

GRADO EN COMERCIO

TRABAJO FIN DE GRADO

**“La fotovoltaica como motor de la
transición energética en España”**

AUTOR

Jesús Esteban de Nicolás Torres

**FACULTAD DE
COMERCIO VALLADOLID,
NOVIEMBRE DE 2023**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

GRADO EN COMERCIO

CURSO ACADÉMICO 2023-2024

TRABAJO FIN DE GRADO

“La fotovoltaica como motor de la transición energética en España”

**Trabajo presentado por: Jesús Esteban de Nicolás
Torres**

Tutor: Felicidad Viejo Valverde

FACULTAD DE COMERCIO

Valladolid, Noviembre de 2023

TRABAJO FIN DE GRADO	1
“LA FOTOVOLTAICA COMO MOTOR DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN ESPAÑA” ...	1
AUTOR	1
TRABAJO FIN DE GRADO	2
INTRODUCCIÓN	3
1. ENERGÍAS RENOVABLES	5
1.1 ¿QUÉ SON LAS ENERGÍAS RENOVABLES?	5
1.2 TIPOS DE ENERGÍAS RENOVABLES Y SU IMPORTANCIA	7
1.3 ACTUALIDAD DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EUROPA Y ESPAÑA.	11
1.3.1 Actualidad de las energías renovables en Europa	11
1.3.2 Actualidad de las energías renovables en España	15
1.4 REGULACIÓN Y MARCO JURÍDICO	21
1.5 VISIÓN Y OBJETIVOS DE LA UNIÓN EUROPEA SOBRE LAS ENERGÍAS RENOVABLES	26
2. SECTOR ENERGÉTICO EN ESPAÑA	28
2.1 ESTRUCTURA DEL SECTOR ENERGÉTICO ESPAÑOL	33
2.2 LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN ESPAÑA	38
2.3 ENERGÍAS RENOVABLES COMO HERRAMIENTA EN LA RECUPERACIÓN ECONÓMICA	39
3. ANÁLISIS DEL SECTOR FOTOVOLTAICO EN ESPAÑA	42
3.1 PRESENTE Y FUTURO DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN ESPAÑA	42
3.2 ENERGÍA SOLAR EN LAS DIFERENTES COMUNIDADES AUTÓNOMAS	46
3.3 PREVISIÓN Y CRECIMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR EN ESPAÑA	48
3.4 EVOLUCIÓN Y EXPLOSIÓN DEL MERCADO FOTOVOLTAICO	50
3.5 PREVISIÓN Y CRECIMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR EN EUROPA Y A NIVEL GLOBAL	52
4. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS	55
4.2 TIPOS DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS; SU RENTABILIDAD, DISEÑO Y RENDIMIENTO	56
4.2.1 Instalaciones Residenciales	57
4.2.2 Instalaciones Comerciales e Industriales	65
4.2.3 Instalaciones Agrícolas	67
4.2.4 Plantas Fotovoltaicas para venta a red	68
4.2.5 Instalaciones Híbridas y Almacenamiento Energético	69
5. CONCLUSIONES	71
6. BIBLIOGRAFÍA	72

Índice de gráficas

Gráfica 1.- Porcentaje de las energías renovables en el consumo final de energía de los países de la Unión Europea-----	13
Gráfica 2.- Evolución de la generación energía renovable y no renovable-----	17
Gráfica 3.- Consumo de energía según su origen-----	30
Gráfica 4.- Generación de energía por origen de generación -----	31
Gráfica 5.- Potencia solar fotovoltaica instalada en España de 2010 a 2022 -	44
Gráfica 6.- Evolución de la fotovoltaica por generación y potencia instalada. -	52
Gráfica 7.- Producción solar obtenida de PVGIS. -----	60

Índice de tablas

Tabla 1.- Principales comunidades autónomas por generación de energía renovable.....	16
Tabla 2.- Consumidores de energía según su consumo final.....	32
Tabla 3.- Productores y distribuidores energéticos en el mercado español con mayoría en capital extranjero.....	36
Tabla 4.- Productores y distribuidores energéticos en el mercado español con mayoría en capital extranjero.	37
Tabla 5.- Datos de consumo y radiación.....	61
Tabla 6.- Presupuesto para una instalación de autoconsumo residencial de 2 kW.	63
Tabla 7.- Tabla de amortización de la inversión.....	64

Índice de figuras

Figura 1.- Instalación residencial.	57
Figura 2.- Instalación Industrial sobre cubierta.....	66
Figura 3.- Instalación sobre marquesina para uso agrícola.	67
Figura 4.- Ejemplo de combinación de diferentes fuentes renovables.	69

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de fin de grado ha permitido analizar el sector fotovoltaico en España desde una perspectiva multidisciplinar. Se han abordado los principales aspectos relacionados con este sector, desde su definición y tipos hasta su regulación y marco jurídico, pasando por su actualidad en Europa y España.

Los resultados del análisis ponen de manifiesto el importante papel que desempeña la energía solar en el sector energético español. La fotovoltaica es una tecnología madura y competitiva, con un gran potencial de crecimiento en los próximos años.

Palabras clave: Fotovoltaica, energías renovables, transición energética, sostenibilidad, descarbonización.

Introducción y alcance del proyecto

La transición energética se configura como uno de los principales retos a los que se enfrenta la sociedad. La necesidad de reducir las emisiones y gases contaminantes y de garantizar un suministro energético sostenible y seguro ha llevado a la Unión Europea a establecer objetivos ambiciosos en materia de energías renovables. En este contexto, la energía solar fotovoltaica se presenta como una de las tecnologías más prometedoras para alcanzar estos objetivos.

El presente trabajo de fin de grado tiene como objetivo analizar el sector fotovoltaico en España, para ello, se abordan los principales aspectos relacionados con este sector, desde su definición y tipos hasta su regulación y marco jurídico, pasando por su actualidad en Europa y España. Además, se estudia el papel que desempeña la energía solar en el sector energético español y su potencial de crecimiento en los próximos años.

En este sentido, se analizan las políticas y medidas adoptadas por el gobierno español para promover la transición energética y se evalúa su impacto en el sector fotovoltaico. Asimismo, se estudia el papel de la investigación, la tecnología y la financiación en el éxito de la transición energética.

Por último, se aborda el impacto de las energías renovables en la recuperación económica de España, en un contexto en el que la sostenibilidad y la lucha contra el cambio climático se han convertido en una prioridad para la sociedad y para las empresas.

En definitiva, este trabajo pretende contribuir al conocimiento y análisis del sector fotovoltaico en España, así como a la comprensión de su papel en la transición energética y en la recuperación económica del país.

1. Energías renovables

1.1 ¿Qué son las energías renovables?

Para comenzar a definir los diferentes conceptos de las fuentes de energía renovable es necesario conceptualizar algunos elementos básicos y enfatizar su importancia.

En primer lugar, que la energía se explica como la capacidad que tienen los cuerpos para producir un trabajo, ya sea este mecánico, en forma de emisión de luz o generación de calor (C. Schallenberg et al., 2008). Se manifiesta mediante un cambio. Es energía el esfuerzo que hace una persona cuando pedalea sobre una bicicleta. También lo es el movimiento continuo del agua de un río, o el calor que desprende el carbón cuando se quema. Desde siempre, la humanidad ha utilizado las fuentes de energía a su alcance para hacer un trabajo o para obtener calor. Primero su propia fuerza física o la de los animales domésticos. Luego la energía del viento y del agua. Más tarde llegaría la explotación de los combustibles fósiles –carbón, gas natural y petróleo– y de la energía nuclear (Merino, L., 2012).

Si bien la energía no es un bien de consumo final en sí misma, sí es un bien intermedio para satisfacer otras necesidades en cuanto a la producción de bienes y servicios. La aplicación del concepto de energía y su utilidad para el presente caso está dada en función de la fuente o de los recursos naturales que pueden proveerla. En cuanto a este último criterio se puede clasificar en dos grandes grupos:

Energías convencionales o no renovables: son aquellas que usan fuentes de cantidad limitada en la naturaleza, porque los recursos naturales que sirven de fuente para su obtención proceden de

depósitos limitados o tienen ciclos de regeneración muy por debajo de la tasa de explotación (Vega, J., Ramírez, S. 2014). Este tipo de energías están englobadas en dos categorías, según su extracción: los combustibles fósiles y los nucleares. Algunos ejemplos de estas energías son el petróleo, el gas natural, el carbón y la energía nuclear (Roldán, J. 2013).

Energías renovables: son aquellas cuya fuente de obtención, por definición, son virtualmente inagotables y autor regeneradoras del recurso energético (Díaz Velilla, J. 2015). Ejemplos de estas energías son la eólica, hidráulica, biomasa, solar térmica y solar fotovoltaica. El sol está en el origen de todas las energías renovables porque su calor provoca en la Tierra las diferencias de presión que dan origen a los vientos, fuente de la energía eólica. El sol ordena el ciclo del agua, causa la evaporación que predispone la formación de nubes y, por tanto, las lluvias. También del sol procede la energía hidráulica. Las plantas se sirven del sol para realizar la fotosíntesis, vivir y crecer. Toda esa materia vegetal es la biomasa. Por último, el sol se aprovecha directamente en las energías solares, tanto la térmica como la fotovoltaica (Merino, L., 2012).

Este último punto con respecto al sol, como origen directo o indirecto de las fuentes renovables de energía, resulta muy relevante para hacer una ponderación en cuanto a la clasificación de energías renovables de acuerdo con la disponibilidad del recurso que utilizan. A primera instancia se sugiere que aquellas energías renovables que utilicen al sol como fuente directa sugieren una mejor opción que las demás, al ser el sol un recurso inagotable. Sin embargo, también es preciso realizar un análisis para ver los pros y contras del uso de cada una, así como una definición más específica.

1.2 Tipos de energías renovables y su importancia

A continuación, se presenta un resumen de las energías renovables más utilizadas (APPA (a), (b) s.f.):

Biocarburantes: consta de combustibles líquidos o gaseosos que son generados a partir de materias primas biológicas vegetales o animales. Los ejemplos más notorios son el biodiesel y el bioetanol.

Biomasa: se trata de materia orgánica utilizada como fuente de energía, que deriva de un proceso orgánico que puede ser espontáneo o provocado. Estos recursos se podrían dividir en forestales o agrícolas.

Eólica: se refiere a la energía cinética generada por una masa de aire. Esta fuerza del viento se explota a través de los llamados aerogeneradores.

Geotérmica de Alta Entalpía: consiste en la obtención de la energía que se encuentra almacenada en forma de calor bajo tierra y tiene unas condiciones específicas de presión y alta temperatura.

Geotérmica de Baja Entalpía: hace referencia a la energía extraída bajo tierra en forma de calor, pero estos recursos geotérmicos, al tener menor temperatura y presión, pueden ser utilizados para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) y para climatización.

Marina: se trata de la energía que aprovecha la fuerza de los océanos, en concreto la fuerza de olas, mareas, corrientes y la diferencia de temperatura entre el fondo y la superficie marina.

Hidráulica: se trata de aquella fuente de energía que se aprovecha de la energía cinética de una masa de agua a través de un sistema de turbinas.

Solar Térmica: se trata de aquella energía que se aprovecha del calor generado por el Sol para, por ejemplo, calentar agua que posteriormente se convertirá en energía eléctrica.

Solar Termoeléctrica: se trata de la energía que es generada mediante la utilización de espejos y dispositivos de seguimiento solar con el objetivo de concentrar la radiación solar en una reducida superficie, cuyo calor se transfiere normalmente a un fluido que pasa a través de una turbina.

Solar Fotovoltaica: consiste en la transformación de la radiación solar en energía a través del efecto fotoeléctrico.

Como se mencionó anteriormente, las energías renovables son fuentes de energía virtualmente inagotables, diferenciándose de las energías convencionales no solo en cuanto a su disponibilidad, sino también en su diversidad, potencial de aprovechamiento y sobre todo, que no producen como residuos GEI (causantes del calentamiento global, y a su vez del cambio climático) ni emisiones contaminantes, a diferencia de las energías convencionales.

Acciona señala que los gases de mayor impacto sobre el efecto invernadero son el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), los compuestos halogenados, el ozono troposférico, y el óxido de nitrógeno. Estos son provocados principalmente por la quema de

combustibles de origen fósil para la generación de electricidad, el transporte, la calefacción, la industria y la edificación. Siendo todos estos residuos de la producción de energía no renovable, se debe poner en marcha toda acción que pueda resultar en una solución limpia, segura y saludable para el futuro.

El desarrollo de energías limpias es imprescindible para la lucha contra el calentamiento global y así, poder hacer frente a sus efectos. Algunas de las consecuencias más importantes son (Acciona, s.f):

- El derretimiento de la masa de hielo en los polos, que a su vez provoca el aumento del nivel del mar, lo que produce inundaciones y amenaza los litorales costeros (incluso pequeños estados insulares están en riesgo de desaparición).
- Aparición de fenómenos meteorológicos más violentos: sequías, incendios, la muerte de especies animales y vegetales.
- La destrucción de los medios de subsistencia y de los recursos económicos, especialmente en países en desarrollo.

La obtención de energías renovables también tiene ventajas, por ejemplo, reducen la dependencia energética, es decir, la cantidad de energía primaria que un país necesita importar para poder abastecerse (Martín, E. 2022). La naturaleza autóctona de las fuentes limpias implica una ventaja diferencial para las economías locales y un incentivo para la independencia energética. La necesidad de importar combustibles fósiles produce una supeditación a la coyuntura económica y política del país proveedor que puede comprometer la seguridad del suministro energético. En cualquier parte del mundo hay algún tipo de recurso renovable que puede ser aprovechado para producir energía de forma sostenible.

