

ANÁLISIS DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES
Y SU SITUACIÓN ACTUAL EN ESPAÑA

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y JURÍDICAS DE
ELCHE

ADMINISTRACIÓN Y DIRRECIÓN DE EMPRESAS



TRABAJO FIN DE GRADO

Curso académico: 2024-2025

Tutor/a: MARIA ELENA GONZÁLEZ GASCÓN

Autor/a: OTHMANE BOUKHADADI MABCHOUR

Contenido

Resumen.....	5
Abstract.....	6
Capítulo 1: Introducción	7
Capítulo 2: Análisis de las energías renovables.....	7
Tipos de energías renovables.....	8
Energía Eólica.....	8
Energía Solar	10
Energía geotérmica.....	14
Energía hidroeléctrica.....	17
Energía Marina.....	20
Biomasa.....	30
Capítulo 3: Análisis de España.....	33
Política y marco regulatorio	33
Ley de Cambio Climático y Transición Energética (LCCTE).....	34
Plan Nacional Integrado de Energía y Clima.....	34
Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030.....	35
La Estrategia de Transición Justa.....	35
La Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo.....	35
Plan +SE (Plan Más Seguridad Energética)	35
Medidas estructurales destinadas a impulsar la transición energética.....	36
Análisis de la situación de las energías renovables en España: situación actual, país de referencia y como mejorar en la implementación de las energías limpias.....	39
Introducción.....	40
Recursos disponibles.....	40
Energía eólica	42
Energía hidroeléctrica	51

Energía geotérmica.....	55
Energía mareomotriz.....	59
Energía undimotriz.....	62
Energía azul.....	65
Energía maremotérmica.....	68
Energía biomasa.....	71
Conclusiones.....	78
Conclusión 1.....	78
Conclusión 2.....	79
Conclusión 3.....	82
Conclusión 4.....	83
Mención especial al apagón del 28 de abril.....	86
Referencias.....	88

Índice de cuadros.

<i>Cuadro 1: Generación renovable por tecnología en España.</i>	40
<i>Cuadro 2: Potencia instalada MW sistema eléctrico nacional 04/2025.</i>	42
<i>Cuadro 3: Coste de la energía renovable por KWh.</i>	78
<i>Cuadro 4: Países más avanzados en cada energía renovable.</i>	82

Índice de gráficos.

<i>Gráfico 1: Países con mayor potencia solar fotovoltaica instalada.</i>	14
<i>Gráfico 2: Generación renovable por tecnología en España.</i>	41
<i>Gráfico 3: Crecimiento y Capacidad instalada de energía hidroeléctrica en 2023.</i>	54
<i>Gráfico 4: Potencia geotérmica instalada por CCAA.</i>	56
<i>Gráfico 5: Potencia instalada de resto de renovables (Redeia) por tipo de combustible.</i>	72
<i>Gráfico 6: Principales países productores de publicaciones científicas en energías renovables.</i>	75

Índice de figuras.

<i>Figura 1: Capacidad instalada total de tecnologías basadas en la energía oceánica.</i>	<i>26</i>
<i>Figura 2: Mapa gradiente térmico global para el aprovechamiento de la energía maremotérmica. .</i>	<i>27</i>
<i>Figura 3: Potencia eólica instalada por CCAA.</i>	<i>43</i>
<i>Figura 4: Potencia solar fotovoltaica instalada por CCAA.</i>	<i>47</i>
<i>Figura 5: Potencia solar térmica instalada por CCAA.</i>	<i>48</i>
<i>Figura 6: Potencia hidráulica instalada por CCAA.</i>	<i>52</i>
<i>Figura 7: Potencia instalada de resto de renovables (Redeia) por CCAA.</i>	<i>73</i>



Resumen

En aras de aportar un granito de arena a la divulgación y concienciación sobre las energías renovables se lleva a cabo este trabajo final de grado. Cuyo objetivo principal es aportar información fundamental sobre todas las energías renovables conocidas hasta la fecha.

En un inicio se lleva a cabo un análisis de las energías renovables en respuesta a las preguntas: ¿Qué es? ¿Qué tipos hay? ¿Cómo crean energía? ¿A que coste generan energía?, además de presentar a los países mas adelantados y de aspectos a destacar en cada una de ellas.

Una vez analizadas estas energías en general se procede al análisis de su situación en España. Comenzando con el marco político que las regula y fomenta, el Marco Estratégico de Energía y Clima reforzado con una serie de medidas estructurales como la hoja de ruta del hidrogeno verde, la del autoconsumo o la del biogás. Presentando los aspectos y objetivos mas importante de cada uno de ellos.

Se estudia la situación de cada una de las energías renovables en España, atendiendo a factores como la potencia instalada y la generación eléctrica de estas, y en aquellas emergentes se pone el foco en los proyectos que están desarrollándose a nivel nacional. Se estudia más a fondo las potencias mundiales en las diferentes energías renovables y se trata de explicar y deducir los factores que han hecho de estas considerarse como tal.

Atendiendo a la situación actual y al país de referencia de estas energías se proponen marcos de actuación que permitan mejorar la implementación de las energías limpias en España.

Abstract

In order to contribute to the dissemination and awareness of renewable energies, this final degree work is carried out. Its main objective is to provide fundamental information on all renewable energies known to date.

Initially, an analysis of renewable energies is carried out in response to the questions: What is it? What types are there? How do they create energy? At what cost do they generate energy? In addition to presenting the most advanced countries and aspects to be highlighted in each one of them.

Once these energies have been analyzed in general, we proceed to analyze their situation in Spain. Starting with the political framework that regulates and promotes them, the Strategic Framework for Energy and Climate reinforced with a series of structural measures such as the green hydrogen roadmap, the self-consumption roadmap or the biogas roadmap. Presenting the most important aspects and objectives of each of them.

The situation of each of the renewable energies in Spain is studied, taking into account factors such as installed power and electricity generation, and in the case of emerging energies, the focus is placed on the projects that are being developed at the national level. A more in-depth study is made of the world powers in the different renewable energies and an attempt is made to explain and deduce the factors that have made them to be considered as such.

Based on the current situation and the country of reference for these energies, action frameworks are proposed to improve the implementation of clean energies in Spain.

Capítulo 1: Introducción

A lo largo de la historia hemos utilizado la energía de manera indiscriminada. Pues se ha considerado un bien inagotable y gratuito. Esta percepción ha ignorado el carácter finito de las energías no renovables y las consecuencias de su explotación descontrolada. (Iraegui & Ramos, 2004)

Esta falta de conciencia sobre la disponibilidad real de la energía y sus efectos ha contribuido significativamente a la crisis medioambiental actual, evidenciando la necesidad urgente de una transición hacia modelos energéticos más sostenibles y responsables.

El cambio climático es una crisis ambiental y una cuestión energética de primer orden. La dependencia de combustibles fósiles hace que los países sean vulnerables. En la carrera hacia la transición energética, aquellas naciones que la lideren gozarán de protección de crisis de suministro y protección sobre la volatilidad de los precios de combustibles fósiles, atraerán inversión, generarán empleo, reducirán el coste de la electricidad, y por último, pero no menos importante, disminuirán sus emisiones, mejorando la calidad del aire.

En este contexto, la transición energética no es solo una respuesta al cambio climático, sino una estrategia clave para garantizar el liderazgo y la prosperidad de un país.

De lo dicho anteriormente, nace la convicción y necesidad de investigar y concienciarse más sobre aquellas energías limpias. que además de ser el motor de nuestras economías no dañan el planeta ni son recursos limitados que con el tiempo desaparecerán.

Capítulo 2: Análisis de las energías renovables.

El objetivo de este capítulo será analizar las diferentes energías renovables que existen en la actualidad. Para ello voy a dividir cada energía en diferentes

secciones en función de la respuesta a las siguientes preguntas: ¿Qué es? ¿Qué tipos hay? ¿Cómo crean energía? ¿Qué coste tiene? Además de presentar aspectos que merecen ser destacados y los países más avanzados en cada una de las energías.

Tipos de energías renovables.

Las diferentes formas de generar energía a partir de fuentes naturales son; la energía **eólica**, se obtiene del aprovechamiento de la energía cinética de las masas de aire. La **geotérmica**, la cual aprovecha el calor del interior de la Tierra. La **hidroeléctrica**, aprovecha la energía cinética del agua. La **mareomotriz**, convierte el movimiento de las mareas en electricidad. La **undimotriz**, energía a partir del movimiento de las olas. La **solar**, energía a partir de la radiación electromagnética. La **biomasa**, consiste en aprovechar toda materia orgánica susceptible de ser utilizada como fuente de energía. La **energía azul**, se crea a partir de la llegada de masas de agua dulce a las masas de agua salada. Y la energía **maremotérmica** que es aquella que aprovecha las diferencias de temperatura entre las aguas profundas frías y las superficiales más cálidas.

Energía Eólica.

¿Qué es?

La energía eólica transforma en electricidad la fuerza de un recurso inagotable como es el viento. (IBERDROLA, 2022)

¿Qué tipos hay?

En función del lugar en el que se instalen los aerogeneradores existen dos tipos de energía eólica (IBERDROLA, 2022) :

La energía eólica terrestre consiste en producir energía eléctrica a partir de los parques eólicos emplazados en tierra.

La energía eólica marina consiste en aprovechar la fuerza del viento que se produce en alta mar, donde este alcanza una velocidad mayor y más constante debido a la inexistencia de barreras.

¿Como crean energía?

Para poder aprovechar la energía eólica es necesario conocer las variaciones diurnas, nocturnas y estacionales del viento, la variación de la velocidad del viento con la altura sobre el suelo, entre otros factores. (Centro de investigación en Recursos Energéticos y Sustentables, 2025)

Para generar energía eólica se necesitan maquinas eólicas o aeromotores capaces de transformar la energía eólica en energía mecánica que puede accionar directamente las maquinas o producir electricidad. (Centro de investigación en Recursos Energéticos y Sustentables, 2025)

La generación de electricidad a partir de este mecanismo se lleva a cabo mediante un generador eléctrico con sistemas de control y conexión a la red, lo que se conoce como aerogenerador. (Centro de investigación en Recursos Energéticos y Sustentables, 2025)

Los aerogeneradores de un parque eólico están unidos entre sí por cables subterráneos que llevan la energía eléctrica a una subestación transformadora. De esta subestación se transporta la energía a los puntos de consumo a través de las redes de distribución de las distintas compañías eléctricas (IBERDROLA, 2022)

¿Qué coste tiene?

Entre 2010 y 2023, el coste medio ponderado nivelado de la electricidad (LCOE) de la energía eólica terrestre cayó un 70%, pasando de 0,111 USD/kWh a 0,033 USD/kWh; 3%, interanual. En 2023, los 104 GW de proyectos eólicos terrestres puestos en marcha tuvieron costes de electricidad inferiores a la media ponderada del LCOE alimentado con combustibles fósiles por país/región. (IRENA, 2024b)

El LCOE de la energía eólica marina disminuyó un 63% entre 2010 y 2023, pasando de 0,203 USD/kWh a 0,075 USD/kWh. Solo en 2023 hubo una reducción del 7% interanual. Entre 2010 y 2023, el promedio ponderado mundial de los costos totales instalados cayó un 48%, de 5 409 USD/kW a 2 800 USD/kW.

En su punto álgido, en 2011, el coste total ponderado de instalación mundial fue de 6 195 USD/kW, 2,2 veces superior a su valor de 2023. (IRENA, 2024b)

Aspectos a destacar

En una publicación sobre el papel de la energía eólica en la Recuperación Verde que ha realizado la Global Wind Energy Council, se destaca que este sector dará trabajo a 4 millones de personas en 2030 (Acciona, 2019).

La energía eólica es la energía renovable más madura y desarrollada. La cual en 2023 abasteció de electricidad al 24% de España (16 millones de hogares). En los últimos 10 años gracias a la eólica el precio medio anual del mercado eléctrico español ha sido entre 5€ y 31€ más barato por cada MWh (1000kwh). (AEE, 2025)

Los problemas que plantea esta energía en España son el descontento de comunidades de vecinos y organizaciones por el impacto visual y el daño a la fauna. Los conflictos entre las comunidades autónomas productoras y las receptoras. Y en el caso de los parques eólicos marinos se han producido enfrentamientos contra los pescadores por ocupar el espacio costero.(Otero, 2024)

Países punteros.

Según el Statistical Review of World Energy el país con mayor capacidad instalada es China con 441.895 MW, seguida de EE. UU. con 148.020 MW. El tercer puesto lo ocupa un país europeo, Alemania, con 64.459 MW. España es el quinto país con una capacidad instalada de 31.028 MW.(Otero, 2024)

Energía Solar

¿Qué es?

La energía solar es aquella que se obtiene del sol en forma de radiación electromagnética: Luz, calor y rayos ultravioleta. Mediante la instalación de

paneles solares o colectores con los que se obtiene energía térmica (sistema fototérmico) o para generar electricidad (sistema fotovoltaico). (REPSOL, 2020)

¿Qué tipos hay?

La energía solar térmica o la fotovoltaica son los tipos de energía solar más conocidos. Pero existen otros de aplicaciones igualmente interesantes, que están estrechamente relacionados con los tipos de placas solares que hay (REPSOL, 2020):

Energía solar fotovoltaica: Este tipo de energía funciona por medio de un sistema fotovoltaico. Se produce electricidad utilizando módulos fotovoltaicos. Los paneles solares contienen células fotovoltaicas que, al recibir la luz de forma directa, se ionizan y liberan electrones que al interactuar entre sí generan corriente eléctrica.

Energía solar térmica: Los equipos de energía solar térmica utilizan colectores o captadores solares para transformar la radiación solar en calor. Estos captadores recogen y almacenan radiación solar para calentar agua que se emplea en los sistemas de calefacción o agua caliente para uso residencial o industrial. También se puede emplear para generar electricidad en lo que se conoce como energía termosolar de concentración que utiliza el calor para hervir agua que produzca vapor y de esta manera mover una turbina.

Energía solar pasiva: A diferencia de los dos casos mencionados que se pueden considerar como activos. En este caso la energía solar pasiva busca aprovechar directamente la energía del sol por medio de materiales y soluciones constructivas, sin necesidad de hacerla pasar un proceso de transformación. Su uso principal es el calentamiento de espacios habitables.

Energía solar híbrida: Este caso es más bien una combinación de la energía solar con otras energías renovables. El ejemplo más habitual es la combinación de la energía solar con la energía eólica, donde los aerogeneradores instalados se equipan con paneles solares aprovechando al máximo los recursos del sol y el viento.

¿Como crean energía?

En este apartado me centrare en la solar térmica y la fotovoltaica puesto que son los dos sistemas principales de aprovechamiento de la energía solar. (REPSOL, 2020) :

Energía solar térmica: el sistema se compone de un captador solar que se conecta con un dispositivo de almacenamiento de la energía, que son baterías dotadas de controladores de carga y sistemas de gestión del almacenamiento de energía y, por último, un medio que distribuye el fluido caloportador para su consumo. (REPSOL, 2020)

Energía solar fotovoltaica: se basa en el efecto fotoeléctrico, el cual aprovecha la capacidad de ciertos materiales, principalmente el silicio, para absorber los fotones (partículas de luz) y liberar electrones. Para esto se emplea una celda fotovoltaica que funciona como dispositivo semiconductor. Una vez los paneles fotovoltaicos liberan electrones esta corriente eléctrica continua se transforma en corriente alterna gracias a los inversores, se eleva la potencia de la electricidad a través de transformadores y se distribuye a los puntos de consumo con líneas de transmisión. (IBERDROLA, 2020a)

¿Qué coste tiene?

El coste medio ponderado mundial de la electricidad (LCOE) de las plantas fotovoltaicas a gran escala disminuyo un 90% entre 2010 y 2023, pasando de 0.460 USD/kWh a 0.044 USD/kWh. Los costes de instalación de los proyectos puestos en marcha en 2023 tuvieron un promedio ponderado por capacidad global de 758 USD/kW. (IRENA, 2024b)

El coste medio ponderado mundial de la electricidad de las centrales de energía solar concentrada cayó un 70% pasando de 0.393 USD/kWh a 0.117 USD/kWh. Esto se debió principalmente a la reducción de los costes de instalación (un 37% menos), unos factores de capacidad más altos (un 82% más) y unos costes de operación y mantenimiento más bajos (un 48% menos). (IRENA, 2024b)

Aspectos a destacar

La capacidad fotovoltaica se multiplicó por 35 entre 2010 y 2023 con más de 1.412 GW instalados a finales de ese periodo. Este cambio se debió a mejoras en la carga de los inversores, un cambio en la irradiación media del mercado y el empleo de seguidores (sistemas que orientan los paneles solares para que sigan la trayectoria del sol). (IRENA, 2024b)

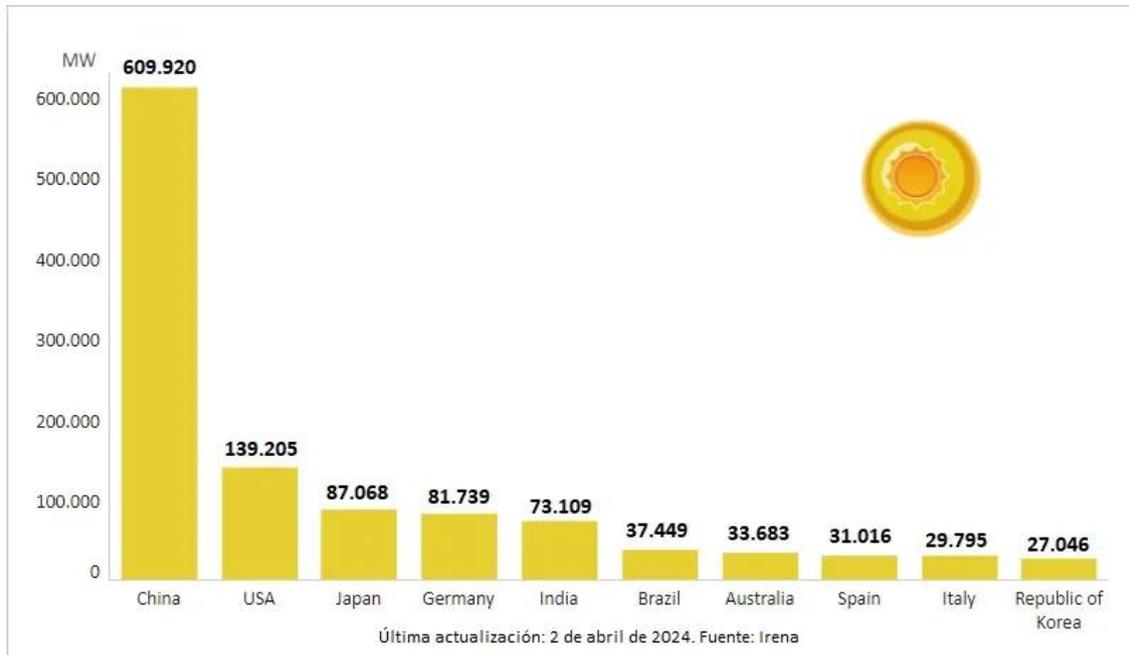
Entre 2021 y 2023, cada año solo se puso en marcha una planta de energía solar concentrada (CSP por sus siglas en inglés). En 2022 el único proyecto de CSP puesto en marcha fue en China mientras que en 2023 fue en Emiratos Árabes Unidos.(IRENA, 2024b)

En zonas con cortes de electricidad frecuentes o en regiones de acceso limitada a otras fuentes de energía, la solar es clave. Permite a los consumidores generar su propia electricidad lo que además les permite reducir su dependencia de las redes eléctricas tradicionales. Esto es gracias a los avances tecnológicos y las economías de escala que hacen que los sistemas solares sean más asequibles. (Masenergy, 2024)

La energía solar junto con la eólica ha supuesto el 97% de todas las adiciones netas de energía renovable en 2024. Principalmente la energía solar que aumento en un 32.2% alcanzando 1.865 GW. (IRENA, 2025)

Países punteros

Gráfico 1: Países con mayor potencia solar fotovoltaica instalada.



Fuente: (Renewable Energy Magazine, 2024b)

Los datos corresponden a 2023, según las estadísticas recogidas por IRENA. China es de lejos el país que más energía fotovoltaica tiene instalada con 609.920 MW. En 2014 China era la tercera con 17.758 MW y Alemania la primera con 36.710. Mientras que Alemania ha aumentado su potencia fotovoltaica en un 122% en 10 años, China lo ha hecho en un 3.335% en el mismo periodo. (Renewable Energy Magazine, 2024b)

Energía geotérmica.

¿Qué es?

La energía geotérmica es aquella que utiliza como fuente el calor que contiene el interior de la Tierra. Por lo que es una energía limpia de origen natural (TECPA, 2023). El consejo Europeo de Energía Geotérmica lo define como energía almacenada debajo de la superficie de la tierra. El calor puede estar almacenado en rocas, suelos y aguas subterráneas. (IBERDROLA, 2020b)

¿Qué tipos hay?

Los tipos de energía geotérmica se clasifican según la profundidad de explotación: Energía geotérmica superficial se obtiene desde los 30 a los 400 metros de profundidad. Es la forma más extendida. Energía geotérmica profunda se obtiene desde los 400 hasta los 4000 metros de profundidad. Energía geotérmica de gran profundidad la cual se obtiene entre los 4000 y los 6000 metros de profundidad, donde las rocas llegan a alcanzar 200° de temperatura. (TECPA, 2023)

También se puede clasificar la energía geométrica en función del recurso natural del que se extrae: agua caliente, pozos secos, geiseres o vapor seco. O en función de la temperatura del agua. (IBERDROLA, 2020b)

¿Como crean energía?

