cabo a través del consumo de combustibles fósiles que son muy contaminantes, por eso, muchas especies de plantas y animales que se han extinguido implican el cambio en el funcionamiento del propio planeta. Pero estos no son los únicos cambios, también existen los siguientes, que respaldaremos con diferentes artículos encontrados:

- **El aumento de gases de efecto invernadero**

**Los ecosistemas producirán más metano de lo previsto a causa del cambio climático**

Figura 2.3: Ecoavant, "Los ecosistemas producirán más metano de lo previsto a causa del cambio climático", 30 de junio de 2020 [12]

A medida que la Tierra se calienta, los sistemas naturales como son las aguas dulces liberarán más gases de efecto invernadero, debido a variaciones en el equilibrio de las comunidades microbianas ya que muchas son sensibles a los cambios de temperatura. En el experimento que se probó en Reino Unido, en estanques artificiales durante 11 años, descubrieron que el calentamiento global produjo un aumento desproporcionado en la producción de metano aumentando así las emisiones de éste.

**Cantabria, única autonomía que elevó sus emisiones de gases de efecto invernadero**

Figura 2.4: El Diario Montañés, «Cantabria, única autonomía que elevó sus emisiones de gases de efecto invernadero», 1 de julio de 2020,[13]

Como ejemplo cercano y bastante negativo, Cantabria ha aumentado entre los años 2008 y 2019 un 7% las emisiones de gases de efecto invernadero según el informe 'Descarbonización 2020' debido en mayor parte al uso de tecnologías que emplean carbono.

- **El aumento de enfermedades que es más acentuado en países en vías de desarrollo**

**Hay más enfermedades nuevas que antes y la razón es el cambio climático**

Figura 2.5: Telecinco, «Hay más enfermedades nuevas que antes y la razón es el cambio climático», 12 de junio de 2020,[14]

La pérdida de la biodiversidad, el aumento de temperaturas y los desequilibrios en la pirámide ecológica potencian las enfermedades infecciosas emergentes. Una de estas enfermedades, podría ser la reciente pandemia del COVID-19, situación que advirtieron científicos que podría ocurrir y llevar oculta décadas y no ser hasta este año que ha empezado a afectar a humanos. La principal razón es la facilidad que tienen estos virus de mutar siendo principalmente de origen animal o zoonosis.

- **Desaparición de terrenos en zonas cercanas a la costa que han desaparecido a consecuencia del aumento del nivel del mar**

**Los manglares desaparecerán en 2050 debido al aumento del nivel del mar**

Figura 2.6: Comercio, «Los manglares desaparecerán en 2050 debido al aumento del nivel del mar», 4 de junio de 2020 [15]

Este tipo de ecosistema, que es propio de costas tropicales y subtropicales, no podrá adaptarse al calentamiento global según un estudio de científicos australianos y norteamericanos, desapareciendo a causa de la subida del nivel del mar prevista para 2050 con un 3,5 % de posibilidades de sobrevivir.

**6 ciudades que pueden quedar sumergidas antes de 2100**

Figura 2.7: National Geographic «6 ciudades que pueden quedar sumergidas antes de 2100», 4 de mayo de 2020 [16]

El cambio climático pelagra la supervivencia de numerosas ciudades costeras en el mundo. En 2017 la NASA publicó un modelo en el cual 300 ciudades podrían desaparecer durante este siglo a causa de la subida del nivel del mar, erosión de costas y fenómenos meteorológicos extremos. Algunas de estas ciudades son: Venecia (Italia), Malé (Maldivas), San Petersburgo (Rusia), Tokio (Japón), Nueva Orleans (EE.UU) y Jakarta (Indonesia).

- **El aumento de fenómenos meteorológicos extremos como graves tormentas y olas de calor produciendo grandes incendios**

**El cambio climático pondrá en riesgo de inundaciones a millones de propiedades en EE.UU.**

Figura 2.8: CNN Español, «El cambio climático pondrá en riesgo de inundaciones a millones de propiedades en EE.UU», 29 de junio de 2020». [17]

El grupo First Street Foundation en un estudio realizado señala que en Estados Unidos el cambio climático pone en riesgo de inundación a millones de propiedades.

**El cambio climático: factor común en los grandes incendios en todo el mundo**

Figura 2.9: Linares, Ismael Muñoz. «El cambio climático: el acelerador de los grandes incendios». Osbodigital [18]

Debido a episodios de grandes períodos de sequía y a las altas temperaturas, se dan las condiciones idóneas para provocar grandes incendios como el vivido recientemente en Australia.

- **La sequía fuera de lo normal provoca tierras áridas que dejan de ser productivas**

**"Millones de españoles ya nos estamos viendo afectados por las consecuencias del cambio climático"**

Figura 2.10: Works, Eenda. «“Millones de españoles ya nos estamos viendo afectados por las consecuencias del cambio climático” [19]

Se han ido incrementando las temperaturas y cada década es más cálida que la anterior. A consecuencia de esto, nos enfrentaremos a regulares y severas olas de calor con cambios en los patrones de lluvia. En España, contamos con 30.000km<sup>2</sup> de superficie semiárida entre el sudeste peninsular (regiones más afectadas en recursos hídricos), Castilla-La Mancha y el valle del Ebro.

- **La inestabilidad económica y los conflictos bélicos como pueden ser casos de carencia de agua o desaparición de pueblos**

**El cambio climático complica las perspectivas futuras de paz en Afganistán**

Figura 2.11: National Geographic, «El cambio climático complica las perspectivas futuras de paz en Afganistán», 4 de febrero de 2020, [20]

Según expertos, el cambio climático agrava desastres naturales, desplazamientos masivos, el matrimonio infantil y los conflictos. En este país, la mayoría de la gente se dedica a labores del campo y obtienen ingresos de éste y según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, el 80 % de los conflictos son debidos a tierras, agua y recursos. La ayuda que se destina a este sector para hacer frente a los grandes períodos de sequía y otras complicaciones derivadas del cambio climático suelen llegar a corto plazo o incluso ser escasas y las familias no tienen más remedio que mudarse a ciudades urbanas. Surgen proyectos como una infraestructura hídrica en Kabul pero generan críticas por incumplirlos a menudo.

## 2.2. Contexto mundial

En este apartado se van a comentar los datos más relevantes sobre la situación actual de las renovables en el sector energético mundial. [21] [22]

En la **Figura 2.12**, se observa la cobertura de energía primaria en el consumo final. Con un 79.7%, una alta contribución de los combustibles fósiles. Las EERR conforman un 18.1%, de las cuales, casi la mitad proviene de la biomasa tradicional empleada en calefacción y cocina, y el restante de energía solar, hidráulica y eólica entre otras.

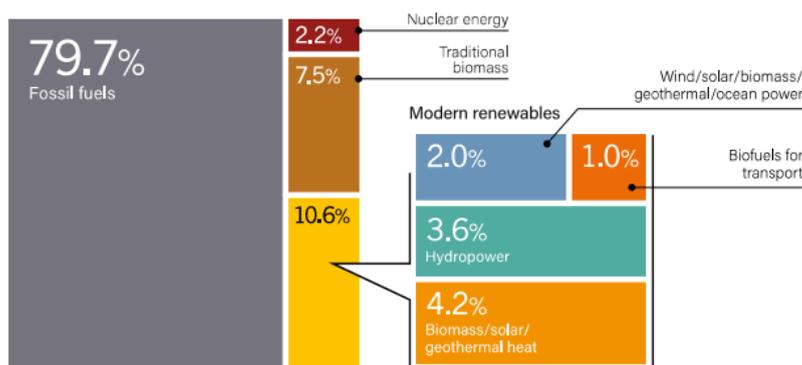


Figura 2.12: Participación de las EERR estimada sobre el consumo total de energía final en 2018. Fuente: ren21.net, pp. 32

A continuación, una comparación de los datos anteriores con los referidos a la producción eléctrica. Hay un aumento significativo en el uso de energías renovables alcanzando un 27.3 % de la producción mundial y también se observa la diversidad de energías renovables con dominio de la energía

hidroeléctrica con un 15.9%, seguida de la energía eólica con un 5.9%, la bioenergía con 2.2%, la energía solar fotovoltaica con un 2.8% y la geotérmica, CSP y energía del mar con un escaso 0.4%.

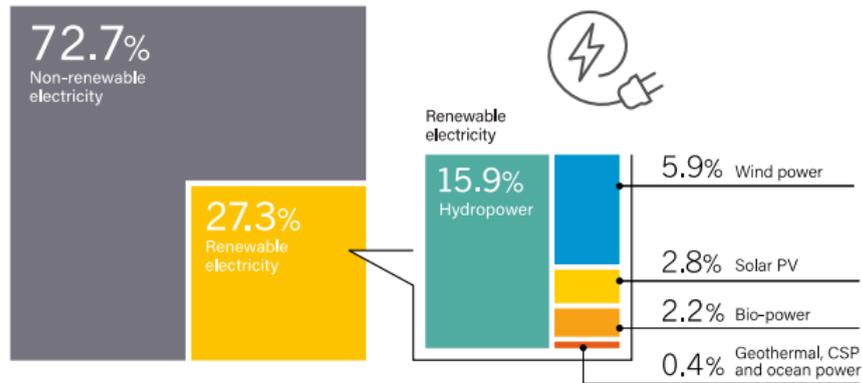


Figura 2.13: Participación energías en la producción total eléctrica a finales de 2019. Fuente: ren21.net

Como las energías renovables son una tecnología reciente, aún no están muy desarrolladas por lo que es interesante analizar este punto.

Las inversiones en tecnologías respecto a energía solar y eólica superaron a las demás en 2019. En la **Figura 2.15**, se ve una clara tendencia del aumento en EERR frente a las convencionales siendo las inversiones de estas últimas el doble que las de combustibles fósiles y nucleares.

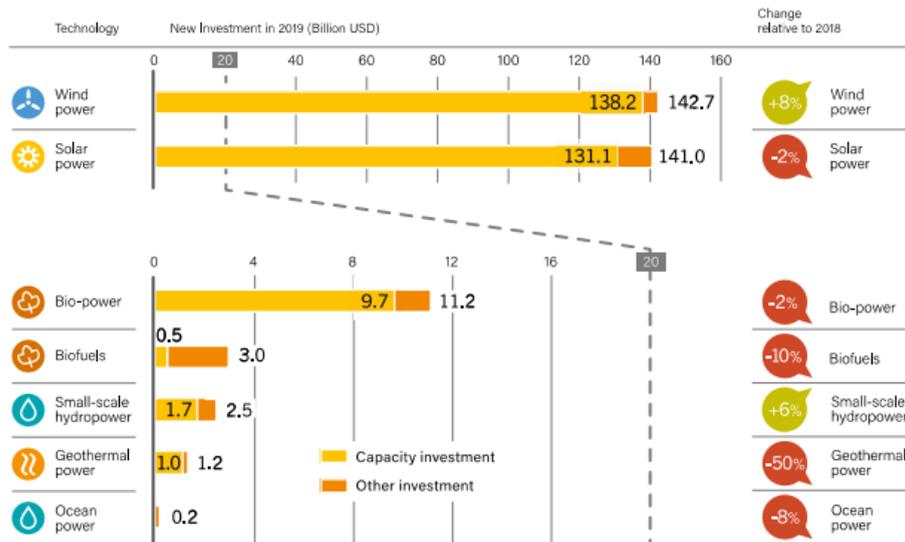


Figura 2.14: Inversión global en energías renovables por tecnología en 2019. Fuente: ren21.net

Haciendo una comparación entre las inversiones en tecnologías de energías renovables y las nucleares y fósiles, las energías renovables tienen un peso importante, siendo en 2019 la inversión en nueva capacidad de energía renovable del 71.2%, mayor que en combustibles fósiles y energía nuclear.

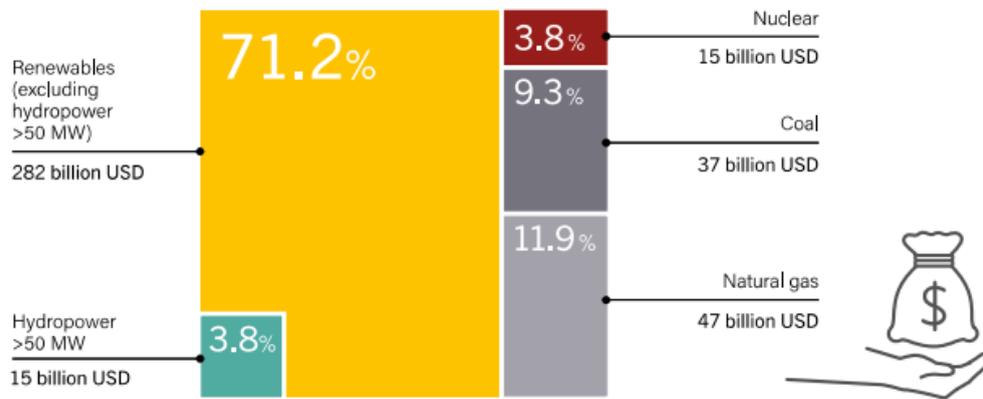


Figura 2.15: Inversión global en potencia instalada por tipo en 2019. Fuente: ren21.net

A continuación, se mostrará en la **Figura 2.16**, los principales países en EERR. Se muestran los cinco países por tecnología renovable de mayor a menor capacidad total instalada en 2019.

	1	2	3	4	5
<b>POWER</b>					
Renewable power capacity (including hydropower)	China	United States	Brazil	India	Germany
Renewable power capacity (not including hydropower)	China	United States	Germany	India	Japan
Renewable power capacity per capita (not including hydropower)	Iceland	Denmark	<b>Sweden</b>	<b>Germany</b>	<b>Australia</b>
🌱 Bio-power capacity	China	United States	Brazil	<b>India</b>	<b>Germany</b>
🌋 Geothermal power capacity	United States	Indonesia	Philippines	Turkey	New Zealand
💧 Hydropower capacity <sup>2</sup>	China	Brazil	Canada	United States	Russian Federation
💧 Hydropower generation <sup>2</sup>	China	Brazil	Canada	United States	Russian Federation
☀️ Solar PV capacity	China	United States	Japan	Germany	India
☀️ Concentrating solar thermal power (CSP) capacity	Spain	United States	<b>Morocco</b>	<b>South Africa</b>	<b>China</b>
🌬️ Wind power capacity	China	United States	Germany	India	Spain
<b>HEAT</b>					
☀️ Solar water heating collector capacity <sup>3</sup>	China	United States	Turkey	Germany	Brazil
☀️ Solar water heating collector capacity per capita	Barbados	<b>Cyprus</b>	<b>Israel</b>	<b>Austria</b>	Greece
🌋 Geothermal heat output <sup>4</sup>	China	Turkey	Iceland	Japan	<b>New Zealand</b>

Figura 2.16: Los cinco principales países en generación para diferentes tecnologías en 2019. Fuente: ren21.net

China y Estados Unidos son los principales países de infraestructuras de EERR, liderando mayoritariamente en las dos primeras posiciones de la tabla. Es importante destacar que esto se puede deber a que poseen mayor superficie que otros países, por eso es interesante ver la capacidad per capita (datos normalizados por el número de habitantes), destacando en este caso dos que son europeos. Se hace una diferenciación con respecto a la hidráulica debido a que es renovable pero no moderna y para ver la evolución podría distorsionar los resultados. Otro aspecto a tener en cuenta es que la hidráulica puede ser también de bombeo y ésta no se considera renovable. En cuanto a España, se presenta como el primero a nivel mundial en CSP, aunque en potencia eólica instalada se posiciona en quinto lugar. Consultando datos de años anteriores, ha sufrido un retroceso, ya que se encontraba en cuarto lugar, pudiendo ser el motivo principal la incertidumbre regulatoria de las EERR.

Con lo mencionado anteriormente, excluyendo la energía hidráulica, la clasificación por países quedaría de la siguiente manera: en primer lugar China, seguida de Estados Unidos, Alemania, India, Japón y Reino Unido. Como se ha dicho, España ha bajado una posición. En la siguiente **Figura 2.17** se muestra la evolución de la energía solar fotovoltaica en los últimos años en los países predominantes: China, USA, Japón, Alemania e Italia.