Otra notoria ventaja de las energías renovables se refiere a su creciente competitividad. Las principales tecnologías renovables (como

la eólica y la solar fotovoltaica) están reduciendo drásticamente sus costes, de forma que ya son plenamente competitivas con las convencionales en un número creciente de emplazamientos. Es cierto que no siempre ha sido así, por ejemplo, en 1960 el coste de instalar un solo vatio de células fotovoltaicas, excluyendo las baterías, transformadores y otros equipos auxiliares, ascendía a 2.000 dólares; en 1975 era ya sólo 30 dólares y en 2004 va de 2,62 dólares a 4,25, dependiendo de la cantidad y el tipo de instalación. Si en 1975 el kWh costaba más de 7 euros, el precio actual está entre 0,3 y 0,6 euros, lo que permite que el empleo de células fotovoltaicas para producir electricidad en lugares alejados de las redes de distribución ya compita con las alternativas existentes, como generadores eléctricos a partir del petróleo (Santamarta, J. 2004).

Por último, y no menos importante, las energías renovables son inagotables: al contrario que las fuentes tradicionales de energía como el carbón, el gas, el petróleo o la energía nuclear, las energías limpias cuentan con la misma disponibilidad que el sol donde tienen su origen y se adaptan a los ciclos naturales. Por ello son un elemento esencial de un sistema energético sostenible que permita el desarrollo presente sin poner en riesgo el de las futuras generaciones.

1.3 Actualidad de las energías renovables en Europa y España.

1.3.1 Actualidad de las energías renovables en Europa

El desarrollo y la implementación de las energías renovables ha sido parte esencial de las estrategias que se ha propuesto implementar la Unión Europea para combatir el cambio climático desde hace al menos dos décadas. La problemática del calentamiento global por motivos antropogénicos es un asunto de índole mundial, y entendiéndose la necesidad de comprometerse a realizar un cambio en las políticas energéticas, entra en vigor en 2016 el Acuerdo de París, después de que se cumpliera la condición de ratificación por al menos 55 países que representan como mínimo el 55 % de los gases y emisiones mundiales de GEI. Todos los países de la Unión Europea ratificaron el Acuerdo, y el Consejo Europeo aprobó en consecución con este, entre otros, dos objetivos principales:

- Reducir las emisiones de GEI en un 40 % para 2030 con respecto a los valores de 1990.
- Un objetivo de cuota de energías renovables dentro del consumo total de energía en 2030 del 27 % como mínimo.

Los retos actuales en materia de clima y medio ambiente exigen una respuesta urgente y ambiciosa, y por esto la Unión Europea se ha propuesto redoblar sus esfuerzos y superar con creces los objetivos

enmarcados en el Acuerdo de París. La estrategia para alcanzar ello ha sido la introducción del Pacto Verde Europeo, el cual es un paquete de medidas que plantea:

- Reducir en un 55% las emisiones de GEI respecto de los niveles de 1990 para el 2030, a diferencia del 40 % previamente establecido.
- Alcanzar la neutralidad climática en el 2050.

Los compromisos de la Unión Europea en realizar esfuerzos para lograr los objetivos que se han propuesto, y entendiendo la importancia del papel de las energías renovables en la consecución de los objetivos que se han planteado, se han materializado en resultados que permiten vislumbrar un mejor futuro.

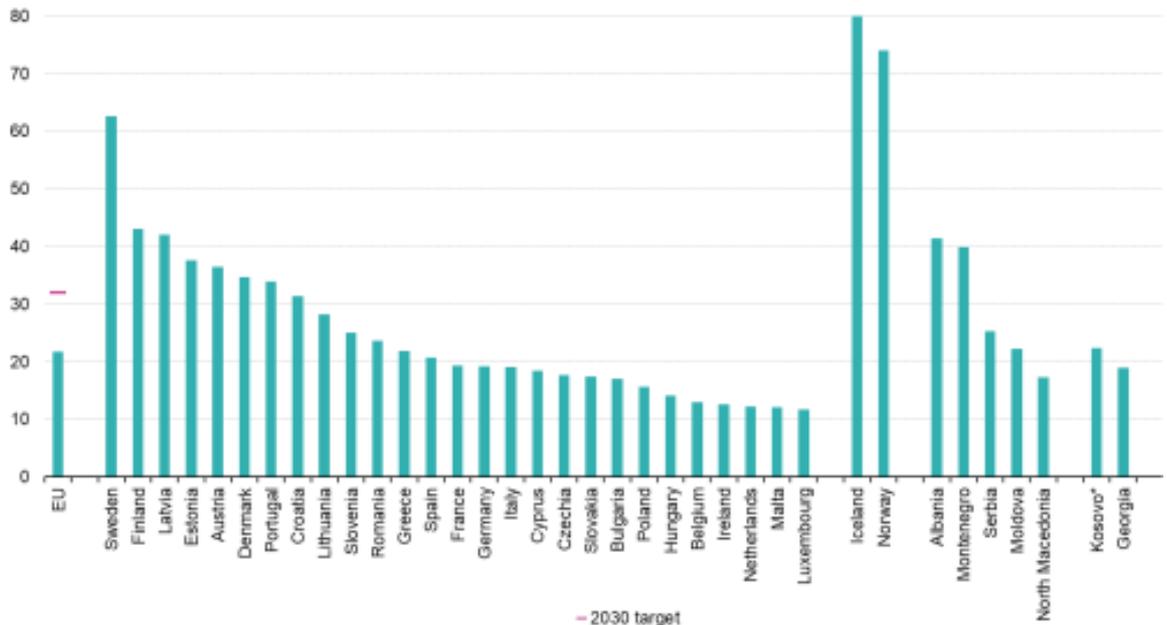
Así, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) , las referentes al CO₂ en el año 1990 se encontraban alrededor de los 3.562 millones de toneladas equivalentes de CO₂ (Banco Mundial, 2019) y en el año 2021, las emisiones de GEI (que también incluyen, por ejemplo, metano) en su totalidad alcanzaron niveles de 2825.5 millones de toneladas de equivalentes de CO₂ (Bp, 2022), lo que representa una reducción sustancial y a su vez se acerca a los objetivos establecidos previamente en el Pacto Verde Europeo.

Así, las energías renovables han pasado de representar el 9,8 % de la producción de energía primaria en 1999 al 18,5 % en 2009, en la UE-27 (Comisión Europea, 2011), y en el 2020 las energías renovables representaron el 37,48 % (Comisión Europea, 2020). En vista de que el objetivo es del 55 % que previamente fue establecido en el Pacto Verde Europeo, se puede obtener un pronóstico alentador.

Gráfica 1.- Porcentaje de las energías renovables en el consumo final de energía de los países de la Unión Europea

Share of energy from renewable sources, 2021

(% of gross final energy consumption)



* This designation is without prejudice to positions on status, and is in line with UNSCR 1244/1999 and the ICJ Opinion on the Kosovo declaration of independence.

Source: Eurostat (online data code: nrg_ind_ren)

eurostat

Fuente: Eurostat (2021)

El gráfico muestra que los países nórdicos, como Suecia, Finlandia y Dinamarca, tienen las mayores cuotas de energías renovables, con más del 50% de su consumo final de energía procedente de fuentes renovables. Otros países europeos con altas cuotas de energías renovables son Austria, Portugal, Croacia y Grecia. Los países de la UE con las cuotas más bajas de energías renovables son Polonia, Hungría, Rumanía y Bulgaria.

El gráfico también muestra los objetivos de la UE para 2030, que consisten en que el 32% del consumo final venga de renovables.

Según los datos de la Agencia Internacional de la Energía (AIE), las energías renovables representaron el 40,1 % del gasto de energía en la UE en 2023. Este porcentaje es un aumento del 5,3 % con respecto a 2022.

La energía eólica y la solar fotovoltaica fueron las fuentes renovables que más contribuyeron al aumento del porcentaje de energías renovables en la UE. La energía eólica representó el 16,6 % del consumo bruto de energía en la UE en 2023, mientras que la solar fotovoltaica representó el 11,7 %.

Los países de la UE con los porcentajes más altos de energías renovables en 2023 fueron:

- Dinamarca (62,6 %)
- Portugal (58,4 %)
- Croacia (53,5 %)
- Irlanda (52,6 %)
- Suecia (51,8 %)

1.3.2 Actualidad de las energías renovables en España

El Informe sobre el Estado Global de las Energías Renovables 2022 (Ren21, 2022) pone de manifiesto algunos hitos de España en materia de renovables en 2021, como el compromiso para prohibir la compra de calderas que utilicen combustibles fósiles en los edificios públicos o la aprobación de una ley para que los nuevos vehículos sean cero emisiones no más tarde del año 2040.

En este contexto, España goza de una posición privilegiada: es el octavo país del mundo en capacidad total de energía renovable y se sitúa a la cabeza en energía solar fotovoltaica y eólica. Concretamente, ocupa el segundo lugar en Europa en capacidad eólica total (28,2 GW), después de Alemania, y en 2021 alcanzó un récord de nueva instalación solar fotovoltaica con 4,9 GW de capacidad añadida, un 44% más que en 2020. Solo España representó el 3% del aumento mundial de energía solar fotovoltaica el pasado año (López Redondo, 2022).

Según un informe del Observatorio de Sostenibilidad, en España existe una gran disparidad en la producción de energía renovable entre las comunidades autónomas. Las comunidades con mayor potencial para la generación de energía renovable, como Castilla y León, Andalucía y Aragón, son también las que producen más energía renovable. Por el contrario, las comunidades con menor potencial para la generación de energía renovable, como Asturias, Canarias, La Rioja, País Vasco, Baleares, Comunidad de Madrid, Cantabria y Melilla, producen menos energía renovable.

Las comunidades con menor producción de energía renovable respecto a su consumo son la Comunidad de Madrid y el País Vasco. La Comunidad de Madrid, que tiene la mayor demanda de energía del

país, produce solo el 2% de la energía que consume. El País Vasco, por su parte, produce solo el 7% de la energía que consume.

Los autores del informe destacan la importancia de aprovechar las enormes superficies artificiales que tienen estas comunidades autónomas para instalar potencia renovable.

En la tabla 1, se muestra que Castilla y León es la comunidad autónoma que más energía renovable genera en España, con 27.016 GWh, lo que representa el 15,8% de la producción renovable total. Andalucía es la segunda comunidad autónoma con más producción renovable, con 14.403 GWh, lo que representa el 16,3% de la producción renovable total. Castilla-La Mancha es la tercera comunidad autónoma con más producción renovable, con 12.029 GWh, lo que representa el 10,6% de la producción renovable total.

Galicia y Aragón son las comunidades autónomas que más energía renovable producen en términos relativos, con un 13,1% y un 13,7% de la producción renovable total, respectivamente. Sin embargo, estas dos comunidades autónomas producen menos energía renovable que Castilla y León y Andalucía en términos absolutos.

Tabla 1.- Principales comunidades autónomas por generación de energía renovable

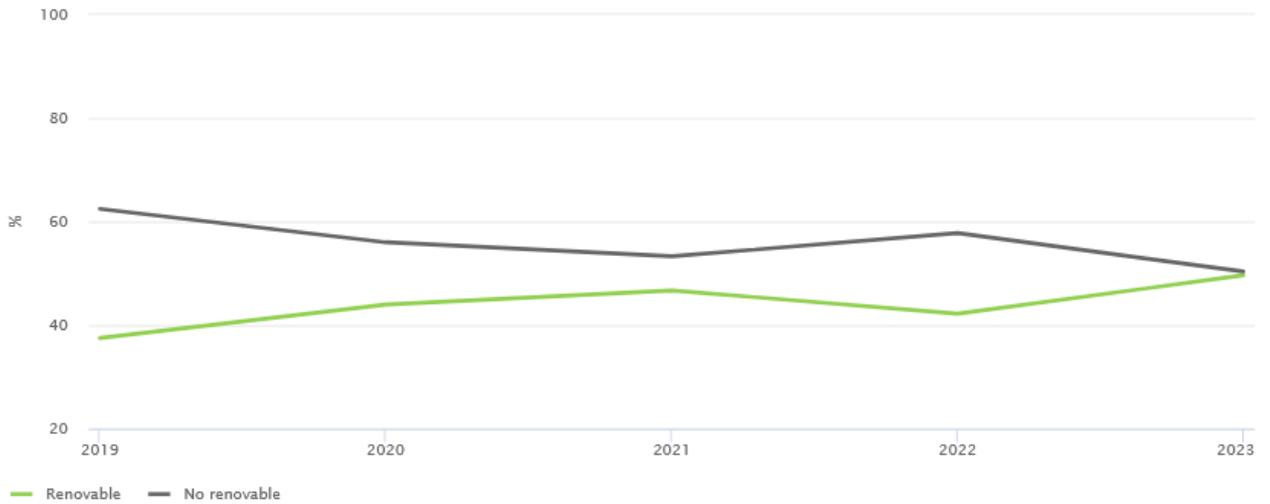
Comunidad autónoma	Producción renovable (GWh)	% de la producción renovable total	% de la producción eléctrica total
Castilla y León	27.016	16,8	16,8
Andalucía	29.586	17,6	17,3
Castilla-La Mancha	23.016	8,7	9
Galicia	24.557	10,1	13,7
Aragón	19.218	8,9	9,2

Fuente: Elaboración propia

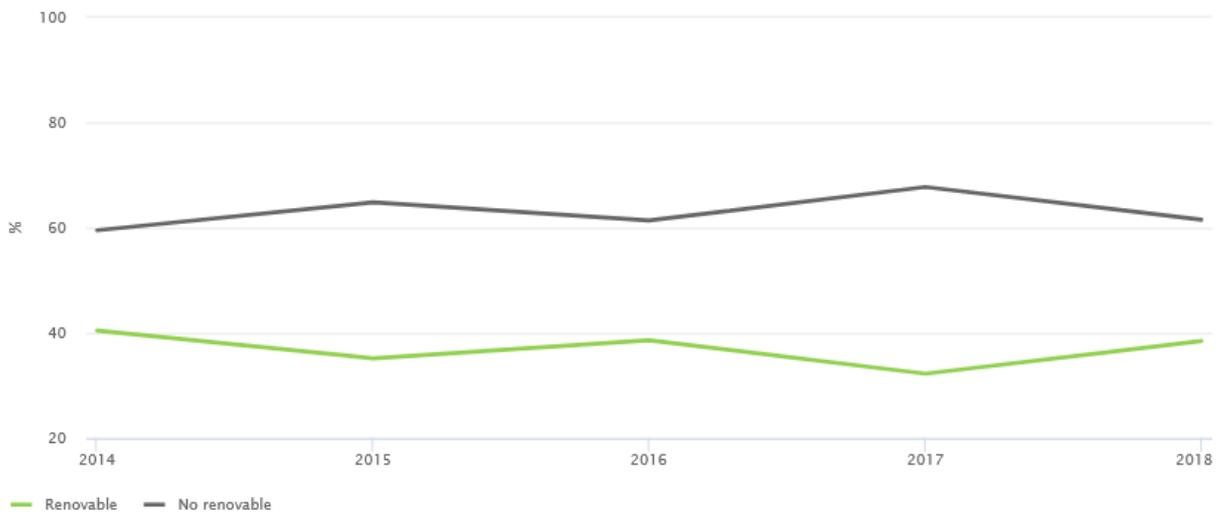
Gráfica 2.- Evolución de la generación energía renovable y no renovable

EVOLUCIÓN DE LA GENERACIÓN RENOVABLE Y NO RENOVABLE (%) | COMUNIDAD AUTÓNOMA: Todas las comunidades

Del 2019 al 2023



Del 2014 al 2018



Fuente: Red Eléctrica Española

El gráfico 2 muestra que la generación renovable ha ido aumentando de forma constante en los últimos años, alcanzando el 54% de la generación total en 2023. La generación no renovable, por su parte, ha ido disminuyendo en los últimos años, alcanzando el 46% de la generación total en 2023. Muestra que la generación renovable está ganando terreno en España, lo que es una tendencia positiva para el país.