Para convertir este calor en energía se emplean tubos en forma de U en los que se inyecta agua o algún tipo de líquido. Una vez calentado, si es agua simplemente se vuelve a bombear a la superficie de manera que puede suministrar calefacción y agua caliente a los puntos de consumo. Cuando se dan temperaturas muy altas con el uso de intercambiadores de calor se genera vapor que permite mover turbinas y de esta manera generar electricidad.(TECPA, 2023)

¿Qué coste tiene?

El costo nivelado de electricidad promedio global ponderado de los proyectos comisionados en 2023 fue de 0.071 USD/kWh, un valor similar al promedio global en 2021. (IRENA, 2024b)

Hay que recalcar que los 0.071 USD/kWh que propone IRENA, se determinan por el rendimiento promedio ponderado de solo un puñado de plantas cada año. Debido a la baja tasa de implementación de la energía geotérmica. (IRENA, 2024b)

El coste de una planta geotérmica es muy elevado en las primeras fases, pero una vez entra en servicio operativo el hecho de que no consuma ningún combustible hace que estos se reduzcan drásticamente. (Geotermiaonline, 2024)

El coste inicial de una planta geotérmica es de alrededor de 2.500 \$ por kWh instalado, según instalaciones en EE. UU. En el caso de una pequeña planta de energía podría llegar a ser de 3.000\$ a 5.000\$ por kW instalado. (Geotermiaonline, 2024)

Por otra parte, una campaña de exploración y un programa de perforación inicial de prueba en tres a cinco pozos geotérmicos cuesta entre 20 millones y 30 millones de dólares. (Banco Mundial, 2017)

Aspectos a destacar

Un informe del Instituto Tecnológico de Massachusetts afirma que el potencial geotérmico de la Tierra podría proporcionar energía verde al planeta durante 4000 años. (EnelGreenPower, 2024a)

El calor de la tierra esta siempre disponible, no está sujeto a las variaciones climáticas como la mayoría de energías renovables (EnelGreenPower, 2024a) Lo cual convierte a la geotérmica en una de las pocas energías renovables capaz de producir electricidad de manera constante las 24 horas del día. (Banco Mundial, 2017)

El potencial de generación de energía geotérmica a nivel mundial está entre 70 GW y 80 GW. Sin embargo, solo están en uso el 15% de las reservas geotérmicas conocidas en todo el mundo, lo que genera 13 GW (Banco Mundial, 2017).

Países punteros

En 2024 la capacidad mundial de generación de energía geotérmica alcanzo 16.873 MW. La principal potencia geotérmica, basada en la capacidad de instalada, es EE. UU. con 3.937 MW seguida de Indonesia con 2.653 MW y en tercer lugar esta Filipinas con 1.984 MW. Cabe destacar que, de los 10 países

con mayor capacidad geotérmica, el único país de la unión europea es Italia con 916 MW. (Ardila, 2025)

Energía hidroeléctrica.

¿Qué es?

La energía hidroeléctrica es aquella que se genera al transformar la fuerza del agua en energía eléctrica. Para lo cual es necesario construir grandes infraestructuras hidráulicas. Es una energía libre de emisiones y autóctona.(IBERDROLA, 2023a)

¿Qué tipos hay?

Las centrales hidroeléctricas se clasifican en función de varios factores como la disponibilidad de recursos hídricos, la escala de generación y las condiciones geográficas. Existen 4 tipos (REPSOL, 2023):

Centrales de pasada de agua fluyente: Aprovechan el flujo constante de agua de ríos o arroyos, sin el uso de embalses. El agua se deriva mediante un canal y se dirige por una tubería hacia una turbina que genera electricidad.

Centrales con embalse: Se almacena el agua en embalses y se regula el flujo a las turbinas. Pueden ser de gran escala (Centrales hidroeléctricas tradicionales), o de tamaño reducido. Los embalses permiten ajustar la producción de electricidad en función de la demanda.

Centrales de bombeo: son vitales para el almacenamiento de energía. Estas centrales permiten producir de una manera totalmente eficiente. Cuando la demanda es baja, se bombea el agua hacia un embalse superior, para que una vez la demanda de energía sea alta liberar el agua y generar electricidad.

Centrales de derivación o canal: estas centrales minimizan el impacto medioambiental, ya que en vez de bloquear el río con una presa, estas centrales desvían parte del flujo de agua a través de un canal directamente hacia turbinas, permitiendo que el río continúe su curso.

¿Cómo crean energía?

Se hace circular un caudal de agua por un circuito hidráulico que salva el desnivel (IRENA, 2024b) Se genera velocidad a medida que la energía potencial se va transformando parcialmente en energía cinética. A través de una turbina esa energía cinética es convertida en energía mecánica que es transmitida a un generador que a su vez la transforma en energía eléctrica. (IBERDROLA, 2023a)

Las centrales hidroeléctricas están equipadas con sistemas de control y regulación que supervisan el flujo de agua y con ello la generación de electricidad. Lo que permite obtener un suministro constante y estable de energía.(REPSOL, 2023)

¿Qué coste tiene?

El coste nivelado promedio ponderado de la electricidad (LCOE) global de los proyectos hidroeléctricos recién puesto en marcha fue de 0.057 \$/kWh en 2023, un 7% menor que los 0.061 \$/kWh registrados en 2022 y un 33% mayor que los servicios puestos en servicio en 2010. (IRENA, 2024b)

Este aumento de los costes desde 2010 ha sido causado por el aumento de los costes de instalación, especialmente en Asia. Esto se deberá probablemente a el aumento de la inflación en la cadena de suministro y a instalaciones en lugares con condiciones más desafiantes. (IRENA, 2024b)

Aspectos a destacar

El rendimiento global de todo el proceso es muy alto (90% - 95%) se aprovecha prácticamente toda la energía potencial del agua. Además, los embalses permiten regular el caudal de un río para evitar crecidas peligrosas que pueden suponer tanto desastres económicos como sociales. Es también un respaldo a las tecnologías limpias de generación intermitente como la solar y la eólica. (IBERDROLA, 2023a)

La hidroeléctrica tiene una vida útil prolongada, lo que permite generar energía a largo plazo con inversiones iniciales rentables. También reduce el riesgo de apagones y fluctuaciones de voltaje (REPSOL, 2023)

La energía hidroeléctrica es la fuente limpia que más electricidad genera en todo el mundo, según los datos de la Agencia Internacional de la Energía. La producción total alcanzó, en 2022, 4.354,1 TWh, lo que supone más de lo que se ha producido con todas las demás energías renovables juntas. (Enel Group, 2024)

En sequías los embalses de las centrales hidroeléctricas se pueden utilizar para regar campos y abastecer a la población. (Enel Group, 2024)

Depósitos submarinos

El Instituto Fraunhofer de Alemania ha desarrollado un sistema de almacenamiento de energía en el fondo marino. (Renewable Energy Magazine, 2024c)

“Las centrales de acumulación por bombeo son especialmente adecuadas para almacenar electricidad durante varias horas o algunos días. Sin embargo, su potencial de expansión es muy limitado en todo el mundo. Por eso trasladamos su principio de funcionamiento a los fondos marinos, donde las restricciones naturales y ecológicas son mucho menores. Además, es probable que la aceptación por parte de los ciudadanos sea significativamente mayor”, explica Bernhard Ernst, director de Proyectos de Fraunhofer IEE. (Renewable Energy Magazine, 2024c)

Esta manera de aprovechar la energía hidráulica supone potenciar las ventajas de esta energía y minimizar sus desventajas. Ya que no inunda ninguna superficie y no necesita ni de reubicar comunidades locales ni de expropiar tierras.

Potencias mundiales

Según los datos de la Agencia Internacional de Energías Renovables, correspondientes a 2021, China es el país que más energía hidroeléctrica genera en el mundo con diferencia, su producción ascendió a 1.301.702 GWh. Esto se debe por el tamaño del país, su riqueza en vías navegables, una enorme población y alta demanda de electricidad. (Enel Group, 2024)

Después de China esta Canadá con 382.756 GWh, Brasil con 362.818 GWh y EE. UU. con 253.479 GWh. Cabe destacar el caso de Noruega por la cuota de electricidad nacional, más del 88%. (Enel Group, 2024)

Energía Marina.

En esta sección voy a englobar varias energías que tienen en común el aprovechamiento del mar para crear energía. Todas ellas aun sin explotar a gran escala, aunque se destacan los avances en la mareomotriz y undimotriz. Cabe mencionar que se suele incluir como energía marina, la energía eólica marina, como lo hace IRENA.

En mi caso la eólica marina forma parte de la eólica, puesto que el foco de la utilidad de la eólica está en el viento para generar energía. Por otra parte, al incluir en las estadísticas a la eólica marina dentro de esta categoría, la cual es una energía ya lo suficientemente desarrollada sesga la percepción del desarrollo llevado a cabo en el ámbito oceánico. Si se excluye la energía eólica marina es fácil ver que hay un gran bache entre las energías renovables convencionales y la energía que se puede aprovechar dentro del océano. Lo que podría concienciar y promover la inversión en este ámbito con el objetivo de aprovecharlas.

Energía marina: mareomotriz, undimotriz, maremotérmica y energía azul.

Por último, he de mencionar que la Energía Azul en este TFG, también se le conoce como Energía Osmótica o Energía de Gradiente Salino. Además, señalar que en muchos artículos se hace referencia a la Energía Azul como el conjunto de energías marinas.

¿Qué es?

Energía mareomotriz: Esta energía se produce a partir del aprovechamiento de las mareas. Las mareas son el cambio periódico del nivel del mar causado por las fuerzas de atracción gravitatoria de la Luna y el Sol sobre la Tierra. De esta manera, cuando el nivel del mar está en su nivel mínimo se le denomina marea baja, en el caso contrario, estamos ante una marea alta.

Aproximadamente, en un día se generan 2 mareas altas y 2 mareas bajas, por lo que entre cada pico de nivel del mar hay unas 6 horas.

Energía undimotriz: La energía se produce a través del movimiento de las olas, causado por el contacto del viento con el agua. Las olas como fuente de energía destacan por su potencia debido a la importante cantidad de energía cinética que albergan las olas y su densidad de potencia, de un promedio de 2-4 kW/m², mucho mayor que energías como la solar o la eólica. (IBERDROLA, 2023b)

Energía maremotérmica: Se basa en utilizar las diferencias de temperatura entre las aguas superficiales y las profundas de los océanos. Los mecanismos utilizados para generar electricidad pueden a la vez destinarse también para otros usos, como la producción de agua potable o el uso del agua fría del fondo oceánico para la producción de aire acondicionado en edificios.

Energía azul: La energía azul, también denominada osmótica, se genera al poner en contacto agua salada con agua dulce. Lo cual se produce de manera natural en las desembocaduras de los ríos.

Esta energía se basa en la ósmosis del agua. La osmosis del agua es un fenómeno biológico que permite la transmisión del agua entre las células de nuestro organismo.

“La osmosis es el movimiento de agua a través de una membrana semipermeable hacia una solución más concentrada de solutos. Este proceso, esencial para el funcionamiento celular, ha encontrado aplicaciones innovadoras en la purificación del agua.” (Universidad de Murcia, 2024)

El movimiento de agua que se produce a través de la osmosis se utiliza para accionar turbinas para generar electricidad.

¿Qué tipos hay?

Energía mareomotriz: En la actualidad contamos con 2 métodos para aprovechar la energía mareomotriz. Los generadores de corriente de marea, este es el mecanismo más utilizado a nivel mundial, consiste en un mecanismo similar a los aerogeneradores eólicos solo que en este caso las aspas están en

el mar y se mueven por la fuerza de las mareas. Por otra parte, tenemos las presas de marea, que consiste en establecer un dique en zonas donde se dé una diferencia importante entre la marea alta y la marea baja, como estuarios o bahías; una vez se da la marea alta se abren las compuertas llenando un embalse, una vez baje la marea a su nivel mínimo, se vuelven a abrir las compuertas, en esta salida y entrada de agua se activan las turbinas que permiten generar electricidad.

Energía undimotriz: Los dispositivos para generar electricidad a partir de esta energía se clasifican según su profundidad o cuan alejados de la costa están. Distinguiendo desde los dispositivos de primera generación u on-shore, ubicados en la costa, hasta los dispositivos de tercera generación, bien flotantes o sumergidos, en aguas profundas.

Energía maremotérmica: La tecnología para generar energía maremotérmica se conoce como Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC), busca principalmente aprovechar el vapor para la generación de electricidad. Hay dos tipos principales de sistemas OTEC: de ciclo abierto y de ciclo cerrado. En el caso del ciclo abierto utiliza agua de mar como fluido de trabajo. En este sistema, el agua de mar superficial caliente se introduce en un compartimento de baja presión, que permite generar vapor a temperaturas significativamente más bajas que el punto de ebullición estándar del agua a 100 °C. En el caso del sistema ciclo cerrado utiliza un fluido de trabajo con bajo punto de ebullición, como el amoníaco o un refrigerante. En este sistema, el agua de mar caliente de la superficie calienta el fluido de trabajo, haciendo que se evapore. También existe la posibilidad de emplear un ciclo híbrido que combine ambos ciclos mencionados. En este caso se utilizaría el vapor generado en un ciclo cerrado para calentar el agua en el ciclo abierto, lo que permitiría mejorar la eficiencia y la productividad. (PLOTTEC, 2024)

Energía azul: Hasta la fecha se han desarrollado 3 mecanismos que permitirían explotar esta energía: **Ósmosis retardada por presión** que utiliza una membrana semipermeable que permite el paso de agua dulce hacia el lado de agua salada, generando de esta manera presión para activar una turbina. **Electrodialisis inversa** en este caso se emplean membranas selectivas de iones para crear una corriente eléctrica directa a partir del movimiento de iones

entre disoluciones de diferente salinidad. **Mezcla capacitiva (CapMix)**, este método aún se encuentra en fase experimental, implica el uso de electrodos que alternadamente se exponen a agua dulce y salada, aprovechando los cambios en la capacidad eléctrica para generar energía. (BBC, 2015)

¿Como crean energía?

Energía mareomotriz: La energía cinética de las mareas activa turbinas instaladas en el mar. Estas turbinas están conectadas con un alternador eléctrico que permite generar electricidad.

Energía undimotriz: Esta energía se puede aprovechar por medio de 3 fenómenos: por el empuje de la ola, por las diferentes variaciones y por la presión que generan estas variaciones en el fondo marino. Lo que permite generar electricidad de varias maneras. Con el empleo de turbinas que activan generadores, bien a través de cámaras establecidas en las costas o bien con la instalación de largas estructuras, en ambos casos se busca capturar la fuerza y velocidad de las olas. Con el empleo boyas superficiales fijadas al fondo marino compuestas por un sistema hidráulico que comprime el agua para activar un generador. A través de boyas flotantes que aprovechan el movimiento del oleaje para activar bombas hidráulicas. El sistema columpio de olas de Arquímedes, formado por una estructura fija y otra móvil, aprovecha el movimiento que se genera entre ambas partes para generar electricidad mediante un sistema hidráulico y un generador. Instalando convertidores bien flotantes bien sumergidos, que capturan el ascenso y descenso de las olas. (REPSOL, 2022a)

Energía maremotérmica: Transforma agua o un líquido con bajo punto de ebullición en vapor. El fluido vaporizado se expande y acciona una turbina conectada a un generador. El vapor es condensado transfiriéndolo al fondo marino. Una vez condensado es transferido de nuevo a las aguas superficiales. (PLOTTEC, 2024)

Energía azul: El mecanismo más desarrollado es el de la Presión de Ósmosis Retardada (PRO): Una membrana semipermeable separa dos soluciones de agua con diferentes concentraciones de una sustancia disuelta, que puede ser la sal. Bajo el principio de la osmosis, la membrana deja pasar el agua a un lado

y mantiene los iones de sal en otro. De manera natural el agua, el disolvente, es atraído por el soluto, sustancia que se disuelve. Por lo que el flujo de agua a través de la membrana genera presión en un lado que puede emplearse para impulsar turbinas y generar energía. (BBC, 2015)

¿Qué coste tienen?

Energía mareomotriz: En el informe 'Cost Reduction Pathway of Tidal Stream Energy in the UK and France', elaborado por Offshore Renewable Energy, se estima que el coste actual de la energía mareomotriz a nivel global es de 300€ por MWh, lo que son 0.3 € por kWh. En este mismo informe se prevé que se reducirá el precio hasta los 30 € por MWh para 2035, lo que serían 0.03€ por kWh. (EMEC, 2022)

Además, se concluye que los factores que impulsan la reducción de costes son el aumento del tamaño y potencia de los dispositivos y el desarrollo de parques de energía mareomotriz más grandes. (EMEC, 2022)

Por otra parte, la central mareomotriz de Sihwa, Japón es la más grande del mundo y costó 298 millones de dólares su construcción en 2011. En esta central se produce electricidad a 0.02 kWh. La central de Francia "La Rance" produce en un rango de 0.04 \$ a 0.12\$ por kWh. (Unwin, 2019)

Energía undimotriz: Cabe destacar que según IRENA la etapa temprana del ciclo de vida de las tecnologías marinas presentan unos LCOE inciertos y difíciles de predecir. En 2020 el LCOE de la energía undimotriz estaba entre 0.3 y 0.55 \$/kWh y se preveía que en 2030 alcanzaría los 0.16 \$/kWh. (Mosquera, 2020)

En un estudio desarrollado por dos universidades de Reino Unido y una de China, se compararon los diferentes dispositivos para generar energía undimotriz. La plataforma Wave Dragon presentó el LCOE más bajo de 316.9 €/MWh la segunda, Pelamis, tenía un LCOE de 735.94. €/MWh. El wave dragón presentaría un coste de 0.32 € por kWh. (Guo et al., 2023)

Energía maremotérmica: En un informe de 2024 de la Universidad de Hawái para la Agencia Internacional de Energía el LCOE para una planta de 10 MW, de ciclo cerrado, se situaba entre 0.37 y 0.46 \$/kWh. En el caso de las plantas de

ciclo abierto era de 0.62 \$/kWh. Estos cálculos se llevaron a cabo teniendo en cuenta unas condiciones de financiamiento favorables. (Vega & Martin, 2024)

Energía azul: En un estudio 2014 sobre el potencial de energía osmótica para la producción de electricidad, se estimó que sería viable la producción de esta energía con un coste de 35 €/MWh, lo que serían 0.035 €/ kWh. Con el empleo de una membrana adecuada y unas condiciones que se pueden encontrar fácilmente en muchos sitios alrededor del mundo. En este estudio se destaca como la identificación de membranas adecuadas tendría un impacto significativo en la viabilidad del proceso y su comercialización. (Sharif et al., 2014)

Según estimaciones de la empresa noruega Statkraft, la cual inauguro la primera planta osmótica, el coste de producción de esta energía se sitúa entre 50 y 100 € por MWh (entre 0.05 y 0.1 €/kWh). (Sharif et al., 2014)

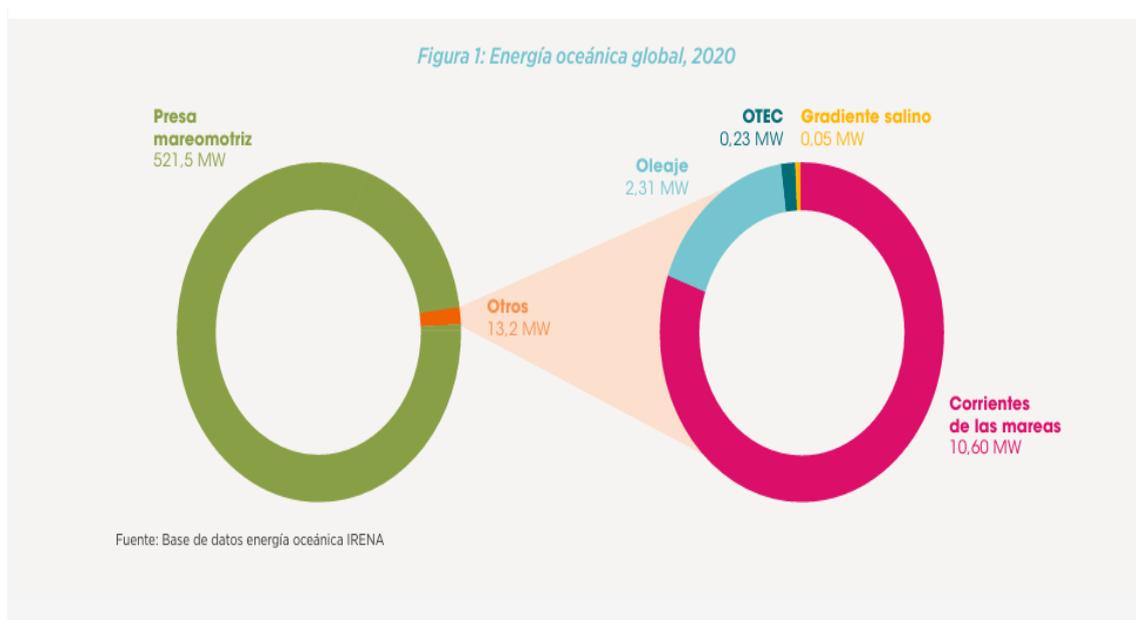
Aspectos a destacar.