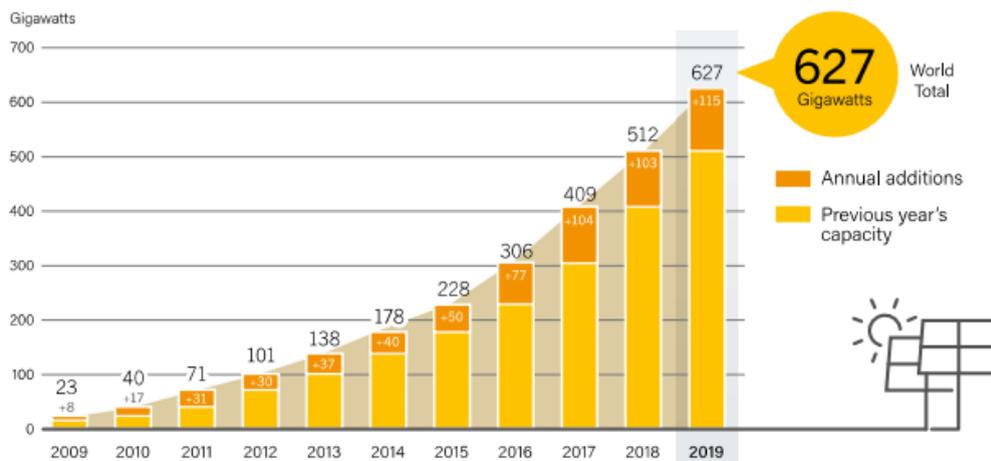


Figura 2.17: Evolución energía solar fotovoltaica instalada entre los años 2009-2019. Fuente: ren21.net

Como se puede observar, es una década de constante crecimiento acentuándose aún más en los últimos años hasta alcanzar un total de 627 GW. En la **Figura 2.18** se muestra el crecimiento total de capacidad instalada por los primeros diez países. En la parte izquierda, se destaca el aumento de China con respecto al resto de países siendo la suma del resto parecida a ésta. España se encuentra en sexta posición con un 4.8%.

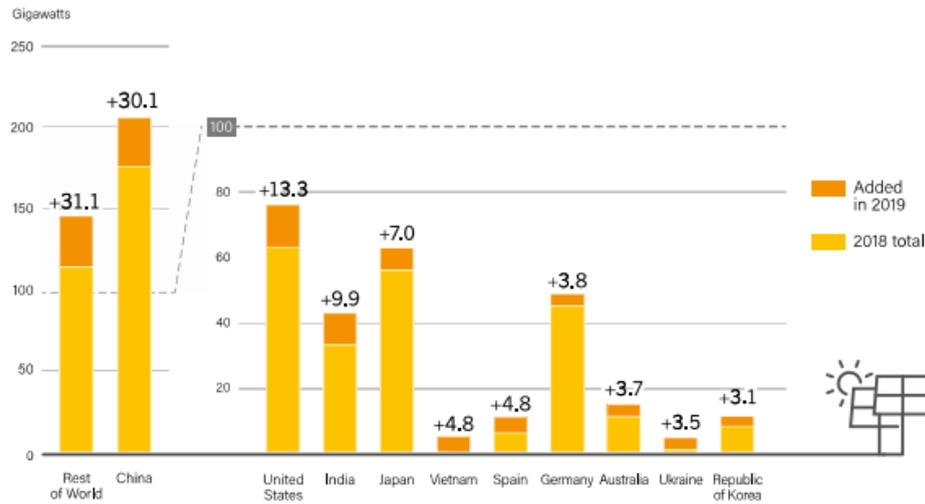


Figura 2.18: Potencia solar fotovoltaica instalada de los primeros 10 países junto a su incremento en 2019. Fuente: ren21.net

Y por el otro lado la energía eólica en la misma situación que la fotovoltaica, con los primeros 10 países predominantes. Se observa que también se ha producido un aumento exponencial aunque un poco más elevado desde principios de la década y alcanzando los 651 GW.

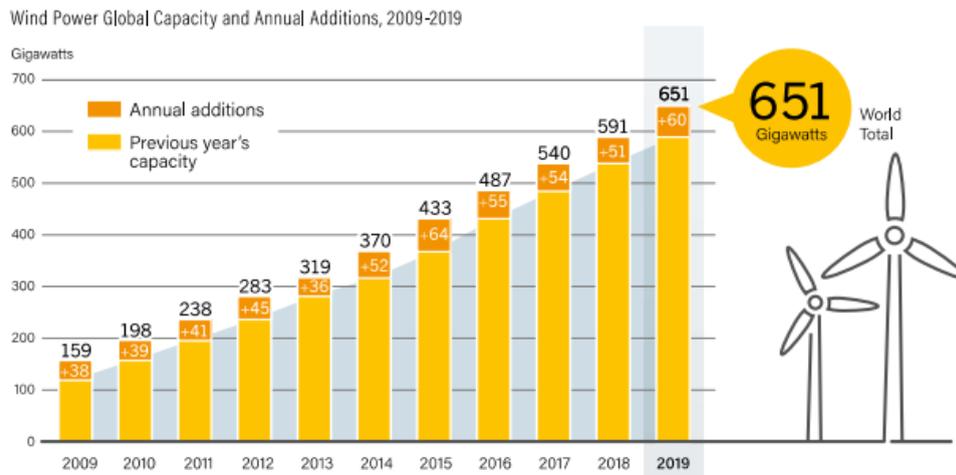


Figura 2.19: Evolución energía eólica instalada entre los años 2009-2019. Fuente: ren21.net

A continuación, el crecimiento total de capacidad instalada por los primeros diez países. En este caso, España avanza una posición con un aumento del 2.3 % entre la India y Alemania con un 2.4 % Y 2.1 % respectivamente.

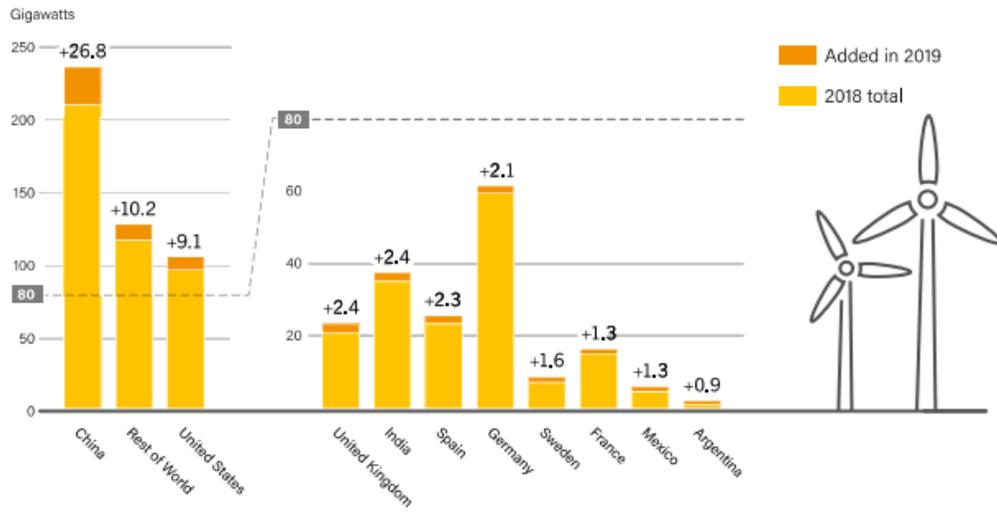


Figura 2.20: Potencia eólica instalada de los primeros 10 países junto a su incremento en 2019. Fuente: ren21.net

### 2.3. Contexto europeo

La situación de las EERR depende del lugar que se estudie, tanto por su existencia según la zona geográfica como por temas de política. A continuación, se muestra en la **Figura 2.21** mediante una línea horizontal azul el objetivo establecido por cada uno de los países en participación de EERR, siendo el propósito en 2020 del 20% y 2030 del 32%.

Por un lado Suecia se proclama en primera posición con un 54.6%, seguida de Finlandia con un 41.2% y precedida de Letonia con un 40.3%; y por el otro Países Bajos con un 7.4%, Malta con 8% y Luxemburgo con un 9.1%. España se encuentra en mitad de la figura sin alcanzar el objetivo establecido con un 18%. En general se podría decir que se alcanzaría el 20% establecido.

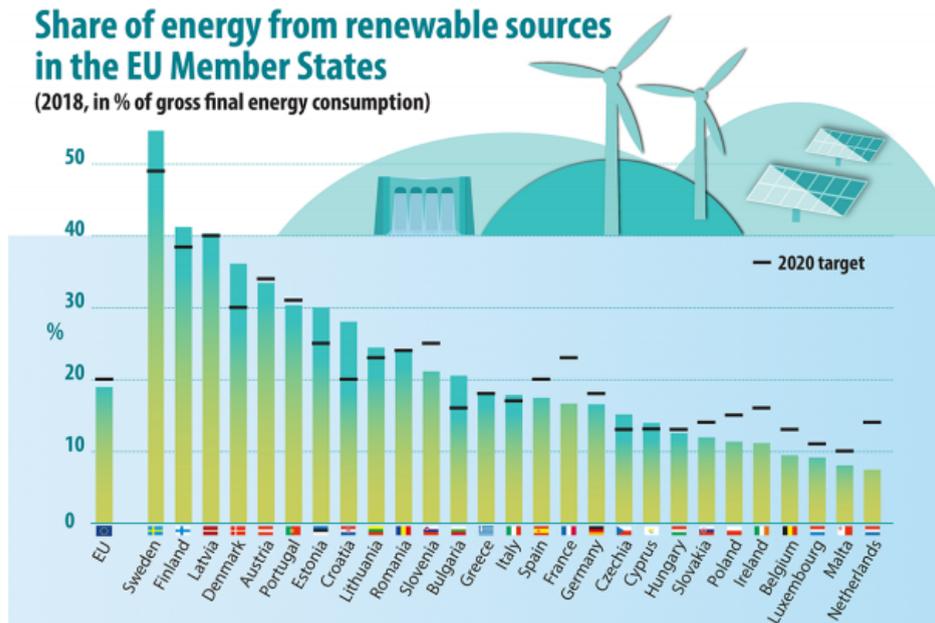


Figura 2.21: Aportación de las EERR en la Unión Europea sobre la demanda de energía primaria en 2018. [23]

En la parte derecha de la **Figura 2.22** los diferentes tipos de fuentes de energía al consumo final. Hay que destacar el aumento de las EERR con un 13.2% y el descenso del carbón hasta el 14.7%. En el otro lado se encuentra la posición de cada país sobre el uso de las EERR en base al uso de energía primaria, hallándose España en un puesto medio.



Figura 2.22: Uso final de energía en de la Unión Europea según la fuente de energía en 2018. Fuente: Eurostat [24]

Las fuentes de producción de electricidad para cada país quedan reflejadas en esta **Figura 2.23**. La

energía térmica(fósil) es la predominante, siendo la siguiente la nuclear como es el caso de Francia, Eslovaquia y Hungría. Haciendo referencia a la energía solar fotovoltaica que es la que se va a emplear para nuestro estudio, hay una escasa participación.

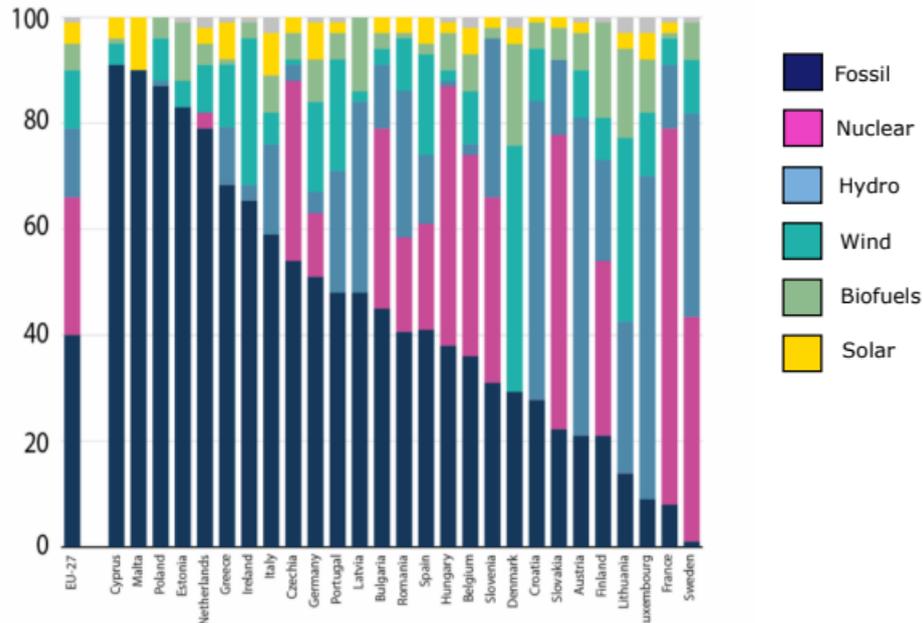


Figura 2.23: Producción de electricidad en 2018 de los diferentes países que conforman la Unión Europea. Fuente: Eurostat

Con todos estos datos, se aprecia que ambos contextos son análogos. El objetivo fijado por la Unión Europea para 2020 parece que se ha cumplido por los datos recogidos hasta el momento.

## 2.4. ¿Qué proyección tienen las renovables en el futuro?

Los datos parecen indicar que todavía queda mucho por hacer para que la tendencia cambie con el tiempo. Al atender a los planes energéticos de la Unión Europea, se prevé un incremento en la utilización de las energías renovables.

Mundialmente, las renovables son una forma energética más barata, y países como Dinamarca, México o los Emiratos Árabes, comienzan a invertir en este tipo de gestiones. No solo políticos sino también empresarios y en ámbito general, la sociedad comienza a pedir un cambio en este aspecto.

Cabe destacar el papel que juegan los sistemas autónomos, pequeños propietarios o particulares que deciden invertir en este tipo de modelos, los cuales aprovechan ayudas públicas que varían en función de la Comunidad Autónoma en la que se encuentren, siendo eso un porcentaje suficiente para que el pequeño y mediano empresario comience a competir con las grandes empresas.

Por todo esto, se estima un incremento de instalaciones para generar esta forma de electricidad, así como su desarrollo y apoyo de los gobiernos.

## Capítulo 3

# Situación actual del sistema eléctrico español

### 3.1. Balance eléctrico y potencia instalada

Las EERR generaron en 2020 el 44% de la electricidad generada en España, siendo el mayor porcentaje registrado. Además, la generación de energía procedente de éstas, produce una menor liberación de emisiones de CO<sub>2</sub>. [25]

Sin embargo, la demanda de electricidad en España desciende un 5.6% respecto al año anterior debido principalmente a la pandemia del COVID-19.

Las EERR que destacan son la energía eólica con un destacado 21.9% suponiendo la mitad del total y la energía solar fotovoltaica con un 6.1%, siendo ambas registradas con valores máximos.

En la siguiente **Figura 3.1** se ve como en general en todo el territorio español se produjo un descenso de la demanda eléctrica con respecto al año anterior, siendo más acentuada en los sistemas no peninsulares.

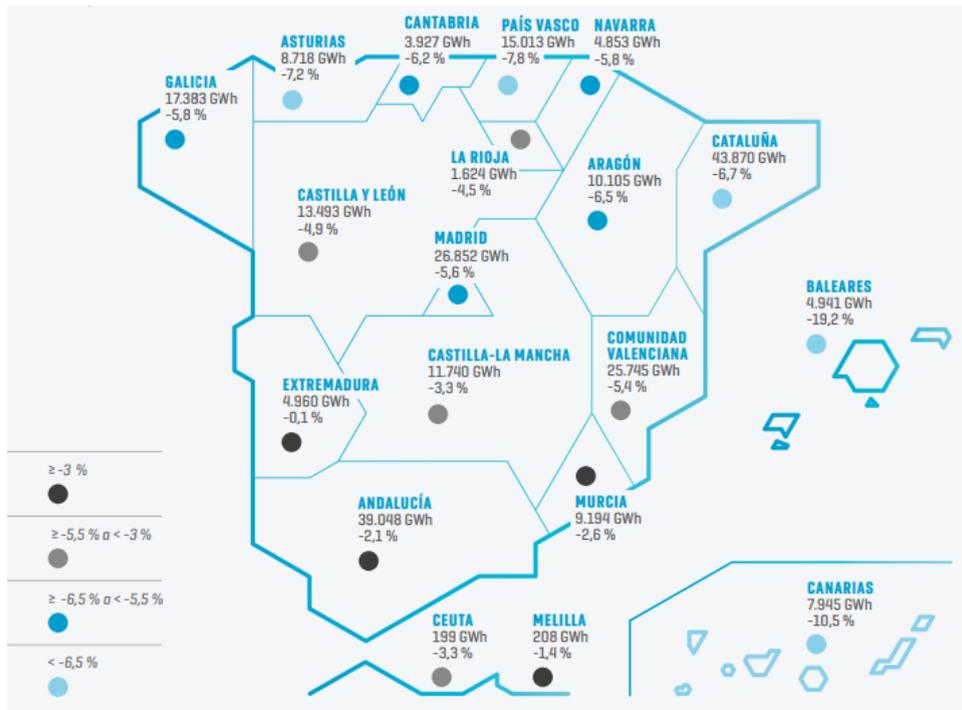


Figura 3.1: Demanda eléctrica por Comunidades Autónomas junto a su variación con respecto a 2020. Fuente: REE

En 2020 la potencia instalada alcanza un total de 110.462 MW, siendo algo más de la mitad perteneciente a EERR. Las comunidades que destacan favorablemente son Andalucía, Castilla y León, Cataluña y Galicia con más de 10.000 MW instalados y por el otro lado Ceuta, Melilla, Madrid y Cantabria con valores por debajo de los 1.000 MW.