A nivel mundial, la pandemia y la crisis energética han aumentado la pobreza energética y exacerbado el riesgo de que los hogares se vuelvan pobres en energía. España se encuentra entre los países europeos más afectados por este riesgo, ya que tiene algunos de los precios de la electricidad más altos de la región. En 2020, la pobreza energética afectó a un estimado del 17% de la población, y el 10,9% de los habitantes no pudo calentar adecuadamente sus hogares.

Para abordar la pobreza energética, los gobiernos regionales y locales han implementado proyectos de energía renovable para reducir la carga energética de los hogares.

En 2021 arrancó en la ciudad española de Valencia el proyecto europeo PowerUp, con un presupuesto de 200.000 euros. El proyecto elimina las barreras administrativas y regulatorias y ofrece subsidios fiscales para apoyar a las comunidades locales de energía solar fotovoltaica. En la ciudad de Zaragoza, El proyecto Barrio Solar encabezó la instalación de plantas solares fotovoltaicas de 100 kilovatios pico para autoconsumo colectivo, apoyados con 350.000 EUR en fondos públicos y privados. Las pequeñas empresas y los hogares se beneficiarán de la electricidad producida por el proyecto, y 20 hogares de bajos ingresos recibirán electricidad de forma gratuita.

En nuestra comunidad autónoma, se están desarrollando proyectos muy interesantes, basados en Comunidades Energéticas Locales (CEL). Consiste en agrupar personas o entidades que buscan

conseguir beneficios sociales, ambientales y económicos basados en pequeñas instalaciones fotovoltaicas en modalidad de autoconsumo compartido en las que los participantes de la misma tienen una mayor participación en el sistema energético, ya que pueden asignar porcentajes de consumo a cada uno de sus miembros en función de su aportación, y pueden entrar a vender sus excedentes al mercado como si fueran productores mayoristas.

Este modelo es aplicable tanto a conjuntos de empresas, vecinos de una localidad o entidades municipales, aunque por el momento su mayor impulso está siendo en pequeños pueblos, por eso en nuestra comunidad es especialmente interesante debido al gran número de pequeños municipios que existen.

Una de las primeras CEL en Castilla y León, ha sido la formada en el municipio de Buenavista, Salamanca, que tiene una población de 350 habitantes, donde la gran mayoría de vecinos se han adherido a esta comunidad energética, disfrutando de ahorros de entre el 30 al 50% en su consumo eléctrico.

Otro proyecto similar, esta vez formado por entidades locales (Ayuntamiento de Mayorga, Fresno el Viejo y Piña de Esgueva) las cuales son las impulsoras de estos proyectos, con el objetivo de reducir los costes energéticos de los vecinos realizando instalaciones en cubiertas municipales, ya que los dos grandes criterios para llevar a cabo estos mecanismos son que las instalaciones fotovoltaicas tienen que estar en un radio de 2 Km y en cubiertas de tejados, no en suelo.

A raíz de las subidas de precios de la energía a finales de 2021, el gobierno español implementó varias medidas fiscales y de apoyo directo, la mayoría de las cuales promueven el uso continuado de combustibles fósiles. Mientras tanto, parte de las reducciones en la factura de electricidad se financia limitando los ingresos de los productores de energía renovable. Dos medidas adoptadas en 2021,

una reducción de la tasa del impuesto al valor agregado (IVA) (del 21% al 10%) en las facturas de electricidad para la mayoría de los consumidores de energía, y la suspensión del impuesto a la generación del 7%, se extendieron hasta junio de 2022. En 2021, el gobierno asignó 202 millones de euros para apoyar los gastos de calefacción del hogar de los consumidores más vulnerables de España, con descuentos que cubren hasta el 70% de la factura de un hogar (Ren21, 2022).

Algunos de los datos de las variables más importantes para tener en cuenta el impacto de las medidas que se han implementado en sintonía con los impulsos de promover una mejor sostenibilidad pueden ser, por ejemplo, los referentes a las emisiones de GEI. Las emisiones de dióxido de carbono en España en 2021 han crecido 19,447 megatoneladas, un 9,15% respecto a 2020, lo cual se explica por una reducción de la producción y consecuente uso de la energía. Sin embargo, las emisiones de CO₂ en 2021, que han sido de 231,914 megatoneladas, han disminuido desde 2011 (293,205 megatoneladas).

Además de sus emisiones totales de CO₂ a la atmósfera, que lógicamente dependen entre otras variables de la población del país, es conveniente analizar el comportamiento de sus emisiones por habitante. Las emisiones per cápita de CO₂ en España, han aumentado en 2021 con respecto a 2020, en el que han sido de 4,99 toneladas por habitante comparados con las 4,57 toneladas por habitantes del 2020. En comparación con 2011, se trata de una rebaja sustancial, hay que se ubicaban en 6,25 toneladas por habitante. En el año 2022, donde se tienen los últimos registros actualizados, España aumento un 9% sus emisiones debido a la producción de energía a través de las centrales de gas, ya que hubo una disminución de más del 30% de la generación hidroeléctrica debido en gran medida a la sequía sufrida en el año anterior.

1.4 Regulación y marco jurídico

En España, el marco jurídico de las energías renovables se basa en la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, de medidas para el fomento de la utilización de energías renovables, la eficiencia energética y el desarrollo sostenible. Esta ley establece las bases para el desarrollo de las energías renovables, el uso eficiente de la energía y la promoción de la sostenibilidad. Esta ley ha sido complementada por el Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se establecen medidas para la transición hacia un modelo energético sostenible.

Esta ley establece los siguientes objetivos:

- Alcanzar un 20 % de participación de las ER (Energías Renovables) en el consumo final bruto de energía en 2020. Al finalizar el año 2020 el consumo final bruto de ER respecto a las No renovables fue de 16,4%.
- Alcanzar un 30 % de participación de las ER en el consumo final bruto de energía en 2030.
- Fomentar el uso eficiente de la energía y la promoción de la sostenibilidad.

El Real Decreto 413/2014 establece un régimen retributivo específico para la retribución de instalaciones de energías renovables. Para determinar la retribución, se establece una instalación tipo y se asigna un procedimiento de concurrencia competitiva. Esta retribución consta de dos términos: uno por unidad de potencia instalada y uno por operación. Además, se establecen parámetros retributivos como la vida útil regulatoria, el número de horas de funcionamiento mínimo y máximo, el umbral de funcionamiento, límites anuales, etc. que pueden ser revisados y actualizados anualmente. Por último, el Real Decreto

también prevé la concesión de ayudas públicas para las instalaciones de energías renovables.

El Real Decreto 359/2017 establece la convocatoria para la subasta de 3.000 MW de energía renovable con el objetivo de otorgar los proyectos más eficientes en cuanto a costos. La Orden ETU/315/2017 asignará el régimen retributivo específico a las nuevas instalaciones con nueva potencia, explicando el procedimiento de la subasta. Esta se realizará para un cupo de 3.000 MW, con el fin de garantizar el derecho a la percepción del régimen retributivo específico para las nuevas instalaciones de energía renovable.

El régimen retributivo específico (RRE) es un sistema de primas que se otorga a las instalaciones de energías renovables para compensarlas por los costes de producción superiores a los de las tecnologías convencionales. El RRE se establece mediante subastas competitivas, en las que las empresas licitan su precio de venta de energía.

El sistema de subastas es un mecanismo que permite establecer el RRE de forma transparente y competitiva. En las subastas, las empresas licitan su precio de venta de energía, y la empresa que ofrece el precio más bajo es la que se adjudica el proyecto. Este mecanismo permite que las instalaciones de ER obtengan una retribución justa, pero también garantiza que el coste de la energía renovable sea competitivo.

Las subastas de energías renovables han jugado un papel importante en el desarrollo de las ER en España. En la subasta de 2018, que se realizó para un cupo de 3.000 MW, el precio medio de la energía renovable se situó en 42 euros por MWh. Este precio es significativamente inferior al precio de la energía convencional, lo que demuestra que las energías renovables son cada vez más competitivas.

Además de las subastas, el marco jurídico español también prevé otras medidas de apoyo a la inversión en ER, como:

Las ayudas públicas: el Gobierno español ofrece ayudas públicas a las instalaciones de ER, como subvenciones, préstamos con tipos de interés reducidos o garantías.

Los incentivos fiscales: el Gobierno español también ofrece incentivos fiscales a las instalaciones de ER, como la deducción de los gastos de inversión en ER de la base imponible del Impuesto sobre Sociedades.

Estas medidas de apoyo tienen como objetivo facilitar la inversión en ER y contribuir a su desarrollo.

El marco jurídico español ha tenido un impacto positivo en el desarrollo de las ER en España. En los últimos años, España ha experimentado un crecimiento significativo en la capacidad instalada de ER. En 2022, la participación de las ER en el consumo final bruto de energía en España se situó en el 42 %.

Sin embargo, el marco jurídico español también tiene algunas limitaciones. Por ejemplo, el sistema de subastas puede ser complejo y burocrático, lo que puede dificultar la participación de las pequeñas empresas en el mercado de las ER. Además, el marco jurídico español podría ser más ambicioso en términos de objetivos de participación de las ER.

En conclusión, el marco jurídico español es un buen punto de partida para el desarrollo de las ER en España. Sin embargo, es necesario realizar algunas mejoras para garantizar que el marco jurídico sea lo más eficaz posible.

A nivel europeo, la Unión Europea ha establecido un marco jurídico para impulsar el uso de energías renovables mediante la Directiva 2009/28/CE, de 23 de abril, por la que se establecen los principios de la promoción de la utilización de energías renovables. Esta directiva establece los objetivos a lograr en materia de energías renovables para los Estados miembros y regula la producción, el transporte y el uso de energías renovables. Además, la Directiva 2018/844/UE, de 30 de mayo, establece los requisitos para la producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovable. Esta directiva también proporciona un marco para la certificación de la producción de energía renovable.

En conclusión, las dos leyes más actuales y sobre las que se rigen las ER en España son; Real Decreto-ley 23/2021, de 26 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores. Sus objetivos;

- Reducción de las primas a las instalaciones de energía solar fotovoltaica y eólica terrestre.
- Introducción de un nuevo sistema de retribución para las instalaciones de energía solar fotovoltaica.
- Ampliación del periodo de vigencia de las primas a las instalaciones de energía solar fotovoltaica de autoconsumo.

- Real Decreto 17/2019, de 22 de noviembre, por el que se adoptan medidas urgentes para necesaria adaptación de parámetros retributivos que afectan al sistema eléctrico.

Principales modificaciones:

- Establece un nuevo sistema retributivo para las instalaciones de energías renovables, basado en un precio fijo de la energía durante 20 años.
- Redefine el concepto de instalaciones de energías renovables, cogeneración y residuos, para incluir las instalaciones de almacenamiento.
- Amplía el periodo de vigencia de las primas a las instalaciones de energía solar fotovoltaica y eólica.
- Introduce un nuevo sistema de retribución para las instalaciones de autoconsumo.

Tanto el Real Decreto-ley 23/2021 como el Real Decreto 17/2019 tienen como objetivo adaptar el régimen retributivo de las energías renovables a la realidad del mercado eléctrico. En particular, ambos real decretos introducen modificaciones que suponen una reducción de los costes para las empresas eléctricas, lo que podría contribuir a la reducción de la factura de la luz para los consumidores.

Sin embargo, ambos real decretos también han sido criticados por algunos sectores, que consideran que las nuevas retribuciones son insuficientes para garantizar la rentabilidad de las inversiones en energías renovables.

Además, el Gobierno está desarrollando una nueva ley de ER, que sustituirá a la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico. Esta nueva ley está prevista que sea aprobada en 2023.

1.5 Visión y objetivos de la Unión Europea sobre las Energías Renovables

La Unión Europea (UE) es una de las mayores potencias energéticas del mundo, el 20 % de la energía mundial proviene de ella. La cooperación energética entre los Estados miembros es fundamental para garantizar una fuente de energía limpia, segura y eficiente. La UE se ha comprometido a cumplir los objetivos de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y la Energía, para asegurar que todos los países miembros alcancen una energía asequible, sostenible e inclusiva, para el bienestar de todos.

Para lograr esto, la UE ha establecido objetivos ambiciosos para su energía solar. En el ámbito de la energía solar, los objetivos de la UE son:

- alcanzar la autonomía energética
- mejorar la competitividad
- reducir sus emisiones.