Energía mareomotriz: Las mareas siguen ciclos regulares dictados por las posiciones relativas de la Tierra, la Luna y el Sol, lo que permite predecir con cierta exactitud los niveles de marea a largo plazo. Esta predictibilidad facilita la planificación y la gestión de la producción eléctrica, diferenciándola de otras fuentes renovables más variables (Freire, 2024)

Se necesita una diferencia mínima de 5 metros entre las mareas altas y bajas para que la generación de energía sea viable, lo cual restringe su aplicación en ciertas zonas del mundo. (Freire, 2024)

La energía mareomotriz es la más desarrollada de las energías oceánicas (IRENA, 2020):

Figura 1: Capacidad instalada total de tecnologías basadas en la energía oceánica.



Fuente: (IRENA, 2020)

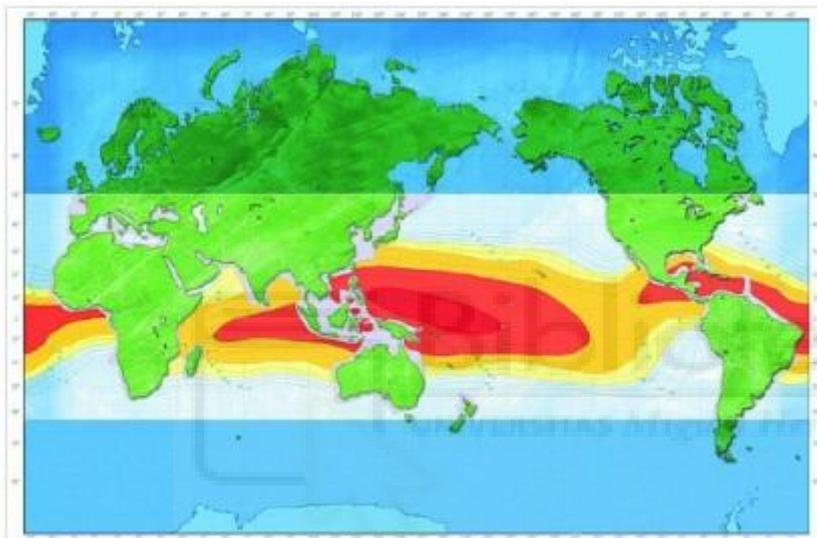
Energía undimotriz: Europa encabeza la capacidad de generar esta energía junto con la mareomotriz, aglutinando el 55% de la capacidad mundial. (IRENA, 2020) Las plantas convertidoras no ocupan espacio en tierra que podría estar destinado a la agricultura o reservado a hábitats naturales. Los avances tecnológicos en este terreno son cada vez mayores, por lo que estamos en un momento crucial para dar el empujón definitivo a esta forma de energía limpia. (IBERDROLA, 2023b)

Por otra parte, esta energía requiere de estructuras complejas y caras. La instalación y mantenimiento en el mar eleva sus costes. En un estudio llevado a cabo por The Institution of Engineering and Techonology se destaca que actualmente esta energía se caracteriza por una baja madurez, una gran incertidumbre y requiere un importante capital inicial. (IBERDROLA, 2023b)

Energía maremotérmica: La tecnología OTEC como fuente de energía sostenible y renovable es particularmente beneficiosa para las naciones insulares y las regiones costeras donde los gradientes térmicos son favorables. (PLOTTEC, 2024)

En *Revisiting Ocean Thermal Energy Conversion*, Fujita plantea que la diferencia de temperatura debe ser superior a 20°C para lograr una generación neta de energía eléctrica, una buena eficiencia de la planta y rendimientos económicos. La eficiencia térmica es uno de los principales obstáculos para desarrollar esta energía de manera competitiva frente al resto de energías. Para la viabilidad de los proyectos OTEC deben instalarse en aquellos lugares donde se dé un gradiente térmico de 25°C o más. (PLOTTEC, 2024)

Figura 2: Mapa gradiente térmico global para el aprovechamiento de la energía maremotérmica.



Fuente: (Remtavares, 2013)

Leyenda:

Amarillo claro: 18-20 °C	Rojo claro: 22-24°C
Amarillo: 20-22 °C	Rojo: +24°C

Presenta beneficios multifacéticos como la generación de electricidad, la desalinización de agua, aplicaciones en la acuicultura, maricultura y agricultura, producción de hidrógeno, extracción de minerales, refrigeración y enfriamiento climático. (PLOTTEC, 2024)

Cabe destacar que esta energía todavía se considera emergente. Su desarrollo requiere esfuerzos específicos de investigación y desarrollo. Principalmente,

mejorar la eficiencia de los componentes, aprovechar la financiación para reducir costes y estrategias para mitigar riesgos.

Energía azul: Estimaciones sugieren que esta energía es tan abundante que podría satisfacer todas nuestras necesidades si encontramos una forma eficaz de aprovecharla (BBC, 2015).

Las centrales eléctricas basadas en esta energía funcionan mejor no cuando el caudal a través de la membrana es el máximo posible, sino cuando se reduce ligeramente (BBC, 2015). Esto hace que sea muy factible a nivel operativo empleando cámaras, sin necesitar de estructuras establecidas en las desembocaduras de los ríos que pueden suponer efectos negativos en el entorno natural.

Potencias punteras.

Energía mareomotriz: Reino Unido lidera el desarrollo de esta energía y es el mercado global más atractivo para la energía mareomotriz con un potencial de 10 GW. El país anglosajón cuenta con la turbina de energía mareomotriz más grande del mundo (Marinero, 2024c) y ha presentado propuestas avanzadas para construir el generador de energía mareomotriz más potente a nivel mundial en Liverpool (Marinero, 2024a). La empresa británica Proteus Marine Renewables ha desarrollado el proyecto MeyGen instalando turbinas que generan 1.5 MW en Escocia, recientemente ha instalado una nueva turbina en Japón con una capacidad de 1.1MW. (Marinero, 2025) (IBERDROLA, 2022)

Por otra parte, Francia ha sido pionera inaugurando la central de la Rance en 1966, con una capacidad de 240 MW, hasta 2022 era considerada la instalación mareomotriz más importante. A finales de 2024 la UE concedió financiación por 51 millones (BRETAGNE OCEAN POWER, 2024), a la empresa francesa que lidera este campo HydroQuest y la desarrolladora Normandie Hydroliennes en la última convocatoria del Fondo de Innovación de la UE, para instalar dos granjas de energía mareomotriz. (Prieto, 2025)

Por último, he de destacar el avance de Corea del Sur que ha construido la planta más grande del mundo *Sihwa Lake*. Genera alrededor de 254 MW de electricidad. (BBVA, 2025)

Energía undimotriz: Reino Unido destaca también el desarrollo de esta energía, puesto que los avances en esta energía van de la mano de los avances en la energía mareomotriz. Esto es gracias en parte al Centro Europeo de Energía Marina (EMEC) situado en las islas Orcadas, Escocia. (Renovables.blog, 2025)

En cambio, Portugal ha sido un país pionera en adoptar esta tecnología, en 2008 inauguró el primer parque de energía undimotriz del mundo en el proyecto Pelamis. (Renovables.blog, 2025)

Por último, mencionar a Australia y EE. UU. como países destacados en la energía undimotriz. En el caso de Australia la empresa Carnegie Clean Energy ha desarrollado el sistema CETO que permite generar electricidad a la vez que desaliniza agua. El gobierno australiano apoya el desarrollo de estas tecnologías con importantes inversiones. En el caso de EE. UU. cuenta con instituciones como el Centro de Energía Marina del Pacífico para aprovechar el gran potencial de las olas en la costa del Pacífico. (Renovables.blog, 2025)

Energía mareomotérmica: Japón ha sido pionera en la I + D de la energía mareomotérmica, constituyendo en 2013 una planta OTEC de 100 KW de potencia, en Okinawa. Le seguiría EE. UU., constituyendo la planta OTEC más grande, en Hawái en el año 2015. (Colin Tech Energías, 2024)

La primera plataforma flotante OTEC a escala comercial: Dominique. Será desplegada en Santo Tomé y Príncipe, un país africano en el Golfo de Guinea. Es un país clave en esta energía, ya que la temperatura en este se mantiene constante durante todo el año a 26°C, y el agua profunda fría a 5°C es accesible desde una profundidad de 800 metros.

Otra nación destacable es Mauricio, ubicada en el Océano Índico. En su presupuesto 2023-2024 ha incluido importantes inversiones en tecnología OTEC. Llevará a cabo la construcción de una planta de demostración de 1MW, para estudiar la viabilidad de esta tecnología.

Por último, mencionar a la India que a través de su Ministerio de Energía Nueva y Renovable y específicamente el Instituto Nacional de Tecnología Oceánica, ha estado trabajando en iniciar varios proyectos piloto para probar la viabilidad de la energía oceánica. Su vasta costa la convierte en un líder potencial en este campo. Y a Malasia, que a través de su Centro de Energía Térmica Oceánica de la Universiti Teknologi Malaysia en colaboración con la universidad japonesa de Saga buscan establecer la primera planta experimental de OTEC en este país. (Graves, 2023)

Energía azul: Noruega ha sido pionera en el desarrollo de esta energía. En 2009 la empresa energética Statkraft inauguró la primera planta de energía azul. El Centro Noruego de Energías Renovables estima que el potencial de energía osmótica global es de 1370 TWh al año. (Dean, 2013)

Francia se posiciona muy bien en esta energía, gracias a la startup Sweetch Energy. Esta empresa busca hacer de la energía osmótica un pilar clave en la generación de electricidad. Actualmente está colaborando con Compagnie Nationale du Rhône para poner en marcha la primera planta osmótica a gran escala en la desembocadura del Ródano. (Sweetch Energy, 2025b) (Marinero, 2024b)

Países Bajos destaca por sus investigaciones en el campo osmótica. La empresa REDstack está buscando desarrollar la tecnología electrodiálisis inversa (RED) como alternativa al proceso PRO “osmosis retardada por presión” que fue utilizado en la planta noruega. La tecnología RED busca simplificar el proceso de generación de electricidad, lo cual reduciría los costes iniciales.(Dean, 2013)

Por último, Japón creó en 2010 un Centro de Investigación de Energía Osmótica. Akihiko Tanioka, investigador de la osmosis, recalca que la instalación de plantas osmóticas en los ríos japoneses podría reemplazar 5 o 6 reactores nucleares.

Biomasa.

¿Qué es?

La Biomasa es la energía que se obtiene gracias a la combustión de materia orgánica. También se define como todas las sustancias derivadas de organismos

vivos que pueden utilizarse como fuente de energía. (Universidad Europea, 2024) (EnelGreenPower, 2024b)

Cabe aclarar que, aunque los combustibles fósiles también proceden de seres vivos, se trata de organismos que vivieron en un pasado remoto y se han fosilizado con el paso del tiempo. En cambio, la biomasa procede de organismos muy recientes, en aras de la claridad, la biomasa se define como materiales orgánicos no fosilizados. (EnelGreenPower, 2024b)

¿Qué tipos hay?

La biomasa es materia de origen orgánico, vegetal o animal. Podemos diferenciar varios tipos según su procedencia. **Biomasa agrícola**, que se compone de residuos de cosechas y de cultivos energéticos agrícolas. **Biomasa forestales** que se pueden dividir en residuos procedentes de la limpieza de bosques, restos de podas, de claras y los cultivos energéticos forestales. **Biomasa ganaderas** como pueden ser los residuos del ganado, estiércoles y purines. **Biomasa industriales** que pueden proceder bien de la industria alimentaria, de la madera o la papelera. **Biomasa urbana** que se obtiene de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos. Y las **Biomasa acuosas** que se obtiene a través de las plantas acuáticas y algas. (BIOPLAT, 2014)

¿Cómo crean Energía?

Existen tres procesos a través de los cuales se obtiene esta energía renovable: procesos mecánicos, procesos termoquímicos y procesos biológicos. Con los que se obtienen productos como las astillas o los peletes que permiten generar calor, biogás con el que se genera electricidad renovable, biodiesel y bioalcohol. También permite obtener otros productos menos conocidos pero que son claves en procesos más complejos como pueden ser los biocarburantes avanzados y el biohidrógeno. Cuando la biomasa se usa para generar electricidad, calefacción o biocombustibles hablamos de bioenergía. (BIOPLAT, 2014)

Las centrales eléctricas de biomasa emplean un funcionamiento similar al de las centrales alimentadas con combustibles fósiles: el calor generado por la combustión calienta un fluido (normalmente agua) hasta su evaporación y el vapor acciona una turbina eléctrica. (EnelGreenPower, 2024b)

¿Qué coste tiene?

Entre 2010 y 2023, el LCOE de la bioenergía cayó de 0.084 USD/kWh a 0.072 USD/kWh. Esta última cifra es superior al valor de 2022 de 0.063 USD/kWh, pero sigue estando en el extremo inferior del coste de la electricidad de nuevos proyectos alimentados por combustibles fósiles. En el caso de los proyectos recién puestos en marcha en 2023, el coste total de instalación medio a nivel mundial fue de 2730 USD/kWh, lo que supuso un aumento respecto a 2022. (IRENA, 2024b)

Aspectos a destacar.

Las biorrefinerías son instalaciones de biomasa en las que se llevan a cabo varios procesos de transformación, a la vez que se obtienen distintos tipos de bioenergía se obtienen otros bioproductos con alto valor añadido como son los bioplásticos. (BIOPLAT, 2014)

El papel de la biomasa es comparable con el de la energía eólica y la solar. Los problemas medioambientales que se han derivado del uso de la biomasa se deben a planteamientos erróneos. (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2018)

Las aplicaciones más conocidas son la producción de biocombustibles: bioetanol, metanol y biodiesel, que son alternativas más sostenibles que los combustibles convencionales para abastecer a los vehículos.

En comparación con otras fuentes renovables esta se encuentra en cualquier lugar, puede almacenarse y es capaz de generar electricidad en la cantidad deseada. Desde el punto de vista del impacto medioambiental, es importante que el consumo de recursos se gestione de forma responsable, por ejemplo, en el caso de la madera se debe garantizar la reposición continua de los talados. El

reto, especialmente en los países en desarrollo, es abandonar progresivamente el uso tradicional de la biomasa en favor de tecnologías de cocción y calefacción más eficientes y saludables. (EnelGreenPower, 2024b)

España tiene un gran potencial en este ámbito, pues es el tercer país de Europa en cantidad de biomasa de todos los tipos. (BIOPLAT, 2014)

Potencias punteras.

La capacidad total instalada en las centrales eléctricas, según IRENA, alcanza los 150 261 MW, donde el 70% de esta electricidad procedía de combustibles sólidos. China está a la cabeza en esta energía, con 31 255 MW, seguida de lejos por Brasil, con 17 596 MW, por último, mencionar a Alemania con 9.950 MW. (EnelGreenPower, 2024b)

Capítulo 3: Análisis de España.

El objetivo de este capítulo será conocer la situación actual de España en el ámbito de las energías renovables. Primero se procederá con un planteamiento del marco legal que sirve como base jurídica para el desarrollo de las energías limpias.

Una vez presentado el marco regulatorio se llevará a cabo un análisis a fondo de la situación en España de cada una de las energías renovables conocidas hasta la fecha. Buscando conocer la situación de la generación de energía renovable, la potencia instalada en el país de dicha energía y en qué nivel de implementación se encuentran las diferentes energías limpias.

Política y marco regulatorio

El Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), es la institución clave en la regulación energética. Para el análisis del marco regulatorio vigente voy a basarme en el Marco Estratégico de Energía y Clima (MEEC) presentando las piezas clave: Ley de Cambio Climático y Transición Energética, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2023-2030,

Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030 y la Estrategia de Transición justa. Además, se analizará la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo 2050, el Plan +SE y una serie de medidas estructurales. (MITECO, 2022e)

Ley de Cambio Climático y Transición Energética (LCCTE).

Aprobada en el año 2021. Es la primera ley en España que establece un marco normativo vinculante para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y avanzar hacia un sistema energético más sostenible. (BOE, 2021)

Sus objetivos clave son: Alcanzar neutralidad climática en 2050, reducir un 23% las emisiones de CO₂ para 2030, alcanzar un 74% de generación eléctrica con energías renovables en 2030 y el 100% en 2050, además establece la prohibición de nuevas exploraciones de hidrocarburos y la reducción de subsidios a los combustibles fósiles. Por último, promueve medidas para la promoción del autoconsumo y la movilidad sostenible con el fin de la venta de coches diésel/gasolina en 2040. (BOE, 2021)

Plan Nacional Integrado de Energía y Clima.

España viene abordando una intensa agenda de transición ecológica que está demostrando ser una palanca para la modernización de la economía, la creación de empleo sostenible, el refuerzo de la sostenibilidad y la reducción de la dependencia energética exterior. Esto lo indican tanto informes de distintos organismos internacionales como los indicadores nacionales. (MITECO, 2024a)

En este plan, en coherencia con el marco regulatorio europeo, se proponen los siguientes resultados para 2030 (MITECO, 2024a):

- 32 % de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero respecto a 1990
- 48 % de renovables sobre el uso final de la energía
- 43 % de mejora de la eficiencia energética en términos de energía final
- 81 % de energía renovable en la generación eléctrica
- Reducción de la dependencia energética hasta un 50 %

Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030.

En cuanto al PNACC, se centra en como España se adaptará a los efectos del efecto climático, minimizando riesgos en sectores vulnerables como agricultura, agua, salud y biodiversidad. (MITECO, 2020b)

Las acciones que merecen ser destacadas son (MITECO, 2020b):

- Medidas contra olas de calor e incendios forestales.
- Protección de zonas costeras frente al aumento del nivel del mar.
- Integración de riesgos climáticos en infraestructuras y urbanismo.

La Estrategia de Transición Justa.

Aprobada en 2019 consiste en un plan para asegurar que la transición hacia energías limpias sea justa y equitativa, protegiendo a los trabajadores y comunidades afectadas por el cierre de industrias fósiles. (MITECO, 2019)

Los puntos clave de esta Estrategia son (MITECO, 2019):

- Apoyo económico y formación para trabajadores de sectores en declive (minería, centrales térmicas, etc.).
- Desarrollo de nuevas industrias verdes en zonas afectadas.
- Inversiones en empleo sostenible y energías renovables en regiones en transición.

La Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo.

Fuera del Marco Estratégico de Energía y Clima, tenemos la ELP. Esta estrategia busca que el país reduzca sus emisiones de efecto invernadero (GEI) en un 90% respecto a 1990. (MITECO, 2020a)

Tiene un triple objetivo (MITECO, 2020a):

- Cumplir con los acuerdos de París.
- Abordar la transición hacia una economía climáticamente neutra.
- Proponer un objetivo a largo plazo, que permita desarrollar las líneas de actuación necesarias para la transición energética.

Plan +SE (Plan Más Seguridad Energética)

Después del COVID-19, el escenario internacional ha sido marcado los conflictos geopolíticos. Lo que ha impulsado a desarrollar este plan con el objetivo de

aportar más seguridad al conjunto de la economía. Este plan establece 3 objetivos (MITECO, 2022d):

- Incrementar la protección de los consumidores a través de medidas de ahorro energético y sustitución de renovables como medidas directas de apoyo.
- Reforzar la autonomía estratégica y energética, implementando medidas adicionales al MEEC
- Cooperación y solidaridad con el proyecto europeo.

Medidas estructurales destinadas a impulsar la transición energética.

-La **Hoja de ruta del Autoconsumo**, la cual ha sido llevada a cabo con la contribución de diversos agentes económicos, Administraciones y ciudadanía. Busca mejorar el conocimiento y la aceptación del autoconsumo por parte de la población. Sus objetivos principales son alcanzar una potencia instalada de entre 9.000 MW (escenario objetivo) y 14.000 MW (escenario de alta penetración) de potencia de autoconsumo para 2030. Alcanzar una cobertura de demanda por autoconsumo del 11% de la demanda eléctrica nacional en 2030. Por último, la creación de más de 25.000 empleos directos e indirectos, un incremento del PIB de más de 1,7 millones de euros por cada millón de ayuda pública y una reducción de emisiones de CO₂ superior a un millón de toneladas anuales. (MITECO, 2021a)

-La **Hoja de ruta del Hidrogeno renovable** busca posicionar la economía española tanto a nivel industrial como tecnológico en el contexto comunitario, descarbonizar el hidrogeno consumido actualmente y la implantación del hidrogeno en la movilidad sostenible. Con esta hoja de ruta se pretende alcanzar la neutralidad climática en 2050. El hidrógeno renovable se considera esencial para alcanzar un sistema eléctrico 100% renovable y descarbonizar sectores difíciles de electrificar, como la industria intensiva y ciertos modos de transporte. Además de fomentar cadenas de valor innovadoras, promover el conocimiento tecnológico y generar empleo sostenible, contribuyendo así a una economía verde de alto valor añadido. (MITECO, 2022a)

-La **Hoja de ruta del Biogás** busca impulsar este vector energético, analizando los retos y las oportunidades y proporcionando una serie de medidas para su desarrollo. La Hoja de Ruta contempla 45 medidas distribuidas en cinco áreas estratégicas: instrumentos regulatorios, impulso a la innovación y desarrollo tecnológico, apoyo a la inversión y financiación, fomento de la demanda y concienciación social, y mejorar la coordinación entre las administraciones públicas. Su objetivo principal es multiplicar por 3,8 la producción de biogás para alcanzar al menos 10,41 TWh anuales en 2030, en línea con el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC 2021-2030) y la Estrategia a Largo Plazo 2050. (Secretaría de Estado de Energía, 2022)

-La **Hoja de ruta para el desarrollo de la Eólica Marina y de las Energías del Mar en España** establece una estrategia nacional para impulsar el aprovechamiento sostenible de los recursos marinos con fines energéticos. Esta iniciativa se alinea con la Estrategia de la Unión Europea sobre las Energías Renovables Marinas y busca posicionar a España como líder en este ámbito. (MITECO, 2021b)

Los objetivos principales de la Hoja de Ruta son (MITECO, 2021b):

- Convertir a España en un referente europeo en investigación y desarrollo (I+D) para el diseño de nuevas tecnologías relacionadas con las renovables marinas.
- Establecer a España como líder internacional en capacidades industriales y en la cadena de valor del sector.
- Impulsar un desarrollo de las energías renovables marinas que sea compatible y sostenible desde el punto de vista ambiental y social.
- Establecer un marco estatal adecuado para el despliegue ordenado de las energías renovables marinas, facilitando la planificación y regulación necesarias para su implementación efectiva.