Figura 3.2: Potencia instalada por Comunidades Autónomas en 2020. Fuente: REE

### 3.2. Sistema peninsular

Como se ha mencionado, 2020 ha sido el año que mayor cantidad de energía renovable se ha consumido, pero a su vez ha descendido la demanda eléctrica con respecto a los años anteriores, siendo con el año anterior del 5.1 %.

	GWh
2016	249.680
2017	252.506
2018	253.566
2019	249.257
<b>2020</b>	<b>236.525</b>

Figura 3.3: Demanda eléctrica en los últimos 5 años en el sistema peninsular. Fuente: REE

En cuanto a las energías en las primeras posiciones se encuentran, la nuclear, con un 23 % (siendo en 2019 del 22 %) y la energía eólica con 22.2 % (en este caso del 20.9 % en 2019). Cerca se encuentra

la energía hidráulica. La de ciclo combinado, aunque tiene una elevada aportación, descendió del 20.1 % al 15.8 % y la del carbón igual pasando de un 4.2 % a un escaso 2 %, reduciéndose a la mitad.



Figura 3.4: Cobertura eléctrica peninsular en 2020. Fuente: REE

Las EERR han aumentado pasando de 38.9 % en 2019 a 45.5 % en 2020 y las no renovables por tanto has descendido pasando de un 61.1 % a 54.5 % como se presenta en la **Figura 3.5**. Se observa una tímida tendencia al descenso de las no renovables en este último año, esperando que continúe en los siguientes.

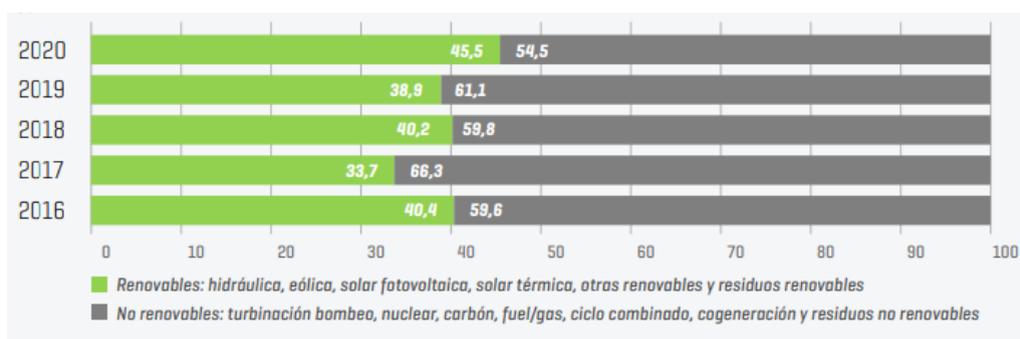


Figura 3.5: Generación eléctrica peninsular renovable y no renovable en %. Fuente: REE

En las dos **Figura 3.6** y **Figura 3.7** se ven desglosadas ambas fuentes de energía.

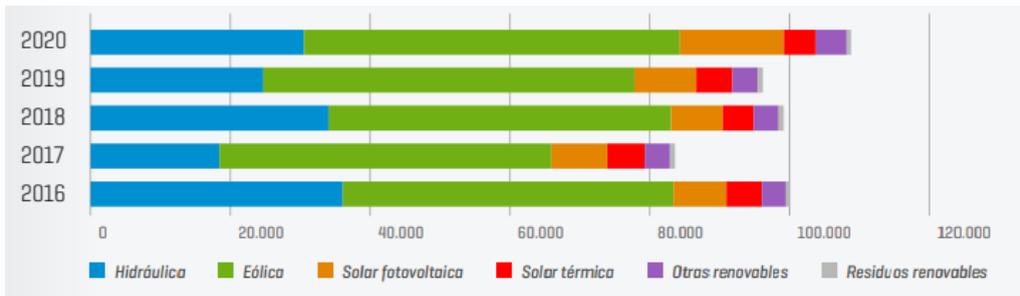


Figura 3.6: Generación eléctrica peninsular renovable en GWh. Fuente: REE

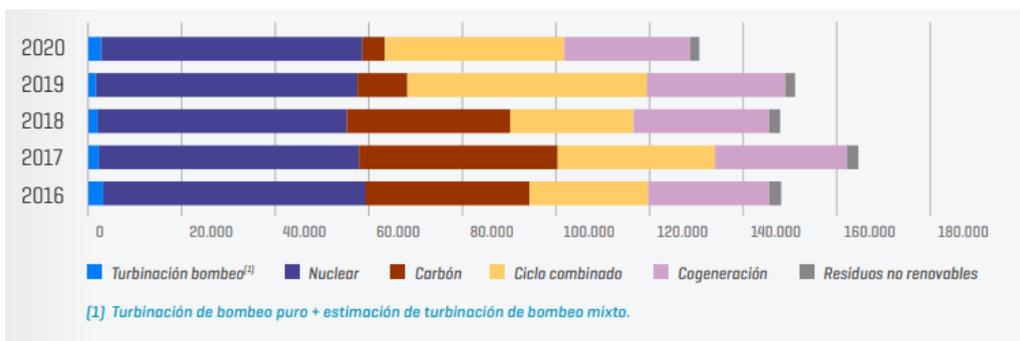


Figura 3.7: Generación eléctrica peninsular no renovable en GWh. Fuente: REE

En la primera, las EERR predominantes son la eólica seguida de la hidráulica, batiendo récord en ambas. La solar fotovoltaica se encontraría en tercera posición.

En la segunda, el acentuado descenso del carbón a lo largo de los años y del ciclo combinado con respecto al año anterior mientras las restantes mantienen aproximadamente sus datos con el paso de los años.

### 3.3. Sistemas no peninsulares

En los sistemas no peninsulares, también se produjo un retroceso acentuado en la demanda eléctrica. En Baleares descendió un 19.2 %, Canarias un 10.5 %, y en Ceuta y Melilla no fue tan pronunciado con un 3.3 % y 1.4 % respectivamente.

	Islas Baleares	Islas Canarias	Ceuta	Melilla
	GWh	GWh	GWh	GWh
2016	5.823	8.744	211	208
2017	6.016	8.931	203	210
2018	6.057	8.842	207	213
2019	6.115	8.875	206	211
2020	4.941	7.945	199	208

Figura 3.8: Demanda eléctrica en los últimos 5 años en los sistemas no peninsulares. Fuente: REE

En cuanto a la potencia instalada en Baleares descendió debido en gran parte al cierre de dos unidades de carbón de la central térmica de Alcúdia de Mallorca, siendo la primera el ciclo combinado.

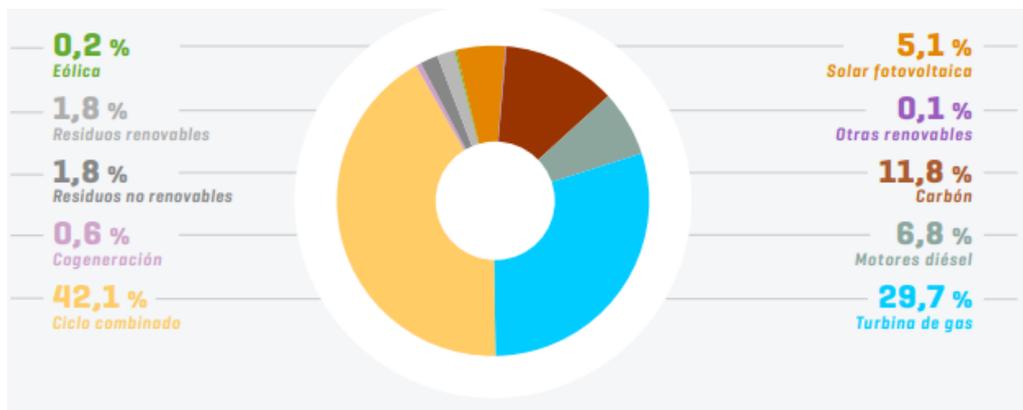


Figura 3.9: Potencia instalada en las Islas Baleares. Fuente: REE

Y en cobertura de la demanda eléctrica se ha producido una fuerte caída del carbón, con un 4.5 % y el incremento de los ciclos combinados hasta llegar al 48.8 %. El enlace submarino con la Península ha permitido transferir un 28.9 % de energía.

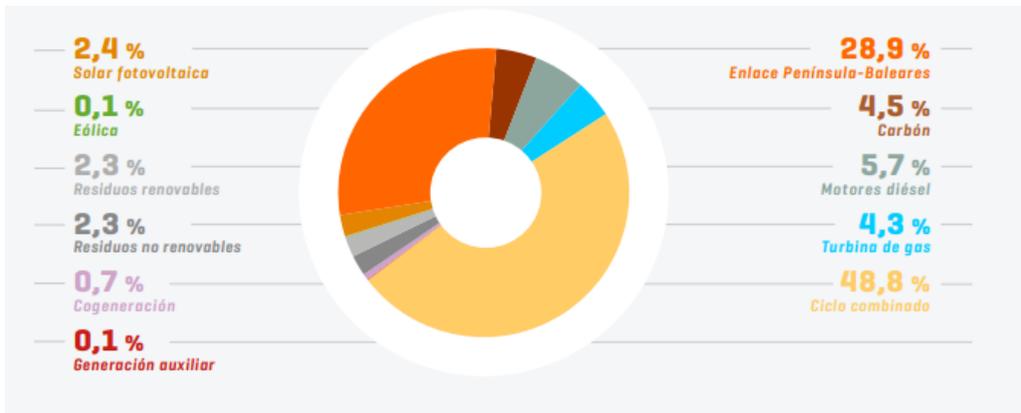


Figura 3.10: Cobertura eléctrica en las Islas Baleares en 2020. Fuente: REE

La potencia instalada en Canarias, también es el ciclo combinado el mayoritario, seguido de manera cercana entre la turbina de gas, motores diésel y turbina de vapor. Y en la **Figura 3.12** la cobertura eléctrica siendo principalmente de ciclo combinado.

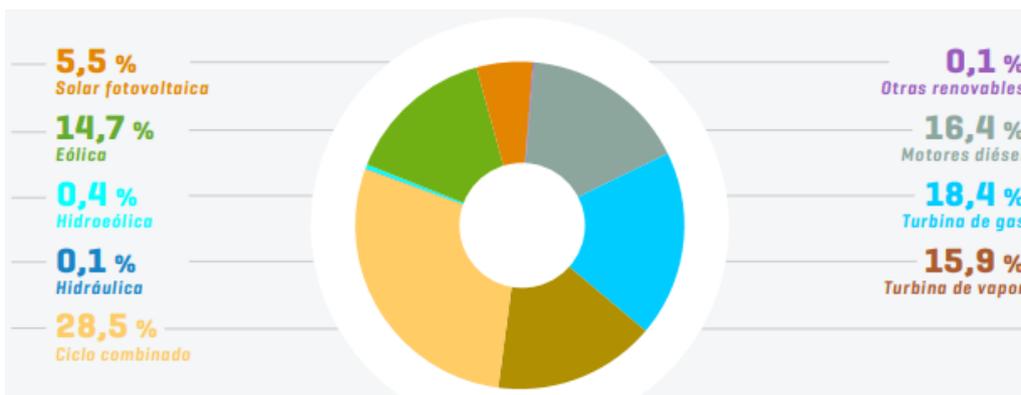


Figura 3.11: Potencia instalada en las Islas Canarias. Fuente: REE

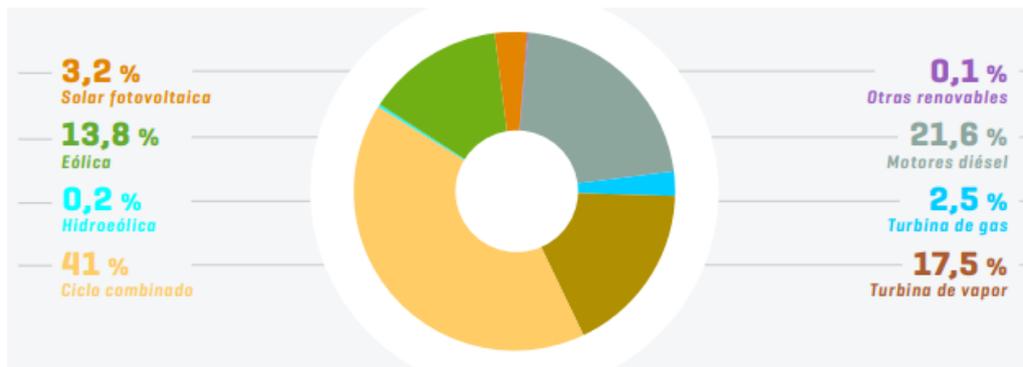


Figura 3.12: Cobertura eléctrica en las Islas Canarias en 2020. Fuente: REE

## Capítulo 4

# Marco regulatorio nacional, europeo y regional (2008-2030)

Como contrapunto a lo establecido anteriormente, en el ámbito jurídico-político, se mencionará algún dato importante a nivel europeo, nacional y regional.

### 4.1. Legislación

#### 4.1.1. Nivel Europeo (UE)

- **Directiva de Renovables 2009/28/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables. [26]

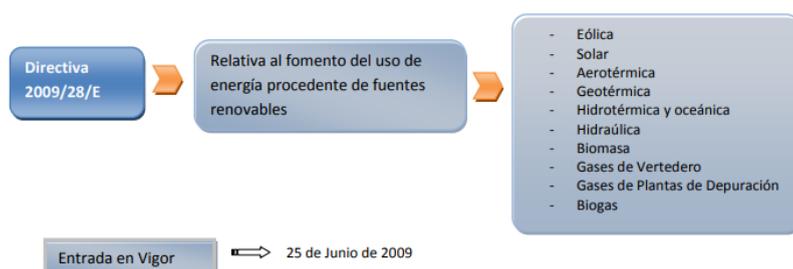


Figura 4.1: Directiva de Renovables 2009/28/CE

- Energías renovables para incrementar el ahorro energético y reducir las emisiones de efecto invernadero.
- Obligatorio: conseguir que un 20 % de energía renovable sea para el consumo en 2020 y un 10 % para transporte.
- Mejorar un 20 % la eficiencia energética hasta 2020.

■ **Plan de Energías Renovables período 2011-2020**

Establece objetivos acordes con la Directiva anterior.

**Objetivo**→Lograr que, en el año 2020, al menos el 20 % del consumo final bruto de energía en España proceda del aprovechamiento de las energías renovables.[27]

■ **Novedad (Winter Package)**

Paquete de energía limpia para todos los europeos. [28]

**Objetivo**→Lucha contra el cambio climático hacia un nuevo modelo energético sostenible y descarbonización de la energía que nos beneficiará a todos.

- Los edificios son responsables del 40 % del consumo de energía y el 36 % de las emisiones de CO<sub>2</sub> en la UE.
- Para 2030, el 32 % de la energía debe ser procedente de fuentes renovables.
- Al menos el 32,5 % de eficiencia energética para 2030.

■ **Reglamento de la Gobernanza de la Unión Energética**

Consta de diversos planes en relación con el clima y energía, incluyendo objetivos, contribuciones, políticas y medidas nacionales para la descarbonización, eficiencia energética, seguridad energética, mercado interior de la energía e investigación, innovación y competitividad. [29]

#### 4.1.2. Nivel Nacional (España)

■ **Ley del 2007 de Energías Renovables**

Fomento de las energías renovables y del ahorro y eficiencia energética de Andalucía. [30]

Esta ley facilita el aprovechamiento de la riqueza natural de esta zona.

- Promoción de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables en el mercado interior de la electricidad.
- Fomento del ahorro y eficiencia energética.

■ **Real Decreto 15/2018 de 5 de octubre** de medidas urgentes para la transición energética y protección de los consumidores.[31]

**Objetivo**→Economía de descarbonización.

- Eliminación del “Impuesto al sol”. [32]  
Era un impuesto que llegó de la mano del último Real Decreto de autoconsumo promovido por el exministro Soria, aplicado a la energía generada mediante el uso de paneles fotovoltaicos. El consumidor debía pagar los impuestos correspondientes por la energía que se producía en su instalación de autoconsumo. Tras su derogación en 2018, España puede volver a posicionarse, como ya se ha visto anteriormente, como referente en instalaciones de placas solares.
- Impuesto al vehículo eléctrico
- Medidas para proteger a los consumidores y moderar los precios de la electricidad.

#### 4.1.3. Nivel Regional (Cantabria)

- **Orden INN/48/2019, de 18 de diciembre** en la que se aprueba la convocatoria para el año 2020 de las subvenciones a actuaciones en energías renovables y ahorro y eficiencia energética. [33]
- **Ley Eólica y el Plan de Sostenibilidad Energética de Cantabria 2014-2020** [34]
  - Las tecnologías renovables conformarán en 2020 el 86 % de la potencia eléctrica instalada en Cantabria.
  - Ahorro en la importación de energía.