Esto se ha traducido en una meta de alcanzar una producción nacional de energía solar equivalente a una potencia instalada de al menos 120 GW para el año 2030. Esta meta se ha convertido en el eje de la Estrategia de la UE para la Energía Solar, una estrategia de largo plazo para promover el desarrollo de la industria de la energía solar en toda la UE. Esta estrategia incluye:

- el refuerzo de los mecanismos de apoyo existentes para la inversión en energía solar
- la mejora de la competitividad mediante el uso de tecnologías innovadoras

- la simplificación de los procesos de licencias
- la promoción de una mayor cooperación entre los miembros de la UE
- iniciativas de formación para fomentar la adopción de nuevas tecnologías
- promoción de la financiación para proyectos de energía solar a través del programa Horizonte 2020

Además, la Comisión Europea ha adoptado una visión de la energía solar a largo plazo que establece su posición en la economía energética global. Esta visión identifica la necesidad de desarrollar el mercado de la energía solar en el continente, para que la UE alcance su meta de producción de energía solar equivalente a una potencia instalada de al menos 120 GW para el año 2030. Esta meta se ha convertido en el eje de la Estrategia de la UE para la Energía Solar, una estrategia de largo plazo para promover el desarrollo de la industria de la energía solar en la UE.

La visión de la UE para la energía solar también incluye el refuerzo de la colaboración entre los Estados miembros, con el objetivo de aumentar la inversión en energía solar, mejorar la competitividad de la industria y reducir las emisiones de los sectores energético y de transporte. Estas acciones ayudarán a la UE a alcanzar sus objetivos de reducción de emisiones y asegurar su seguridad energética mediante la mejora de la eficiencia y la competitividad de su industria solar.

Además, la Comisión Europea se ha comprometido a proporcionar financiación adicional a los países miembros en los próximos años para apoyar los proyectos de energía solar a gran escala, para ayudar a los Estados miembros a alcanzar sus objetivos de energía solar.

De esta manera, la UE ha establecido un ambicioso plan para desarrollar el mercado de las ER en los estados miembros, a través de los siguientes fondos:

- Fondo de Recuperación y Resiliencia: 80.000 millones de euros
- Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER): 70.000 millones de euros
- Fondo Social Europeo Plus (FSE+): 40.000 millones de euros

Estas cantidades de financiación se distribuirán entre los Estados miembros en función de su población, su renta per cápita y sus objetivos en materia de energía renovable.

2. Sector energético en España

El sector energético español, como el de otros países, ha experimentado una transformación importante en los últimos años. Esta transformación se debe principalmente al aumento de la demanda de energía, al aumento de los precios de la energía y al cambio en la oferta de energía.

Los patrones de consumo de energía están cambiando. La demanda de energía está creciendo, impulsada por una serie de factores, incluyendo el aumento de la población, el crecimiento económico y el cambio climático. La composición de la demanda de energía también está cambiando, con una mayor proporción de energía renovable.

La estructura del sector energético español también está cambiando. El sector está cada vez más liberalizado, con más

competencia entre los proveedores de energía. El gobierno también está fomentando el desarrollo de las ER, a través de una serie de políticas y programas.

Estos cambios están teniendo un impacto significativo en el sector energético español. El sector se está volviendo más eficiente, más sostenible y más competitivo. Estos cambios están ayudando a asegurar que España tenga un sector energético fuerte y resistente en el futuro

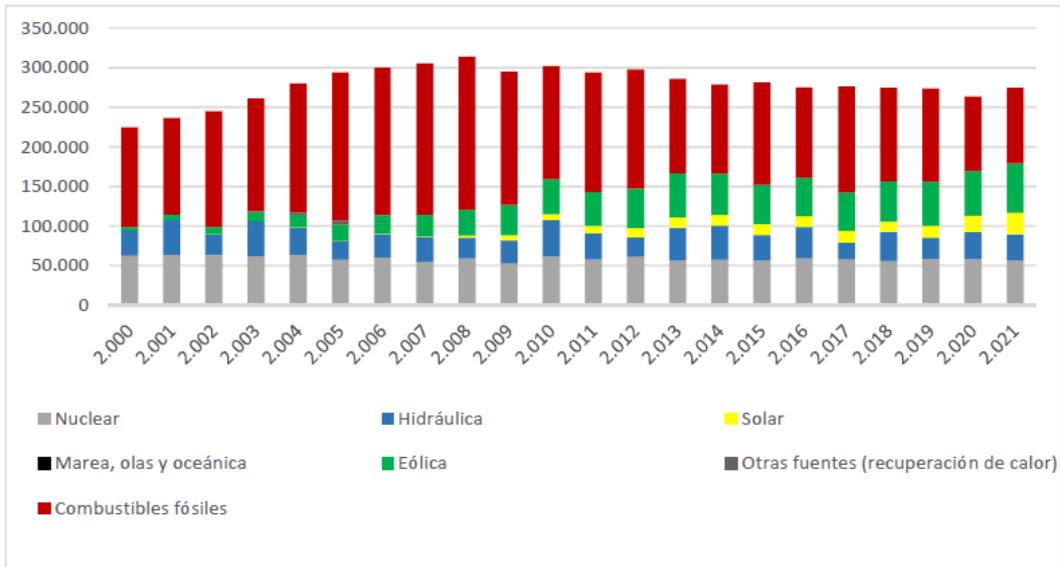
Algunos detalles adicionales sobre los factores que están cambiando los patrones de consumo de energía en España:

- El aumento de la población: La población de España está creciendo, lo que significa que hay más personas que necesitan energía.
- El crecimiento económico: La economía española está creciendo, lo que significa que hay más empresas y hogares que necesitan energía.
- El cambio climático: El cambio climático está haciendo que los veranos sean más calurosos y los inviernos sean más fríos, lo que significa que hay más demanda de energía para calefacción y refrigeración.

Estos factores están impulsando el crecimiento de la demanda de energía en España. La demanda de energía se espera que crezca un 2% anual entre 2020 y 2030.

La composición de la demanda de energía también está cambiando. El petróleo y el gas natural siguen siendo las fuentes de energía más importantes en España, pero su participación en la demanda de energía está disminuyendo.

Gráfica 3.- Consumo de energía según su origen



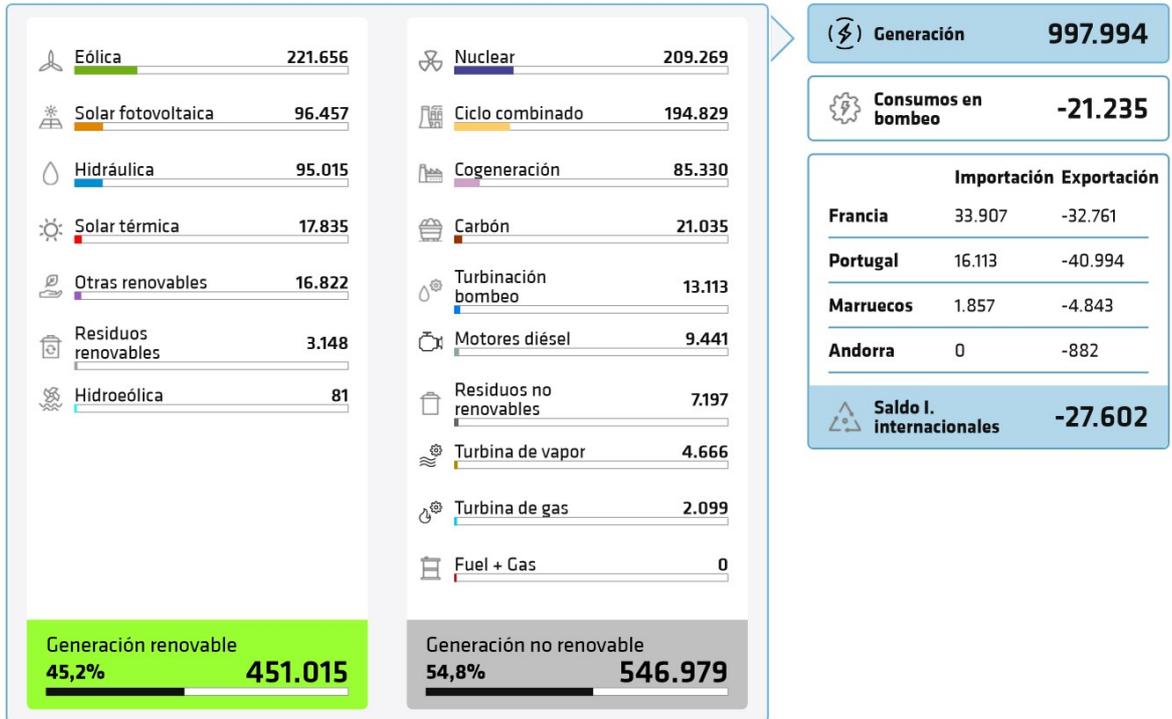
Fuente: Secretaría de Estado de Energía

La Gráfica 3 es un gráfico de líneas que representa la producción de energía según las diferentes fuentes en España desde el año 2000 hasta el 2021. En él puede verse que la producción de energía de los combustibles fósiles ha disminuido ligeramente desde el año 2000, mientras que la producción de energía de las fuentes renovables ha aumentado significativamente. En particular, la producción de energía eólica y solar ha aumentado de forma espectacular, pasando de unos 20.000 millones de kWh en 2000 a más de 300.000 millones de kWh en 2021.

El gráfico muestra que la producción de energía de los combustibles fósiles alcanzó un máximo en 2007, antes de comenzar a disminuir. La producción de energía eólica alcanzó un máximo en 2020, antes de disminuir ligeramente en 2021. La producción de energía solar ha aumentado de forma constante año tras año.

Gráfica 4.- Generación de energía por origen de generación

Del 2020 al 2023 - Nacional (GWh)



Demanda (b.c.)

949.136

Fuente: Red Eléctrica Española

En la tabla 2 observamos el consumo de energía final diferenciado según el consumo final de la misma, siendo el de mayor consumo el destinado a los hogares, seguido por la industria, el sector servicios.

Tabla 2.- Consumidores de energía según su consumo final

Consumidor final	Consumo (GWh)	Porcentaje
Residencial	181.2	42,90%
Industrial	146.1	34,70%
Servicios	78.8	19,50%
Otros	23.9	5,90%

Fuente: Elaboración propia

El sector energético español se ha comprometido a promover el uso de ER, como la energía solar, la eólica y la biomasa. Esto ha permitido el desarrollo de una gran cantidad de proyectos de energías renovables en todo el país. Estas inversiones han contribuido a reducir la dependencia de España de las fuentes de energía no renovables y a reducir las emisiones de GEI.

Algunas medidas concretas que se están adoptando en España para reducir la dependencia energética son:

- La Ley de Cambio Climático y Transición Energética, aprobada en 2021, establece el objetivo de alcanzar el 70% de la producción de energía renovable en 2030.
- El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC), aprobado en 2021, establece un conjunto de medidas para reducir la dependencia energética, entre las que destacan la instalación de 50 GW de energía solar fotovoltaica y 20 GW de energía eólica marina para 2030.

- El Gobierno ha aprobado una serie de subvenciones y ayudas para promover la instalación de sistemas de energía solar en los hogares y las empresas, gestionas a través de las diferentes CCAA. También deducciones fiscales en el IRPF, como el 40% del importe de la inversión de una instalación de paneles solares en viviendas, o la libre amortización en el Impuesto de Sociedades del 100% de la inversión que realicen las empresas.

En conclusión, el sector energético español se ha transformado en los últimos años para adaptarse a los cambios en la oferta y demanda de energía. Estas reformas han permitido una mejor gestión de los recursos energéticos, una mejor gestión de los precios y una mayor eficiencia en la producción y distribución de energía. Además, el sector energético español se ha comprometido a promover el uso de energías renovables, contribuyendo al desarrollo sostenible y a la reducción de las emisiones de GEI. El sector energético español está bien posicionado para seguir contribuyendo al crecimiento económico del país y al bienestar de sus ciudadanos.

2.1 Estructura del sector energético español

El sector energético español se ha convertido en uno de los principales motores de la economía española. Se trata de un sector de gran envergadura y con una importancia clave para el desarrollo de la economía española. En este trabajo se pretende profundizar en el estudio de la estructura del sector energético español y su composición, en particular, sus actores principales, su estructura de mercado y sus principales desafíos.

La estructura del sector energético español se caracteriza por su diversidad y complejidad. Esta estructura se compone de una serie de

actores principales, los cuales se encargan de la producción, distribución y comercialización de energía a nivel nacional. Estos actores principales son:

- Las empresas eléctricas: Se encargan de la producción de electricidad, la distribución y la comercialización, tanto a nivel nacional como internacional.
- Las empresas de gas natural: Se encargan de la producción, distribución y comercialización de gas natural, tanto a nivel nacional como internacional.
- Las empresas de petróleo: Se encargan de la exploración, explotación, producción, distribución y comercialización de petróleo y productos derivados, tanto a nivel nacional como internacional.
- Los productores independientes de energía: Estas empresas se dedican a la producción de energía a partir de fuentes renovables, como la energía solar, eólica, geotérmica, hidráulica, etc.
- Los minoristas de energía: Estas empresas se encargan de ofrecer los productos energéticos a los consumidores finales.
- Los reguladores: Estas entidades son responsables de regular el sector energético, asegurando una competencia leal entre los actores, así como una adecuada protección al consumidor. Entre estas entidades destacan el Ministerio de Industria, el Ministerio de Economía y Competitividad y el Consejo de Seguridad Nuclear.
- Los organismos internacionales: Estas entidades son responsables de la coordinación y regulación del sector energético a nivel internacional. Entre estas entidades destaca la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE).

Además de estos actores principales, el sector energético español también cuenta con una serie de otros actores, como los inversores y los gobiernos locales, los cuales tienen un papel importante en el desarrollo del sector.

La estructura de mercado del sector energético español se caracteriza por la existencia de un mercado liberalizado y un mercado regulado. El mercado liberalizado se caracteriza por la existencia de una gran cantidad de productores independientes que ofrecen sus productos energéticos directamente al consumidor final. Por otra parte, el mercado regulado se caracteriza por la existencia de una serie de productores regulados, los cuales están sujetos a una serie de requisitos y normativas establecidas por el regulador.