Para alcanzar estos objetivos, se han definido metas específicas para el año 2030, que incluyen la instalación de entre 1 y 3 gigavatios (GW) de potencia de eólica marina flotante y hasta 60 megavatios (MW) de otras energías del mar como la undimotriz y la mareomotriz. (MITECO, 2021b)

-La **Hoja de Ruta para la gestión sostenible de las Materias Primas Minerales** refuerza la autonomía del país estableciendo una estrategia nacional para transformar la industria extractiva en España hacia un modelo más sostenible, eficiente y alineado con los objetivos de la transición ecológica y digital. La Hoja de Ruta contempla un horizonte temporal hasta 2050, con revisiones cada cinco años para adaptarse a las evoluciones tecnológicas, industriales y geopolíticas. (MITECO, 2022b)

Sus principales objetivos incluyen (MITECO, 2022b):

- Fomentar la eficiencia y la economía circular en la cadena de valor de las materias primas minerales, integrando los principios de la Estrategia España Circular 2030.
- Impulsar la gestión sostenible de las materias primas minerales autóctonos, reduciendo la dependencia de importaciones y promoviendo el desarrollo económico en zonas rurales.
- Garantizar la seguridad de suministro y el cumplimiento de estándares medioambientales y sociales en la importación de materias primas minerales.
- Apoyar la innovación y la digitalización en la industria extractiva, promoviendo tecnologías avanzadas.

-La **Estrategia de Almacenamiento Energético** establece metas ambiciosas como alcanzar una capacidad de almacenamiento de aproximadamente 20 GW para 2030 y 30 GW para 2050. Para lo cual se proponen 10 líneas de acción y 66 medidas específicas. Estas incluyen la promoción de modelos de negocio innovadores, como la reutilización de baterías y las comunidades energéticas, la eliminación de barreras administrativas, el impulso a la investigación y desarrollo, y la formación de profesionales para apoyar una transición energética justa. (Secretaría de Estado de Energía, 2021)

-La **Planificación de la red de transporte de energía eléctrica Horizonte 2026** constituye el instrumento normativo que establece las necesidades de desarrollo de la red de transporte de electricidad para dicho período. Este plan tiene como objetivo principal facilitar la integración de las energías renovables, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y garantizar la seguridad del suministro eléctrico al menor coste posible para el consumidor. La planificación contempla una inversión total de 6.964 millones de

euros, destinada a desplegar nuevas instalaciones renovables en zonas con mejores recursos y menor impacto ambiental. Se espera que su ejecución permita que la generación renovable crezca hasta cubrir el 67% de la demanda nacional, reduciendo la dependencia de la generación con gas y disminuyendo la factura energética del país. (MITECO, 2022c)

-El **Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR)** está dirigido a contrarrestar el impacto de la pandemia sobre la inversión y la actividad económica mediante el empleo de los instrumentos comunitarios de financiación Next Generation EU. Con una financiación total de 163.027 millones de euros en ayudas y préstamos, tras la ampliación acordada en octubre de 2023. Este plan incorpora una importante agenda de inversiones y reformas estructurales, para lograr cuatro objetivos: avanzar hacia una España más verde, más digital, más cohesionada desde el punto de vista social y territorial, y más igualitaria. (Gobierno De España, 2021)

Análisis de la situación de las energías renovables en España: situación actual, país de referencia y como mejorar en la implementación de las energías limpias.

En este subcapítulo, después de una breve introducción del tema, se presentará la potencia instalada por energía del sistema eléctrico nacional y de la generación renovable por tecnología.

Posteriormente para cada energía renovable se analizará su **situación actual** a nivel nacional y a nivel regional por CC. AA., luego se estudiará el **país de referencia** en cada energía, con el objetivo de buscar conocer por qué el país de referencia ha conseguido adelantarse en la correspondiente energía y a la vez sacar conclusiones para una tercera sección donde se intentará plantear **como se podría mejorar** la situación actual de cada una de las energías renovables en España.

Para consultar los recursos disponibles y la generación de energía eléctrica voy a hacer uso de los datos que proporciona la Red Eléctrica de España; la filial

más importante de Redeia Corporación, S.A. cuyo nombre comercial es Redeia, una multinacional de origen español que actúa en el mercado internacional como operador del sistema eléctrico. Su misión, como operador del sistema en régimen de monopolio, es asegurar el correcto funcionamiento del sistema de suministro eléctrico y garantizar en todo momento la continuidad y seguridad del suministro de energía eléctrica.

Introducción

En 2024 España alcanzó un récord histórico al generar el 56% de su electricidad a partir de fuentes renovables. En 2023 se generaron 134.649 GWh con energías renovables, en 2024 la cifra llegó a 148.999 GWh. Destacando un aumento de la producción hidráulica en un 35.5% y de la solar fotovoltaica en un 18.9%, respecto 2023. La generación no renovable aportó 113.248 GWh, en gran medida por el descenso de la producción en las centrales de carbón y de ciclos combinados, que han generado un 24.4% y un 27% menos que en 2023, respectivamente. La eólica lidera el mix energético con un 23.2% del total. Seguida de la nuclear 20% y la solar fotovoltaica 17%. (Redeia, 2025i) (Redeia, 2025a) (Redeia, 2024a)

En 2024, se concedieron autorizaciones de construcción para 727 proyectos de energía limpia. De los 26.159,2 MW de nueva potencia instalada, la fotovoltaica representaba el 85% con 22.326,6 MW. La eólica con 3.822 MW. Biomasa 10 MW e hidroeléctrica 1.6MW. (Esteller, 2025)

Recursos disponibles.

Los siguientes datos corresponden al periodo 01/01/2024 – 31/12/2024:

Cuadro 1: Generación renovable por tecnología en España.

ENERGÍA	GWh
Hidráulica	34.912
Hidroeólica	23
Eólica	60.921

Solar fotovoltaica	44.520
Solar térmica	4.127
Otras renovables	3.690
Residuos renovables	805
Generación renovable	148.999

Fuente: (Redeia, 2025h)

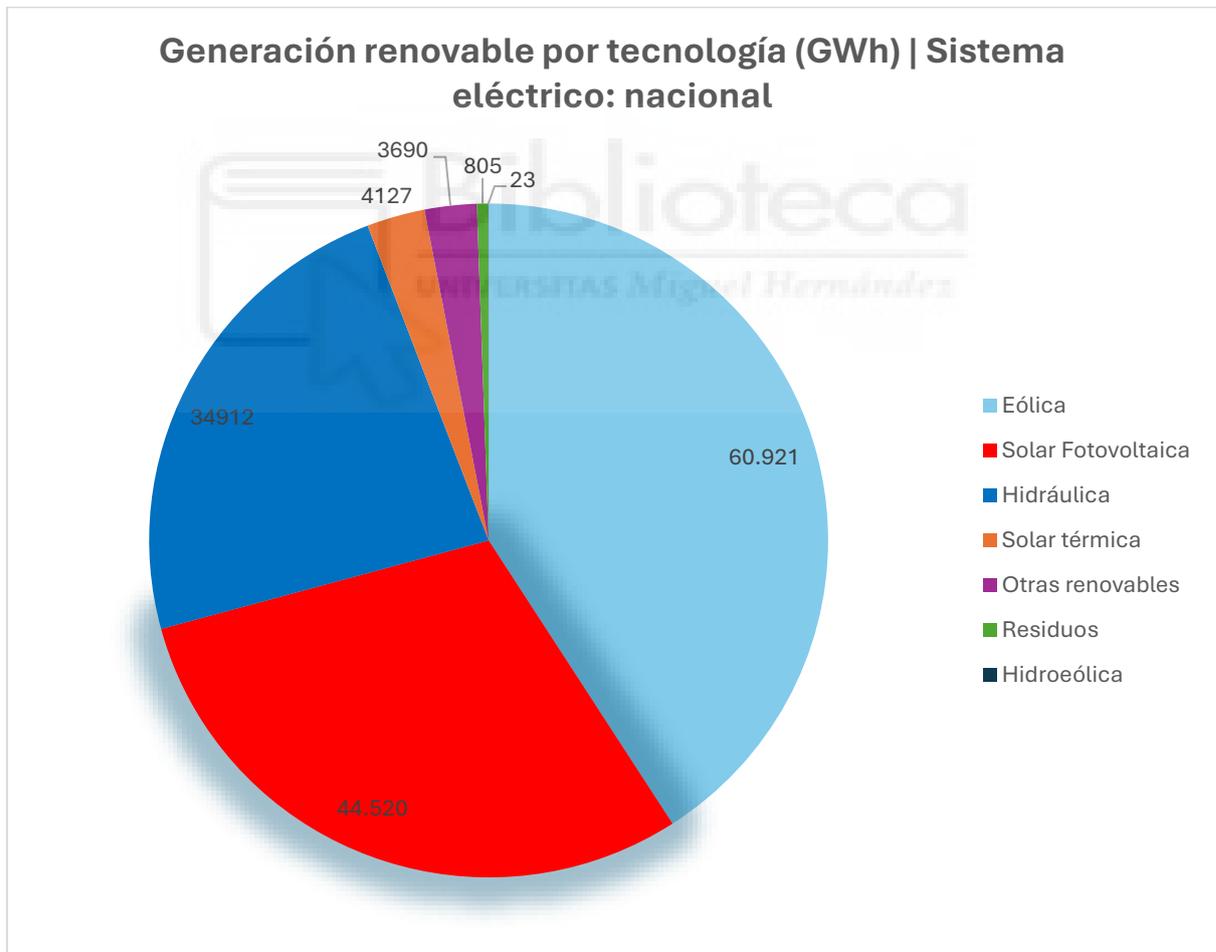
Notas:

Hidráulica: no incluye la generación bombeo.

Otras renovables: incluyen biogás, biomasa, hidráulica marina y geotérmica.

Residuos renovables: el 50% de la generación procedente de residuos sólidos urbanos se considera renovable.

Gráfico 2: Generación renovable por tecnología en España.



Fuente: (Redeia, 2025h)

Cuadro 2: Potencia instalada MW sistema eléctrico nacional 04/2025.

Hidráulica	17.095
Nuclear	7.117
Carbón	2.061
Fuel + Gas	8
Motores diésel	769
Turbina de gas	1.149
Turbina de vapor	483
Ciclo combinado	26.250
Hidroeólica	11
Eólica	32.287
Solar fotovoltaica	33.532
Solar térmica	2.302
Otras renovables	1.108
Cogeneración	5.504
Residuos no renovables	426
Residuos renovables	170
Potencia total	130.272

Fuente:(Redeia, 2025j)

Notas:

Turbinación bombeo: Incluye bombeo puro.

Eólica: Incluye eólica terrestre y eólica marina.

Otras renovables: Incluye biogás, biomasa, hidráulica marina y geotérmica.

Energía eólica

Situación Actual:

Actualmente la potencia total instalada en el país es de 130.272 MW. La energía eólica es la segunda en términos de potencia instalada a nivel nacional. Con una potencia 32.287 MW en abril de 2025. En el año 2024 generó 60.921 GWh.

A nivel de comunidades autónomas, **Castilla y León** es líder en potencia eólica instalada con un total de 7.265 MW, que supone el 26% de la potencia eólica

nacional. Le sigue Aragón con 5.659 MW y Castilla La Mancha con 5.036 MW. (Redeia, 2025e)

Figura 3: Potencia eólica instalada por CCAA.



Fuente: (Redeia, 2025e)

País de referencia:

China va muy por delante en la generación de energía limpia. Gracias a la eólica y a la solar. Además, es el mayor exportador mundial de equipos de energía limpia: baterías, paneles solares, turbinas eólicas y electrolizadores empleados para producir combustible de hidrógeno. (O'MALLEY, 2025)

En 2024 los tres mayores fabricantes eólicos del mundo han sido empresas chinas. Wood Mackenzie, proveedor global de datos y análisis para la transición energética, ha estudiado los principales fabricantes eólicos a nivel global destacando en el top 1 a Goldwind como la empresa con mayor potencia eólica,

con 20 GW instalados. Seguida de Envision y MingWing. En la publicación de Wood Mackenzie del Top10 global, seis son empresas chinas. (Barrero F., 2025)

Esto se debe en parte a la abundancia de recursos naturales. China es el tercer país más grande por extensión junto con una costa de casi cinco millones de km, ofrecen unas condiciones óptimas para la generación eólica. (El Mundo, 2024) (Hernando, 2025)

También, se han implementado políticas con el objetivo de aumentar el suministro de energía renovable. Destinando grandes cantidades de dinero y recursos para promover la industria de la tecnología limpia. A través de una política de incentivos, China ha conseguido destacar como el país con mayor capacidad instalada en la energía eólica. A medida que la transición energética cobraba impulso, este país incremento los subsidios, los créditos fiscales y las inversiones ecológicas. En 2023 invirtió 890.000 millones de \$ en energía limpia, convirtiéndola en su principal motor de crecimiento. (Armesto, García-Jalón, 2017) (Khalaf, 2025)

Por último, hay que destacar su capacidad manufacturera como pieza clave de su hegemonía. Fue uno de los primeros países en invertir en minerales críticos. Ahora, es el principal fabricante de turbinas eólicas, paneles solares, vehículos eléctricos y baterías de iones de litio. Además, controla la cadena de suministro final precisamente gracias a su inversión en estos minerales críticos. (Khalaf, 2025)

En conclusión, China destaca en la energía eólica y en las energías renovables en general por: un territorio extenso y con costa, compromiso político e inversión en minerales críticos que le confieren una importante ventaja competitiva en este sector.

Como mejorarla:

Lo esencial sería en este caso mantener unas relaciones estratégicas con China. El suministro de turbinas eólicas chinas para proyectos en la UE es relativamente pequeño. El mercado europeo está dominado por actores locales como Vestas, Enercon, Nordex y Siemens Gamesa. El exceso de capacidad en el mercado

chino ha llevado que sus turbinas sean más baratas que las europeas. Entre los parques eólicos que utilizan aerogeneradores chinos, seis se encuentran en Francia, tres en Grecia, uno en Bulgaria y uno en Rumania. (Chestney, 2024)

España puede fortalecer sus relaciones promoviendo la compra de los aerogeneradores chinos. A la vez que las empresas obtienen los aerogeneradores más baratos del mercado.

A modo de ejemplo los dos parques eólicos más grandes de España el parque eólico Tico Wind de 180 MW de potencia, propiedad de la empresa Endesa y el parque eólico de El Andévalo en Huelva, el más grande de la Europa continental, propiedad de Iberdrola, ninguno de ellos se usan aerogeneradores chinos. En el primer caso los aerogeneradores son General Electric GE137, de la empresa GE Vernova de EE. UU. y en el segundo caso se emplea el aerogenerador G90 de la empresa Gamesa. (Acosta, 2022) (Renewable Energy Magazine, 2011) (PARQUE EÓLICO TICO, S.L., 2018)

China gracias a su enorme población y un país totalmente industrializado es capaz de producir aerogeneradores a precios muy competitivos. Las empresas españolas y en general las europeas pueden aprovechar estos aerogeneradores y centrar sus recursos en procesos con un mayor valor añadido. En vez de invertir grandes recursos en producir aerogeneradores dedicar parte de la inversión en mejorar los aerogeneradores chinos haciendo que sean más eficientes. Esto además reducirá tensiones económicas con el país asiático a la vez que se fomenta la cooperación entre los países.

Por otra parte, la inversión en materiales críticas es clave. Para que España lidere la transición energética no basta con emplear energía renovable. Se debe limitar la dependencia de terceros en los aspectos clave para la transición energética. Los minerales críticos son uno de estos aspectos clave, pues son la materia prima para los dispositivos de energía limpia. Si bien he defendido el empleo de aerogeneradores chinos puesto que son más baratos. No implica que el país no deba invertir en ser capaz de desarrollar estos dispositivos para evitar la dependencia.

Para establecer un sistema energético basado en la utilización de fuentes renovables, es imprescindible garantizar el suministro de recursos naturales

como las tierras raras o el níquel, necesarios para la fabricación de baterías, placas fotovoltaicas y turbinas eólicas. (REPSOL, 2022b)

China cuenta con más del 80% de la producción de tierras raras a nivel global y es el principal país que se encarga de procesar materiales críticos (REPSOL, 2022b). Por lo que para acelerar la transición energética es imprescindible la colaboración con este país.

La UE consciente de la relevancia de estos materiales ha decidido volver a extraer minas, impulsando un total de 47 proyectos. Siete de estos proyectos son en España, concretamente en Extremadura, Galicia, Andalucía y Castilla-La Mancha. Estos proyectos permitirán extraer 14 minerales críticos de los 17 que fijo la directiva europea como prioritarios. (RTVE.es, 2025)

Energía solar

Situación Actual:

La energía solar es la más importante de las energías renovables en términos de potencia instalada a nivel nacional. Con una potencia de 33.532 MW de solar fotovoltaica y 2.302MW de solar térmica, en abril de 2025. En el año 2024 el sistema eléctrico nacional generó 262.247 GWh, según Redeia. La solar fotovoltaica represento el 17% y la solar térmica el 1.6%, que suponen 44.581 GWh y 4.196 GWh, un total de 48.777 GWh. (Redeia, 2025i)

A nivel regional, **Andalucía** y **Extremadura** son las comunidades con más potencia solar fotovoltaica instalada, ambas con un 24.3%, seguidas por Castilla-La Mancha con un 22%. Estas tres comunidades autónomas suman más del 70% de la potencia fotovoltaica instalada en España. (Redeia, 2025f)

Figura 4: Potencia solar fotovoltaica instalada por CCAA.



Fuente: (Redeia, 2025f)

Mientras que la solar fotovoltaica es la tecnología renovable que más crece, la solar térmica se ha mantenido estable desde el año 2014. Las instalaciones de esta energía están principalmente en Andalucía y Extremadura con 1.000 MW y 849 MW, que suponen el 43% y el 37%, respectivamente, de la potencia total instalada. Seguidas de Castilla La Mancha con un 15% (349MW). (Redeia, 2025g)

Figura 5: Potencia solar térmica instalada por CCAA.



Fuente: (Redeia, 2025g)

País de referencia:

De nuevo el país de referencia aquí es China. Y los argumentos planteados en la sección eólica que explican su dominio en dicha energía son los mismos que explican su hegemonía en la solar: Inversión estatal en energía renovable, en minerales críticos, y una población y un territorio enorme.

Pero en este caso hay un matiz importante. Y es que las empresas chinas dominan casi todos los segmentos clave de la cadena de suministro de la industria solar. La consultora asiática Solarbe Global con sede en Pekín llevo a cabo un análisis de los principales fabricantes de módulos solares fotovoltaicos. Las cuatro principales empresas con ventaja, Jinko, LONGi, Trina y JA Solar, son empresas chinas. Además, dentro de las 10 empresas que más producen estos

paneles a excepción de una empresa canadiense, CanadianSolar (puesto 5), las demás también tienen su sede en el país asiático. (Renewable Energy Magazine, 2024a)

Hay otro caso que es digno de análisis. Está claro que China tiene un territorio más extenso que España y una política económica especial que pueden ser factores cruciales para explicar su adelanto en energía solar. Pero dentro de la unión europea, donde se comparte una política económica común, en la medida de lo posible. Alemania un país con menos extensión territorial que España (Burgos, 2021), con menos irradiación solar y con menos horas de sol (España cuenta con 2000 horas de sol al año frente a las 900 horas de Alemania) (Ribón del Olmo, 2024). Sin embargo, como se puede observar en el “*Gráfico 1: Países con mayor potencia solar fotovoltaica instalada*” presentado en la sección de energía solar, la potencia fotovoltaica instalada en Alemania era de 82 GW y la de España de 31 GW en el año 2023.

Esto se debe principalmente a dos factores: Compromiso político y alta demanda. Alemania ya en 1971 aprobó su primer programa para el medioambiente, con el que empezó su proceso de transición energética. Junto con una política estable y ayudas a la instalación de potencia solar, centrándose en fomentar el empleo de la energía en los particulares más que en las empresas generadoras de electricidad. Además, la gran industria alemana exigía una alta demanda de electricidad que alentaba la instalación de energía solar. (Pascual, 2023)

Al igual que en el caso chino aquí también hay un matiz importante, y es la capacidad de almacenamiento de la energía. Unos de los principales desafíos de la integración de las energías renovables (eólica y solar) en el sistema eléctrico ha sido encontrar la manera adecuada para almacenar la electricidad generada, haciendo que las renovables hayan tenido que generarse en todo momento de acuerdo con la demanda. Lo que obstaculiza su implementación. Bien, pues mientras en Alemania los proyectos de almacenamiento de energía suman 169, en España son 129. En 2024 el país germano aumento en un 39% su capacidad de almacenamiento con baterías alcanzando los 17.7GWh, mientras que a fecha de abril en 2025 no hay datos sobre la capacidad de almacenamiento por baterías en España, y no fue hasta enero de 2024 en el que

Red Eléctrica comenzaría por primera vez a contabilizar el almacenamiento dentro del sistema eléctrico. Para que España lidere realmente la transición energética la inversión en infraestructura de almacenamiento es clave, además de implementar medidas para su medición, de lo contrario no será posible avanzar. (Colaluca, 2025) (Roca, 2025) (IBERDROLA, 2024)

Como mejorarla:

Para mejorar la situación actual en la industria de la energía solar se necesita: políticas de incentivación el uso de la energía solar a nivel particular, empresas punteras en fabricación de módulos solares y mayor inversión en infraestructuras para el almacenamiento de energía.

El Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), a través del Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE), ha lanzado un programa dotado con 250 millones de euros para apoyar proyectos innovadores en energías renovables y almacenamiento. También se han propuesto incentivos fiscales para promover instalaciones de autoconsumo. Además, través del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, se han destinado fondos europeos para fomentar el autoconsumo y el almacenamiento energético. (MITECO, 2024b) (Cadena SER, 2025) (Gobierno De España, 2024)

Estas políticas de incentivos son muy importantes para impulsar el uso de energía limpia. Pero es igual de importante que los particulares conozcan que existen. Se debe trabajar también en hacer estas propuestas más visibles y que sean de un acceso más sencillo.

Como ya he mencionado otro aspecto a abordar es el desarrollo de empresas fabricantes de equipos de energía solar con potencial en el mercado global, puesto que ninguna empresa española es lo suficientemente grande para competir en este mercado. En una lista elaborada por IndustryInsights.eu, a nivel europeo destaca: Meyer Burger Technology AG (Thun / Suiza), aleo solar GmbH (Prenzlau / Alemania) y Photowatt International SAS (Bourgoin-Jallieu / Francia) (Industryinsights.eu, 2023). Se necesita una empresa capaz de aprovechar todas las ventajas que el territorio ofrece en materia de energía solar.

Al igual que sucede con la fabricación de paneles solares, el almacenamiento de la energía es otro punto a abordar. Por mucha potencia instalada que haya en el país, sin mecanismos aptos para almacenar esta energía captada, el proceso siempre será ineficiente.

Entre las 11 principales empresas fabricantes de baterías de iones de litio, claves para el almacenamiento de la energía solar. CATL, fundada en 2011, la cual se ha convertido en el mayor fabricante de estas baterías, Kamada Power, EVE Energy Co., BYD Company, Gotion High-Tech Co., Sunwoda Electronic, Grupo CALB, todas ellas con sede en China. Destacan además Tesla (EE. UU.) Samsung (Corea del Sur), LG Energy Solution (Corea del Sur) Corporación Panasonic (Japón). (Kamada power, 2025)

En este último caso el problema es aún más serio. No es que España no cuente con ninguna empresa importante en almacenamiento de energía, si no que no la hay ni siquiera a nivel europeo. A pesar del compromiso de la UE con la transición energética, sin empresas competitivas en temas como el almacenamiento de energía va a ser complicado que cumpla los objetivos propuestos en materia energética y climática.

Energía hidroeléctrica

Situación Actual:

La energía hidroeléctrica en España ha experimentado avances significativos, consolidándose como un pilar clave en la transición energética del país. Con una potencia de 17.095 MW en 2025. En el año 2024 se generó 262.247 GWh de electricidad. La hidráulica represento el 13.3%%, es decir, un total de 34.879 GWh. (Redeia, 2024b)

Además, es la principal tecnología empleada para el almacenamiento de la energía, que como ya he comentado anteriormente es crucial para la integración de la energía renovables. El sistema eléctrico español cuenta con una potencia instalada de almacenamiento de energía de 3.356 MW, de los cuales 3.331, el 99%, corresponden a centrales hidráulicas por bombeo. Las baterías solo almacenan 25 MW. (Redeia, 2025b)

Cabe destacar que esta tecnología ha sido tradicionalmente la principal fuente renovable en España, hasta que en el año 2009 fue superada por la eólica y en 2022 por la solar fotovoltaica. Desde 2012 hasta 2024 el incremento de la potencia instalada ha sido prácticamente nulo, un 1%. Aun así, sigue siendo la tercera energía renovable por potencia en España. (Redeia, 2025c)

A nivel autonómico, **Castilla y León** es la comunidad con más potencia hidráulica instalada con un 25,7 % de toda la potencia hidráulica nacional, en gran medida gracias a la cuenca del Duero, la segunda más importante de la península Ibérica. Le sigue Galicia con el 21,8 % del total nacional. Destacan también Extremadura y Cataluña con un 13.3% y 11.2%, respectivamente. Estas cuatro comunidades suponen el 72% de toda la potencia instalada. (Redeia, 2025c)

Figura 6: Potencia hidráulica instalada por CCAA.



Fuente: (Redeia, 2025c)

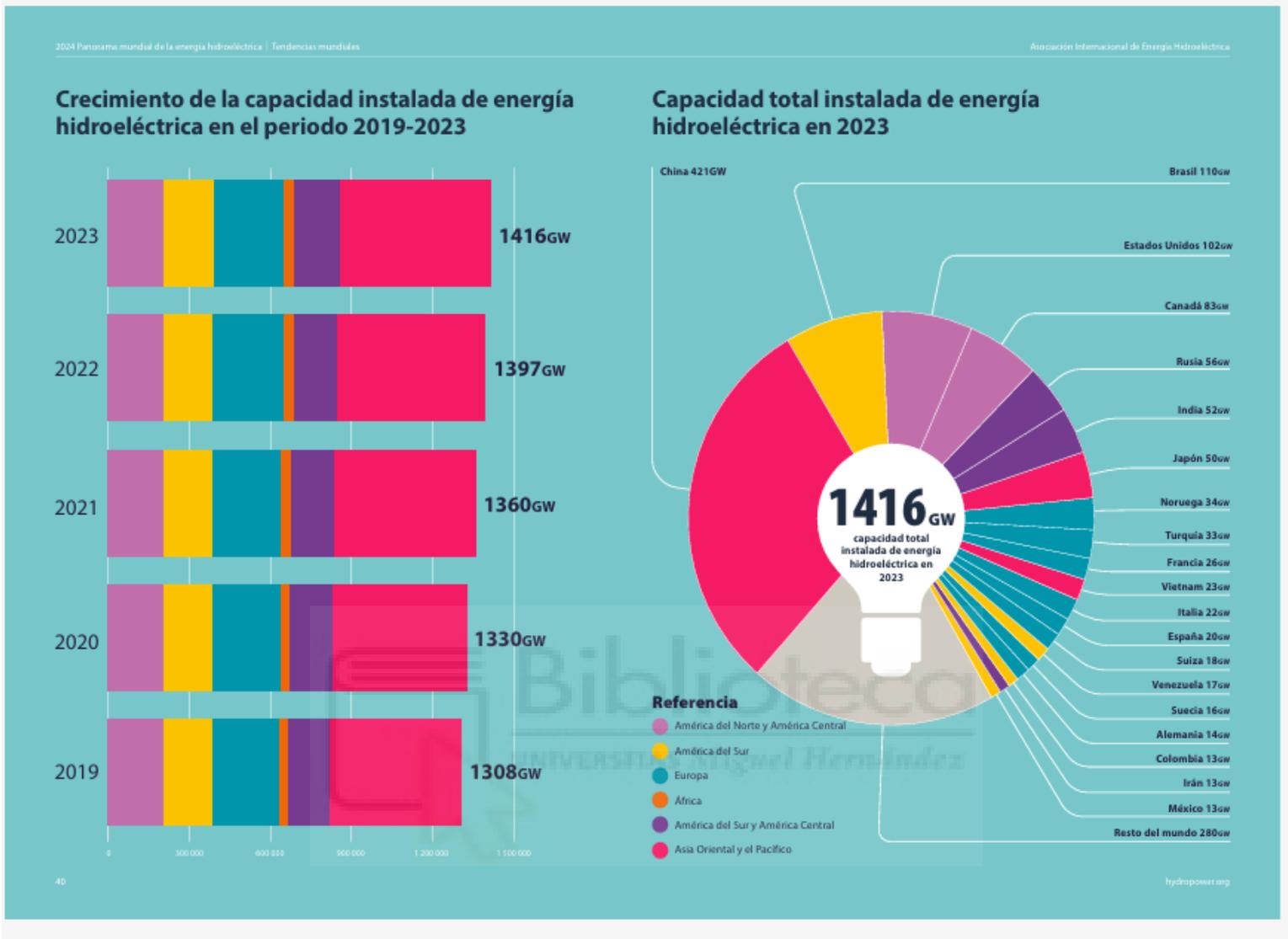
País de referencia:

Según el último World Hydropower Outlook, publicado por la Asociación Internacional de Energía Hidroeléctrica (IHA). China sigue liderando el desarrollo de nuevas centrales de energía hidroeléctrica en todo el mundo. Solo en 2023, el país puso en funcionamiento 6,7 GW de capacidad. Esta nueva capacidad incluyó más de 6,2 GW en centrales hidroeléctricas reversibles. (IHA, 2024) Estas centrales son realmente eficientes ya que pueden adaptarse a la demanda y a la vez sirven como mecanismos para almacenar energía.

De la capacidad hidráulica total instalada en el mundo en el año 2023, que fue 1.416GW. China es el país con mayor capacidad con 421 GW instalados. Solo un país aglutina el 30% de toda la capacidad mundial.

Esto ha sido gracias, en parte, a su vasta red fluvial, en la que ríos como Yangtsé, el Jinsha y el Yarlung Tsangpo, presentan unos caudales y desniveles ideales para la generación de energía hidroeléctrica. La presa de las Tres Gargantas, la más importante del mundo en extensión y capacidad instalada, está situada en el curso del río Yangtsé. Y en 2024 se ha comenzado con un nuevo proyecto hidroeléctrico, que será aún más grande que el ya mencionado, en el río Yarlung Tsangpo. (Prensa Minera, 2024)

Gráfico 3: Crecimiento y Capacidad instalada de energía hidroeléctrica en 2023.



Fuente: (IHA, 2024)

Como mejorarla:

Los países más importantes en energía hidroeléctrica lo son también en extensión territorial. China, Brasil, EE. UU., Canadá y Rusia. Esto en otras conclusiones plantea una idea, si la UE quiere dejar de depender de los combustibles fósiles y cumplir sus objetivos en la transición energética, será necesario abordar la implementación de las energías renovables desde una perspectiva de conjunto aprovechando la extensión territorial y acelerando la gestión de los proyectos. Puesto que el sector energético es realmente

estratégico, armonizar las políticas en este tema permitirá acelerar las tecnologías limpias en la región y limitar la dependencia de países terceros.

En el informe presentado en 2024 por IHA, sobre el panorama mundial de la hidroeléctrica. Destaca que parte de los 6 proyectos de centrales hidráulicas reversibles en España, seguían en concesión de permisos. Esto es otro obstáculo a abordar, los proyectos de energía limpia deben ser prioridad y simplificar la burocracia facilitara la puesta en marcha de los proyectos además de hacer que estas inversiones sean más atractivas para el capital privado. (IHA, 2024)

En este mismo informe se señala que sigue habiendo en España potencial de energía hidroeléctrica y grandes posibilidades de desarrollar nuevos activos de centrales hidráulicas por bombeo, también denominadas PSH por sus siglas en ingles. Las PSH son una gran oportunidad, ya que como ya se ha mencionado varias veces a lo largo del TFG, permiten el almacenamiento de energía, el cual en términos de capacidad es muy escaso en el país. (IHA, 2024)

Energía geotérmica.

Situación Actual:

La primera estadística sobre instalaciones geotérmicas en España, llevada a cabo en 2018, por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) muestra que la potencia instalada en el país es de 293 MW, destacando su aprovechamiento para la calefacción que suponían 252 MW de potencia instalada. (Geotermiaonline, 2022)

Para conocer la situación de esta energía a nivel regional. A modo orientativo debido a la falta de datos actualizados. El *Grafico 4* que forma parte del estudio llevado a cabo por el IDEA “Evaluación del potencial de energía geotérmica. Estudio Técnico PER 2011-2020”. Se observa que destaca especialmente **Cataluña**, seguida de la C. de Madrid, Andalucía y País vasco. (Sanchez Guzmán, et al., 2011):

Gráfico 4: Potencia geotérmica instalada por CCAA.



Fuente: (Sanchez Guzmán, et al., 2011)

Por otra parte, España cuenta con un notable potencial geotérmico, especialmente en las Islas Canarias. En diciembre del 2024 países miembros de la UE solicitaron a la Comisión Europea la elaboración de un plan de acción para desplegar la energía geotérmica. (Tellkes, 2025)

La ministra de Transición Ecológica, Sara Aagesen, ha anunciado una inversión de 100 millones de euros en 10 proyectos de geotermia profunda, la mayoría ubicados en Canarias. Debido a su especial naturaleza volcánica, las Islas Canarias albergan en su subsuelo el mayor recurso geotérmico de media y alta temperatura en España, que podría suplir gran parte de la demanda eléctrica del archipiélago. (Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2023) (Tellkes, 2025)

Además, se ha anunciado en Granada la construcción de la primera planta de energía geotérmica de alta temperatura en España, con una potencia de 10 MW, capaz de abastecer de electricidad a 5.000 hogares. Por otra parte, en Asturias, el Grupo Hunosa ha desarrollado el mayor complejo geotérmico de España, aprovechando las aguas de mina para la climatización de edificios. Este proyecto ha permitido convertir antiguas minas de carbón en fuentes de energía limpia y renovable. (Tellkes, 2025)

En 2023 el gobierno lanzó ayudas por 120 millones para impulsar estudios de viabilidad de la energía geotérmica profunda. Financiadas por el Programa

GEOTERMIA PROFUNDA de la UE. Con el objetivo de impulsar estudios de viabilidad que incluyan actuaciones exploratorias que analicen y cuantifiquen el recurso geotérmico que existe en distintos emplazamientos geotérmicos de la geografía española.

Dentro del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima establece un objetivo de potencia de geotermia a instalar para producción eléctrica de 15 MW para 2025 y de 30 MW eléctricos para 2030.

País de referencia:

EE. UU. es el país líder en la producción de energía geotérmica a nivel mundial. Esto se debe a su ubicación geográfica y a su potencial geotérmico. La capacidad geotérmica instalada en EE. UU. supone alrededor del 25% de la capacidad mundial. (Todo Ingenierías, 2023)

La mayor parte de la producción de la energía geotérmica de este país se encuentra en el estado de California que cuenta con una gran cantidad de recursos geotérmicos. Además, este Estado ha invertido en la investigación y desarrollo de tecnologías geotérmicas más eficientes, lo que ha contribuido a aumentar su capacidad de producción. Además de California, otros estados de como Nevada, Oregón, Utah y Hawái también tienen una importante producción de energía geotérmica. (Todo Ingenierías, 2023)

Islandia, Filipinas y El Salvador también son líderes mundiales en energía geotérmica, donde la energía geotérmica representa más del 25 por ciento del uso energético total de cada país. (Microsoft, 2024)

La geografía desempeña un papel fundamental en la capacidad de una región para aprovechar las ventajas de la energía geotérmica. Los mejores recursos geotérmicos se encuentran normalmente cerca de los límites de las placas tectónicas. La actividad de los volcanes y los terremotos se centra cerca de estos límites debido al movimiento en corteza base terrestre. Por ejemplo, el cinturón de fuego alrededor de los bordes del océano Pacífico es una cadena de volcanes y actividad sísmica, causada principalmente por placas tectónicas. Como

resultado, esta región tiene las áreas geotérmicas más activas del mundo. (Microsoft, 2024)

Como mejorarla:

Para impulsar la geotermia en España es necesario un apoyo político directo, ya que los costes iniciales de esta energía son de los más elevados, en comparación con el resto de las energías renovables tradicionales, lo que obstaculiza su desarrollo.

Aunque el gobierno ha lanzado una serie de ayudas como se ha comentado anteriormente, en lo que se conoce como el programa de Geotermia Profunda. En este programa se busca incentivar esta energía con ayudas a estudios de viabilidad de proyectos para el aprovechamiento de energía geotérmica. Entendiendo como estudio de viabilidad: “la evaluación técnica, análisis y cuantificación del recurso geotérmico en un área determinada, incluyendo la realización de las actuaciones exploratorias y de investigación necesarias para dicha evaluación, así como la valoración técnico-económica para llevar a cabo un proyecto de geotermia profunda, prioritariamente de media y alta temperatura para generación eléctrica o para usos térmicos directos.” (IDAE, 2023).

Lo ideal para fomentar el desarrollo de esta energía más que una ayuda a estudios de viabilidad sería el que propio Estado llevara a cabo estos estudios que son una fase fundamental. Una vez se den con los procesos y zonas adecuados incentivar al capital privado a invertir en los proyectos. Esto supone abordar su implementación de manera mucho más directa y eficaz.

Considero que esta energía es muy útil si se invierte en desarrollar la tecnología que permita poder implementarla a gran escala en los sistemas energéticos. La falta de desarrollo tecnológico en este sector es la principal traba para su uso. En la actualidad, el uso más adecuado es la climatización de edificios. Ya que para estos mecanismos no se necesita una excesiva temperatura.

Esta energía sin duda tiene un gran potencial, porque es una energía renovable que se puede producir a un ritmo constante, podemos controlarla mucho mejor que el resto de las energías renovables. Mientras que la solar o la eólica

dependen de condiciones climáticas y geográficas, esta energía la tenemos en el centro de la tierra, de forma permanente.

Energía mareomotriz

Situación Actual:

En los informes de REE, la energía mareomotriz no forma parte de sus informes. Ni siquiera forma parte de “resto de renovables”, en la que REE incluye biogás, biomasa, geotérmica, hidráulica marina, hidroeléctrica y residuos renovables.

Actualmente no hay parques mareomotrices activos en España, por lo que esta energía no aporta suministro al sistema eléctrico nacional. Sin embargo, destaca en este ámbito una empresa nacional con sede en Galicia: Magallanes Renovables.

Esta empresa se fundó en 2009 por Alejandro Marques, más adelante en 2013 construye y valida un modelo a escala 1:10. Con el cual se realizaron pruebas exitosas en Vigo y en el European Marine Energy Centre (EMEC), en las Islas Orcadas. En 2017, construye el primer molino de mareas a escala real, el ATIR Prototype, con una capacidad instalada de 2 MW. En 2019 de nuevo en el EMEC, pero esta vez con el molino mareal a escala completa, el ATIR Prototype generó con éxito energía renovable. En 2022 la empresa obtiene una tarifa fija en la subasta energética del Reino Unido, lo que le permitió instalar el primer parque europeo de energía mareomotriz, equipado con cuatro molinos de mareas se espera que comience a generar energía en 2026. Magallanes Renovables además de ser un referente internacional en energía mareomotriz, tiene como objetivo abrir y liderar esta industria a nivel mundial. (Magallanes Renovables, 2024)

A nivel regional esta energía tiene un gran potencial en el norte de España, especialmente en **Galicia** y en el Estrecho de Gibraltar.

En Galicia dentro del “Polo de innovación en energías marinas y almacenamiento energético”, un instrumento puesto en marcha para identificar oportunidades y analizar el impacto que supondría la instalación de parques eólicos marinos, se ha desarrollado una plataforma experimental para el testeo de prototipos

flotantes de eólica marina, y la realización de estudios relacionados con el medio marino y la biodiversidad. Esto facilitara en un futuro la adaptación y desarrollo de infraestructuras relacionadas con la energía mareomotriz. Además, las mareas tienen gran potencia en la región, gracias a la costa altamente accidentada y la presencia de corrientes marinas significativas, cada año se dan mareas vivas en la zona de Galicia y el Cantábrico, las cuales son mareas de gran intensidad. Lo que ofrece unas condiciones óptimas para la generación de energía mareomotriz. (Xunta de Galicia, 2022) (Urcelay, 2024)

En el caso del Estrecho de Gibraltar al ser un punto de conexión entre el mar Mediterráneo y el océano Atlántico, se generan fuertes corrientes bidireccionales debido a las diferencias de salinidad y temperatura entre ambos cuerpos de agua. Estas corrientes alcanzan velocidades que pueden superar los 2,5 m/s, lo que las hace especialmente adecuadas para la generación de energía mediante turbinas mareomotrices. (Juanes González, 2007)

País de referencia:

El Reino Unido se ha consolidado como el país líder a nivel mundial en energía mareomotriz. Este liderazgo se fundamenta tanto en condiciones geográficas favorables como en una sólida estructura institucional y un fuerte compromiso con la innovación tecnológica.