## 4.2. Ayudas/subvenciones a las energías renovables

La intervención financiera del estado en el sector energético lleva siendo habitual desde hace años. Los gobiernos utilizan las subvenciones para mejorar la seguridad del suministro, reducir la contaminación atmosférica y emisiones de gases de efecto invernadero, así como generar beneficios sociales y proteger el empleo. A continuación, se muestran algunas:

- **Castilla La Mancha publica la orden de ayudas para instalaciones de energías renovables para particulares con una inversión de 900.000 euros**

Se trata de que los ciudadanos puedan realizar apuestas por las energías renovables para autoconsumo, cuya inversión deberá ser superior a los 3.000 euros con un período mínimo de 3 años, siendo los costes de mano de obra subvencionados hasta el 30 por ciento de la inversión con límite de 6.000 euros. [35]
- **La AIE (Agencia Internacional de la Energía) presenta sus medidas anticrisis**

Debido a la crisis de la pandemia del COVID-19, se han propuesto una serie de medidas, aumentar el despliegue de energías renovables como solar y eólica, expansión y modernización de las redes eléctricas, mejorar la eficiencia energética de edificios o favorecer el transporte más limpio con vehículos eléctricos o trenes de alta velocidad. Esto supone un aumento de personal que han perdido sus puestos de trabajo durante la pandemia y por supuesto, se reducirían las emisiones de gases de efecto invernadero, siendo el principal causante el dióxido de carbono, con implicaciones beneficiosas para la salud de los ciudadanos. La inversión costaría alrededor del billón de euros anuales durante los próximos tres años. [36]
- **RBC (Royal Bank of Canada) renueva su apuesta en Bolsa por las renovables españolas**

Apuestan por las empresas de renovables frente a las que ofrecen servicios de electricidad, gas, agua o autopistas. La compañía agregó que en el plan de reconstrucción multimillonario estaban muy presentes las energías renovables, eligiendo así a la danesa Orsted, la alemana RWE y la española Acciona, citando además a la española Iberdrola. [37]
- **Impulso a la energía fotovoltaica con un plan de 20 millones para el Archipiélago**

El Consejo de Ministros acordó promover la energía solar fotovoltaica en las Islas Canarias mediante la convocatoria del programa SolCan, con estimación de 20 millones de euros. Hay solicitudes de permisos para que los promotores pongan en marcha plantas por más de 430.000 MW, cuadruplicando la potencia instalada en España. [38]

- **La empresa pública BiMEP firma un acuerdo con la tecnológica SAITEC para instalar el primer aerogenerador marino flotante en España**

Se desarrollará un proyecto piloto “Proyecto Piloto DemoSATH”, consistente en la instalación de una plataforma flotante con un aerogenerador marino de 2 MV. La energía eléctrica generada se trasladará a tierra mediante infraestructuras eléctricas submarinas y esa energía se inyectará a la red de distribución. El desarrollo de este proyecto ha contado con una ayuda de casi 2 millones de euros de fondos europeos. [39]

- **Extremadura elevará hasta los 35 millones de euros el presupuesto de ayudas a la rehabilitación energética de viviendas**

El Ministerio de Movilidad, Transporte y Vivienda de Extremadura aumentará el presupuesto para el “Programa de rehabilitación de energía de viviendas existentes en casi 20 millones de euros. Este programa persigue el ahorro energético y la disminución de las emisiones de efecto invernadero, así como mejorar la calidad de la edificación, mejorar la salud de sus propietarios y aumentar el confort. [40]

- **Francia pavimentará 1000 kilómetros de carretera con paneles solares**

Las carreteras generarán energía renovable para abastecer a 5 millones de personas. Llamado tecnología fotovoltaica Wattway, se ubican directamente sobre la superficie de la carretera sin que haga falta trabajo de ingeniería civil ni mantenimiento, y cubrirá el abastecimiento de alumbrado público, letreros luminosos, transportes eléctricos, viviendas y oficinas. [41]

## Capítulo 5

# Energía solar fotovoltaica en España

En este capítulo se va a realizar un estudio de la energía que se basará nuestra aplicación, que será la energía solar, y dentro de ésta la fotovoltaica.

### 5.1. Energía solar

La energía solar es aquella que proviene de la radiación electromagnética del Sol. Además de ser inagotable, es abundante y la principal fuente natural de energía para todo el planeta. Asimismo, de ésta derivan de manera directa o indirecta otras como la eólica o la hidráulica. Es considerada una de las energías renovables más desarrolladas y usadas de todo el mundo.

#### 5.1.1. Cómo se obtiene y usos

El calor y la luz del sol son concentrados mediante fotocélulas, heliostatos o colectores solares, en los paneles solares. En ellos, la energía de la luz solar se transforma en energía eléctrica (fotovoltaica) o energía térmica.

Un aspecto muy importante a tener en cuenta es que la intensidad de energía disponible en un punto depende del día del año, la hora, las condiciones atmosféricas, de la latitud y la orientación del dispositivo. En condiciones aceptables, la irradiancia (potencia de radiación), equivale a 1000 W/m<sup>2</sup> en la superficie terrestre.

Algunos de los usos más comunes de este tipo de energía son los siguientes: electricidad, transporte, calefacción y agua caliente, climatización de piscinas, riego de plantaciones, iluminación, baterías y cargadores solares. [42] [43]

#### 5.1.2. Tipos

Existen dos tipos principales, la pasiva y la activa. La primera permite aprovechar la energía procedente del Sol directamente sin procesarla como una arquitectura bioclimática y la segunda, que requiere un proceso de transformación energética y en la que hay que distinguir la fotovoltaica y la térmica que usan paneles fotovoltaicos y colectores solares térmicos.

En la siguiente sección se entrará a explicar la energía solar fotovoltaica.

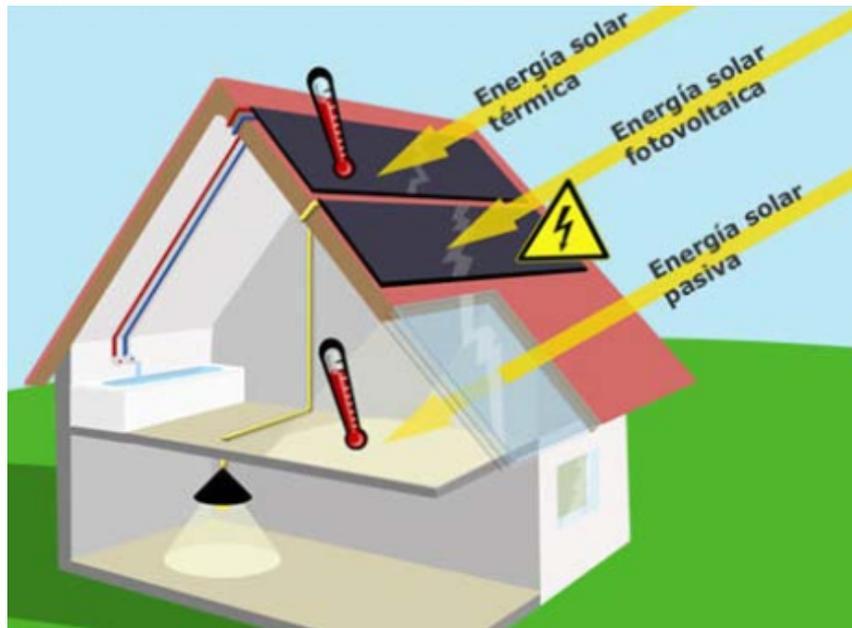


Figura 5.1: Representación diferentes tipos de energía solar

### 5.1.3. Energía solar fotovoltaica

Es el sistema más popular, que consiste en la transformación directa de la radiación solar en electricidad sacando partido a las propiedades de los materiales semiconductores en las células fotovoltaicas de los paneles solares. Estos paneles están formados por un conjunto de células fotovoltaicas (generalmente de silicio), en las cuales, por el efecto fotovoltaico, se absorben fotones y liberan electrones generando una corriente eléctrica. Al incidir la radiación solar sobre una de las caras se produce una diferencia de potencial eléctrico en ambas, liberándose los átomos que los contenían. Las células se conectan entre sí formando un circuito en serie y luego en paralelo a su vez en módulos (varios paneles fotovoltaicos). Cada panel genera corriente eléctrica continua que mediante un inversor se tiene que transformar en alterna.

En la siguiente Figura ?? se muestra una instalación solar con sus elementos, desde que se genera la electricidad hasta que se inyecta en la red de distribución para su posterior suministro.

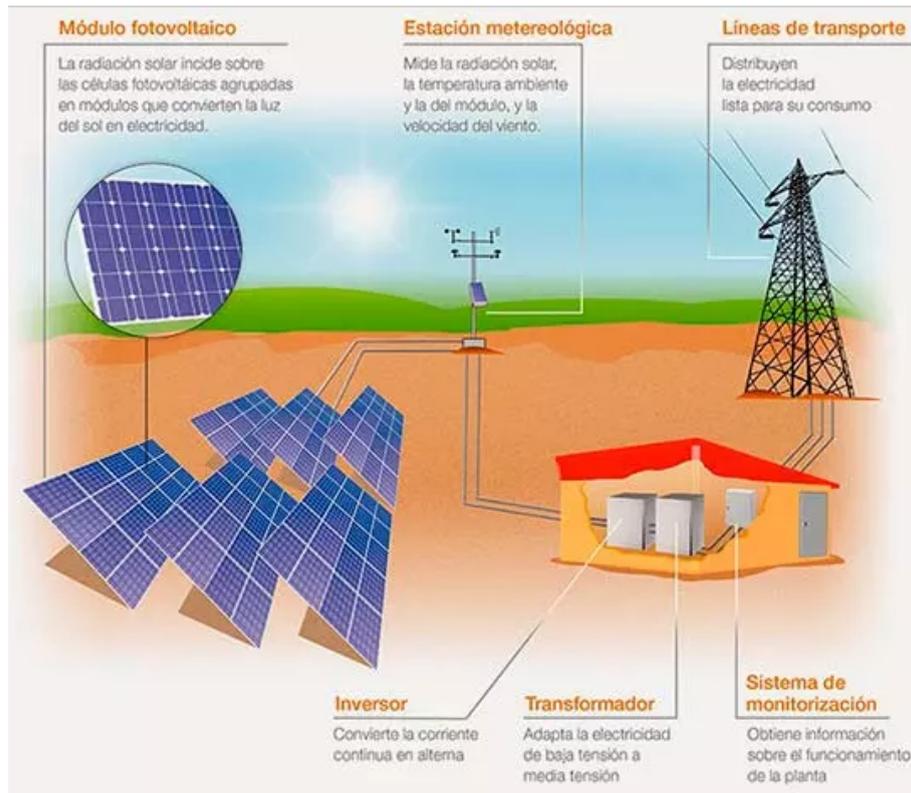


Figura 5.2: Instalación solar fotovoltaica

Una alternativa a las células de silicio es la de capa o película fina, formada por un depósito de una o varias capas delgadas de material fotovoltaico en un sustrato cuyo material puede ser de silicio amorfo, telurio de cadmio, cobre indio galio o seleniuro, células solares sensibilizadas por colorante o células solares orgánicas (OPV) que, aunque están en período de investigación, prometen revolucionar el sector, ya que una de las ventajas es que conseguirán reducir aún más los costos.

Es importante mencionar que, en los paneles fotovoltaicos, aunque se produzcan días nublados, pueden funcionar a menor rendimiento.

#### 5.1.4. Ventajas vs desventajas

Algunas de las ventajas y desventajas más importantes de este tipo de energía se recogen a continuación. [44]

	Ventajas	Desventajas
<b>Para el planeta</b>	- Disponibilidad a nivel mundial - Utilización de regiones desérticas	- Uso de químicos tóxicos en su fabricación - Sitios de producción (desiertos), alejados de centros poblados
<b>Para el medio ambiente</b>	- Energía alternativa - Baja emisión de gases efecto invernadero	- Depende del clima - Variabilidad de la luz solar
<b>Para la sociedad</b>	- Aprovechamiento de espacio urbano - Bajo costo de mantenimiento - Desarrollo tecnológico	- Alto costo de inversión inicial - Sistemas de almacenamiento (baterías) - Baja eficiencia de producción energética.

Cuadro 5.1: Ventajas y desventajas de la energía solar fotovoltaica

### 5.1.5. Datos registrados generación eléctrica fotovoltaica en 2019

En 2019, el total de potencia solar instalada fue de 11.217 MW, siendo en solar fotovoltaica de 8.913 MW como se ve en la **Figura ??** en 2019. Durante unos años, se ha mantenido constante hasta llegar a este, incrementándose con respecto al anterior un 90 %, siendo este aumento el mayor de la historia. [45]

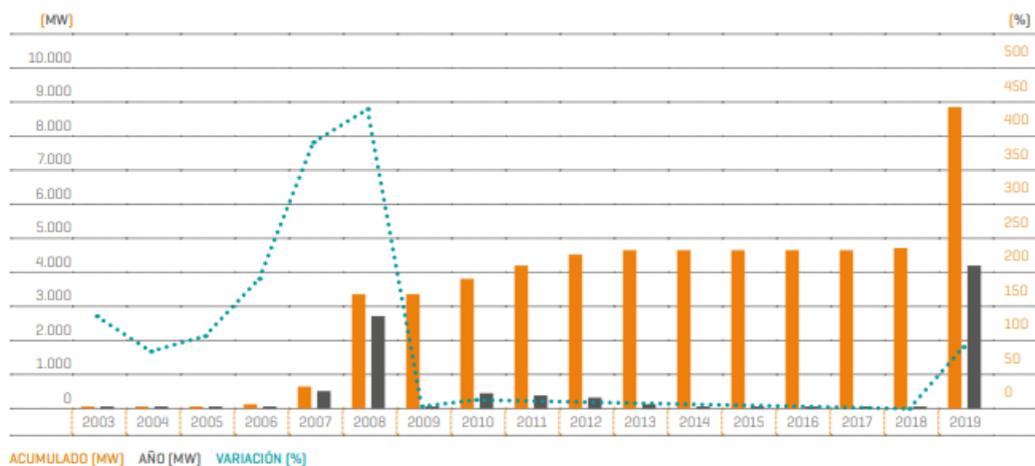


Figura 5.3: Variaciones de potencia solar fotovoltaica instalada en España en MW. Fuente: REE

Las estaciones también juegan un papel importante, condicionando la producción de electricidad, siendo mayor en los meses de verano y menor en los de invierno. A consecuencia de esto y la zona geográfica, la potencia instalada varía de unas comunidades a otras. Andalucía se sitúa en primera posición, seguida de Castilla-La Mancha, Extremadura y Murcia. Las cuatro conforman el 66 % de la potencia solar fotovoltaica instalada. Por el otro lado, se sitúan prácticamente todas las del norte, junto a Melilla, y sin existencia en Ceuta.

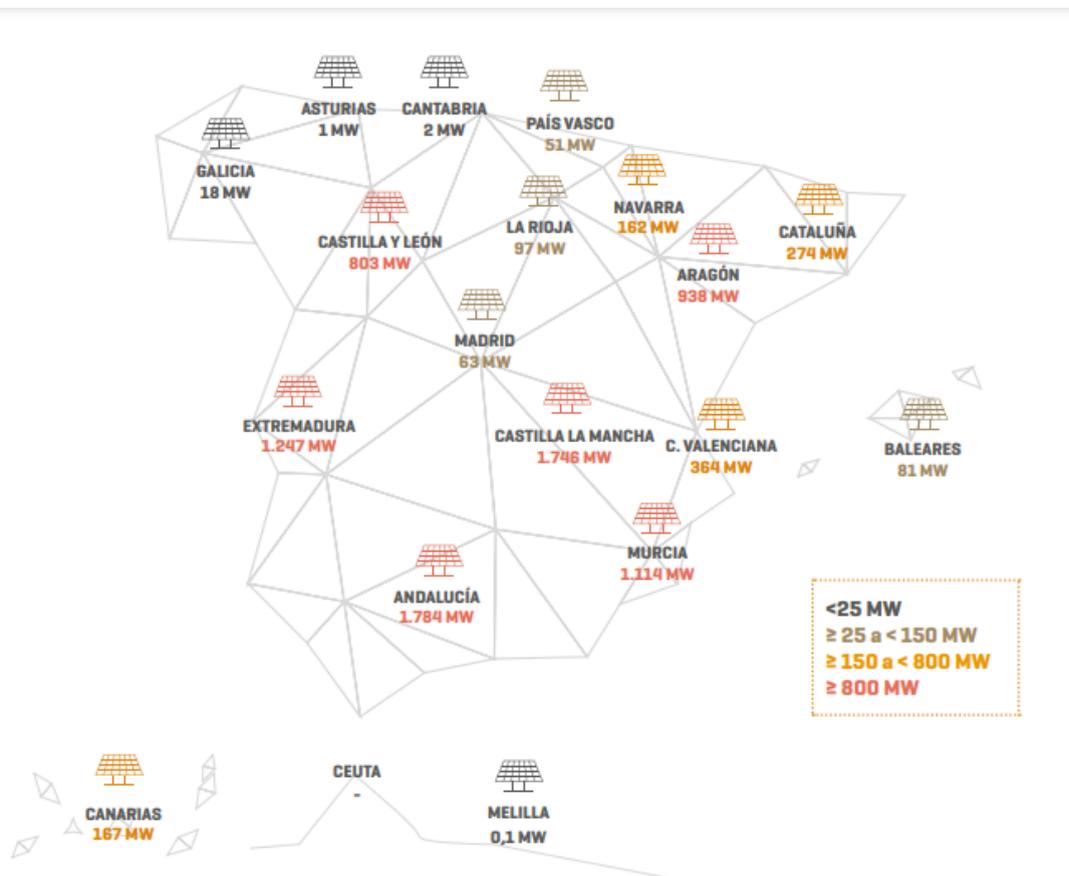


Figura 5.4: Potencia solar fotovoltaica instalada en España en 2019 por Comunidades Autónomas en MW. Fuente: REE

En cuanto a generación, se observa un ligero ascenso pasando de los 9.000 GWh en el año 2019, siendo los anteriores años oscilantes en los 8.000 GWh, con generación eléctrica mayor en las mismas zonas con mayor potencia solar instalada.