El mercado liberalizado entró en vigor en España en 2009. En este mercado, los consumidores pueden elegir libremente a su comercializadora de electricidad, que les ofrecerá un precio por la electricidad consumida. Las comercializadoras pueden ofrecer tarifas fijas, variables o indexadas al mercado mayorista.

- Los consumidores tienen más libertad para elegir a su comercializadora y tarifa.
- Pueden comparar ofertas y encontrar la que mejor se adapte a sus necesidades.
- Pueden ahorrar dinero en su factura de la luz.

El mercado regulado es el que se aplica a los consumidores que no han optado por el mercado liberalizado. En este mercado, los consumidores están sujetos a un precio único establecido por el Gobierno. El precio del kWh en el mercado regulado se denomina PVPC (Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor).

- Es más sencillo y transparente que el mercado liberalizado.
- No hay que cambiar de comercializadora.
- El precio es fijo y conocido por adelantado.

En la Tabla 3 vemos los principales productores y distribuidores de energía de nuestro país con origen español o participado por empresas españolas en su mayoría. Destacan Iberdrola y Naturgy, teniendo más del 62% del volumen de facturación en este ranking.

Tabla 3.- Productores y distribuidores energéticos en el mercado español con mayoría en capital extranjero

Empresa	Controlador	País	Porcentaje	Facturación (en millones de euros)
Iberdrola	Iberdrola	España	90%	35.868
Naturgy	Naturgy	España	75%	33.974
Enagás	Enagás	España	100%	2.175
Repsol	Repsol	España	51%	16.991
Acciona	Acciona	España	99%	12.517
Grupo Solaria	Grupo Solaria	España	99,90%	1.275
Capital Energy	Capital Energy	España	99,90%	1.205
Elecnor	Elecnor	España	56%	6.955
Greenergy	Greenergy	España	99,90%	1.039

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los productores y distribuidores con mayoría en capital extranjero en la Tabla 4 destacan Endesa y Cepsa como principales operadores con origen extranjero, teniendo la primera el 2º puesto por volumen de facturación y Cepsa el 5º, en la clasificación global de energéticas de España.

Tabla 4.- Productores y distribuidores energéticos en el mercado español con mayoría en capital extranjero.

Empresa	Controlador	País	Porcentaje
Endesa	Enel (Italia)	Italia	70%
Cepsa	Mubadala (Abu Dhabi)	Emiratos Árabes Unidos	65%
CLH	CVC (Reino Unido), Omers (Canadá), Macquarie (Australia) y otros	Varios	30%
Viesgo	EDP (Portugal) y Macquarie (Australia)	Portugal y Australia	75% y 25%
Redexis	USS (Reino Unido), ATP (Países Bajos) y CNIC (China)	Reino Unido, Países Bajos y China	33% cada uno
Madrileña de Gas	Ginko Tree (China), EDF Invest (Francia), PGGM (Países Bajos) y Lancashier (Reino Unido)	China, Francia, Países Bajos y Reino Unido	36%, 22%, 30% y 13%
Nortegas	JPMorgan (Estados Unidos), ADIA (Abu Dhabi), Swiss Life (Suiza) y Covalis (Suiza)	Estados Unidos, Emiratos Árabes Unidos, Suiza y Suiza	55%, 20%, 15% y 10%
X-Elio	KKR (Estados Unidos) y Brookfield (Canadá)	Estados Unidos y Canadá	50% cada uno
Renovalia	F2i (Italia)	Italia	100%

Fuente: Elaboración propia

En conclusión, el sector energético español se caracteriza por su diversidad y complejidad. Esta estructura se compone de una serie de actores principales, entre los cuales destacan las empresas eléctricas, de gas natural, de petróleo, los productores independientes de energía, los minoristas de energía, los reguladores y los organismos internacionales. Además, el sector se caracteriza por la existencia de un mercado liberalizado y un mercado regulado. Finalmente, el sector se enfrenta a una serie de desafíos, entre los cuales destacan la reducción de la dependencia energética exterior, la integración de las energías renovables en el mix energético, la mejora de la eficiencia energética y la implementación de una política fiscal adecuada.

2.2 La Transición energética en España

La transición energética es una evolución necesaria e inevitable hacia un sistema energético más sostenible para las generaciones presentes y futuras. En España, la transición energética es un proceso de cambio que busca promover una mayor seguridad energética, una menor dependencia de los combustibles fósiles, una mejor calidad del aire y una reducción de la huella de carbono. Esta transición energética en España se puede lograr a través de la diversificación de la producción y el consumo de energía, la utilización de tecnologías limpias y renovables y la adopción de políticas energéticas sostenibles.

Para promover la transición energética en España, el Gobierno español ha puesto en marcha una serie de estrategias y políticas. Estas incluyen la aprobación de la ley de cambio climático y transición energética, la creación de una red de energías renovables, la adopción de un sistema de subvenciones para la adopción de energías limpias, la introducción de impuestos sobre los combustibles fósiles, la creación de

un sistema de tarifas eléctricas que incentivan el uso de energías limpias, la obligatoriedad de la certificación de edificios por su eficiencia energética y la creación de una agencia de eficiencia energética.

Para garantizar el éxito de la transición energética en España, se necesita una estrategia a largo plazo que aborde los desafíos a nivel tecnológico, financiero y regulatorio. Esta estrategia debe incluir la reducción de la brecha de financiación para la transición energética, el apoyo a la investigación y el desarrollo de tecnologías limpias y renovables, la implementación de políticas que promuevan la eficiencia energética y la mejora de la seguridad energética.

Para concluir, la transición energética en España es un proceso de cambio necesario para el futuro de nuestra economía y nuestro medio ambiente. El gobierno español ha establecido una serie de políticas para promover la transición energética, pero para garantizar su éxito, es necesario un compromiso a largo plazo con la investigación, la tecnología y la financiación.

2.3 Energías Renovables como herramienta en la recuperación económica

Las energías renovables son un recurso natural renovable que puede ser utilizado para producir electricidad o combustible. Esta energía alternativa es una alternativa a los combustibles fósiles y puede contribuir a una economía más sostenible. En este trabajo de fin de carrera universitario, se propone examinar cómo las energías renovables pueden ser utilizadas como una herramienta para la recuperación económica. Se analizarán las ventajas y desventajas de usar energías renovables como una forma de impulsar la economía y

se discutirá cómo esta herramienta puede contribuir a la recuperación económica de un país. Se discutirán los retos que se enfrentan al implementar energías renovables y cómo se pueden superar estos retos para aprovechar el potencial de este recurso para la recuperación económica.

Una de las principales ventajas de usar energías renovables como herramienta para la recuperación económica es que no emite GEI, lo que significa que no contribuyen al cambio climático. Esto puede ayudar a reducir costos de producción, ya que la energía renovable es menos costosa de producir que los combustibles fósiles. Esto significa que el costo de producción de electricidad se reduce, lo que permite que los países reduzcan el costo de los servicios básicos para la población.

Además, el uso de energías renovables contribuye a una economía sostenible, ya que no se agotan los recursos naturales. Otra ventaja de usar energías renovables como herramienta para la recuperación económica es que pueden ayudar a los países a aumentar su seguridad energética. El uso de energías renovables significa que un país no depende de los combustibles fósiles importados, lo que significa que los países no están sujetos a los precios internacionales de los combustibles fósiles. Esto significa que los países tienen más control sobre sus recursos energéticos y no están sujetos a los precios volátiles de los combustibles fósiles. Esto puede ayudar a un país a ahorrar dinero y a estar preparado para una recesión económica. Además, el uso de energías renovables como herramienta para la recuperación económica puede contribuir a la creación de nuevos empleos.

La industria de las energías renovables crea miles de empleos directos e indirectos, lo que puede ayudar a un país a recuperarse de una recesión. El desarrollo de la industria de las energías renovables

también puede contribuir a una mayor diversificación de la economía, ya que los países no están enfocados en un solo sector, sino que tienen varios sectores diferentes para apoyar. Esto también puede contribuir a la creación de empleos, ya que hay empleos que surgen de la industria de las energías renovables. Sin embargo, hay algunos desafíos que se deben superar si las energías renovables se van a utilizar como herramienta para la recuperación económica. Uno de estos desafíos es el costo de la tecnología. Las energías renovables aún no son tan baratas como los combustibles fósiles, lo que significa que los países pueden tener que invertir mucho dinero en la implementación de esta tecnología. Esto significa que los países pueden tener que tomar medidas para reducir el costo de la tecnología y para asegurarse de que se recuperan los costos de inversión en un plazo razonable. Además, hay desafíos relacionados con el almacenamiento de energía. La energía renovable se genera con la luz del sol o el viento, que no siempre están disponibles. Esto significa que los países tienen que encontrar formas de almacenar la energía para que se utilice cuando se necesite. Esto significa que los países tienen que invertir en tecnologías de almacenamiento de energía, como baterías, para asegurarse de que la energía renovable pueda ser utilizada cuando se necesite.

En conclusión, las energías renovables pueden ser una herramienta eficaz para la recuperación económica. Esta herramienta tiene numerosas ventajas, como contribuir a una economía sostenible, aumentar la seguridad energética y crear empleos. Sin embargo, existen algunos desafíos que se deben superar, como el costo de la tecnología y el almacenamiento de energía. Con la ayuda de la tecnología, la educación y la colaboración, los países pueden superar estos desafíos para aprovechar el potencial de las energías renovables como herramienta para la recuperación económica.

3. Análisis del sector fotovoltaico en España

El sector fotovoltaico español tiene un gran potencial de crecimiento en los próximos años. Se espera que la potencia instalada fotovoltaica alcance los 50 MW en 2030. Este crecimiento será impulsado por la creciente demanda de energía renovable, la reducción de los costes de las instalaciones fotovoltaicas y las políticas del Gobierno español para fomentar el desarrollo de las energías renovables.

3.1 Presente y futuro de la energía fotovoltaica en España

La energía fotovoltaica (FV) es una fuente de energía renovable que ha experimentado un gran crecimiento en España en los últimos años. En 2022, la capacidad instalada de energía FV en España alcanzó los 19,7 MW según el informe Snapshot of Global PV Markets 2023 lo que representa el 42 % de la capacidad instalada de energías renovables en el país, convirtiéndolo en el primer país de Europa y quinto del mundo con mayor potencia fotovoltaica instalada.

Este crecimiento se debe a una serie de factores, entre los que se incluyen:

- Los objetivos de la Unión Europea en materia de energías renovables: La Unión Europea ha establecido objetivos

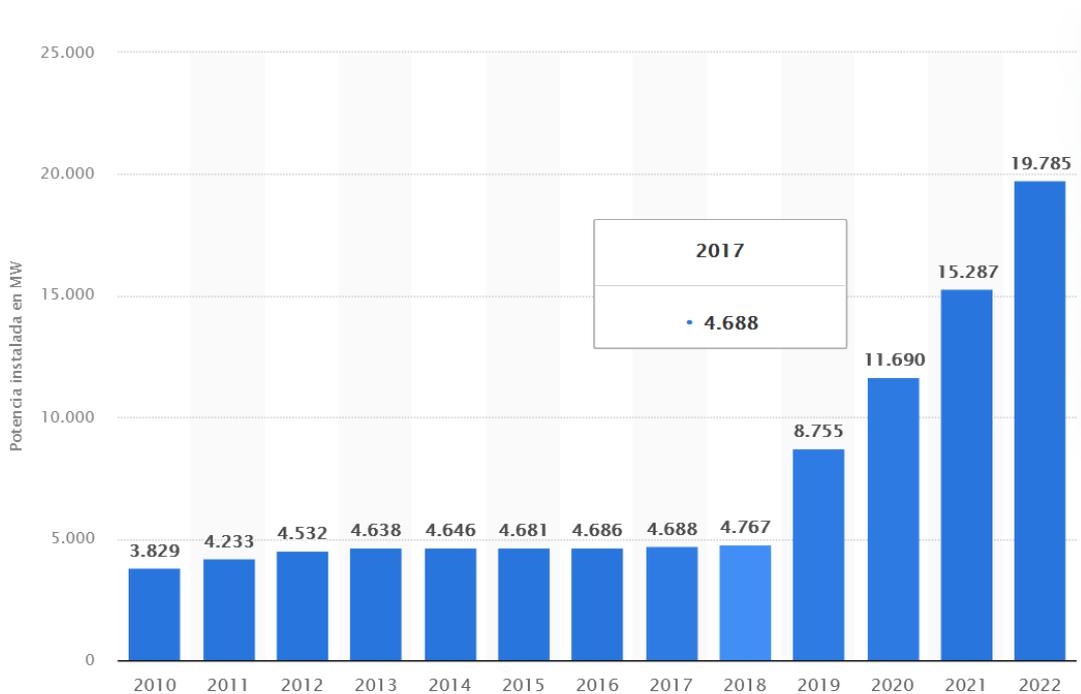
ambiciosos para el desarrollo de las ER, lo que ha impulsado el desarrollo de la energía FV en España.

- Las políticas de apoyo a las energías renovables: El Gobierno español ha implementado una serie de políticas de apoyo a las ER, como el régimen retributivo específico (RRE) y las subastas de energías renovables.
- La reducción de los costes de la energía FV: Los costes de la energía FV se han reducido significativamente en los últimos años, lo que ha hecho que la energía FV sea más competitiva frente a las fuentes de energía convencionales.

La evolución del sector fotovoltaico en España se puede dividir en cuatro etapas:

- Etapa inicial (2000-2007): En esta etapa, el sector fotovoltaico español se desarrolló a un ritmo moderado. La capacidad instalada de energía FV aumentó de 0,5 MW en 2000 a 3 MW en 2007.
- Etapa de estancamiento (2008-2018): En esta etapa, aunque la previsión era de gran auge, aunque el sector apenas tuvo crecimiento, en gran medida frenado por el conocido como impuesto al sol, hasta su derogación en 2018.
- Etapa de crecimiento exponencial (2019-2022): El sector fotovoltaico español tuvo un crecimiento exponencial. La capacidad instalada de energía FV aumentó de 8,7 MW en 2018 hasta los 19 MW en 2022.
- Etapa de consolidación (2022-actualidad): En esta etapa, el sector fotovoltaico español sigue teniendo un crecimiento fuerte, aunque más moderado que en el último lustro. Se espera que la potencia instalada llegue a los 50 MW en los próximos 6 años.