Este país, y en particular la región de Escocia cuenta con algunos de los recursos mareomotrices más potentes y constantes de Europa. La zona del estrecho de Pentland, por ejemplo, presenta fuertes corrientes de marea que han sido aprovechadas por el proyecto MeyGen, considerado el mayor desarrollo comercial de energía mareomotriz del mundo. Este parque de turbinas submarinas está diseñado para alcanzar una capacidad instalada de 398 MW. (Teles, 2023)

Pero a parte de sus recursos naturales, lo que le ha permitido al Reino Unido ser un referente destacado en el ámbito de la mareomotriz, y de la energía marina en general. Ha sido el hecho de saber establecer una infraestructura institucional que fomenta la investigación y la inversión en la energía marina. Ha desarrollado la primera y única instalación en el mundo para llevar a cabo pruebas de

tecnologías de olas y mareas, el Centro Europeo de Energía Marina (EMEC), ubicado en las Islas Orcadas. Este centro prueba convertidores de energía de olas y mareas en condiciones reales del mar. (Institution of Civil Engineers (ICE), 2018)

Como mejorarla:

Para mejorar la situación actual en esta industria se debe fortalecer y desarrollar el liderazgo de la región de Galicia. Esta comunidad autónoma cuenta con un importante recorrido en lo que a energías marinas se refiere como ya se ha mencionado anteriormente. Aunque el foco a nivel estatal esta principalmente en la eólica marina, como se puede deducir de la “Hoja de ruta para el desarrollo de la Eólica Marina y de las Energías del Mar en España”, se debe incentivar el desarrollo de la undimotriz y la mareomotriz con la infraestructura existente, abordando de manera específica estas energías.

Otro actor clave en este contexto es la empresa con sede en Galicia, Magallanes Renovables. La cual cuenta con sistemas de energía mareomotriz capaces de generar energía a un coste viable, lo que supone una ventaja importante. En este caso fomentar la colaboración de la empresa y la comunidad autónoma traería grandes avances a la región y a la industria a nivel nacional.

Por último, las condiciones del Estrecho de Gibraltar son excepcionales para el aprovechamiento de la energía de las mareas. Trabajos como los del Dr. Félix Cañada Guerrero, estudian el posible aprovechamiento de las corrientes, mediante la construcción de un dique, y se realizan cálculos de la energía obtenible, mediante turbinas instaladas (Juanes González, 2007). Se pueden aprovechar estos trabajos para desarrollar proyectos mareomotrices o incluso establecer un centro en colaboración con el propio EMEC, que permita atraer inversión y crear un entorno favorable para el crecimiento y desarrollo de empresas dedicadas al desarrollo de sistemas de energía mareomotriz.

Energía undimotriz

Situación Actual:

A diferencia de la mareomotriz esta energía está más implementada, aunque en menor medida que las energías renovables tradicionales como la solar y la eólica. Hay que señalar que, al igual que la energía de las mareas, la undimotriz tampoco forma parte de los informes que proporciona la REE.

En los últimos años se han desarrollado varios proyectos piloto y comerciales que reflejan un interés creciente por parte de las instituciones públicas, universidades y empresas privadas.

El proyecto más importante se encuentra en País Vasco. La “central undimotriz de Mutriku” se inauguró en 2011 y fue la primera planta comercial de energía undimotriz en Europa. Capacitada con 16 turbinas de aire comprimido emplea la tecnología de columna de agua oscilante (OWC), capaz de generar una potencia de 296 KW. En 2019 paso a formar parte del BiMEP (Biscay Marine Energy Platform), el centro de ensayos de energías marinas de Euskadi que cuenta con instalaciones en mar abierto para la prueba de dispositivos flotantes. Lo que permite que se emplee para el ensayo de nuevas tecnologías en materia de turbinas y sistemas de control. (Ente Vasco de la Energía, 2020)

Destaca también el acuerdo firmado por Port Adriano y Eco Wave Power Global, compañía sueca líder en la producción de electricidad limpia a partir de las olas del mar, este acuerdo pretende instalar una planta de energía undimotriz de hasta 2 MW. Su construcción y puesta en marcha se llevará a cabo en dos etapas. En la primera, Eco Wave Power construirá una primera instalación de 1 MW. En la segunda fase, se completará la construcción de la planta para dotarla de la estructura necesaria para poder alcanzar los 2 MW. Cabe recordar que es una cifra importante si la comparamos con la potencia instalada de la central de Mutriku (296KW). (Port Adriano, 2022)

Otra iniciativa innovadora es el proyecto DesalIFE, desarrollado en Gran Canaria. Esta iniciativa busca demostrar y validar la tecnología de desalación alimentada por energía undimotriz. Para ello se ha formado un consorcio que engloba a Ocean Oasis Canarias, el Instituto Tecnológico de Canarias (ITC), el Grupo de Investigación en Sistemas de Energías Renovables (GRRES) de la

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, la Plataforma Oceánica de Canarias (PLOCAN) y la consultora medioambiental Elittoral. Este proyecto cofinanciado por la Agencia Ejecutiva Europea de Clima, Infraestructuras y Medio Ambiente (CINEA), emplea tecnología desarrollada por el grupo noruego Ocean Oasis. Su filial Ocean Oasis Canarias S.L coordinará el proyecto. Este proyecto evidencia el alto potencial de Gran Canaria para el aprovechamiento de la energía undimotriz. (Instituto Tecnológico de Canarias, 2024)

A lo anterior se suman tres proyectos piloto que utilizarán la energía de las olas para generar electricidad en la provincia de Castellón que se espera que se pongan en marcha en este mismo año 2025. Estos proyectos, impulsados por las empresas MasQueIngenieros y Rotary Wave, se implementarán en tres puertos clave de la provincia y se espera que generen aproximadamente 130.000 kWh al año, suficientes para abastecer a 500 hogares mensualmente. Además, se anticipa un ahorro de 30.000 euros anuales en costos energéticos. (Valdehita, 2024)

Por último, destacar a la empresa AST Ingeniería, la cual formara parte del proyecto WEDUSEA. Este proyecto busca impulsar la industrialización de la energía undimotriz. En este proyecto, coordinado por la empresa irlandesa OceanEnergy, realizará una demostración de un convertidor de energía undimotriz flotante OE35 de 1 MW conectado a la red en el centro de pruebas de energía undimotriz del EMEC. El OE35, el cual ha sido desarrollado por la empresa mencionada anteriormente, es el dispositivo de energía undimotriz flotante de mayor capacidad del mundo. (AST Ingeniería, 2024)

País de referencia:

Escocia se ha consolidado como líder mundial en energía undimotriz, gracias a una combinación de políticas públicas proactivas, inversiones estratégicas y una infraestructura de investigación avanzada.

El desarrollo de la energía mareomotriz y la undimotriz van de la mano. Básicamente lo que expuse en el apartado anterior como razones que explican el adelanto del Reino Unido, y de Escocia en concreto, en la mareomotriz son los que también lo explican en la energía de las olas.

Es decir, unos recursos naturales favorables, pero lo que considero aún más importante es su inversión en una infraestructura institucional de investigación, el Centro Europeo de Energía Marina.

Esto no solo le permite desarrollar una energía limpia, sino que además atrae empresas extranjeras que impulsan aún más su crecimiento. Como las ya mencionadas empresas españolas Magallanes Renovables y AST ingeniería, los proyectos de estas empresas todos pasan por pruebas en el EMEC como condición necesaria para su éxito.

Pero es que, en el ámbito de la undimotriz, incluso hay más. Como es el caso de Wave Energy Scotland (WES), un organismo dedicado a abordar los desafíos técnicos del sector. Esto es una iniciativa del Gobierno escocés para acelerar los avances en las tecnologías de energía undimotriz, a conciencia de los desafíos que plantea la inversión en esta energía para el sector privado. (Wave Energy Scotland, 2017)

El programa tecnológico WES en la culminación de su primera fase, dio paso a la realización de pruebas en condiciones marinas reales de dos convertidores de energía undimotriz desplegados en 2021 y 2022. Estos dispositivos fueron desarrollados por empresas escocesas AWS Ocean Energy y Mocean Energy. (Scottish Government, 2017)

El proyecto WEDUSEA que plantea poner a prueba el convertidor de energía undimotriz más potente hasta la fecha. Donde la empresa de Gijón AST ingeniería, suministrará la turbina. Se llevará a cabo en Islas Orcadas, Escocia. (Cuartas, 2024)

Como mejorarla:

Como ya se ha comentado varias veces a lo largo de este TFG, el desarrollo de la undimotriz y la mareomotriz puede llevarse a cabo de manera simultánea. Evidencia de ello es el Reino Unido que ha generado un entorno favorable para el desarrollo de las tecnologías de ambas energías.

España tiene mucho potencial que explotar en energía marina. La extensa costa es el escenario ideal para el desarrollo de esta energía. Y los territorios insulares

como las Islas Baleares y las Islas Canarias presentan condiciones inigualables para su aprovechamiento. Prueba de ello el acuerdo de Port Adriano (Calvià) y el proyecto DesalIFE (Gran Canaria).

Dicho esto, a las condiciones favorables de Galicia, mencionadas en la mareomotriz. Se suma el País vasco, con la primera planta undimotriz comercial en Europa, con el BiMEP una infraestructura dedicada a la demostración y validación de energía de las olas (BiMEP, 2025) y Asturias con empresas como AST ingeniería con experiencia en el proyecto undimotriz más importante y capaz de desarrollar turbinas para el convertidor de olas más grande del mundo.

El norte de España además de ofrecer costas y una actividad marina favorable está desarrollando un entorno que favorable para el crecimiento de las energías marinas. El Gobierno Vasco ha aportado mucho a través del EVE. Pero se necesita un mayor compromiso desde el nivel estatal.

Con mayor compromiso estatal me refiero principalmente a una política específica para la undimotriz y mareomotriz. Como ya se ha analizado en el marco regulatoria, lo único que aborda a nivel estatal estas energías marinas es la “Hoja de ruta para el desarrollo de la Eólica Marina y de las Energías del Mar en España”, donde se destacan las zonas óptimas para la instalación de estas energías, pero el foco de esta hoja de ruta se pone principalmente en la eólica. Es necesario un marco regulatorio más específico y la creación de programas como el WES de Escocia, que traduzca el compromiso gubernamental en acciones reales que tengan un efecto directo en el desarrollo de estas energías.

Es necesario integrar la energía undimotriz, junto con la mareomotriz, en la planificación energética nacional, reconociendo el potencial nacional en estas materias.

Energía azul

Situación Actual:

Esta tecnología está en fase de desarrollo experimental tanto en España como a nivel global. En la “Hoja de Ruta para el desarrollo de la Eólica Marina y de las Energías del Mar” se destaca que, debido a limitaciones geográficas, esta

energía es la que presenta el menor potencial de todas las energías del mar con 1.650 TWh/año a nivel mundial. (MITECO, 2021b)

Sin embargo, como ya se apuntaba en su propio análisis esta energía tiene un gran potencial si se desarrollan los mecanismos adecuados. Prueba de ello es el proyecto Life HyReward, un proyecto europeo financiando por el programa europeo LIFE. (Sacyr, 2021)

Este proyecto tiene como objetivo aumentar la sostenibilidad del proceso de desalación mediante la combinación de la ósmosis inversa (RO) y la electrodiálisis inversa (RED). Dio inicio en noviembre del 2021 y tiene una duración de tres años y medio, por lo que en breve finalizará. (Sacyr, 2021)

La primera fase experimental se desarrollará en la planta desaladora de Alicante, operada por Sacyr Agua, con la colaboración del titular de la instalación, la Mancomunidad de los Canales del Taibilla, donde se validará y optimizará la tecnología RED para la generación de energía. (Sacyr, 2021)

En la segunda fase de experimentación, se estudia el ensuciamiento de las membranas provocado por las aguas residuales en una depuradora, así como el posible paso de microcontaminantes orgánicos a través de las membranas de intercambio iónico (Sacyr, 2021). Posteriormente, la planta piloto se trasladará a la desaladora de Alcudia en Mallorca para ensayar las condiciones reales del proyecto, produciendo energía a partir del gradiente de salinidad entre salmuera de desaladora y agua residual tratada. (Sacyr, 2023)

Este proyecto está liderado por la empresa Sacyr Agua, la cual forma parte del Grupo Sacyr, un grupo global de concesiones y desarrollo de infraestructuras, con sede en Madrid. Además, cuenta con la colaboración de socios como el consorcio de las empresas hermanas holandesas REDstack (spin-off de WETSUS, el Centro Europeo de Excelencia para la Tecnología Sostenible del Agua de los Países Bajos) y Pure Water Group, que ofrecen una sólida base de conocimientos especializados en el desarrollo y comercialización de tecnologías de energía azul.

País de referencia:

Francia lidera actualmente el desarrollo de energía azul. Esto se debe principalmente a la empresa Sweetch Energy al desarrollar la tecnología Ionic Nano Osmotic Diffusion (INOD).

La tecnología INOD ha revolucionado esta industria gracias al desarrollo de membranas de nanofibras de origen natural. Esta membrana fabricada con un material biológico abundante, que se mantiene bajo secreto al estar patentada la tecnología, ofrece un proceso más eficiente mejorando el rendimiento, gracias a la selectividad y el transporte iónico. La combinación de estas membranas avanzadas con un diseño fluídico innovador logra una densidad y potencia sin precedentes estableciendo un nuevo punto de referencia en la generación de energía osmótica. (Sweetch Energy, 2025a)

La empresa ha colaborado con la a Compagnie Nationale du Rhône (CNR), un concesionario del Estado francés para la gestión del río Ródano, para poner en marcha la primera planta piloto osmótica del mundo, OsmoRhône 1. Esta planta prevén que alcance una capacidad de hasta 500 MW, el equivalente a lo que consumen ciudades como Barcelona o Ámsterdam. (Marinero, 2024b)

Como mejorarla:

Como ya se apuntó en el análisis de la energía azul el principal problema para la viabilidad de esta energía era el alto coste del empleo de las membranas. Uno de los principales factores agravantes del coste de estas era la escasez de los materiales para su producción.

Sweetch Energy consciente de ello ha ido al grano centrándose en desarrollar unas membranas capaces de ser empleadas en los procesos de energía osmótica, en vez de buscar con las mismas costosas membranas mejorar el proceso PRO, como ha hecho REDstack. Con la tecnología INOD ya desarrollada y patentada, la *startup* francesa tiene todas las de posicionarse como líder en el sector de la blue energy.

Por ello el camino para el desarrollo de la energía osmótica es claro, una mayor inversión en la investigación en este ámbito. El proyecto ya en marcha, Life

HyReward, es una oportunidad excelente para obtener retroalimentación sobre el funcionamiento de esta energía que permita impulsar nuevos proyectos en el país. A la vez que sirva para el estudio e investigación de desarrollar membranas más eficientes en el proceso osmótico.

Energía maremotérmica

Situación Actual:

La energía maremotérmica o Conversión de Energía Térmica Oceánica (OTEC) se encuentra en una fase de investigación y desarrollo en España, con varios proyectos destacados que buscan evaluar su viabilidad técnica y económica.

En las aguas de Canarias se desarrollará el proyecto "PLOTTEC" en la sede de la Plataforma Oceánica de Canarias (PLOCAN). Tiene como objetivo diseñar un sistema de Conversión de Energía Térmica Oceánica (OTEC) capaz de sobrevivir a condiciones ambientales extremas. Lo que permitirá superar los principales obstáculos técnicos y económicos para el despliegue masivo de la OTEC. (PLOCAN, 2022)

En 2024, la empresa austriaca AGRU y el astillero Hidramar en el puerto de Las Palmas, iniciaron la construcción del prototipo OTEC a escala 1:5 que se probará en PLOCAN. (Loustau, 2024)

Por otra parte, la empresa ENERBASQUE una empresa tecnológica líder en el diseño y fabricación de productos para la recuperación de energía térmica residual (waste heat) y conversión en energía mecánica y eléctrica a pequeña y mediana escala. Es una compañía privada con sede en Vitoria-Gasteiz, Álava (España). La cual ha desarrollado su tecnología con el apoyo del Departamento de Desarrollo Económico y Competitividad del Gobierno Vasco y la Diputación Foral de Álava. (Enerbasque, 2016)

Esta empresa dio comienzo al proyecto HydrOTEC en diciembre de 2023, y se espera que dure 3 años. El proyecto busca superar una de las principales debilidades de la tecnología OTEC, su poca aplicabilidad en regiones donde la diferencia entre la temperatura oceánica superficial y la profunda no supera los 20°C. En el Mediterráneo, esta diferencia es de unos 10°C, lo que limita la

eficiencia. Esto puede solucionarse mediante uso de energía solar. El proyecto HydrOTEC tiene como objetivo avanzar en el estado del arte de tecnologías híbridas solares térmicas y OTEC en el Mediterráneo, mediante un ambicioso programa de investigación, con prueba de concepto y herramientas de diseño para facilitar la adopción de la tecnología. (Enerbasque, 2023)

País de referencia:

Japón destaca en este ámbito, principalmente por sus aportaciones en I + D de los sistemas OTEC, por la gran implicación de la Universidad de Saga en esta energía. También destaca EE. UU. con la construcción de la planta OTEC más importante hasta la fecha.

El biofísico D'Arsonval fue quien propuso el posible aprovechamiento de la energía maremotérmica, en 1981. De los estudios posteriores que se llevaron a cabo, destaca el del profesor Haruo Uehara, el cual en 1994 propuso el ciclo Uehara que permitía obtener mayor eficiencia térmica del ya existente ciclo de Kalina. Tras jubilarse de la Universidad de Saga, en 2005, fundó la Organización para la Promoción de la Conversión de Energía Térmica Oceánica. (Ocean Thermal Energy Association, 2020) (Xue et al., 2022)

La Universidad de Saga pondría a prueba el ciclo de Uehara en una central eléctrica de 4.5 KW. En 2013 Japón comenzó operaciones en la isla Kumejima en Okinawa en una planta OTEC con una potencia de 100 KW (Colin Tech Energías, 2024). Lo que permitió validar la viabilidad técnica de esta tecnología. Actualmente la universidad japonesa está colaborando con la Universiti Teknologi Malaysia para la construcción de la primera planta experimental de OTEC en Malasia (Graves, 2023).

Más tarde en EE. UU., en la isla de Hawái iniciarían operaciones en la planta OTEC más grande en la actualidad, construida por NELHA y la compañía Makai Ocean Engineering, siendo la primera conectada a una red eléctrica generando de 100 a 105 KW de electricidad neta. NELHA, es una agencia del estado de Hawái, que se encarga de administrar el Parque de Ciencia y Tecnología Oceánica de Hawái creado en 1974. En cuanto a Makai es una empresa

tecnológica de Hawái que ofrece servicios de ingeniería oceánica y software. (Makai, 2009) (NELHA, 2015) (Colin Tech Energías, 2024)

Como mejorarla:

Debido a que una de las principales condiciones para la implantación de mecanismos eficientes de esta energía limpia, es una diferencia de temperatura del agua de 20°C. Condición que no se da en nuestras costas, y que es propia de las zonas tropicales. La ingeniosa idea de emplear la energía solar para aumentar la temperatura superficial de los dispositivos OTEC es la solución para su implementación en Europa.

Dicho esto, el apoyo institucional a empresas como ENERBASQUE, que busca combinar la energía solar y la maremotérmica, será fundamental para el desarrollo de la energía maremotérmica. Además, esta empresa ubicada en el País Vasco nutre el ya importante entorno empresarial de energía marina del norte de España. Esto facilita alianzas entre las empresas existentes que pueden apoyarse mutuamente en el desarrollo de la energía marina.

Por otra parte, explotar las oportunidades extraordinarias que ofrecen las Islas Canarias por sus condiciones climáticas, al igual que se daba en la geotérmica, supone una ventaja que facilita la puesta a prueba y desarrollo de plantas OTEC, como ya se está sucediendo con el proyecto PLOCAN.

Por otra parte, un aspecto bastante importante a tener en cuenta es que si bien las energías renovables dependen mucho de condiciones geográficas y por tanto su desarrollo siempre está limitado a las condiciones de cada territorio. El desarrollo de los dispositivos es siempre posible mediante un compromiso con la investigación. España podría reforzar su liderazgo en la transición energética no solo implementando energía limpia si no también contribuyendo a desarrollar dispositivos novedosos que faciliten la integración de las energías renovables emergentes en el mix energético.

Dicho lo anterior, y según se puede observar en la *“Figura 2: Mapa gradiente térmico global para el aprovechamiento de la energía maremotérmica”*. existen zonas en las que esta energía tiene un potencial extraordinario. Este es el caso

de Guinea Ecuatorial, el cual tiene unos vínculos históricos importantes con España. El país africano fue durante décadas una provincia española más, con los mismos derechos administrativos que cualquier territorio peninsular, cabe destacar que es el único país de África donde el español es lengua oficial. Además, España es uno de sus principales socios económicos pese a la lejanía de los países. (Guineaecuatorialpress, 2022) (Roque, 2025)

Establecer proyectos en Guinea Ecuatorial, beneficiaría mucho al desarrollo económico del país, al igual que permitiría aportar un importante *know how* sobre la tecnología OTEC.