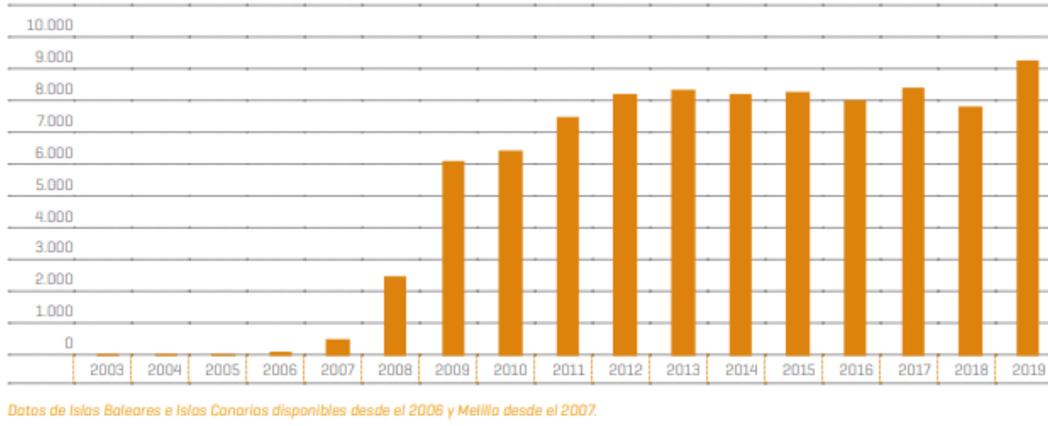


Figura 5.5: Variaciones de generación solar fotovoltaica en España en GWh. Fuente: REE

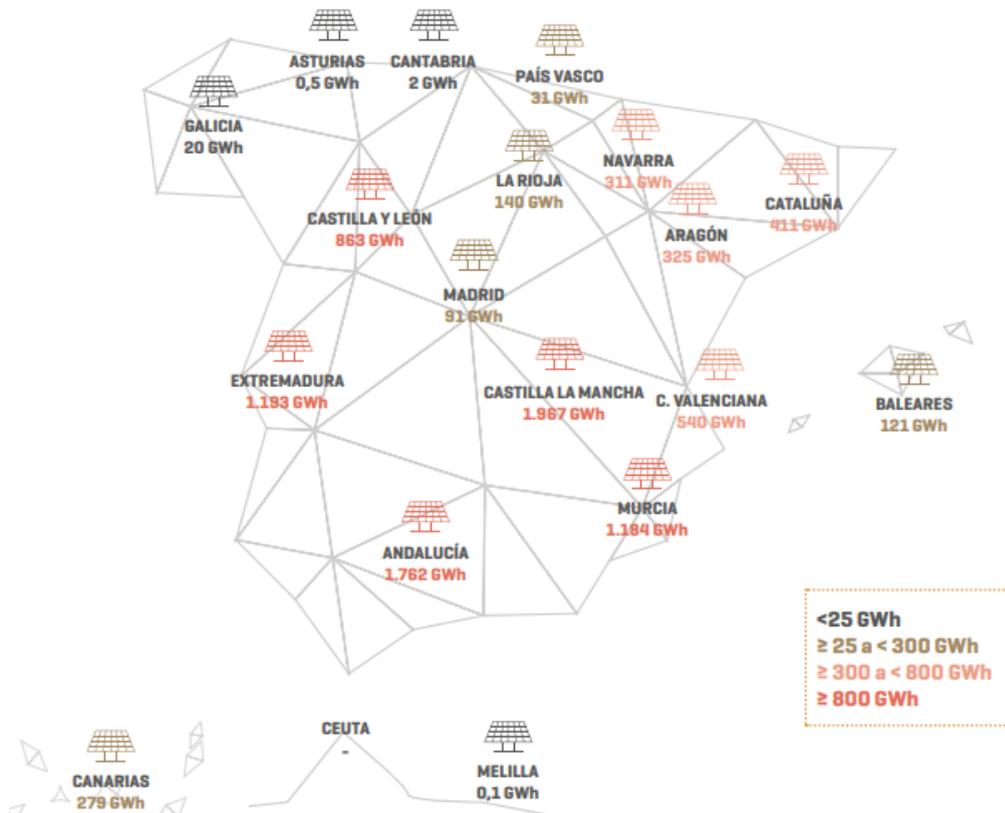


Figura 5.6: Generación solar fotovoltaica en España en 2019 por Comunidades Autónomas en GWh. Fuente: REE

## Capítulo 6

# Desarrollo de aplicación de escritorio para la estimación de la generación fotovoltaica en España

En este capítulo, se expondrá el desarrollo de la aplicación, en la cual se va a llevar a cabo una estimación de la energía fotovoltaica por Comunidades Autónomas a pasado y a futuro.

### 6.1. Propósito inicial de la aplicación

Con esta aplicación, se pretende agilizar el proceso de consulta de energía fotovoltaica por Comunidades, mediante una interfaz intuitiva y fácil de usar. Permitirá al usuario obtener dicha información a pasado y futuro, con datos obtenidos de PVGIS[46], que es una herramienta en línea gratuita capaz de calcular la generación eléctrica potencial mensual y anual de un sistema fotovoltaico con módulos definidos de inclinación y orientación. Finalmente, mediante el uso de REE, se cuantificará una estimación del error cometido.

Para su implementación, se va a utilizar el entorno de desarrollo integrado Microsoft Visual Studio para Windows, con lenguaje de programación C#.

### 6.2. Descripción general y funcionamiento

A continuación, se muestra una captura general de la aplicación, la cual a parte de la funcionalidad mencionada anteriormente, se ha dotado de funciones extra para darla una apariencia más completa.



Figura 6.1: Visualización de la aplicación

La parte en la que se va a centrar el estudio es en el botón Cálculos. Dentro, la estimación de energía pasada y a futuro.

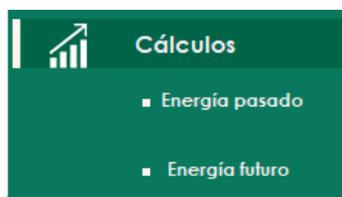


Figura 6.2: Botón Cálculos

Antes de continuar es conveniente definir dos conceptos teóricos para poder entender más adelante los cálculos realizados.

- **Irradiación solar:** es la magnitud que calcula la energía por unidad de área de radiación solar incidente en una superficie colocada en un lugar y rango de tiempo bien especificados. La magnitud que describe la radiación solar que llega a la tierra es la irradiancia que se expresa en  $\text{Wh}/\text{m}^2$ . [46]
- **HSP (Hora Solar Pico:** (frecuentemente utilizada para realizar cálculos fotovoltaicos), es la cantidad de energía solar que recibe un metro cuadrado de superficie en horas y depende de la localización y la época del año. [47]

A continuación, se explica en detalle la primera de las opciones. Se implementan los mapas de Google para tener una mayor visualización de los datos consultados, agregando un marcador que muestre la Comunidad Autónoma que se está consultando, seguido de la radiación registrada en ese mes, así como de la energía fotovoltaica de un día de ese mes junto con la semanal. En la parte

derecha, se sitúa un desplegable para escoger el mes a consultar y debajo la lista de Comunidades. Simplemente se tienen que seleccionar esas dos opciones y ver en el marcador los datos consultados. Para llevar a cabo todo esto, se administran paquetes NuGet y luego se agrega la librería de GMap.NET. Para situar los marcadores en la Comunidad correcta, se definen sus valores de latitud y longitud de cada una de ellas. Los valores de HSP se cogen del siguiente fichero Excel.

Andalucía	4,501	4,836	5,695	6,122	6,599	7,089	7,450	7,379	6,466	5,515	4,618	4,360
Aragón	3,873	4,959	5,687	6,189	6,526	6,893	7,391	7,224	6,439	5,161	3,910	3,438
Canarias	5,271	5,211	6,120	6,156	6,231	6,302	6,697	6,848	6,044	5,327	4,979	4,914
Cantabria	2,234	2,782	3,946	4,528	4,664	5,051	5,245	5,142	4,862	3,862	2,416	2,374
Castilla-La Mancha	4,067	4,875	5,705	6,231	6,531	7,019	7,565	7,386	6,562	5,407	4,310	3,967
Castilla y León	3,328	4,212	5,244	5,677	6,394	6,807	7,465	7,328	6,372	4,957	3,558	3,167
Cataluña	3,845	4,806	5,653	5,867	6,320	6,674	6,924	6,646	5,870	4,938	3,930	3,805
Comunidad Foral de Navarra	3,030	3,770	4,809	5,406	5,933	6,474	6,962	6,667	5,853	4,559	3,232	3,097
Comunidad de Madrid	3,961	4,750	5,600	6,149	6,579	7,027	7,593	7,465	6,605	5,311	4,143	4,021
Comunidad Valenciana	4,513	4,840	5,678	6,098	6,507	6,906	7,054	6,776	6,024	5,153	4,438	4,204
Extremadura	3,811	4,856	5,558	6,155	6,650	7,062	7,574	7,441	6,569	5,111	4,253	3,745
Galicia	2,510	3,530	4,442	5,064	5,450	5,935	6,263	6,273	5,494	4,045	2,755	2,522
Islas Baleares	3,920	4,448	5,407	5,935	6,368	6,687	6,908	6,549	5,523	4,787	3,820	3,701
La Rioja	2,976	3,308	4,264	4,838	5,233	5,804	6,392	6,184	5,287	4,439	2,964	2,943
País Vasco	1,718	2,554	3,748	4,413	4,813	5,279	5,564	5,243	4,642	3,627	2,062	1,731
Principado de Asturias	2,352	3,168	4,295	4,628	4,807	5,068	5,311	5,433	4,982	3,919	2,467	2,245
Región de Murcia	4,646	4,966	5,762	6,140	6,491	6,964	7,148	6,900	6,004	5,214	4,483	4,239

Figura 6.3: Valores de radiación(Wh/m2) obtenidos de PVGIS por meses

Para llegar a esos valores de HSP de una Comunidad y tiempo concreto, se accede a PVGIS, PV Performance tool, que existen tablas donde se encuentran estos valores usando las de la Unión Europea que son completas y gratis. [48]

The image shows the PVGIS web interface. On the left is a map of Spain with various regions labeled. On the right is a configuration panel titled 'DATOS PROMEDIO DIARIOS DE IRRADIANCIA'. The panel includes options for 'Base de datos de radiación solar', 'Mes', 'Hora UTC' or 'Hora local', 'Sobre plano fijo' (with checkboxes for irradiance and clear sky irradiance), 'Inclinación [°]' (set to 35), 'Azimut [°]' (set to 0), and 'Sobre plano con seguimiento' (with checkboxes for irradiance and clear sky irradiance). There is also a 'Temperatura' section with a checkbox for 'Perfil diario de temperatura'. At the bottom, there are buttons for 'Visualizar resultados', 'csv', and 'json'. Below the map, there are input fields for 'Dirección' (set to 'Eg. Ispra, Italy'), 'Lat/Lon' (set to 'Eg. 45.815', 'Eg. 8.811'), and a 'Dir.' button.

Figura 6.4: Visualización herramienta PVGIS

Se escoge en el mapa la Comunidad y posteriormente el mes, señalando la opción de irradiancia y visualizar datos. Se puede descargar un PDF en el que muestra con detalle los datos diarios de irradiancia por horas. Solo hay que hacer una estimación diaria de la irradiancia y pasarlo a HSP dividiendo el valor por 1000.

Se repite el proceso con cada mes del año y cada Comunidad Autónoma y se guarda en el Excel.

Para acceder a él, se crea el siguiente código:

```
private IDictionary<string, Array> load_csv()
{
    IDictionary<string, Array> datos = new Dictionary<string, Array>();
    string line;
    FileStream aFile = new FileStream("../Resources/datos.csv", FileMode.Open);
    StreamReader sr = new StreamReader(aFile);

    // Leer línea a línea del fichero
    while ((line = sr.ReadLine()) != null)
    {
        /* Data & comunidad */
        Array linea = line.Split(';');
        String comunidad = (String)linea.GetValue(0);
        /* Aux */
        String[] aux = new String[12];
        Array.ConstrainedCopy(linea, 1, aux, 0, linea.Length - 1);
        /* add */
        datos.Add(comunidad, aux);
    }
    sr.Close();

    return datos;
}
```

Figura 6.5: Acceso a nuestro fichero Excel con los datos de HSP

Y una vez cogido el valor deseado, solo hay que multiplicarlo con la potencia instalada en la Comunidad, obteniéndolas del informe de REE. Se finaliza mostrando una captura de cómo quedaría el marcador, que más adelante se verá con ejemplos.

```
marker.ToolTipText = string.Format("\n Comunidad Autónoma: {0} \n\n -Radiación: {1} Wh/m2\n " +
    "-Energía fotovoltaica al día: {2} MW/h\n -Energía fotovoltaica a la semana: {3} MW/h",
    comunidad,
    (mes < 0) ? "" : datosComunidad[mes],
    (mes < 0) ? 0 : float.Parse(datosComunidad[mes]) * potencia[comunidad],
    (mes < 0) ? 0 : float.Parse(datosComunidad[mes]) * potencia[comunidad] *7);|
```

Figura 6.6: Marcador del mapa indicando los valores deseados

Debajo una captura de la interfaz que se acaba de mencionar.

Adicionalmente, se añaden las opciones mostradas debajo del mapa para visualizarlo según las preferencias del usuario.

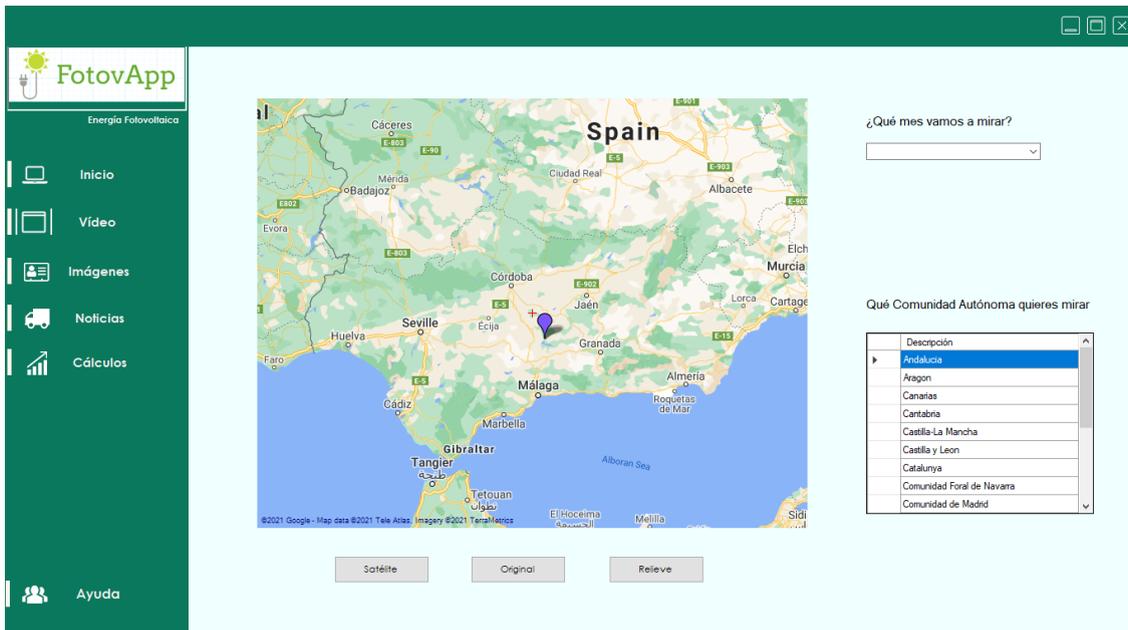


Figura 6.7: Interfaz del cálculo de energía del pasado

Y por el otro lado, la segunda opción. En esta parte se basa nuestro cálculo en la predicción meteorológica. Se va a utilizar la página web eltiempo.es porque es la que mejor diseño muestra para obtener la información que se necesita siendo los identificadores el elemento importante. Interesa el del clima que es el señalado, aunque se utilizará alguno más para dar mayor estética a la aplicación.