Gráfica 5.- Potencia solar fotovoltaica instalada en España de 2010 a 2022



Fuente: Red Eléctrica Española

Como se puede ver en la gráfica 5, la potencia instalada de energía solar fotovoltaica ha aumentado de forma exponencial en los últimos cuatro. En 2020, la potencia instalada era de casi 12 MW y en 2023 se calcula que habrán alcanzado los 25 MW. Este crecimiento se debe a una serie de factores, entre los que se incluyen los objetivos de la UE en materia de energías renovables, las políticas

A pesar de esta tendencia, el sector solar fotovoltaico en España tiene un gran potencial de crecimiento. Con la implementación de políticas de apoyo adecuadas, el sector solar fotovoltaico español puede contribuir significativamente a la transición energética hacia un sistema más sostenible y descarbonizado.

Las perspectivas del sector fotovoltaico en España son positivas. El Gobierno español ha establecido un objetivo de alcanzar una capacidad instalada de 50 GW de energía FV en 2030.

Este objetivo es ambicioso, pero es posible alcanzarlo con la implementación de políticas de apoyo adecuadas. En particular, el Gobierno español debería continuar con las políticas de apoyo a las energías renovables, como el régimen retributivo específico y las subastas de energías renovables. Además, el Gobierno español debería trabajar para reducir los costes de la energía FV. Esto se puede lograr mediante el desarrollo de tecnologías de energía FV más eficientes y la reducción de los costes de inversión.

Los beneficios de la energía fotovoltaica incluyen:

1. Seguridad energética: La fotovoltaica es una fuente de ER, limpia y segura que no produce ninguna contaminación y, por tanto, ayuda a reducir la dependencia de los combustibles fósiles, minimizando el riesgo de crisis energéticas.
2. Mitigación del cambio climático: Al no generar emisiones de GEI, la energía fotovoltaica ayuda a reducir el impacto del cambio climático.
3. Ahorro de costes: La energía fotovoltaica no requiere de combustibles fósiles para su producción, por lo que su uso permite ahorrar en energía.
4. Desarrollo sostenible: La energía fotovoltaica contribuye al desarrollo sostenible al proporcionar una fuente de energía limpia y segura que no afecta al medio ambiente.
5. Generación de empleo: La energía fotovoltaica genera empleo en todas sus fases, desde el diseño y la fabricación de los paneles fotovoltaicos hasta la instalación de sistemas fotovoltaicos. Existen numerosos proyectos a gran escala llevados a cabo en España para

promover el uso de la energía fotovoltaica. Por ejemplo, el proyecto SolarPlaza, financiado por el Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO), busca aumentar la producción de energía solar en España a través de la instalación de paneles fotovoltaicos en edificios, áreas rurales y terrenos agrícolas. Este proyecto permitirá a España alcanzar su objetivo de convertirse en una potencia energética líder en energías renovables.

En conclusión, el sector fotovoltaico en España tiene un gran potencial de crecimiento. Con la implementación de políticas de apoyo adecuadas, el sector fotovoltaico español puede contribuir significativamente a la transición energética hacia un sistema más sostenible y descarbonizado.

Actualmente, España cuenta con más de 20 GW de energía fotovoltaica instalada. Esta cifra está aumentando constantemente, ya que hay varios proyectos de gran escala planeados para los próximos años.

3.2 Energía solar en las diferentes Comunidades Autónomas

Cada vez hay más localizaciones, inversiones y aplicaciones de esta fuente de energía. Las Comunidades Autónomas españolas están cada vez más interesadas en desarrollar proyectos de energía solar fotovoltaica (PV) para maximizar sus beneficios.

El nivel de inversión español en energía solar fotovoltaica pasó de los 621 millones de euros en 2018 a los casi 2.200 millones de euros en 2020. Las Comunidades Autónomas de España como Andalucía, Aragón, Castilla La Mancha, Castilla y León, Extremadura, lideran el

desarrollo energético solar fotovoltaico en España. Estas Comunidades Autónomas están trabajando para desarrollar una sólida industria de energía solar fotovoltaica a nivel regional. Como ejemplo, podemos destacar Andalucía, una de las Comunidades Autónomas más destacadas en el desarrollo de proyectos fotovoltaicos, que cuenta con 5 MW de potencia instalada. Además, el Gobierno de Andalucía ha aprobado un plan de inversión de 990 millones de euros para el desarrollo de energía solar fotovoltaica hasta 2023.

Otra comunidad destacada es Castilla y León, responsable de casi el 5% de las instalaciones de energía FV de toda España. Esta región está planteando el desarrollo de parques solares fotovoltaicos para asegurar la estabilidad energética regional, que además ya cuenta con una potencia instalada de 13 MW.

Como ejemplo a destacar, Solaria está desarrollando en la provincia de Salamanca el mayor parque solar de Castilla y León que contará con una potencia instalada de 1,1 GW en un único parque, el cual se estima que podrá verter a la red más de 18 MW.

En la provincia de Málaga, uno de los proyectos más grandes sería el de la planta fotovoltaica de PSF Ronda I, en Cañete de la Real que contará una vez finalizado con una potencia instalada de 49 MW.

En la provincia de Zaragoza, el Ayuntamiento ha invertido en energía fotovoltaica para la producción de electricidad para uso doméstico y empresarial. Se han instalado paneles fotovoltaicos con una potencia total de 70 MW en la localidad de La Muela, que contribuirán a abastecer de electricidad a más de 3.000 usuarios.

En la provincia de Valladolid, destaca el parque solar de la Mudarra que ya contaba con varias instalaciones, aunque vienen de hace una década. El nuevo proyecto contará con una capacidad instalada de en torno a 50 MW.

El mayor proyecto de energía solar de España es el Parque Solar de Extremadura, que se ubica cerca de la localidad de Badajoz. Tiene una capacidad de generación de 1.000 MW, lo que lo convierte en el parque solar más grande de la Unión Europea. Otras instalaciones incluyen el parque solar de Almería, que tiene una capacidad de generación de 350 MW, y el Parque Solar de Cádiz, con una capacidad de generación de 300 MW.

El Programa de Ahorro Energético dirigido por el gobierno español ha ayudado a financiar proyectos de energía solar para los hogares en todo el país. Estos proyectos han permitido a los ciudadanos españoles ahorrar dinero en sus recibos de electricidad al tiempo que reducen la dependencia del país de las fuentes alternativas de energía.

En conclusión, el sector de la energía FV es uno de los principales motores del desarrollo energético en España. Además, las Comunidades Autónomas están trabajando de forma coordinada para desarrollar proyectos de energía solar fotovoltaica y así aumentar los beneficios económicos para sus regiones. España ha desarrollado algunos de los proyectos de energía solar más grandes de Europa, así como proyectos más pequeños para los hogares.

3.3 Previsión y crecimiento de la energía solar en España

A continuación, veremos cómo ha sido la generación de energía según ha ido aumentando la potencia instalada, es decir, de los proyectos instalados cual es su capacidad de generación eléctrica de forma anual.

En España, en 2019, la energía fotovoltaica generada ha contribuido con el 6,5% de la demanda eléctrica a nivel nacional. La producción de energía fotovoltaica de España ha ido aumentando año tras año desde 2007 cuando producía unos 2,49 GWh al año.

Entre 2008 y 2018, la generación de energía a través de fotovoltaica se ha mantenido bastante estable, oscilando entre los 7 y 8 GWh anuales en estos años. A partir del año 2019 en adelante, la generación aumenta considerablemente; en 2019 fueron 9,2 GWh, en 2020 15,3 GWh y en 2021 20,9 GWh.

En 2022, la generación de energía por fotovoltaica ha sido de 27,9 GW de energía producida en paneles solares fotovoltaicos, lo que supondría el 8,5% de la demanda eléctrica interna del país. La cifra se prevé que alcance los 98,5GW en 2030, superando aún la cantidad de energía producida por combustibles fósiles.

Además de generar energía renovable, la energía fotovoltaica puede ser una fuente importante de ingresos a través de programas de autoconsumo. Tal como ocurre con otras fuentes de energía renovable, la energía fotovoltaica producida en España mediante paneles solares puede ser vendida a la red y añadida a la matriz de energía energética del país. No hay duda de que los esfuerzos por promover la energía fotovoltaica en España han tenido éxito y el futuro de esta energía sostenible sigue siendo prometedor. Estas previsiones son particularmente interesantes teniendo en cuenta el papel de España en el cumplimiento de los objetivos establecidos por la Unión Europea para lograr una economía baja en carbono.

Por tanto, el crecimiento estimado de la energía fotovoltaica en España es una noticia muy positiva para todos aquellos que buscan una fuente segura, limpia y renovable de energía. Es importante recordar que la energía fotovoltaica solo seguirá creciendo y es importante seguir promoviendo sus muchos beneficios.

3.4 Evolución y explosión del mercado fotovoltaico

En el año 2022, España experimentó un crecimiento récord en la instalación de sistemas de autoconsumo, con un total de 2.649 MW de nueva capacidad instalada. De esta cifra, el 39% correspondió a instalaciones residenciales y el 61% a proyectos industriales. Desde el año 2018, la potencia instalada anual de autoconsumo en España ha crecido a un ritmo medio superior al 90% cada año. En total, la potencia instalada de autoconsumo en España a finales de 2022 ascendía a 5.211 MW.

El incremento de la potencia instalada en 2022 se debe a una serie de factores, tanto estructurales como coyunturales. Dentro de los factores estructurales, cabe destacar la extraordinaria reducción de costes experimentada por la tecnología solar fotovoltaica, que se ha impuesto al resto de tecnologías utilizadas para el autoconsumo en España. La reducción de costes ha sido posible gracias a una serie de factores, como la mejora de la eficiencia de las células fotovoltaicas, la reducción de los costes de los equipos y la mayor competitividad del mercado.

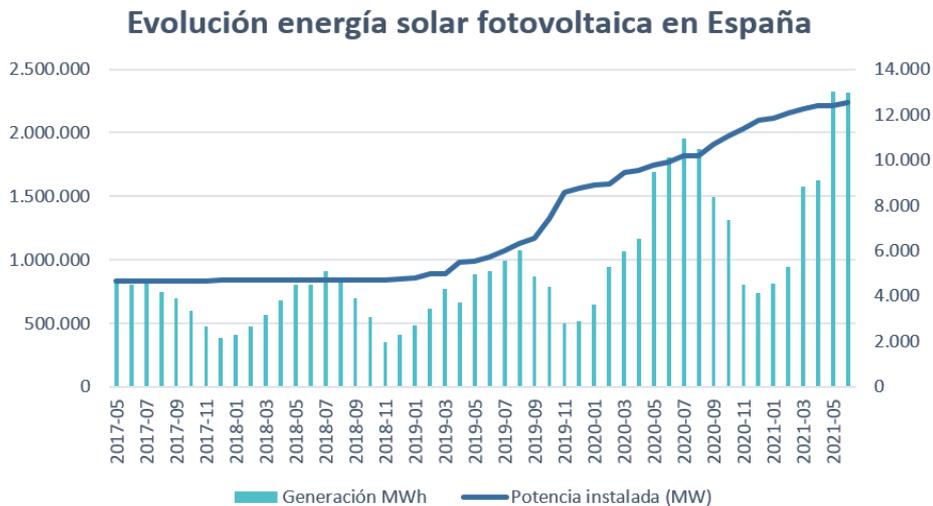
Otro factor estructural que ha impulsado el crecimiento del autoconsumo es la eliminación de barreras regulatorias. En los últimos años, el Gobierno español ha aprobado una serie de medidas para facilitar la instalación de sistemas de autoconsumo, como la simplificación de los permisos y la reducción de los impuestos. Estas medidas han contribuido a crear un entorno más favorable para el desarrollo del autoconsumo, lo que ha facilitado la inversión de particulares y empresas en este tipo de sistemas.

Además de los factores estructurales, el crecimiento del autoconsumo en España también ha sido impulsado por una serie de factores coyunturales, como la alta volatilidad del mercado eléctrico y el efecto tractor de los fondos europeos NextGenerationEU. La alta volatilidad del mercado eléctrico ha hecho que muchos consumidores se interesen por el autoconsumo como una forma de reducir su factura eléctrica. Por su parte, los fondos europeos NextGenerationEU han puesto a disposición de los consumidores una serie de ayudas para la instalación de sistemas de autoconsumo.

El crecimiento del autoconsumo en España tiene una serie de beneficios, tanto para los consumidores como para el país en su conjunto. Para los consumidores, el autoconsumo supone un ahorro en su factura eléctrica y una mayor independencia energética. Para el país, el autoconsumo contribuye a reducir la dependencia de las importaciones de energía, a crear empleo y a reducir las emisiones de GEI.

Se espera que el crecimiento del autoconsumo en España continúe en los próximos años. En el año 2023, se prevé que se instalen en España un total de 3.000 MW de nueva capacidad de autoconsumo. Este crecimiento estará impulsado por una serie de factores, como la continua reducción de costes de la tecnología solar fotovoltaica, la mejora de las políticas públicas de apoyo al autoconsumo y la creciente concienciación de los consumidores sobre los beneficios del autoconsumo.

Gráfica 6.- Evolución de la fotovoltaica por generación y potencia instalada.



Fuente: www.aeqenergia.com

3.5 Previsión y crecimiento de la energía solar en Europa y a nivel global

La energía fotovoltaica se ha expandido a un ritmo impresionante en los últimos años. Esta tecnología se ha convertido en una de las principales fuentes de energía renovable en diversos países de todo el mundo. Esto es debido a la creciente demanda de energía limpia y la adopción de estrategias de energías renovables a nivel global.

Según un informe realizado por el Consejo Europeo de Energías Renovables (EREC), la energía fotovoltaica será una de las principales fuentes de energía en el futuro, especialmente en Europa. Las previsiones de la EREC sugieren que para 2025, la energía fotovoltaica

generará alrededor de un tercio de la energía renovable en los países de la Unión Europea.