Energía biomasa

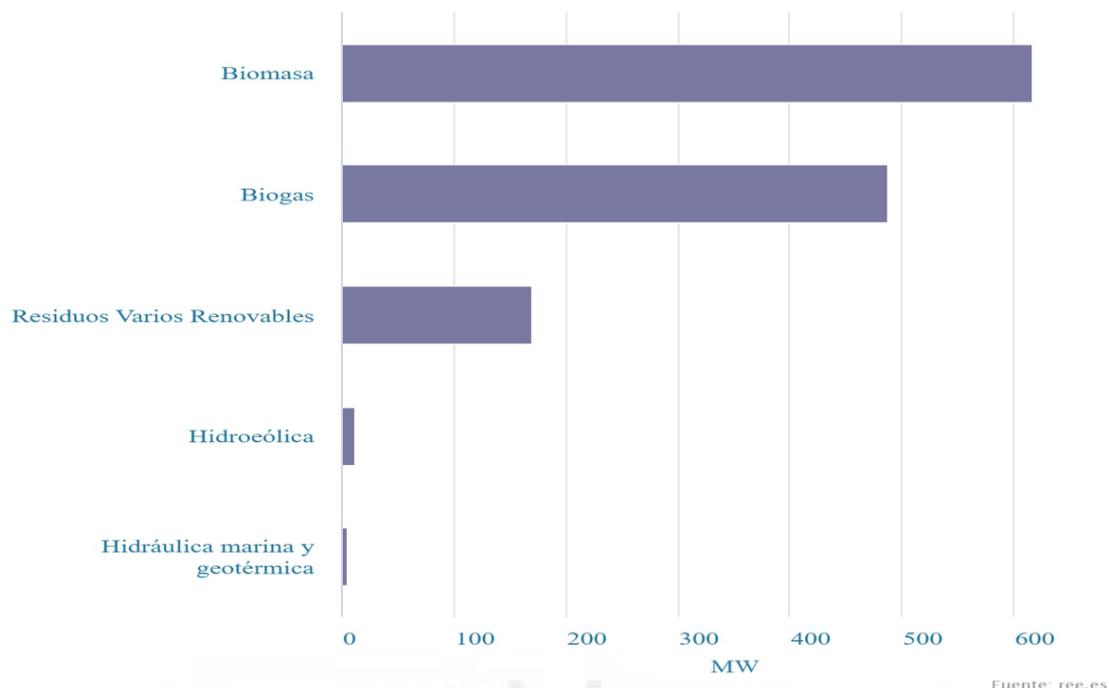
Situación Actual:

Red Eléctrica de España incluye a la biomasa en el conjunto “Resto de renovables”, energías de origen muy diverso donde la más destacada es la biomasa, seguida de su derivado el biogás. En este conjunto mencionado se distinguen cuatro bloques: Biomasa y biogás, residuos renovables y residuos sólidos urbanos, hidroeléctrica (central en isla de El Hierro) y la hidráulica marina. (Redeia, 2025d)

Entiendo que REE separa la biomasa y biogás de los residuos renovables y los urbanos por razones de clasificación energética y metodológica. Pero siguiendo con la propia definición de biomasa que he propuesto en su apartado, es decir, toda aquella materia de origen orgánico, vegetal o animal. Para la presentación de los datos voy a englobar como biomasa los dos bloques: Biomasa y biogás, residuos renovables y residuos sólidos urbanos.

Dicho lo anterior la potencia instalada de biomasa a finales de 2024, era de 1275 MW, lo que supone aproximadamente el 1% del total de la potencia de generación instalada en España (Redeia, 2025d). En este mismo periodo la biomasa generó aproximadamente 4000 GWh.

Gráfico 5: Potencia instalada de resto de renovables (Redeia) por tipo de combustible.



Fuente: (Redeia, 2025d)

Cabe destacar que la evolución del agregado de energías ha sido constante desde 2004 pasando de 491 MW a 1.291 MW de potencia en 2024. Con estancamiento claro en el año 2022. (Redeia, 2025d)

A nivel autonómico, **Andalucía** con 454 MW es claramente la región con más potencia instalada y representa el 35 % de toda la potencia instalada de este grupo de renovables. Le siguen, por este orden, Castilla-La Mancha con 111 MW y Castilla y León con 103 MW.

Figura 7: Potencia instalada de resto de renovables (Redeia) por CCAA.



Fuente: ree.es

Fuente: (Redeia, 2025d)

Existe una importante asociación que busca promover el desarrollo del sector de la bioenergía en España, AVEBIOM. Se constituyó en el año 2004, consiste en una unión de las principales empresas del sector que cubren toda la cadena de valor de la biomasa. (AVEBIOM, 2025)

En 2024, se han aprobado 55 millones de euros del PERTE (Proyectos Estratégicos para la Recuperación y Transformación Económica) de descarbonización para sustituir combustibles fósiles por biomasa en procesos productivos de seis industrias, incluyendo sectores como el alimentario, cementero y papero. Empresas como Mahou-San Miguel y Lactalis han

logrado reducir hasta un 90% sus emisiones directas de CO₂ mediante sistemas de biomasa. (AVEBIOM, 2024)

Por otra parte, las redes de calor y frío con biomasa han experimentado un crecimiento significativo, alcanzando 523 redes operativas en 2023, con una capacidad acumulada de 491,54 MW y más de 820.000 MWh de energía térmica entregada a los consumidores. (AVEBIOM, 2025)

Por otro lado, la organización de la Expobiomasa 2025 es un evento de referencia en el sector bioenergético en la Península Ibérica, donde se darán cita empresas, innovadores y profesionales para mostrar las últimas tecnologías y avances del sector. (AVEBIOM, 2025)

País de referencia:

Según el informe de IRENA: Estadísticas de Capacidad Renovable 2024. En el cual se presentan los datos sobre la capacidad de generación de energía renovable, incluida la biomasa desde 2014 hasta 2023. China lidera con una capacidad instalada de bioenergía significativa, de 31.255 MW., seguida por Brasil con 17.597 MW. En Europa destaca Alemania con 9.950 MW. (IRENA, 2024a)

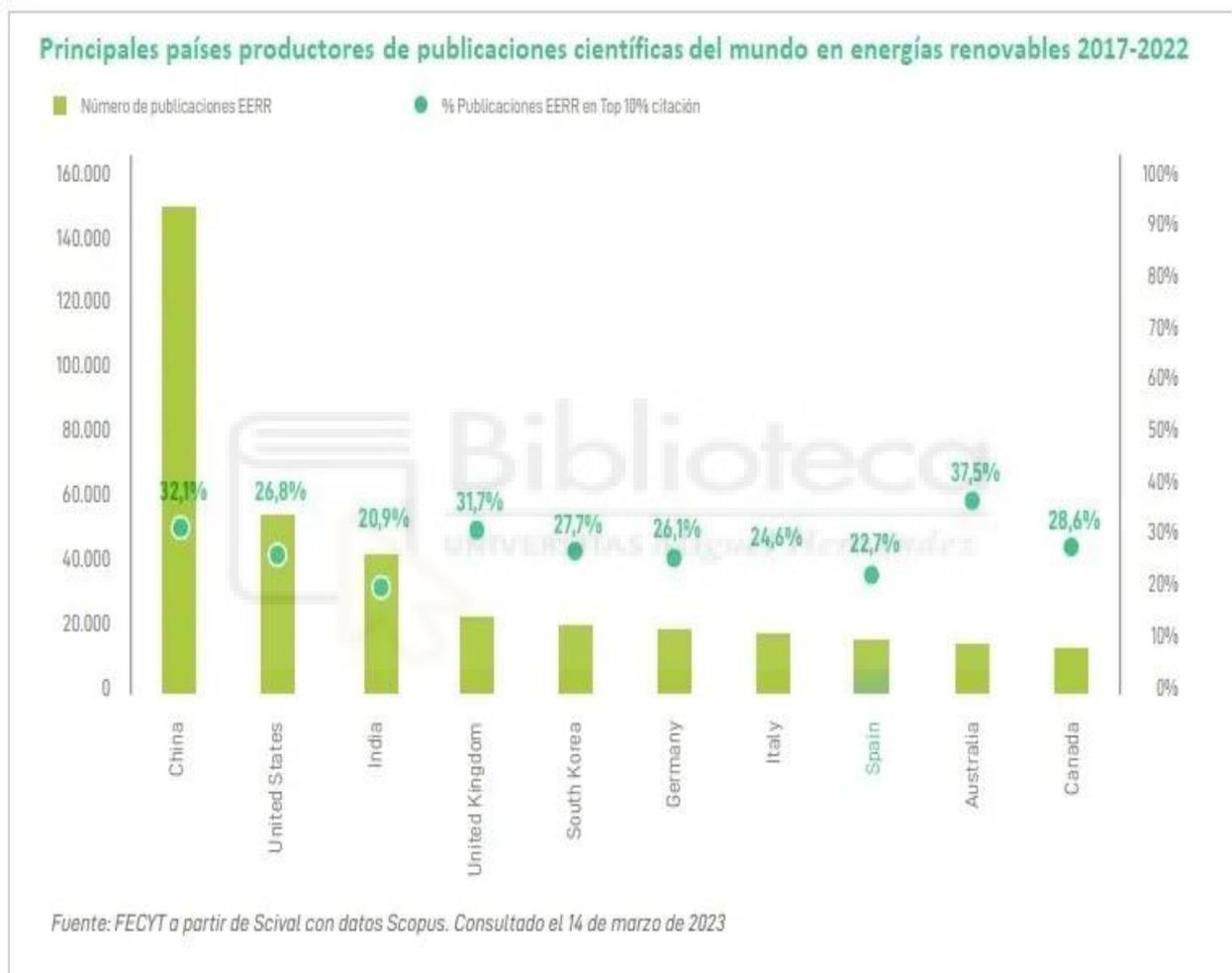
En 2014, EE. UU. contaba con la mayor capacidad instalada de esta energía con 14.420 MW y China con 6.653 MW. Mientras el país asiático ha aumentado su capacidad instalada en un 470%, el país norteamericano la ha disminuido a una potencia instalada a finales de 2023 de 10.990 MW. (IRENA, 2024a)

Esto evidencia el claro compromiso de China con las energías renovables. Este compromiso, y como ya se ha apuntado anteriormente en otras energías, junto con el vasto territorio permiten a China alcanzar estas cifras.

China junto con la India y Singapur, lideran las inversiones para reducir la dependencia de las exportaciones de petróleo en materia de biocombustibles, esto es gracias a la abundancia de caña de azúcar que permite producir etanol, convirtiéndolo en el principal biocombustible de Asia. (Tirone, 2024)

La voluntad de China de liderar la implementación de las energías renovables no solo se reduce a nivel estatal, sino que también se da el caso en el ámbito científico. Liderando de manera indiscutible la carrera científica global de las energías renovables, tanto en cantidad como en calidad de publicaciones. (Barrero F., 2023)

Gráfico 6: Principales países productores de publicaciones científicas en energías renovables.



Fuente: (Barrero F., 2023)

La grafica anterior es parte del informe “Energías Renovables: inquietudes sociales y nuevos desarrollos científico-tecnológicos (Serie Tendencias)”. Llevado a cabo por La Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT, Ministerio de Ciencia e Innovación).

En este informe destaca China en solitario como se puede observar en el gráfico como el país más productor en el mundo de publicaciones sobre energía renovable. Participando en el 32.8 % de la producción científica mundial sobre el tema. (Barrero F., 2023)

En este informe se han considerado como publicaciones de excelencia aquellas que pertenecen al 10% de las más citadas en el mundo. Teniendo en cuenta el gran número de publicaciones chinas, el 32.1% de estas son de excelencia, además siendo este de los porcentajes más altos en términos de excelencia. (Barrero F., 2023)

España es el octavo país del mundo en número de publicaciones, con 16.512 documentos sobre energías renovables y participa en el 3,6% de la producción científica mundial. Con el 23% de las publicaciones consideradas de excelencia. (Barrero F., 2023)

En definitiva, las grandes dimensiones de territorio y población junto con un compromiso estatal y científico hacen de China una superpotencia en términos de energía renovable, supone un gran ejemplo a tener en cuenta y un colaborador clave para que los países aceleren la transición energética a través de la implementación de la energía limpia en sus sistemas energéticos.

Como mejorarla:

La biomasa gracias a su gran versatilidad en términos de uso energético es un gran vector energético. Ya que se puede proporcionar energía térmica, biocarburantes y electricidad. Lo que la convierte en la energía autóctona más importante en Europa desde 2016. En el informe "Implementation of bioenergy in the European Union – 2024 update" de IEA Bioenergy, se muestra que la biomasa representó aproximadamente el 60% del consumo total de energías renovables en la UE en 2022. (Goyal, 2025) (Distrito Forestal, 2023)

Aunque en términos de uso térmico la biomasa en España es especialmente relevante ya que supone el 82% del calor renovable lo que cubre el 14% de las necesidades térmicas del país (Díaz, 2024). En términos de generación eléctrica y en general el aprovechamiento de la biomasa aún tiene mucho mayor potencial

que el actual. Como ya se ha apuntado la biomasa supone solo 1% de potencia instalada y 2.6% de la generación renovable.

Mientras que en Europa la media del aprovechamiento de la biomasa forestal está en torno al 60%, en España solo se aprovecha el 40% de la biomasa forestal existente. El aprovechamiento de la biomasa forestal no solo contribuye a la deforestación, sino que al mismo tiempo permite impulsar la economía rural y evitar incendios forestales. Además, el país ocupa el puesto 22 de 27 en cuanto a la proporción de energía eléctrica producida con biocombustibles sólidos. (Díaz, 2024)

Por otra parte, en el informe “Estudio de la capacidad de producción de biometano en España”, Llevado a cabo por la Asociación Española del Gas, se calcula que en España se pueden llegar a instalar más de 2.300 plantas que permitirían producir 163 TWh anuales, lo que sería suficiente para cubrir a el 43% de la demanda de gas natural equivalente a un 100% del consumo doméstico y un 48% del consumo industrial. (SEDIGAS, 2023)

Puesto que esto es una energía ya desarrollada en comparación con otras renovables emergentes como las marinas, el foco para la mejora de esta no es tanto a un nivel de investigación, aunque siempre hay margen para ello, sino más bien a un nivel de concienciación empresarial e institucional.

Es necesario definir un marco legal con incentivos específicos para la producción y el consumo de la biomasa que permita impulsar su uso. Además, considerar los biocombustibles como vectores claves para el remplazo de los combustibles fósiles en el transporte. Incluir al biogás yometano en objetivos de descarbonización (SEDIGAS, 2023). Por último, es necesario acortar los plazos de tramitación para proyectos vinculados con el uso de la biomasa.

Conclusiones.

Conclusión 1

Cuadro 3: Coste de la energía renovable por KWh.

Energía	USD/KWH
Eólica Terrestre	0.033
Solar Fotovoltaica	0.044
Hidroeléctrica	0.057
Geotérmica	0.071
Biomasa	0.072
Eólica Marina	0.075
Azul	0.083
Solar Concentrada	0.117
Mareomotriz	0.33
Undimotriz	0.425
OTEC Ciclo Abierto	0.425
OTEC Ciclo Cerrado	0.62

Fuente: Elaboración propia

La eólica terrestre, la solar fotovoltaica y la hidroeléctrica son claramente las energías renovables más rentables en términos de coste/rendimiento. Considero que su bajo coste explica el hecho de que sean las principales energías renovables en España. Al igual que el hecho de que la solar y la eólica hayan supuesto el 97% de todas las adiciones de energía renovable en 2024. Esto plantea que para cumplir con los ambiciosos objetivos europeos en materia climática es necesario centrar los esfuerzos en la investigación y el desarrollo de las energías renovables buscando reducir su coste, de manera que fomente su empleo en la economía.

También se puede deducir que la accesibilidad al recurso natural que genera la energía es un factor determinante. Como se puede observar en la tabla los mecanismos que emplean el sol y el viento como fuente de energía son mucho más rentables que los que emplean el mar. Aunque hay que tener en consideración que la energía marina en general está en una fase de desarrollo.

A nivel global la hidroeléctrica es la energía limpia que más electricidad genera. Principalmente se debe a que no requiere un mecanismo especializado como aerogeneradores o placas fotovoltaicas, ya que emplea turbinas y la energía cinética del agua para la generación de electricidad, lo que hace que sea más accesible para cualquier Estado.

Es sorprendente el bajo coste de la geotérmica y la energía azul. Aunque el coste de la geotérmica es en base a unas pocas plantas en funcionamiento debido a su implementación y en cuanto a la energía azul es el coste que estimo la empresa noruega Statkraft siendo la única planta que se puso en funcionamiento, desde entonces se han desarrollado muchos avances en esta energía. Plantean un gran potencial en términos de eficiencia, su bajo coste actual las posiciona como energías muy eficientes conforme se avance en su desarrollo, predeciblemente bajando mucho más coste con el tiempo, como han tendido a hacer todas las energías limpias a lo largo de los años.

Conclusión 2

En España la energía renovable generó el 56% de la electricidad total, destacando la eólica y la solar fotovoltaica, representando los pilares de la energía limpia en el territorio. Esto es un buen indicador, aunque aún existen muchos puntos de mejora.

La hidroeléctrica que es la energía limpia con mayor trayectoria, fue hasta 2009 la principal energía limpia en España. Sin embargo, desde 2012 solo se ha incrementado su potencia instalada en un 1%, lo que supone un dato alarmante, pues es de las energías más baratas. Además, no solo produce energía a un coste realmente competitivo, sino que tiene beneficiosas aplicaciones como su empleo para el regadío y el abastecimiento de agua a las comunidades. Y a mi parecer la más importante de sus aplicaciones más allá de la generación de energía, es su capacidad para servir como mecanismo de almacenamiento de energía. Supone en definitiva un gran potencial que estamos desaprovechando.

La geotérmica es una fuente que a diferencia de las energías renovables tradicionales (eólica y solar) genera energía de manera constante. Hay un claro apoyo institucional para su impulso. Las Islas Canarias ofrecen un terreno con una destacada actividad volcánica que indica el gran potencial que existe en estas islas para generar esta energía. Sin embargo, es en Cataluña donde actualmente más energía geotérmica se genera, y en Canarias su empleo es casi nulo. En 2023 se iniciaron proyectos en Canarias. A mi parecer es síntoma de años de falta de conciencia sobre el potencial de esta energía en la región, siendo una energía con trayectoria y no considerada como emergente. Plantea un error del que aprender para que no suceda con las energías marinas aún en fase emergente, los territorios insulares, como las Islas Baleares y Canarias, suponen una ventaja en términos de acceso al mar para aprovechar su potencial.

En relación con lo citado anteriormente, la empresa española Magallanes Renovables ha instalado el primer parque europeo de energía mareomotriz en Reino Unido. Mientras que a nivel nacional no hay ningún parque mareomotriz activo. Reino Unido destaca en la energía marina por sus esfuerzos en el desarrollo de la energía mareomotriz y undimotriz. Sin lugar a duda su mayor logro fue la creación del European Marine Energy Centre (EMEC), creado en 2003, lo que muestra una apuesta decidida para el desarrollo de energía marina. Para evitar la fuga de empresas como Magallanes es necesaria la inversión en infraestructura que permita el desarrollo de la energía mareomotriz.

Afortunadamente la energía undimotriz tiene ya cierto recorrido a nivel nacional. Destacando la central undimotriz de Mutriku, la primera planta comercial de esta energía en Europa y el centro de ensayos de energías marinas de Euskadi BiMEP. Además de varios proyectos desarrollándose como DesaLIFE en Canarias y empresas como AST Ingeniería que participa en uno de los proyectos más importantes del sector, WEDUSEA. Generan un entorno y una red de información valiosa para el desarrollo de esta energía. A su vez, el desarrollo de la energía de las olas debido a su similitud en la generación de energía y naturaleza con la mareomotriz permitirá desarrollar también esta segunda.

En cuanto a la energía azul u osmótica existe un proyecto en curso liderado por Sacyr, "Life HyReward", esto refuerza un marco de desarrollo de las tecnologías marinas en España, ya que es una energía aun en una fase muy temprana de

desarrollo, el hecho de que ya se haya planteado un proyecto es un indicador favorable.

El potencial de las Islas Canarias en geotérmica también se da en la maremotérmica. El proyecto PLOTEC busca validar un sistema OTEC, en la Plataforma Oceánica de Canarias (PLOCAN), que sea capaz de sobrevivir a condiciones ambientales extremas. Teniendo en cuenta que una de las principales barreras de las energías marinas, en general, es la dificultad para su mantenimiento dado que los dispositivos están instalados en el mar, sin lugar a duda este proyecto va a aportar un importante avance para la implementación de la OTEC. Este proyecto mencionado sumado al proyecto HydrOTEC, que busca eliminar otra barrera importante específica de la maremotérmica que es la diferencia de temperatura, cuyas condiciones necesarias se dan en aguas del trópico y por tanto no hacen factible en un principio su empleo en aguas mediterráneas, HydrOTEC plantea el uso de energía solar para aumentar la temperatura del agua superficial para poder generar energía con sistemas OTEC. Estos proyectos abren puertas al desarrollo de la energía maremotérmica a gran escala aportando más energía limpia al conjunto de las renovables.

Sin embargo, la biomasa es la energía renovable menos aprovechada en España. Con el empleo de la biomasa se consigue principalmente dos importantes ventajas energía limpia y reciclaje, factores cruciales para acelerar la transición energética. España tiene en términos de potencia instalada de Bioenergía una de las más bajas de Europa (IRENA, 2024b). Sin lugar a duda saber aprovechar los recursos de bioenergía reduciría mucho la dependencia de las energías contaminantes, especialmente en sectores como el transporte donde los combustibles fósiles están más asentados, los biocombustibles son una oportunidad para reemplazar totalmente los combustibles fósiles de la economía. Y hay que destacar que aún hay un importante margen para el uso de la biomasa que no se está aprovechando en España.

Conclusión 3

Cuadro 4: Países más avanzados en cada energía renovable.

Energía	País puntero
Eólica	China
Solar	China
Geotérmica	EE. UU.
Hidroeléctrica	China
Biomasa	China
Mareomotriz	Reino Unido
Undimotriz	Reino Unido
Maremotérmica	Japón y EE. UU.
Azul	Francia, Países Bajos y Japón.

Fuente: Elaboración propia.

China lidera sin lugar a duda la implementación de la energía limpia en su mix energético. Principalmente en las energías renovables maduras, y lo más destacable es que la diferencia entre China y los demás países, en términos de generación de energía renovable, es abismal.