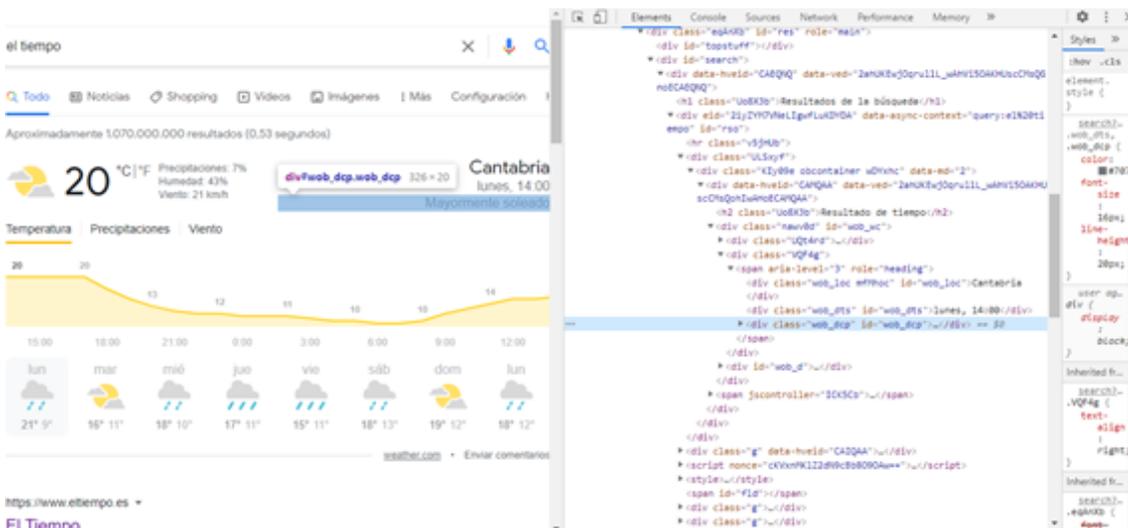


Figura 6.8: Inspección del código de la página eltiempo.es

Aquí se muestra la obtención de los identificadores que deseamos del tiempo, siendo el de la tercera línea el que se usa a continuación que indica el tipo de clima existente.

```
labelciudad.Text = webBrowser1.Document.GetElementById("wob_loc").InnerText;
labeltem.Text = webBrowser1.Document.GetElementById("wob_tm").InnerText;
labelclima.Text = webBrowser1.Document.GetElementById("wob_dc").InnerText;
labeldia.Text = webBrowser1.Document.GetElementById("wob_dts").InnerText;
labelprecip.Text = webBrowser1.Document.GetElementById("wob_pp").InnerText;
labelhumedad.Text = webBrowser1.Document.GetElementById("wob_hm").InnerText;
labelviento.Text = webBrowser1.Document.GetElementById("wob_ws").InnerText;
pbclima.ImageLocation = webBrowser1.Document.GetElementById("wob_tci").GetAttribute("src");
pbclima.ImageLocation = webBrowser1.Document.GetElementById("wob_tci").GetAttribute("src");
pbclima.ImageLocation = webBrowser1.Document.GetElementById("wob_tci").GetAttribute("src");
```

Figura 6.9: Obtención de identificadores para nuestra aplicación

Se muestran tres desplegables, en los que se tendrá que escoger el día de la semana que interesa consultar, la estación y la capital. Se utilizan en este caso las capitales porque en la búsqueda por comunidades había identificadores que no se mostraban.

Debajo una captura de parte del código, en donde coincidiendo `textBoxbusqueda.Text` que recoge la capital que se ha marcado en el desplegable, `estacion.Text` la estación del año y `labelclima.Text` el clima que hace, mostrará por pantalla la radiación existente junto a la energía fotovoltaica al día. Se divide cada capital en las cuatro estaciones y dentro según el clima, dividiéndose en general en lluvia, sol y nubes. Los valores que se muestran en `resultado.Text` están basados en el anterior cálculo teniendo en cuenta en este caso el tipo de clima que va a haber según la estación y la capital y en `potencia.Text`, las HSP multiplicadas por la potencia instalada.

```
switch (textBoxbusqueda.Text)
{
    case "Sevilla":
        switch (estacion.Text)
        {
            // PRIMAVERA
            case "Primavera":

                switch (labelclima.Text)
                {
                    // lluvia
                    case "Chubascos dispersos":
                    case "Lluvia y nieve":
                    case "Chubascos":
                    case "Lluvia":
                    case "Tormentas dispersas":
                    case "Tormenta eléctrica":
                        resultado.Text = "4031 Wh/m2";
                        repotencia.Text = "7.37 GWh";
                        break;
                    // sol
                    case "Soleado":
                    case "Mayormente soleado":
                    case "Despejado, con intervalos nubosos":
                        resultado.Text = "6201 Wh/m2";
                        repotencia.Text = "11.34 GWh";
                        break;
                    // nubes
                    case "Parcialmente nublado":
                    case "Nublado":
                    case "Mayormente nublado":
                        resultado.Text = "5271 Wh/m2";
                        repotencia.Text = "9.64 GWh";
                        break;
                    default:
                        resultado.Text = "-1";
                        break;
                }
            }
        }
    break;
}
```

---

Figura 6.10: Ejemplo parte de código que mostraría resultados finales

Finalmente se muestra la interfaz resultante del cálculo de energía a futuro.

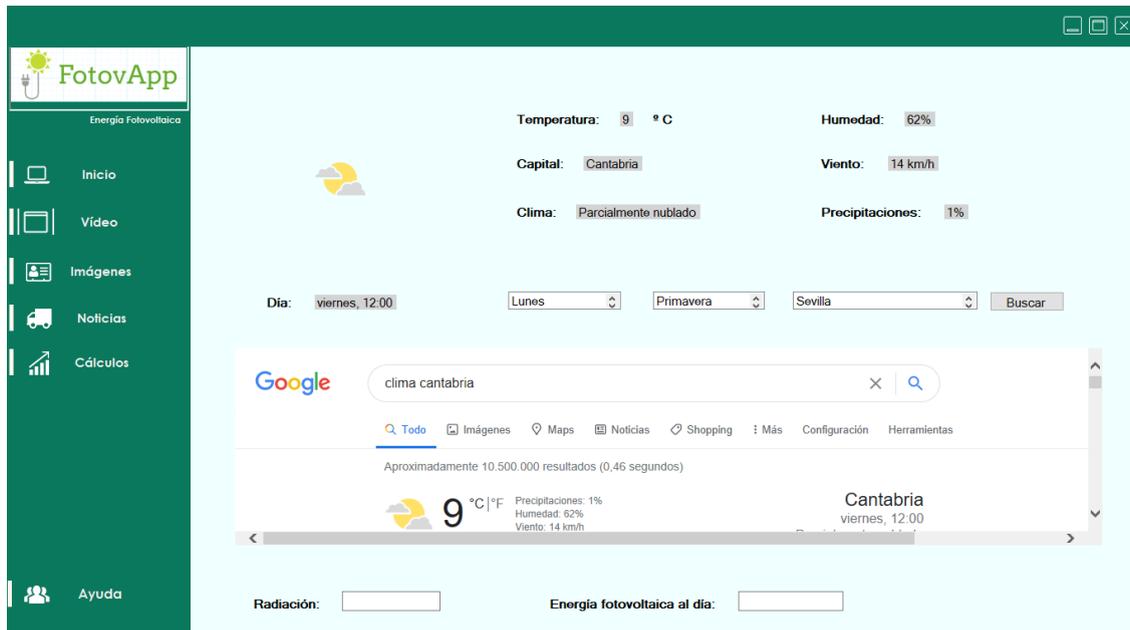


Figura 6.11: Interfaz del cálculo de energía a futuro

### 6.3. Ejemplos de la aplicación

Una vez mostrada la descripción general de la aplicación en detalle, se mostrarán algunos ejemplos. Primero con el cálculo a pasado, mostrado en la siguiente **Figura 6.12**.

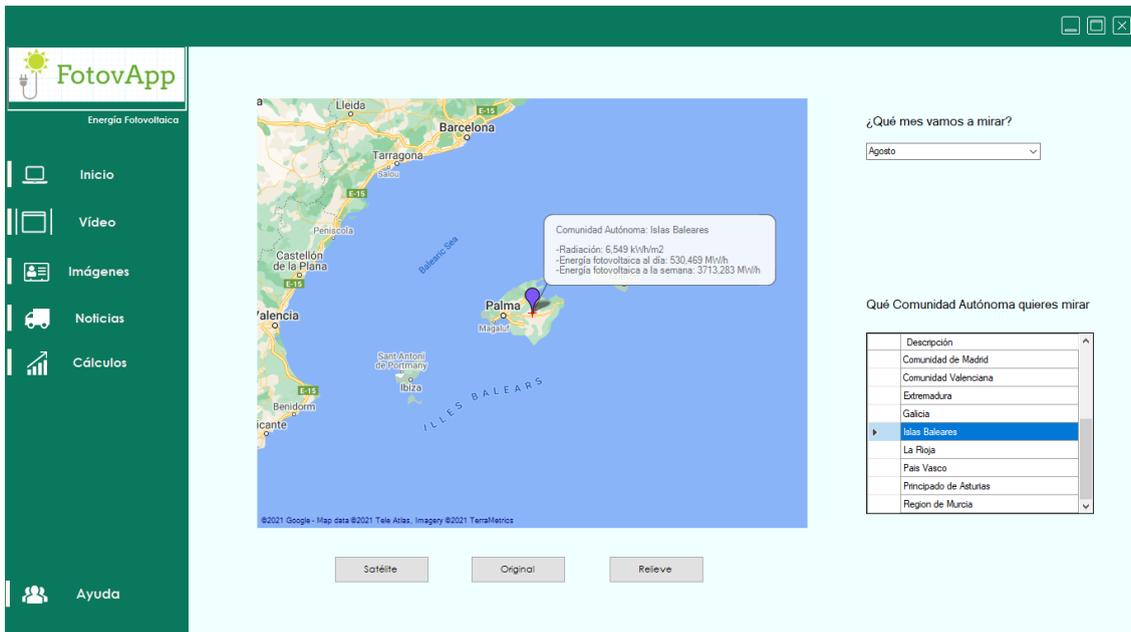


Figura 6.12: Ejemplo 1

Al escoger el mes de agosto, muestra la radiación de un día cualquiera de ese mes, según el valor medio obtenido de PVGIS. En este caso sería una media de 6.549 Wh/m<sup>2</sup> y se comprueba este valor en alguna web del tiempo, en este caso en Weather Spark[49], dando un valor promedio de 6.700 Wh/m<sup>2</sup>. Con estos dos valores, se comprueba que la estimación es bastante aproximada al valor real.

Otro ejemplo para hacer comprobaciones. En este caso, de Castilla y León.

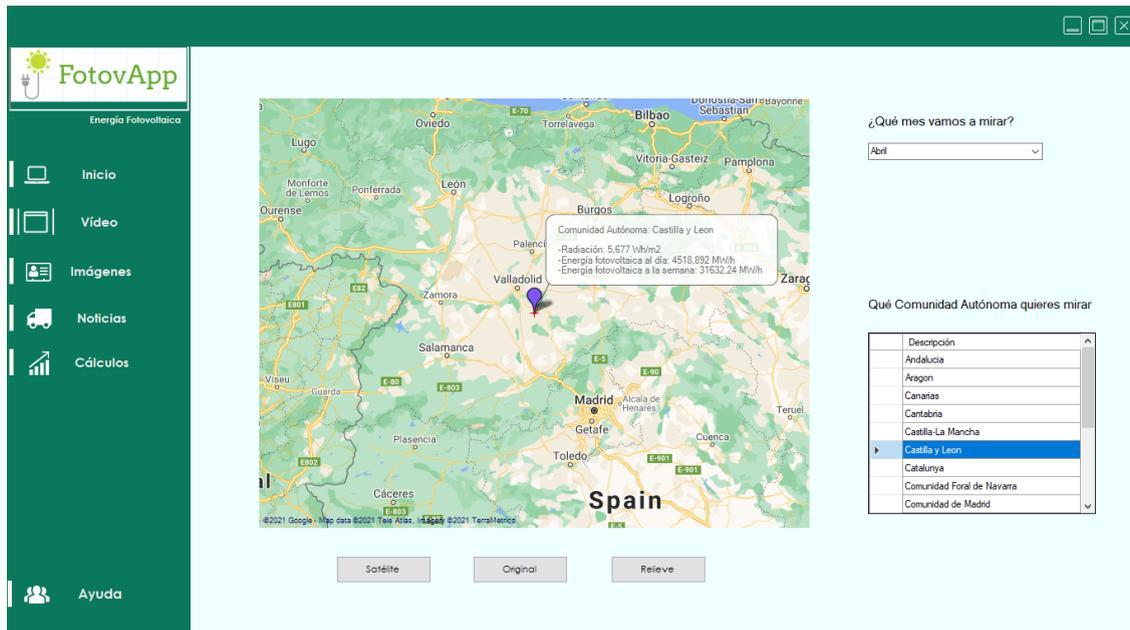


Figura 6.13: Ejemplo 2

Muestra el marcador un valor de 5.677 Wh/m<sup>2</sup> de radiación diaria para un día de abril en Castilla y León, y volviendo a hacer el mismo procedimiento anterior en este caso se tiene un valor de 5.800 Wh/m<sup>2</sup>. Se comprueba de nuevo la cercanía de los resultados de la aplicación.

Y ahora la estimación de energía fotovoltaica a futuro, basada en la predicción meteorológica. En este caso, la comprobación de los resultados se realiza en el apartado de balance diario y canario, solo con estas dos debido a que el sistema peninsular viene el cálculo global y no desglosado por Comunidades. En las siguientes **Figura 6.14** y **Figura 6.15**, se escogen para nuestro estudio un sábado y domingo de primavera en las Islas Baleares. Para el primer día, al ser parcialmente nublado correspondería un total de 407.84 MWh y para el segundo siendo mayormente soleado le corresponden 479.84 MWh. Como se puede ver en las **Figura 6.16** y **Figura 6.17**, la generación real es de 409 MWh y 485 MWh respectivamente, por lo que comparado con el resultado ofrecido por la aplicación tendríamos un error muy bajo.