Además, el informe también pronostica que la energía fotovoltaica aportará alrededor de un tercio de la energía renovable generada globalmente para el mismo año. Esto significa que la energía fotovoltaica generará el mayor porcentaje de energía renovable en el mundo, seguida por eólica, hidroeléctrica y biomasa. Este fenómeno se debe a factores como la reducción de los costos de instalación de paneles fotovoltaicos, mejoras en la eficiencia de los sistemas y mejoras en la concienciación de los gobiernos y la población sobre la energía renovable.

Lo mejor del crecimiento de la energía fotovoltaica es que esta tecnología ya es muy rentable y asequible. Aproximadamente el 20% de la energía en Europa proviene ya de fuentes renovables, principalmente de la energía solar. Esto ha ayudado a los países de la UE a reducir sus emisiones de CO₂ y ser más amigables con el medio ambiente. Además, gracias al creciente interés de los gobiernos y la industria por la energía renovable, el uso de paneles solares se está expandiendo a nivel mundial.

De acuerdo con los últimos informes del Instituto Internacional de Energía, el uso de paneles solares aumentó un 70% en 2017, y se espera que esta tendencia continúe. Por último, es importante destacar que la energía fotovoltaica también contribuye al desarrollo económico de los países. La instalación de paneles solares crea empleo y reduce la dependencia de los combustibles fósiles y los combustibles nucleares. Esto ayuda a los países a desarrollar economías más limpias y a mejorar la calidad de vida de su población. En conclusión, el crecimiento de la energía fotovoltaica en Europa y a nivel mundial es alentador. Esta tecnología limpia y renovable ha demostrado ser una fuente de energía confiable y es cada vez más accesible para los

consumidores. Es cierto que aún queda mucho por hacer para que la energía solar se convierta en una fuente dominante de energía en todo el mundo, pero el futuro parece brillante para la energía fotovoltaica.

Los diferentes programas para impulsar estas energías por parte de la Unión Europea son;

1. Programa Horizonte 2020 para una energía competitiva, sostenible e innovadora: el programa Horizonte 2020, el programa de investigación e innovación de la Unión Europea, ofrece un presupuesto total de 14.000 millones de euros para apoyar proyectos de investigación e innovación relacionados con la energía, entre los que se incluyen proyectos para el desarrollo de energías renovables.

2. Programa SET Plan: el Plan Estratégico para la Tecnología de la Unión Europea (SET Plan) tiene como objetivo acelerar la transición hacia una economía baja en carbono y para ello ha asignado fondos para el desarrollo y la aplicación de energías renovables en toda la Unión Europea.

3. Iniciativa del Mercado Interno: esta iniciativa de la Comisión Europea estimula la investigación sobre tecnologías innovadoras de energías renovables y su aplicación en los mercados internos de la Unión Europea.

4. Red de Transferencia de Tecnologías: La Comisión Europea también financia este programa para crear una red que permita el intercambio y difusión de información sobre tecnologías relacionadas con energías renovables entre los Estados miembros de la Unión Europea.

4. Instalaciones fotovoltaicas

En 2022, en España se instalaron un total de 217.248 instalaciones de autoconsumo residencial y 23.096 instalaciones de autoconsumo industrial. La inversión total realizada en autoconsumo en 2022 ascendió a 3.065 millones de euros, de los cuales 1.707 millones se destinaron a instalaciones residenciales y 1.358 millones a instalaciones industriales.

La instalación residencial media en 2022 tenía una potencia de 4,6 kW y una inversión de 7.855 euros. La instalación industrial media tenía una potencia de 70 kW y una inversión de 58.807 euros.

Las instalaciones industriales se beneficiaron de importantes reducciones de costes en la ratio inversión/potencia, debido al fuerte impacto de las economías de escala en estos proyectos. Sin embargo, las instalaciones industriales también sufrieron dos barreras que limitaron su desarrollo en 2022. La primera barrera se debió a las tensiones en la cadena de suministro, que limitaron la disponibilidad en el mercado de inversores string (especialmente aquellos con potencia superior a 100 kW). La segunda barrera se debió a los fondos NextGenerationEU y su tramitación. Al ser necesaria la tramitación de estas ayudas previa a la contratación con la empresa instaladora, se produjo un retraso en el inicio de los proyectos que, previsiblemente, verán la luz a lo largo de 2023.

4.1. Tipos de instalaciones fotovoltaicas; su rentabilidad, diseño y rendimiento

En el ámbito de la energía solar fotovoltaica, existen diferentes tipos de instalaciones que varían en tamaño, diseño y aplicación. Estas instalaciones pueden ser clasificadas en función de su escala, configuración y objetivo. Cada tipo de instalación presenta características específicas en términos de rentabilidad, diseño y rendimiento. A continuación, se detallan algunos de los tipos más relevantes:

1. Instalaciones conectadas a la red: Son aquellas que están conectadas a la red eléctrica y vierten la energía eléctrica producida a la compañía eléctrica.

Existen diferentes tipos de instalaciones conectadas a la red:

- 1.1 Instalaciones de autoconsumo residencial o industrial:

Destinadas al autoconsumo de hogares o empresas

- 1.1.1 Instalaciones sin almacenamiento: la energía producida se vierte directamente a la red eléctrica.

- 1.1.2 Instalaciones con almacenamiento: la energía producida se almacena en baterías y se vierte a la red eléctrica cuando es necesario.

2. Instalaciones de generación o venta a red: Aquellas instalaciones cuya finalidad es la generación de energía a gran escala destinada a su venta a la red eléctrica.

3. Instalaciones aisladas de la red: Son aquellas que no están conectadas a la red eléctrica y son utilizadas en zonas donde no existe suministro eléctrico. Se utilizan baterías para almacenar la energía producida.

4.1.1. Instalaciones Residenciales

Las instalaciones fotovoltaicas residenciales son aquellas destinadas a abastecer el consumo eléctrico de viviendas particulares. Estas instalaciones suelen ubicarse en tejados, fachadas o terrenos cercanos a las viviendas. Su rentabilidad depende de factores como la radiación solar local, el tamaño del sistema y las tarifas eléctricas. El diseño debe considerar la disposición de los paneles para optimizar la captación solar y la integración estética con la estructura de la vivienda. Además, se busca maximizar el rendimiento mediante la selección de equipos de alta eficiencia y la implementación de sistemas de monitorización.

Figura 1.- Instalación residencial.



Fuente: Baratzte.es

Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), el consumo medio anual de electricidad por vivienda en España es de 3.487 kWh. Esta cifra varía dependiendo del tipo de inmueble, la zona geográfica y los hábitos de consumo de los hogares.

En general, las viviendas unifamiliares consumen más electricidad que los pisos. El consumo medio anual de una vivienda unifamiliar es de 3.754 kWh, mientras que el de un piso es de 3.373 kWh.

El consumo eléctrico también varía según la zona geográfica. Las zonas más frías consumen más electricidad que las zonas más cálidas. Esto se debe a que en las zonas frías es necesario utilizar más energía para calefacción y agua caliente.

Los hábitos de consumo también influyen en el consumo eléctrico de los hogares. Los hogares que consumen más electricidad suelen tener un mayor número de electrodomésticos y aparatos electrónicos. Además, suelen utilizar estos electrodomésticos durante más tiempo.

Vamos a tomar los 3.754 kWh como la media del consumo de una vivienda unifamiliar para estimar la potencia necesaria de la instalación.

Calculo de la potencia óptima

La potencia óptima de una instalación fotovoltaica para una vivienda es aquella que permite cubrir el consumo eléctrico de la vivienda con energía solar. Para calcular la potencia óptima, es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- a) Consumo eléctrico de la vivienda: Este es el factor más importante a tener en cuenta. Se puede calcular sumando la potencia de todos los electrodomésticos, aparatos electrónicos y demás dispositivos que utilizan electricidad en la vivienda.

Habitualmente, se accede a las lecturas del contador para obtener los consumos anuales. En este caso, utilizaremos la referencia de 3.754 kWh/año.

- b) Irradiación solar: La cantidad de energía solar que recibe una vivienda depende de su ubicación geográfica. Las zonas con más horas de sol son las que tienen más potencial para la energía solar fotovoltaica. De manera habitual, se utiliza el Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica (PVGIS) de la Comisión Europea proporciona estimaciones de radiación solar para toda Europa. Se pueden ingresar las coordenadas de la ubicación y obtener datos de irradiación solar promedio diaria, mensual y anual.

En la gráfica 7 se muestran los datos de producción y de irradiación de una instalación según una serie de parámetros como potencia, inclinación, azimut, etc, obtenida a través de PVGIS, una herramienta para cálculos de producción desarrollada por el Centro Común de Investigación perteneciente a la Comisión Europea.

Gráfica 7.- Producción solar obtenida de PVGIS.

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

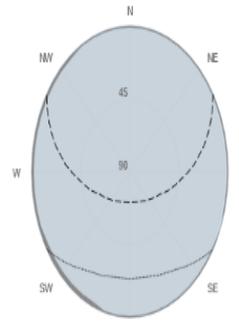
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: 41.614,-4.750
Horizonte: Calculado
Base de datos: PVGIS-SARAH2
Tecnología FV: Silicio cristalino
FV instalado: 2.5 kWp
Pérdidas sistema: 15 %

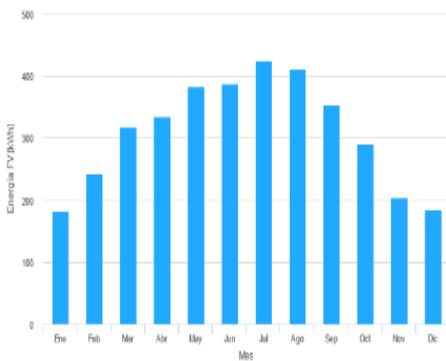
Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 30 °
Ángulo de azimut: 18 °
Producción anual FV: 3718.12 kWh
Irradiación anual: 1935.13 kWh/m²
Variación interanual: 115.28 kWh
Cambios en la producción debido a:
Ángulo de incidencia: -2.84 %
Efectos espectrales: 0.59 %
Temperatura y baja irradiancia: -7.48 %
Pérdidas totales: -23.14 %

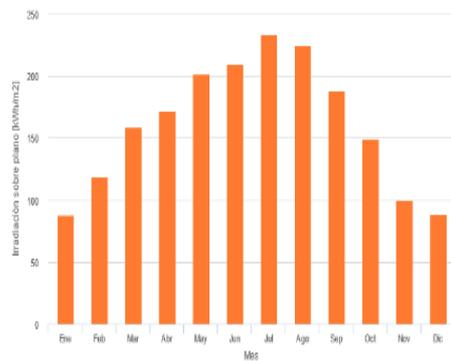
Perfil del horizonte en la localización seleccion



Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Irradiación mensual sobre plano fijo:



Fuente: <https://re.jrc.ec.europa.eu/> (PVGIS)

Producción anual estimada: 3.718,12 kWh

c) Eficiencia de los paneles solares: Los paneles solares tienen una eficiencia media de entre el 18 y el 22%. Esto significa que de cada 100 vatios de luz solar que reciben, sólo convierten entre 18 y 22 vatios en electricidad.

Para calcular la potencia óptima de una instalación fotovoltaica, se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Potencia óptima} = \frac{\text{Consumo eléctrico}}{\text{Eficiencia de los paneles solares} \cdot \text{Irradiación solar}}$$

Por ejemplo, una vivienda que consume 3.747 kWh al año con paneles solares de una eficiencia del 21% y una irradiación solar de 1.935 kWh/m² al año necesitaría una instalación de aproximadamente 2,50 kWp.

Es importante tener en cuenta que la potencia óptima de una instalación fotovoltaica puede variar dependiendo de otros factores, como la presencia de sombras en la superficie de los paneles solares o el uso de baterías para almacenar la energía solar.

POTENCIA PICO ESTIMADA 2.60 kWp
POTENCIA NOMINAL RECOM. 2.37 kWn

Tabla 5.- Datos de consumo y radiación.

 **DATOS CONSUMO**

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
kWh	312.28	312.28	312.28	312.28	312.28	312.28	312.28	312.28	312.28	312.28	312.28	312.28	3747.36

 **DATOS RADIACIÓN**

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
kWh/m²	87.7	118.9	158.9	172.2	201.5	209.6	233.9	225.4	188.8	149.3	99.9	88.9	1935

Teniendo los datos de consumo de la vivienda, irradiación de la ubicación y eficiencia de paneles esto son las potencias que obtenemos

- Potencia pico: Suma total de la potencia de paneles
- Potencial nominal: Potencia del inversor de la instalación.

En general, se recomienda sobredimensionar la instalación fotovoltaica en un 10% para compensar las pérdidas de energía y garantizar que la vivienda pueda cubrir la mayoría de su consumo eléctrico con energía solar.

Además de la potencia, también es importante tener en cuenta otros factores a la hora de elegir una instalación fotovoltaica, como el tipo de paneles solares, el inversor y el sistema de montaje.

De media, una instalación fotovoltaica para autoconsumo residencial ofrece un ahorro sobre la factura anual de un 60 %.

Viabilidad económica de la instalación

Después de comprobar cuál es la potencia óptima de la instalación y también ver si a nivel técnico es viable ejecutar la obra en la vivienda, se realiza un estudio económico y presupuesto.

En la Tabla 6 se ha realizado un presupuesto según los precios del mercado para estos materiales y demás partidas, para hacer de forma realista la previsión económica.

Tabla 6.- Presupuesto para una instalación de autoconsumo residencial de 2 kW.

		POTENCIA:	2,500 W
CONCEPTO		€/W	IMPORTE
Longi 500W LR5-66HPH	5 Uds.	0.240	600.00 €
Huawei SUN200L-4.68KTL-L1	2 kW	0.180	449.00 €
Sensor Monofásico DDSU666-H 100A		0.029	71.50 €
Manipulación, embalaje y portes		0.009	22.41 €
Estructura coplanar teja		0.098	245.83 €
Pequeño material eléctrico y cableado		0.094	235.00 €
Instalación y puesta en marcha		0.390	975.00 €
Ingeniería, seguridad y salud y dirección de obra		0.180	450.00 €
Tramitación y legalización en Industria		0.121	301.60 €
Maquinaria de elevación		0.140	350.00 €
		BASE IMPONIBLE	1.48 €/W
		IVA (21%)	777.07 €
		<u>TOTAL</u>	<u>4,477.41 €</u>

Una vez tenemos el coste de la instalación tenemos que valorar la viabilidad económica de la instalación y el ahorro que supone dicha inversión, para ello necesitaremos algunos datos;

- Precio medio del kilovatio/hora en 2022-2023 (imp. Incluidos):
0,2327€
- Consideramos un ahorro mínimo del 60%
- Gasto anual estimado: $3747 \text{ kWh} \times 0,2327 = 871,92€$
- Ahorro por autoconsumo: 523,16 € de ahorro anual

Tabla 7.- Tabla de amortización de la inversión.

AÑO	INVERSION	Δ TARIFA ELECTRICA	AHORROS	FLUJO DE CAJA	FLUJO DE CAJA ACUMULADO		
0	4,477.41 €			-4,477 €	-4,477 €		
1	0	2.5%	523 €	523 €	-3,954 €		
2	0	2.5%	536 €	536 €	-3,418 €		
3	0	2.5%	550 €	550 €	-2,868 €		
4	0	2.5%	563 €	563 €	-2,305 €		
5	0	2.5%	577 €	577 €	-1,728 €		
6	0	2.5%	592 €	592 €	-1,136 €		
7	0	2.5%	607 €	607 €	-529 €		
8	0	2.5%	622 €	622 €	93 €		
9	0	2.5%	637 €	637 €	730 €		
10	0	2.5%	653 €	653 €	1,384 €		
11	0	2.5%	670 €	670 €	2,053 €		
12	0	2.5%	686 €	686 €	2,740 €		
13	0	2.5%	704 €	704 €	3,443 €		
14	0	2.5%	721 €	721 €	4,165 €		
15	0	2.5%	739 €	739 €	4,904 €		
16	0	2.5%	758 €	758 €	5,662 €		
17	0	2.5%	777 €	777 €	6,438 €		
18	0	2.5%	796 €	796 €	7,234 €		
19	0	2.5%	816 €	816 €	8,050 €		
20	0	2.5%	836 €	836 €	8,887 €		
21	0	2.5%	857 €	857 €	9,744 €		
22	0	2.5%	879 €	879 €	10,622 €		
23	0	2.5%	901 €	901 €	11,523 €		
24	0	2.5%	923 €	923 €	12,446 €		
25	0	2.5%	946 €	946 €	13,393 €		
TOTAL			17,870 €	17,870 €	VAN	TIR	PAYBACK
					4,483 MAD	13.21%	7.85
					5.50%		

El valor actual neto (VAN) de la inversión es de 4.483 €. Esto significa que la inversión generará un beneficio neto de 4.483 € después de tener en cuenta todos los gastos e ingresos.

La tasa interna de retorno (TIR) de la inversión es de 13,21%. Esto significa que la inversión genera un rendimiento del 13,21% sobre la inversión inicial.

El tiempo de amortización de la inversión es de 7,85 años. Esto significa que la inversión se amortizará en 7,85 años, teniendo en cuenta los ahorros en la factura de la luz.

La tasa de rentabilidad mínima aceptable (TIR mínima) es del 5,50%. Esto significa que la inversión solo será rentable si la TIR es superior al 5,50%.

En conclusión, la inversión en una instalación fotovoltaica para una vivienda en España es rentable, con un VAN positivo, una TIR superior a la TIR mínima y un tiempo de amortización relativamente corto.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que los datos que se han proporcionado son sólo una estimación. El rendimiento real de la inversión puede variar en función de una serie de factores, como la tarifa de la electricidad, el consumo de electricidad de la vivienda y el coste de la instalación.

4.2.2 Instalaciones Comerciales e Industriales

Las instalaciones fotovoltaicas en instalaciones comerciales e industriales tienen el propósito de reducir los costos operativos de los negocios y mejorar la sostenibilidad. Estas pueden abarcar desde pequeñas tiendas hasta grandes superficies y fábricas. La rentabilidad se evalúa en función de los ahorros en la factura eléctrica y, en algunos casos, la posibilidad de vender el excedente de energía a la red. El diseño debe considerar la disposición de los paneles en espacios disponibles, como tejados o áreas de estacionamiento, y garantizar una integración fluida con las operaciones del negocio.

Estas instalaciones están muy incentivadas por el plan; Proyectos Estratégicos para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE).

Otra alternativa para la financiación de instalaciones industriales es el contrato “PPA” en inglés; Power Purchase Agreement. Tiene un coste financiero nulo para la empresa que lo implementa. La empresa promotora de la instalación asume todos los costes y gestiones, ofrece un precio fijo a la empresa que cede la cubierta, y se beneficia de la venta de los excedentes al mercado eléctrico mayorista.

Figura 2.-Instalación Industrial sobre cubierta.



Fuente: www.pv-magazine.com

Por lo general, una instalación industrial es mucho más rentable que una instalación residencial, ya que la amortización suele ser muy rápida debido a la alta demanda eléctrica del sector industrial.

4.2.3 Instalaciones Agrícolas

Las instalaciones fotovoltaicas en el sector agrícola ofrecen la ventaja de aprovechar terrenos no utilizados para la producción de energía. Se pueden instalar en campos, huertos o terrenos adyacentes. La rentabilidad se basa en la generación de ingresos adicionales a través de la venta de energía y en la mejora de la eficiencia de la explotación agrícola. El diseño debe considerar las prácticas agrícolas existentes y la necesidad de mantener un espacio funcional para la producción de cultivos. Además, se pueden explorar sistemas de seguimiento solar para maximizar el rendimiento energético.

Figura 3.- Instalación sobre marquesina para uso agrícola.



Fuente: www.xataka.com

4.2.4 Plantas Fotovoltaicas para venta a red

Las plantas fotovoltaicas a gran escala están diseñadas para generar energía a gran nivel y alimentar la red eléctrica. Estas instalaciones suelen ubicarse en terrenos extensos y se componen de miles de paneles solares. La rentabilidad se basa en acuerdos de compra de energía a largo plazo y en los incentivos gubernamentales. El diseño se enfoca en la optimización de la eficiencia, la selección de tecnologías avanzadas y la minimización de costos de operación y mantenimiento.

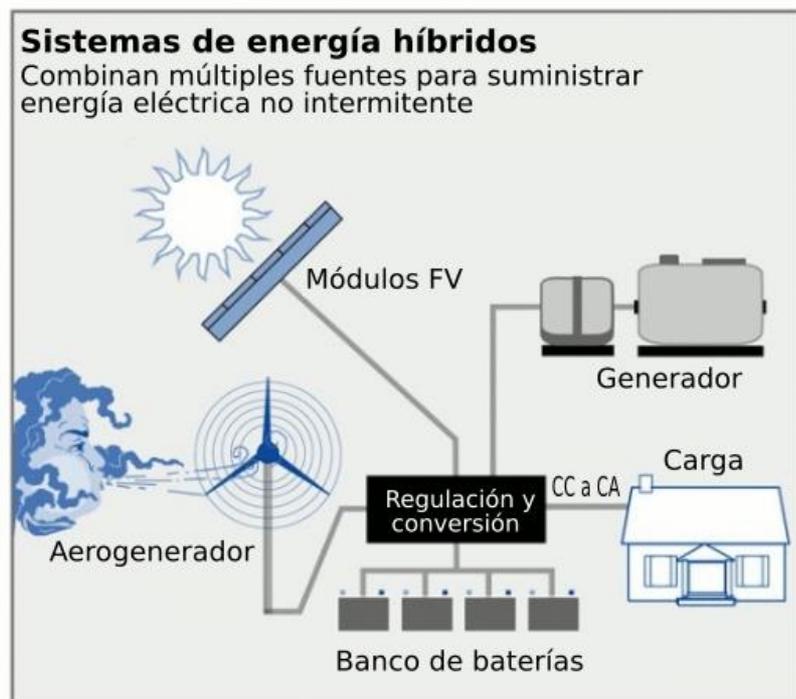
Los usuarios de estas plantas pueden ser desde grandes operadores del mercado energético, fondos de inversión o en parte, personas particulares que adquieren participación en estas plantas a través de diferentes mecanismos como préstamos para la financiación de estos proyectos.

La gran desventaja de estas macro instalaciones es la limitación de los campos de cultivo, ya que en su mayoría no permiten su explotación para la agricultura. En Castilla y León, durante el año 2022, se ha limitado por ley la proyección e instalación de estos proyectos en zonas de cultivo próximas a canales de riego para evitar perder las zonas más rentables para la industria agricultura.

4.2.5 Instalaciones Híbridas y Almacenamiento Energético

Las instalaciones fotovoltaicas híbridas combinan la energía solar con otras fuentes de generación, como eólica o biomasa, y a menudo incorporan sistemas de almacenamiento para garantizar un suministro constante. La rentabilidad se evalúa considerando la fiabilidad del suministro y la capacidad para satisfacer la demanda. El diseño debe optimizar la integración de diferentes tecnologías y garantizar la eficiencia del almacenamiento y la distribución.

Figura 4.- Ejemplo de combinación de diferentes fuentes renovables.



Fuente: www.wikipedia.com

En conclusión, la elección del tipo de instalación fotovoltaica depende de diversos factores, como el objetivo económico, las características del sitio y las necesidades energéticas. Cada tipo de instalación presenta oportunidades y desafíos únicos en términos de rentabilidad, diseño y rendimiento, pero en general, la inversión en energía solar fotovoltaica sigue siendo una opción atractiva para contribuir a la transición hacia un sistema energético más sostenible y descentralizado.

4. Conclusiones

Este trabajo de fin de grado ha analizado en profundidad el sector fotovoltaico en España, desde su definición y tipos, hasta su regulación y marco jurídico, pasando por su actualidad en Europa y España.

Además, se ha estudiado el papel que desempeña la energía solar en el sector energético español y su potencial de crecimiento en los próximos años.

Se ha evaluado el impacto de las políticas y medidas adoptadas por el gobierno español para promover la transición energética y se ha estudiado el papel de la investigación, la tecnología y la financiación en el éxito de la transición energética.

En conclusión, la energía solar fotovoltaica es uno de los principales motores del desarrollo energético en España y su implementación puede ser una solución clave para la transición energética en nuestro país.

Las Comunidades Autónomas están trabajando de forma coordinada para desarrollar proyectos de energía solar fotovoltaica y así aumentar los beneficios económicos para sus regiones, tanto a nivel social, empresarial y medioambiental.

España ha desarrollado algunos de los proyectos de energía solar más grandes de Europa. En el contexto actual, la transición energética es una necesidad urgente y la energía solar fotovoltaica puede ser una solución clave para lograr un futuro más sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

5. Bibliografía

- Acciona. (s.f). *Energías renovables*. Recuperado de <https://bit.ly/3QEholq>
- ABC. (2017, 10 de diciembre). *Del protocolo de Kioto al Acuerdo de París, 20 años de lucha contra un calentamiento global cada vez más agravado*. Recuperado de <https://bit.ly/3e0ksjZ>
- APPA.(a)(s.f). *Tipos de fuentes de energía renovable* - APPA. Recuperado de: <https://bit.ly/2OYMKcF>
- APPA (b)(s.f). *Diferencias entre energías renovables y convencionales*. Recuperado de <https://bit.ly/2RQnozg>
- Banco Mundial (2019). Data Bank. Centro de Análisis de Información sobre Dióxido de Carbono, División de Ciencias Ambientales del Laboratorio Nacional de Oak Ridge. Tennessee, Estados Unidos. Recuperado de <https://bit.ly/3VVwl6N>
- Bp (2022). *Statistical Review of World Energy 2022*. Recuperado de <https://on.bp.com/3sJ8Tlz>
- C. Schallenberg, J., Pernavieja, G., Hernández, C., Unamunzaga, P., García, R., Díaz, M., Cabrera, D., Martel, G., Pardilla, J. y Subiela, V. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. 1st ed. Instituto Tecnológico de Canarias, S.A.
- Comisión Europa (2011). *Energy, Transport and Environmental Indicators*. Recuperado de <https://bit.ly/3FaA9kk>
- Comisión Europea (2020). *Energy from renewable sources*. Recuperado en <https://bit.ly/3z3nv2w>
- Deloitte (2021). *Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética*. Recuperado de <https://bit.ly/3TBLywS>

- Díaz Velilla, J. (2015). *Sistema de energías renovables*. 1st ed. Ediciones Paraninfo, S.A.
- EUCO 169/14 (2014). Conclusiones del Consejo Europeo, 23 y 24 de octubre de 2014, recuperado de: <https://bit.ly/3THbasy>
- Expansión (2021). Aumentan las emisiones de CO2 en España. Recuperado de <https://bit.ly/3UUKY3m>
- Ley 7/2021 de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética (BOE núm.121, de 21 de mayo de 2021).
- López Redondo, N. (2022, 16 de julio). España es octavo país del mundo en capacidad total de energía renovable y líder en solar fotovoltaica y eólica. *Energy News*. Recuperado de <https://bit.ly/3O56J9v>
- Martin, E. (2022, 3 de agosto). ¿Qué es la dependencia energética? *Narasolar*. Recuperado de <https://bit.ly/3dHVdmr>
- Merino, L. (2012). *Las energías renovables*. *Energías renovables*, 1(1), 20. Recuperado de <https://bit.ly/3PuTAG4>
- Quiroa, M. (2019, 9 de noviembre). Energía renovable. *Economipedia*. <https://bit.ly/3zSHSiG>
- Ren21 (2022). *Renewables 2022, Global status report*. Recuperado de <https://bit.ly/3hFhqTX>
- Roldán, J. (2013). *Energías renovables. Lo que hay que saber*. Ediciones Paraninfo, S.A.
- Santamarta, J. (2004). Las energías renovables son el futuro. *World Watch*, 22, 34-39. Recuperado de <https://bit.ly/3Pkk4Ke>
- Vega, J., Ramírez, S. (2014). *Fuentes de energía: Renovables y no renovables. Aplicaciones*. México: Alfa Omega Grupo Editor, S.A. de C.V.