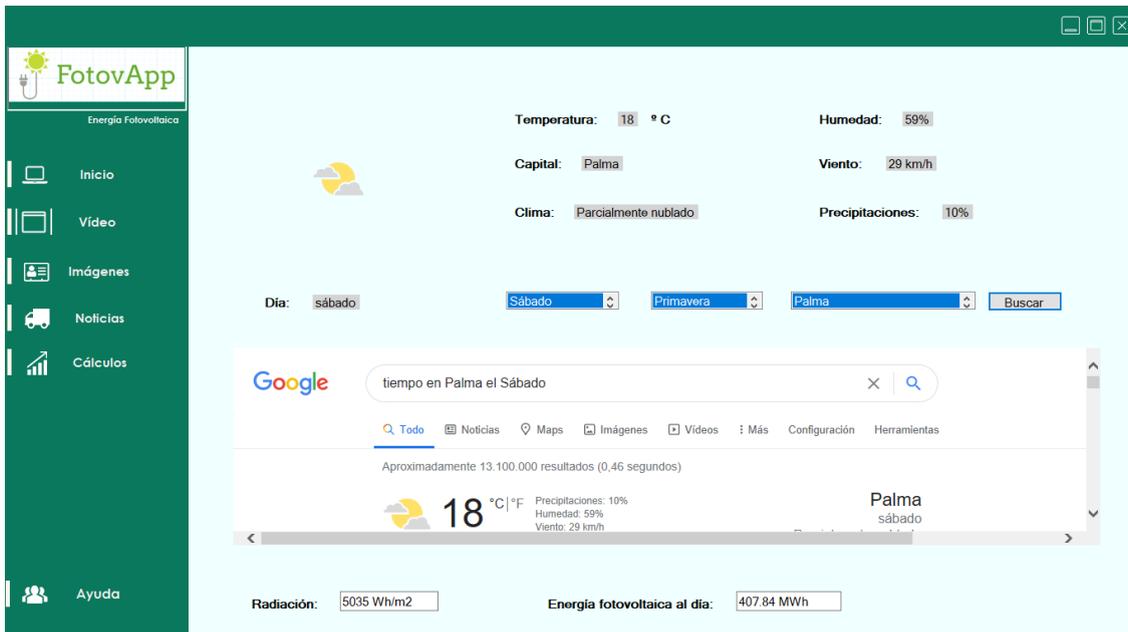


Figura 6.14: Ejemplo 3

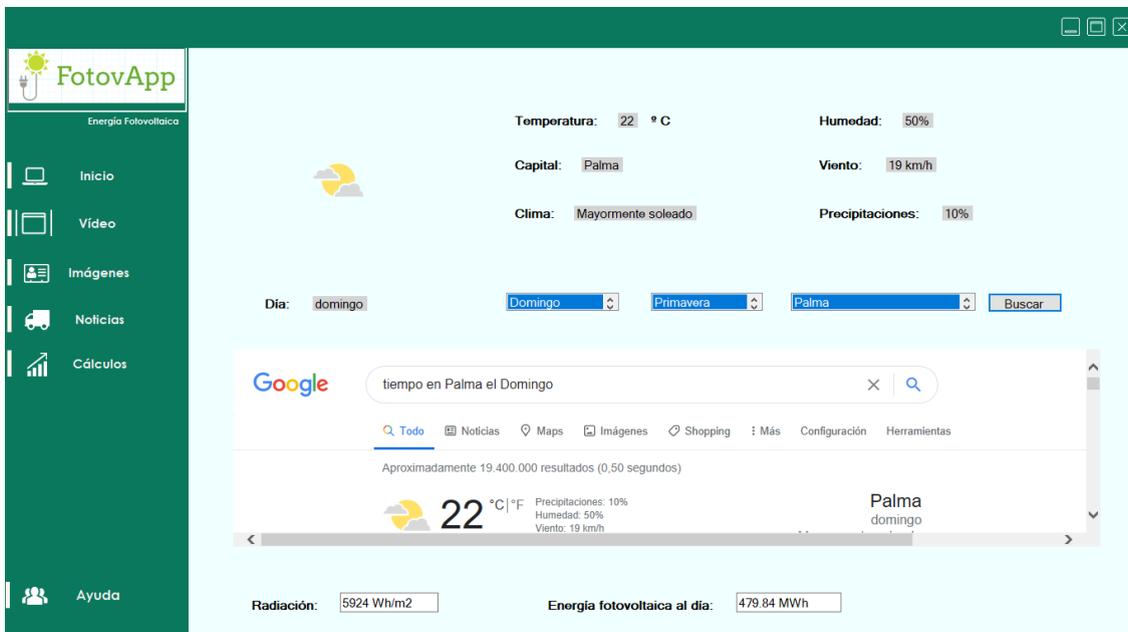


Figura 6.15: Ejemplo 4

Este error numérico pequeño puede deberse principalmente a que la consulta en la aplicación se hizo dos días previos y la climatología no cambió.



Balance eléctrico (GWh) <sup>(1)</sup>	Día
Carbón	0
Motores diesel	527
Turbina gas	162
Fuel + Gas	689
Ciclo combinado <sup>(3)</sup>	6.908
Generación auxiliar <sup>(4)</sup>	0
Eólica	20
Solar fotovoltaica	409

Figura 6.16: Comprobación Ejemplo 3



Balance eléctrico (GWh) <sup>(1)</sup>	Día
Carbón	0
Motores diesel	481
Turbina gas	78
Fuel + Gas	558
Ciclo combinado <sup>(3)</sup>	6.177
Generación auxiliar <sup>(4)</sup>	0
Eólica	5
Solar fotovoltaica	485

Figura 6.17: Comprobación Ejemplo 4

A continuación se muestra lo que ocurre por ejemplo en Canarias.

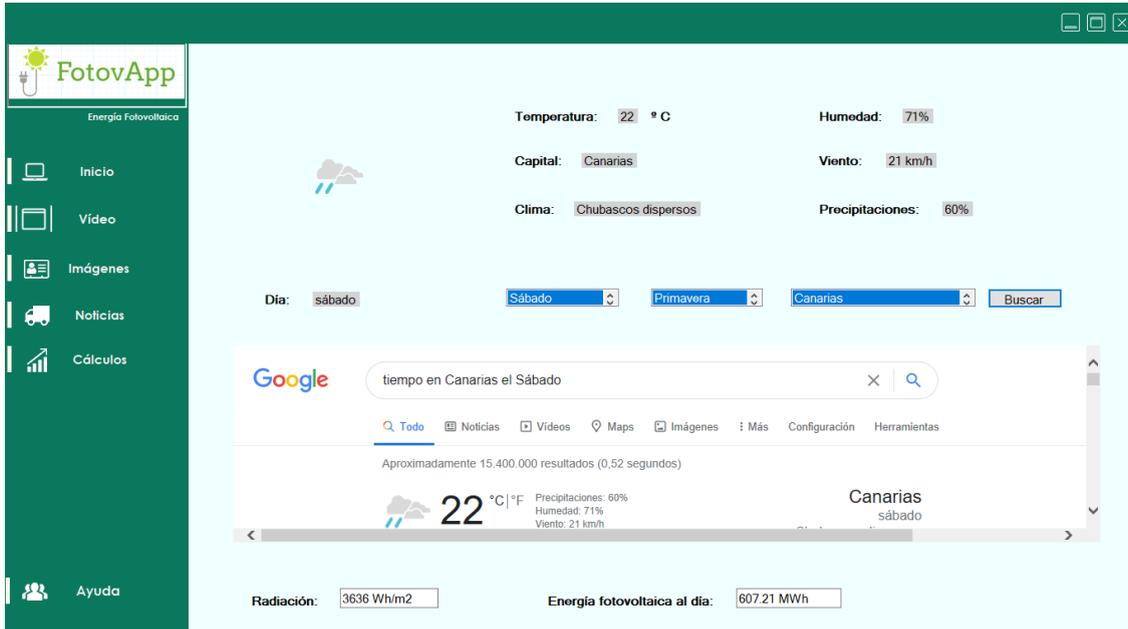


Figura 6.18: Ejemplo 5

En este caso, el día escogido ha sido sábado, con predicción de chubascos dispersos dando lugar a 607.21 MWh.



Balance eléctrico (GWh) <sup>(1)</sup>	Día
Hidráulica	0
Motores diesel	4.660
Turbina gas	137
Turbina vapor	2.791
Fuel + Gas	7.587
Ciclo combinado <sup>(3)</sup>	10.374
Hidroeléctrica	10
Eólica	1.705
Solar fotovoltaica	751

Figura 6.19: Comprobación Ejemplo 5

En este caso se consulta la meteorología que finalmente hizo ese día y se comprueba que cambió, por tanto el valor estimado quedó algo más alejado del real.

A continuación, las siguientes capturas se han tomado en unas semanas posteriores, concretamente un lunes, para tener más ejemplos en periodos de tiempo separados.

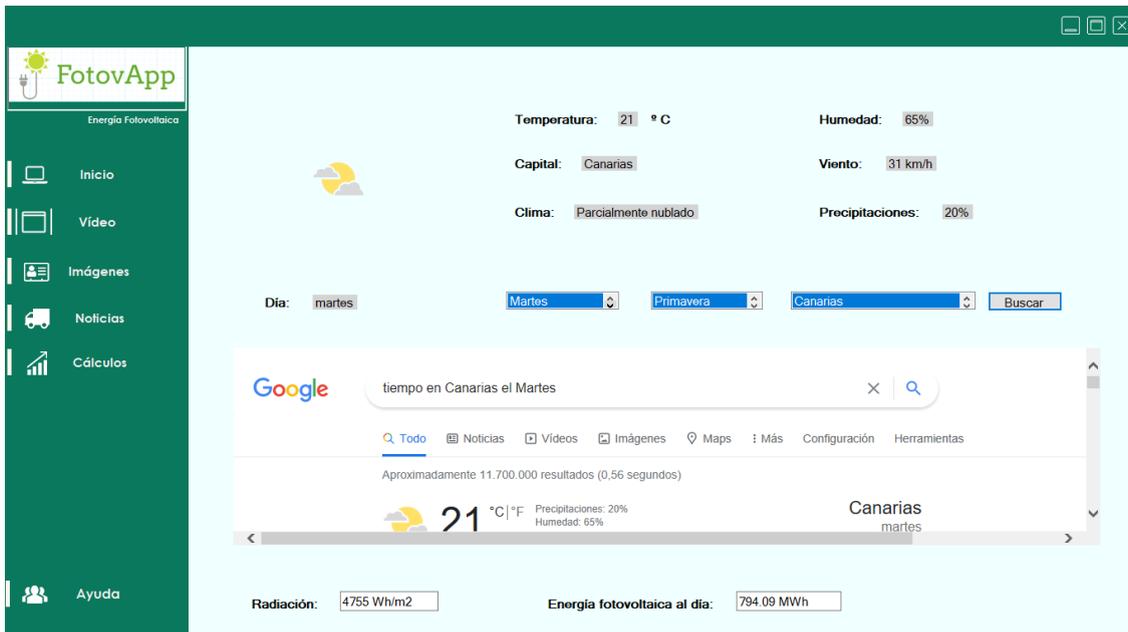


Figura 6.20: Ejemplo 6



Balance eléctrico (GWh) <sup>(1)</sup>	Día
Hidráulica	0
Motores diesel	4.165
Turbina gas	586
Turbina vapor	1.836
Fuel + Gas	6.587
Ciclo combinado <sup>(3)</sup>	8.737
Hidroeléctrica	80
Eólica	5.046
Solar fotovoltaica	886

Figura 6.21: Comprobación Ejemplo 6

En este caso, en Canarias, los datos son algo más variables, consultando el clima al día siguiente, no estuvo tan nublado y de ahí podría ser la diferencia, en cambio en la siguiente que sería estimado a seis días posteriores a la captura, se comprueba que efectivamente se produce mayor error debido a que finalmente hizo un día soleado.

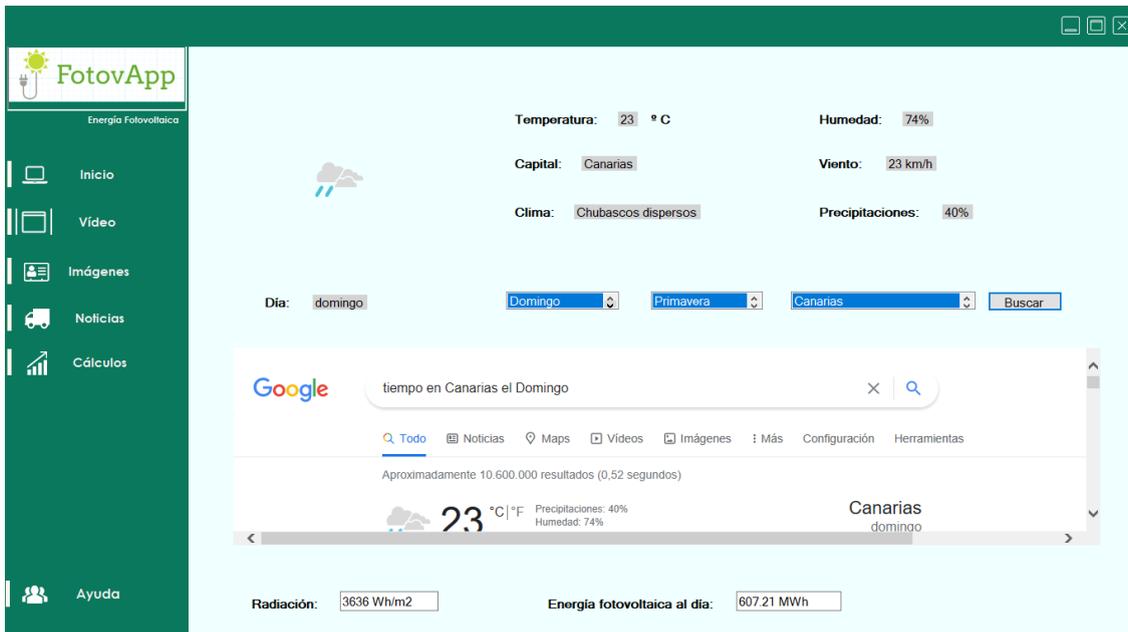


Figura 6.22: Ejemplo 7



Balance eléctrico (GWh) <sup>(1)</sup>	Día
Hidráulica	0
Motores diesel	4.918
Turbina gas	111
Turbina vapor	1.739
Fuel + Gas	6.769
Ciclo combinado <sup>(3)</sup>	10.398
Hidroeléctrica	27
Eólica	763
Solar fotovoltaica	933

Figura 6.23: Comprobación Ejemplo 7

Para Baleares, los datos quedan aproximados comprobados para el martes, quedando un error pequeño.

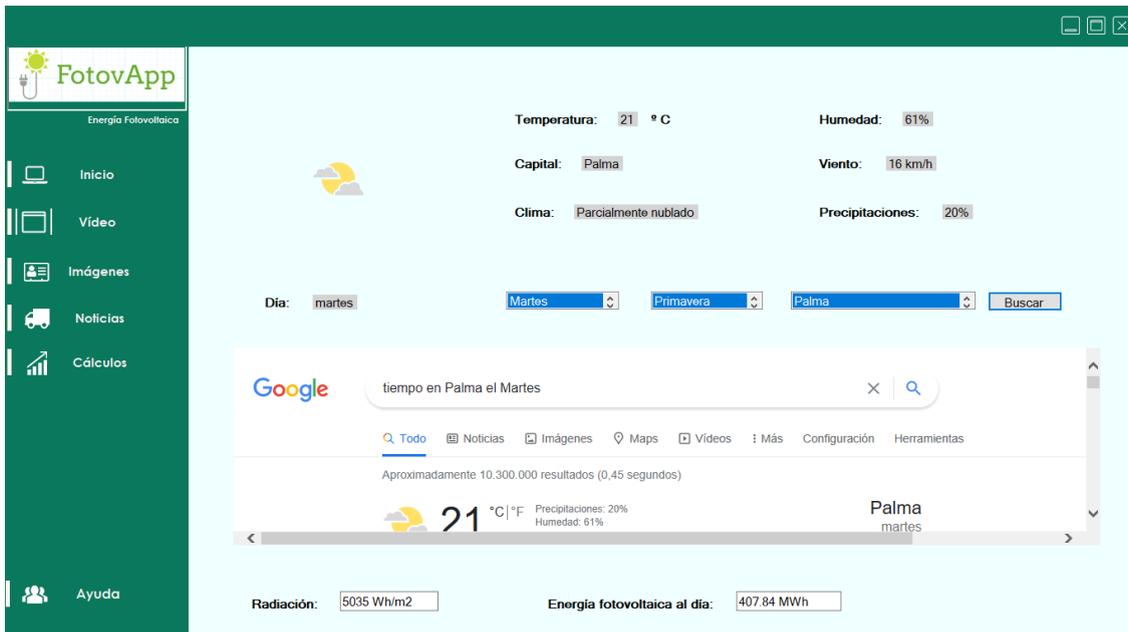


Figura 6.24: Ejemplo 8



Balance eléctrico (GWh) <sup>(1)</sup>	Día
Carbón	0
Motores diesel	562
Turbina gas	182
Fuel + Gas	744
Ciclo combinado <sup>(3)</sup>	6.765
Generación auxiliar <sup>(4)</sup>	0
Eólica	1
Solar fotovoltaica	438

Figura 6.25: Comprobación Ejemplo 8

En cambio si se miran en domingo, vuelven a variar, comprobando una vez más que cuanto más se alejen los días, mayor probabilidad de que cambie el clima, como pasa cuando se consulta el tiempo que puede variar según pasan los días.

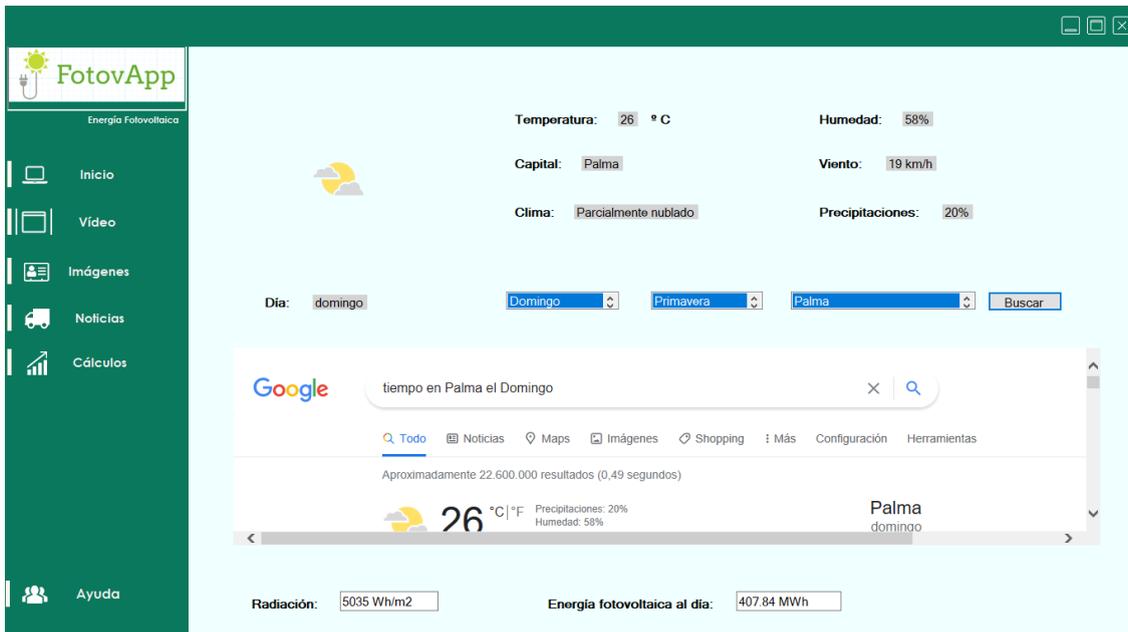


Figura 6.26: Ejemplo 9

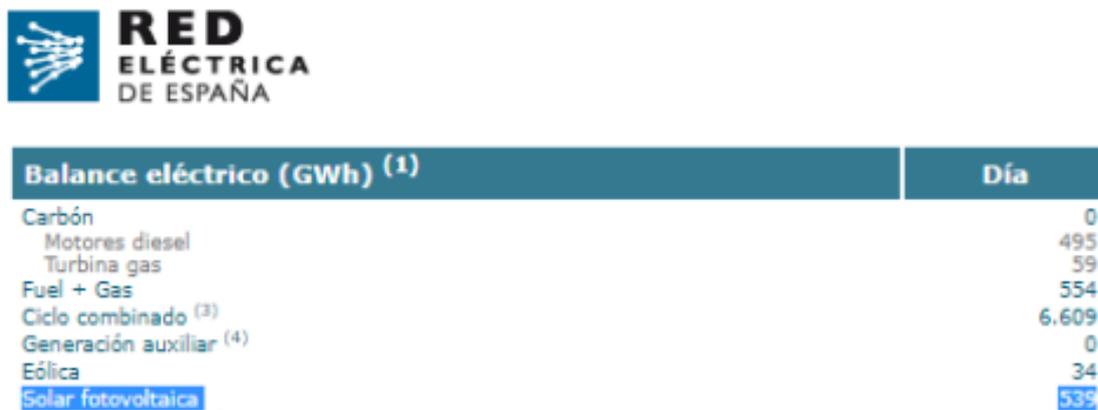


Figura 6.27: Comprobación Ejemplo 9

Como conclusión, la primera parte los cálculos son bastante similares a los registrados, ya que únicamente se tiene en cuenta la radiación media de un día de cada mes en la Comunidad que queremos hacer el estudio, e independientemente de la página que se consulte para hacer la comprobación, siempre quedan valores similares, en cambio, al usar el otro método, en algunos casos se comete un mayor error debido principalmente a que la meteorología puede cambiar bastante en cuestión de horas y dependerá del día en que se consulte dicho valor ya que si hoy es por ejemplo martes y se quiere consultar para el domingo, si se accede en días más cercanos a esa fecha puede que la estimación sea más aproximada.

## Capítulo 7

# Conclusiones y líneas futuras

Es un hecho que el cambio climático es un problema de todos y en la medida que todas las personas tomen conciencia acerca de este problema, se podrá actuar en conjunto como sociedad. Aunque las decisiones principales son tomadas por los gobiernos de los países, hay muchas formas de ayudar que están a nuestro alcance.

Está provocando cambios meteorológicos, como pueden ser el aumento de las temperaturas, del nivel del mar y efectos meteorológicos extremos como pueden ser inundaciones, sequías, grandes incendios olas de calor y por otro lado efectos sobre la salud como la reciente pandemia del Coronavirus(COVID-19). Aunque de ésta última hay que destacar que ha generado la mayor caída en la emisión de CO<sub>2</sub> que se tenga registrada debido al descenso de aviones en los cielos y menor uso de automóviles en fechas de confinamiento domiciliario, aunque estos beneficios sean solo temporales.

El principal objetivo debería ser la reducción drástica de emisiones de dióxido de carbono ya que la combustión de combustibles fósiles para la generación de energía provoca alrededor del 70-75% de estas emisiones, y continuar con una transformación del sistema energético actual y seguir apostando por el incremento de las energías renovables.

Al realizar el estudio de la aplicación, se observa que en España no se destina gran inversión a infraestructuras de energía solar fotovoltaica, ya que la diferencia de potencia instalada entre años es mínima e incluso inexistente en algunas Comunidades Autónomas. También hay que tener en cuenta los recursos de los que disponga el país sobre todo por Comunidades e invertir en aquellas en las que se puede obtener mayor beneficio. Por ejemplo, en las zonas del sur convendría instalar más infraestructuras solares mientras que en el norte centrales hidroeléctricas.

Como líneas futuras, propongo seguir investigando acerca del cambio climático para analizar si existe una mejoría con el paso de los años, si se ha mantenido o ha empeorado. Además, se podría mejorar la aplicación actualizando datos y haciendo comparaciones con años anteriores o incluso añadiendo otras fuentes de energías renovables como pueden ser la eólica o la hidráulica ya que son las más destacables en nuestro país. También realizar las estimaciones centrándose en una Comunidad y obtener más datos y variables para realizar un estudio más profundo.

## Capítulo 8

# Bibliografía y Referencias

- [1] La importancia de las energías renovables — ACCIONA. <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/>.
- [2] <https://www.factorenergia.com/wp-content/uploads/2016/06/emiliresp.jpg>, Emili Rousaud Socio fundador de factorenergia. «Energías renovables: características, tipos y nuevos retos». factorenergia, <https://www.factorenergia.com/es/blog/noticias/energias-renovables-caracteristicas-tipos-nuevos-retos/>.
- [3] «¿Conoces las diferencias entre la energía renovable y la no renovable? — Naturarla». Naturarla: Comunidad para los amantes de la cocina, 21 de noviembre de 2013, <https://www.naturarla.es/conoces-las-diferencias-entre-la-energia-renovable-y-la-no-renovable/>.
- [4] <http://grupoibal.com/eolica>
- [5] <https://www.factorenergia.com/es/blog/autoconsumo/energia-solar/>
- [6] <https://www.rinconeducativo.org/es/recursos-educativos/que-es-el-biocombustible>
- [7] <https://www.hora.es/energia-osmotica/>: :text=La %20energ %C3 %ADa %20osm %C3 %B3tica %20o %20tambi %C3 %A9n,mar %2C %20el %20aprovechamiento %20de %20dicho
- [8] Novelec —, por Equipo Grupo. «Los mejores proyectos en energías renovables». Grupo Novelec, <https://blog.gruponovelec.com/energias-renovables/los-mejores-proyectos-energias-renovables/>
- [9] Novelec —, por Equipo Grupo. «Los 7 proyectos de energías renovables más ambiciosos del mundo». Grupo Novelec , <https://blog.gruponovelec.com/energias-renovables/los-proyectos-energias-renovables-mas-ambiciosos-del-mundo/>.
- [10] «Cambio climático: soluciones y medidas para frenarlo». Ingredientes que Suman, 14 de agosto de 2019, <https://blog.oxfamintermon.org/cambio-climatico-soluciones-medidas/>.
- [11] Rubio, Javier Fernández. «El cambio climático reduce la población de aves acuáticas en los humedales de Cantabria». elDiario, 29 de junio de 2020, [https://www.eldiario.es/cantabria/ultimas-noticias/climatico -poblacion-acuaticas-invernan-cantabria\\_16051542.html](https://www.eldiario.es/cantabria/ultimas-noticias/climatico -poblacion-acuaticas-invernan-cantabria_16051542.html).

- [12] Los ecosistemas producirán más metano de lo previsto a causa del cambio climático. <https://www.factorco2.com/es/los-ecosistemas-produciran-mas-metano-de-lo-previsto-a-causa-del-cambio-climatico/noticia/7541>.
- [13] «Cantabria, única autonomía que elevó sus emisiones de gases de efecto invernadero». El Diario Montañés, 1 de julio de 2020, <https://www.eldiariomontanes.es/economia/comunidad-unica-autonomia-20200701200012-ntvo.html>.
- [14] «Hay más enfermedades nuevas que antes y la razón es el cambio climático». telecinco, 12 de junio de 2020, [https://www.telecinco.es/informativos/salud/enfermedades-nuevas-cambio-climatico\\_182961795296.html](https://www.telecinco.es/informativos/salud/enfermedades-nuevas-cambio-climatico_182961795296.html).
- [15] «Los manglares desaparecerán en 2050 debido al aumento del nivel del mar». El Comercio, 4 de junio de 2020, <https://www.elcomercio.es/sociedad/manglares-desapareceran-2050-20200604190553-ntrc.html>.
- [16] «6 ciudades que pueden quedar sumergidas antes de 2100». [www.nationalgeographic.com.es](http://www.nationalgeographic.com.es), 4 de mayo de 2020, [https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/6-ciudades-que-pueden-quedar-sumergidas-antes-2100\\_15287](https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/6-ciudades-que-pueden-quedar-sumergidas-antes-2100_15287).
- [17] <https://cnnespanol.cnn.com/video/nuevo-estudio-inundaciones-estados-unidos-cambio-climatico-jennifer-montoya-cafe-cnnee/>
- [18] Linares, Ismael Muñoz. «El cambio climático: el acelerador de los grandes incendios». Osbodigital. Todo sobre gestión forestal., <https://osbodigital.es/2020/06/26/el-cambio-climatico-el-acelerador-de-los-grandes-incendios/>.
- [19] Works, Eenda. «“Millones de españoles ya nos estamos viendo afectados por las consecuencias del cambio climático” - Actualidad RETEMA». <https://www.retema.es/>, <https://www.retema.es/noticia/millones-de-espanoles-ya-nos-estamos-viendo-afectados-por-las-consecuencias-del-cambi-40OWA>.
- [20] @NatGeoES. «El cambio climático complica las perspectivas futuras de paz en Afganistán». National Geographic, 4 de febrero de 2020, <https://www.nationalgeographic.es/ciencia/2020/02/cambio-climatico-complica-perspectivas-de-paz-afganistan>.
- [21] eyt telecomunicaciones unican apuntes - Buscar con Google. [https://www.google.com/search?rlz=1C1CHWL\\_eS723ES723ei=nfIOX-ehOqTVgwf0q7TgCQq=eyt+telecomunicaciones+unican+apuntesoq=eyt+telecomunicaciones+unican+apuntesgs1cp=CgZwc3ktYWIQAzIFCCEQoAE6CAghEBYQHRAeUKwgWNQqYNkraABwAHgAgAGAYgBhwiSAQMwLjeYAQCgAQQGqAQdnd3Mtd2l6sclient=psy-abved=0ahUKewin5KqsnqAhWk6uAKHfQVDZwQ4dUDCAwuact=5](https://www.google.com/search?rlz=1C1CHWL_eS723ES723ei=nfIOX-ehOqTVgwf0q7TgCQq=eyt+telecomunicaciones+unican+apuntesoq=eyt+telecomunicaciones+unican+apuntesgs1cp=CgZwc3ktYWIQAzIFCCEQoAE6CAghEBYQHRAeUKwgWNQqYNkraABwAHgAgAGAYgBhwiSAQMwLjeYAQCgAQQGqAQdnd3Mtd2l6sclient=psy-abved=0ahUKewin5KqsnqAhWk6uAKHfQVDZwQ4dUDCAwuact=5).
- [22] [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr2020\\_full\\_report\\_en.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr2020_full_report_en.pdf)
- [23] <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy/bloc-4c.html>
- [24] <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy/index.html>
- [25] [https://www.ree.es/sites/default/files/publication/2021/03/downloadable/Avance\\_ISE2020\\_1.pdf](https://www.ree.es/sites/default/files/publication/2021/03/downloadable/Avance_ISE2020_1.pdf)
- [26] Directiva Europea de Energías Renovables . <https://www.idae.es/directiva-europea-de-energias-renovables>: :text=La

- [27] [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos/Resumen\\_PER\\_2011-2020\\_26-julio-2011\\_58f27847.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos/Resumen_PER_2011-2020_26-julio-2011_58f27847.pdf)
- [28] <https://fsr.eui.eu/wp-content/uploads/The-EU-Winter-Package.pdf>
- [29] <https://www.consilium.europa.eu/es/press/press-releases/2018/06/29/governance-of-the-energy-union-council-confirms-deal-reached-with-the-european-parliament/>
- [30] <https://www.boe.es/buscar/pdf/2007/BOE-A-2007-9264-consolidado.pdf>
- [31] EENDA Resumen del RD 15/2018 de medidas urgentes para la transición energética y la protección ... <https://www.asociacion3e.org/noticia/resumen-del-rd-152018-de-medidas-urgentes-para-la-transicion-energetica-y-la-proteccion-de-los-consumidores>.
- [32] «Qué es impuesto al sol: Derogación, Explicación e Historia». Selectra , <https://selectra.es/autoconsumo/info/normativa/impuesto-sol>.
- [33] <https://www.iberley.es/subvenciones/extracto-orden-inn-48-2019-18-diciembre-aprueba-convocatoria-ano-2020-subvenciones-actuaciones-energias-renovables-ahorro-eficiencia-energetica-cantabria-26464085>
- [34] Press, Europa. Entran en vigor la Ley Eólica y el Plan de Sostenibilidad Energética de Cantabria 2014-2020. 17 de julio de 2014, <https://www.europapress.es/cantabria/innova-00775/noticia-entran-vigor-ley-eolica-plan-sostenibilidad-energetica-cantabria-2014-2020-20140717103751.html>.
- [35] cleanenergybrief. «Castilla-La Mancha Publica La Orden de Ayudas Para Instalaciones de Energías Renovables Para Particulares Con Una Inversión de 900.000 Euros». ENERGIA LIMPIA XXI, 29 de junio de 2020, <https://energialimpiaparatodos.com/2020/06/29/castilla-la-mancha-publica-la-orden-de-ayudas-para-instalaciones-de-energias-renovables-para-particulares-con-una-inversion-de-900-000-euros/>.
- [36] La AIE presenta sus medidas anticrisis — CapitalMadrid. <https://www.capitalmadrid.com/2020/6/22/56854/la-aie-presenta-sus-medidas-anticrisis.html>.
- [37] «RBC renueva su apuesta en Bolsa por las renovables españolas». EXPANSION, 23 de junio de 2020, <https://www.expansion.com/mercados/2020/06/23/5ef1ddd9468aeb193e8b45dc.html>.
- [38] Día, El. Impulso a la energía fotovoltaica con un plan de 20 millones para el Archipiélago. <https://www.eldia.es/economia/2020/06/24/impulso-energia-fotovoltaica-plan-20/1088932.html>.
- [39] La Moncloa. 12/06/2020. La empresa pública BiMEP firma un acuerdo con la tecnológica SAITEC para instalar el primer aerogenerador marino flotante en España [Prensa/Actualidad/Transición Ecológica y el Reto Demográfico]. <https://www.lamoncloa.gob.es/serviciosdeprensa/notasprensa/transicion-ecologica/Paginas/2020/120620-bimep.aspx>.
- [40] Viaintermedia.com. «Ahorro - Extremadura elevará hasta los 35 millones de euros el presupuesto de ayudas a la rehabilitación energética de viviendas». Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias., <https://www.energias-renovables.com/ahorro/extremadura-elevara-hasta-los-35-millones-de-20200610>.
- [41] Geoinnova, Asociación. «Francia pavimentará 1000 km de carretera con paneles solares.» Territorio Geoinnova - SIG y Medio Ambiente , 17 de mayo de 2016, <https://geoinnova.org/blog-territorio/httpgeoinnova-orgblog-territoriop9924previewtrue/>

42 « Energía Solar: QUÉ ES, Tipos, Usos, Ventajas y Desventajas». Greenteach , 16 de octubre de 2018, <https://www.greenteach.es/la-energia-solar-todo-sobre-ella/>.

[43] EcoInnovar. «Energía solar: ¿problemas son los usos más comunes?» Ecoinnovar , 18 de diciembre de 2018, <https://ecoinnovar.es/blog/usos-comunes-de-la-energia-solar/>.

[44] «10 Ventajas y 10 desventajas de la energía solar». Diferenciador , <https://www.diferenciador.com/energia-solar-ventajas-y-desventajas>

[45] [https://www.ree.es/sites/default/files/11\\_PUBLICACIONES/Documentos/Renovables-2019.pdf](https://www.ree.es/sites/default/files/11_PUBLICACIONES/Documentos/Renovables-2019.pdf)

[46] <https://solar-energia.net/que-es-energia-solar/radiacion-solar/irradiacion-solar/:text=Hay%20varios%20tipos%20>

[47] <https://www.efimarket.com/blog/la-hora-solar-pico-hsp-sirve-calcularlo/>

[48] [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/es/PVP](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/PVP)

[49] <https://es.weatherspark.com/>