Un dato curioso es que el país asiático no muestra interés en las energías emergentes, no destaca en ningún ámbito de las energías marinas, y tampoco lo hace en la geotérmica. Volviendo al “Cuadro 3: Coste de la energía renovable por kWh.” el país asiático se ha centrado en implementar las energías más baratas. La eólica, la solar, la hidroeléctrica y la biomasa, y aunque en el Cuadro 3 en el que se presentan los datos más recientes, la biomasa es más cara que la geotérmica por una milésima en términos de LCOE, ha sido un caso especial en 2024, puesto que la tendencia de todas las energías renovables ha sido reducir su coste nivelado con el paso de los años, y en 2023 la biomasa tenía un LCOE de 0.063/kWh. Dicho esto, considero que China en aras de potenciar su estrategia competitiva comercial, la de un liderazgo en costes, ha apostado por aquellas energías limpias que son más baratas que los combustibles fósiles que a la vez le van a permitir reducir su dependencia energética del exterior y reducir

en grandes cantidades las altas emisiones contaminantes que le han caracterizado.

En el caso de la eólica y solar no se reduce a un liderazgo en generación y potencia instalada, también a un liderazgo empresarial, las empresas Chinas son con diferencia las que más aerogeneradores, paneles solares y baterías de litio producen, otorgándole un control sobre la cadena de suministro de estos equipos. Y aún más importante una inversión temprana en tierras raras gracias a la cual actualmente produce el 80% de las reservas mundiales de estos elementos químicos claves para el desarrollo de la energía limpia ya que son la materia prima para fabricar los equipos eólicos y solares.

El caso de China no se reduce a su importante extensión territorial, ya que Rusia es más extensa aun y prácticamente no destaca en ninguna energía renovable, ni su importante PIB ya que EE. UU. tiene mayor tamaño de economía, pero aún así el país asiático produce mucha más energía limpia, ni a su enorme población, ya que por ejemplo India actualmente con más población que China no destaca en ninguna energía renovable. El éxito chino en la implementación de la energía limpia se explica por un férreo compromiso político que promueve la inversión y la investigación en este sector, junto con un importante respaldo científico, siendo el país, con diferencia, que más publicaciones científicas realiza sobre el tema. El gobierno chino ha hecho de la energía renovable el motor de su economía.

Esto plantea que la preocupación por la transición energética se debe manifestar en las urnas electorales, apoyando aquellos partidos más comprometidos con estas energías como condición clave para su implementación y desarrollo tanto en España como en Europa.

Conclusión 4

Para impulsar la energía renovable y consolidar a España como un referente en este sector clave tanto a nivel medioambiental como geopolítico. Considero los siguientes puntos de actuación:

La eólica y la solar están bien consolidadas en términos de generación de energía y potencia instalada. Sin embargo, no existen empresas nacionales fabricantes de paneles solares y aerogeneradores capaces de competir con las grandes de este sector en el mercado global. A nivel europeo, si las hay en el sector de los aerogeneradores, pero en fabricación de paneles solares el mercado está totalmente dominado por empresas chinas. A mi parecer esto debe principalmente a la falta de inversión en las tierras raras que son la materia prima de estas energías. Por lo que el primer paso que se debería plantear es el foco en la producción de estos minerales críticos.

El caso del almacenamiento de energía es principalmente el talón de Aquiles de las energías renovables en España. No hay una importante ni siquiera suficiente infraestructura para el almacenamiento de energía, lo cual es crucial para eólica y la solar al ser energías intermitentes y difíciles de controlar comparadas con los combustibles fósiles. Las baterías de litio, los principales dispositivos usados para el almacenamiento de la energía limpia son fabricadas en gran medida por empresas chinas. No hay ninguna empresa a nivel europeo dentro de las 10 más importantes en este mercado. Otro paso clave para el liderazgo de Europa y específicamente de España en la transición energética es fomentar el desarrollo de empresas en este ámbito e infraestructura para el almacenamiento de energía.

También es necesario una política de apoyo más directa al autoconsumo, especialmente en la solar fotovoltaica y que estas medidas sean conocidas por los particulares.

Además, en lo que concierne a la eólica y la solar mantener relaciones de cooperación con China es crucial.

La hidroeléctrica se está quedando atrás, y sigue teniendo un importante margen de mejora en España. Además, las centrales hidráulicas por bombeo funcionan también como dispositivos de almacenamiento de energía. Desde 2012 la potencia instalada de esta energía solo se ha aumentado en un 1%. Lo que supone un indicador preocupante y muestra de un menor interés por desarrollar esta energía. El sector público debería tomar la iniciativa en la construcción de nuevas centrales hidráulicas, sobre todo las reversibles o de bombeo.

La geotérmica que presenta la gran ventaja de ser una energía de ritmo constante y con potencial a nivel nacional. A mi parecer, las ayudas que se están planteando a nivel estatal para su impulso, en las que se apoyan a estudios de viabilidad es insuficiente y no aborda de manera directa su desarrollo. Considero que si estos estudios de viabilidad, teniendo en cuenta la dificultad técnica que supone esta energía y sus altos costes iniciales, son abordados por el propio Estado y una vez se cuente con estudios favorables incentivar a la inversión privada, facilitaría de manera más directa su desarrollo.

En cuanto a las energías marinas España tiene un gran potencial, principalmente en el noroeste peninsular, el estrecho de Gibraltar y los territorios insulares. La undimotriz impulsada sobre todo por el Ente Vasco de la Energía, puede funcionar como palanca para el impulso de la energía mareomotriz en la que España cuenta con una importante empresa: Magallanes Renovables. Sin embargo, falta un marco regulatorio específico para las energías marinas en general y específicamente para la undimotriz y la mareomotriz que establezca las bases para su desarrollo.

En definitiva, España tiene todas las de posicionarse como un referente en energía limpia tanto a nivel Europeo como global. Contribuyendo a sanar el daño que se está causando al planeta y reducir la dependencia exterior en materia de energía que en estos últimos años se ha convertido en un arma de guerra, lo cual es muy preocupante. Aún más si tenemos en cuenta que España es un importador neto de energía y que depende en gran medida de fuentes fósiles.

Por lo que la inversión en minerales críticos, la mejora de la infraestructura de almacenamiento de energía y un apoyo político más directo a la energía marina son los puntos clave a abordar para la prosperidad económica, medioambiental y social del país.

Mención especial al apagón del 28 de abril.

A raíz del apagón en la península ibérica el lunes 28 de abril de 2025, donde se produjo una interrupción generalizada del suministro eléctrico a las 12:33 horas. Se está planteando el uso de la energía renovable como una de las posibles causas de este suceso que supuso un corte de electricidad sin precedentes en la península.

Aunque desde el gobierno de España se ha señalado que no existe ninguna evidencia empírica, en estas fechas, que indiquen que el incidente fue causado por el uso de las renovables. (Gobierno De España, 2025)

La vinculación de las energías renovables con el apagón se debe principalmente al hecho de que la generación se lleva a cabo de forma intermitente y no constante (Gisbert, 2025). Pero como ya se ha señalado a lo largo de este TFG esto es una característica de la eólica y la solar y no de las energías renovables en general. Ya que energías como la biomasa, la geotérmica, la mareomotriz, la maremotérmica, la hidroeléctrica especialmente la reversible y la energía azul. Son energías renovables que se pueden producir de forma constante, por lo que no es correcto señalar al conjunto de las “energías renovables” como el problema.

El foco de la posible culpa del apagón se está relacionado con la solar, ya que, en las horas con más sol, especialmente sobre las 12h, se empiezan a generar grandes cantidades de energía y en cualquier momento puede darse una bajada en la producción solar, si disminuye la radiación solar. La red eléctrica debe mantener un equilibrio entre la oferta y la de demanda de electricidad, ya que una discordancia entre producción y consumo puede producir caídas en el sistema eléctrico.

La solar fotovoltaica en España gracias a las características climáticas de la península puede producir grandes cantidades de energía limpia y a unos precios muy bajos. Llegando incluso a producir a coste 0 y en algunos casos a un coste negativo. Lo que puede perjudicar a las grandes empresas del sector.

Cuando la solar fotovoltaica comienza a producir demasiada electricidad, una de las formas que tiene REE para evitar desequilibrios en el sistema nacional es la

exportación de esta energía a un precio muy barato a Francia. Lo que supone una dependencia con este país, ya que, si se corta la conexión con Francia, toda esa energía puede producir picos muy altos de generación que causan sobretensión en el sistema eléctrico. Y ya se ha confirmado que hubo un corte de conexión con el país vecino. (Gisbert, 2025)

Dicho lo anterior, el apagón del 28 de abril podría haberse causado por un aumento drástico en la producción eléctrica en torno a las 12h, momento en el que la solar fotovoltaica presenta una gran actividad en términos de generación de energía. La desconexión con la red eléctrica de Francia impide la posibilidad de exportar el excedente de energía, desequilibrando y generando sobretensión en el sistema eléctrico y con ello una caída de la red eléctrica.

Como se ha explicado a lo largo de este TFG, el problema radica en la **falta de infraestructura para el almacenamiento de energía**. Al no contar con una capacidad suficiente de almacenamiento de energía, se desperdician miles MW de electricidad barata, se genera dependencia del exterior para que reciba esta energía, vulnera el sistema eléctrico nacional y obstaculiza el desarrollo de las renovables. Lo que supone un problema y uno de los principales factores a mejorar en el sistema energético español.

Referencias.

Acciona. (2019). *10 curiosidades sobre la energía eólica*. <https://www.sostenibilidad.com/energias-renovables/10-curiosidades-sobre-la-energia-eolica/>

Acosta, S. (2022, mayo 24). *Endesa pone en servicio su mayor parque eólico en España*. [eEconomista.es. https://www.economista.es/energia/noticias/11783318/05/22/Endesa-pone-en-servicio-su-mayor-parque-eolico-de-Espana.html](https://www.economista.es/energia/noticias/11783318/05/22/Endesa-pone-en-servicio-su-mayor-parque-eolico-de-Espana.html)

AEE. (2025). *La eólica y sus ventajas*. *Asociación Empresarial Eólica*. <https://aeeolica.org/sobre-la-eolica/la-eolica-y-sus-ventajas/>

Ardila, O. L. (2025, enero 21). *Los 10 países líderes en energía geotérmica en 2024 según ThinkGeoEnergy – Capacidad instalada | PiensaGeotermia— Noticias de energía geotérmica*. <https://www.piensageotermia.com/los-10-paises-lideres-en-energia-geotermica-en-2024-segun-thinkgeoenergy-capacidad-instalada/>

Armesto, Garcia-Jalón, A. (2017). *El mercado de Energía Eólica en China*. <chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://aeeolica.org/wp-content/uploads/2018/07/El-mercado-de-energa-elica-en-China.pdf>

AST Ingeniería. (2024, septiembre 9). *WEDUSEA - Proyecto innovador de energía undimotriz recibe luz verde de la UE — AST Ingeniería*. <http://www.ast-ingenieria.com/innovative-wave-energy-project-receives-green-light-from-eu/>

AVEBIOM. (2024, diciembre 18). *La bioenergía en España durante 2024*. AVEBIOM. <http://www.avebiom.org/biomasanews/avebiom/la-bioenergia-en-espana-durante-2024>

AVEBIOM. (2025). *Asociación Española de la Biomasa | AVEBIOM*. <https://www.avebiom.org/>

Banco Mundial. (2017, diciembre 1). *Energía geotérmica*. World Bank. <https://www.bancomundial.org/es/results/2017/12/01/geothermal>

Barrero F., A. (2023, mayo 15). *China, Top 1 del mundo en «producción científica sobre energías renovables»*. Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias.; China, Top 1 del mundo en «producción científica sobre energías renovables». <https://www.energias-renovables.com/panorama/china-top-1-del-mundo-en-produccion-20230515>

Barrero F., A. (2025, marzo 21). *China arrasa también en eólica*. Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias.; China arrasa también en eólica. <https://www.energias-renovables.com/eolica/china-arrasa-tambi-n-en-e-lica-20250321>

BBC. (2015, junio 10). *Blue energy: How mixing water can create electricity*. <https://www.bbc.com/future/article/20150610-blue-energy-how-mixing-water-can-create-electricity>

BBVA. (2025, marzo). *Así funciona una central mareomotriz y genera energía*. BBVA NOTICIAS. <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/asi-funciona-una-central-mareomotriz-y-genera-energia/>

BiMEP. (2025, marzo). *BiMEP – Biscay Marine Energy Platform*. <https://www.bimep.com/>

BIOPLAT (Director). (2014, marzo 6). *Biomasa—La energía de la naturaleza (BIOPLAT)* [Video recording]. https://www.youtube.com/watch?v=s6OjgzC8lBQ&ab_channel=BIOPLAT

BOE. (2021, mayo). *BOE-A-2021-8447 Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética*. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2021-8447>

BRETAGNE OCEAN POWER. (2024, noviembre). *[Europe] L'Europe soutient le déploiement de 2 projets hydroliens majeurs et autres nouvelles européennes— Bretagne Ocean Power*. https://bretagneoceanpower.fr/europe-leurope-soutient-le-deploiement-de-2-projets-hydroliens-majeurs-et-autres-nouvelles-europeennes/?utm_source=chatgpt.com

Burgos, F. (2021, agosto 17). *Los 30 países más grandes de Europa*. okdiario.com. <https://okdiario.com/lista/30-paises-mas-grandes-europa-4724379>

Cadena SER. (2025, febrero 27). *El autoconsumo fotovoltaico: Una tecnología que ahorra dinero, emisiones e impuestos.* Cadena SER. <https://cadenaser.com/andalucia/2025/02/27/el-autoconsumo-fotovoltaico-una-tecnologia-que-ahorra-dinero-emisiones-e-impuestos-ser-malaga/>

Centro de Investigación en Recursos Energéticos y Sustentables. (2025, marzo 13). *¿Que es la Energía Eólica? – Centro de Investigación en Recursos Energéticos y Sustentables.* <https://www.uv.mx/coatza/cires/main/keeseolica/>

Chestney, N. (2024, abril 10). Chinese wind turbine makers involvement in EU projects. *Reuters.* <https://www.reuters.com/business/energy/chinese-wind-turbine-makers-involvement-eu-projects-2024-04-10/>

Colaluca, L. (2025, febrero 6). *Alemania 2025: Entre la fiebre del PPA y la urgencia por más almacenamiento - Energía Estratégica España - Noticias sobre energías renovables del mercado ibérico.* <https://energiaestrategica.es/alemania-2025-ppa-almacenamiento/>

Colin Tech Energías. (2024, octubre 7). *¿Qué es la Energía Térmica Oceánica (OTEC)?* Colin Tech. <https://www.colin-tech.com.mx/que-es-la-energia-termica-oceanica-otec/>

Cuartas, J. (2024, septiembre 13). *Así será el mayor dispositivo del mundo para generar energía con olas: Una turbina «made in» Asturias que se instalará en Escocia.* La Nueva España. <https://www.lne.es/asturias-exterior/2024/09/13/sera-mayor-dispositivo-mundo-generar-108071941.html>

Dean, C. (2013, enero). *Salt Power: Norway Project Gives Osmotic Energy a Shake.* Science. <https://www.nationalgeographic.com/science/article/130107-osmotic-energy-norway>

Díaz, J. (2024, enero 4). *La bioenergía se hace más grande en 2023 con el despegue definitivo del biometano.* Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias.; La bioenergía se hace más grande en 2023 con el despegue definitivo del biometano. <https://www.energias-renovables.com/bioenergia/la-bioenergia-se-hace-mas-grande-en-20231219>

Distrito Forestal. (2023). *Distrito Forestal—Ordenación de montes.* <https://distritoforestal.es/ciencia-y-tecnica/ordenacion-de-montes>

El Mundo. (2024, enero). *Los 10 países más grandes del mundo | Cómo.* <https://www.elmundo.es/como/2022/05/17/62835cc821efa0de4a8b45a8.html>

EMEC. (2022, octubre). *Press release: New report highlights promising tidal energy cost reduction pathway: EMEC: European Marine Energy Centre.* <https://www.emec.org.uk/press-release-new-report-tidal-energy-cost-reduction-pathway/>

Enel Group. (2024, julio 18). *Energía hidroeléctrica: Una fuente renovable mundial.* <https://www.enel.com/es/nuestra-compania/historias/articulos/2024/07/energia-hidroelectrica-fuente-renovable-mundial>

EnelGreenPower. (2024a, marzo 25). *La energía geotérmica.* <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-geotermica>

EnelGreenPower. (2024b, mayo). *Energía procedente de biomasa.* <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energia-biomasa>

Enerbasque. (2016, enero). *Empresa. Enerbasque.* <https://enerbasque.com/empresa/>

Enerbasque. (2023, diciembre). *Proyecto HydrOTEC. Enerbasque.* <https://enerbasque.com/proyectos-europeos/proyecto-hydrotec/>

Ente Vasco de la Energía. (2020, febrero). *La planta de energía de las olas de Mutriku bate un nuevo record de producción al generar 2 GWh—EVE.* <https://www.eve.eus/Jornadas-y-Noticias/Noticias/La-planta-de-energia-de-las-olas-de-Mutriku-bate?lang=es-es>

Esteller, R. (2025, febrero 4). *España desata una fiebre renovable con 26.159 MW autorizados en 2024.* [elEconomista.es. https://www.economista.es/energia/noticias/13203479/02/25/espana-desata-una-fiebre-renovable-con-26159-mw-autorizados-en-2024.html](https://www.economista.es/energia/noticias/13203479/02/25/espana-desata-una-fiebre-renovable-con-26159-mw-autorizados-en-2024.html)

Freire, N. (2024, junio 15). *Energía mareomotriz, o cómo aprovechar el potencial ilimitado del mar.* National Geographic España.

https://www.nationalgeographic.com.es/medio-ambiente/energia-mareomotriz-potencial-ilimitado-mar_22476

Geotermiaonline. (2022, febrero). *España alcanza los 293 MW de potencia geotérmica instalada* • Geotermia. <https://geotermiaonline.com/12793/espana-alcanza-los-293-mw-de-potencia-geotermica-instalada/>

Geotermiaonline. (2024). *Preguntas sobre geotermia* • Geotermia. <https://geotermiaonline.com/ventajas-de-la-geotermia/>

Gisbert, R. (Director). (2025, abril 30). *¿QUÉ ESCONDE el ATAQUE a las RENOVABLES tras EL APAGÓN?* [Video recording]. <https://www.youtube.com/watch?v=rKKQI-QBBGw>

Gobierno De España. (2021). *Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR)*. https://www.lamoncloa.gob.es/temas/fondos-recuperacion/Documents/30042021-Plan_Recuperacion_%20Transformacion_%20Resiliencia.pdf

Gobierno De España. (2024, octubre). *Conoce las ayudas del programa de energías renovables innovadoras | Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia* Gobierno de España. <https://planderecuperacion.gob.es/noticias/conoce-ayudas-programa-energias-renovables-innovadoras-plan-de-recuperacion-prtr>

Gobierno De España. (2025, mayo 7). *Pedro Sánchez, sobre las causas de la crisis eléctrica: «Se harán públicas con transparencia absoluta pero el proceso llevará tiempo»*. <https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/paginas/2025/070525-sanchez-comparecencia-congreso.aspx>

Goyal, K. (2025, febrero 6). *Implementing Bioenergy in EU: 2024 Update - REGlobal - Knowledge Centre*. REGlobal. <https://reglobal.org/implementing-bioenergy-in-eu-2024-update/>

Graves, A. (2023, octubre 23). *Six countries with active policies on OTEC- Global OTEC*. <https://globalotec.co/six-countries-with-active-policies-on-ocean-thermal-energy-conversion-otec/>, <https://globalotec.co/six-countries-with-active-policies-on-ocean-thermal-energy-conversion-otec/>

Guineaecuatorialpress. (2022, noviembre). *INEGE presenta las estadísticas del comercio exterior*. Guinea Ecuatorial. https://www.guineaecuatorialpress.com/noticias/inege_presenta_las_estadisticas_del_comercio_exterior

Guo, C., Sheng, W., De Silva, D. G., & Aggidis, G. (2023). A Review of the Levelized Cost of Wave Energy Based on a Techno-Economic Model. *Energies*, 16(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/en16052144>

Hernando, C. (2025, febrero 2). *El mapa de la geopolítica del mar de China—Mapas de El Orden Mundial—EOM*. El Orden Mundial - EOM. <https://elordenmundial.com/mapas-y-graficos/mapa-geopolitica-mar-china/>

IBERDROLA. (2020a, febrero). *Funcionamiento energía solar fotovoltaica—Iberdrola*. <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/que-es-energia-fotovoltaica>

IBERDROLA. (2020b, febrero 15). *Energía geotérmica*. Iberdrola. <https://www.iberdrola.com/conocenos/nuestra-empresa/energias-renovables/energia-geotermica>

IBERDROLA. (2022, octubre). *Energía Eólica: Qué es, cómo funciona y sus ventajas—Iberdrola*. <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/energia-eolica>

IBERDROLA. (2023a, julio 29). *La energía hidroeléctrica*. <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-hidroelectrica>

IBERDROLA. (2023b, noviembre). *Beneficios y desafíos de implementar la energía undimotriz*. Iberdrola. <https://www.iberdrola.es/-/que-es-energia-undimotriz>

IBERDROLA. (2024, febrero). *Almacenamiento de energía en España*. Iberdrola España. <https://www.iberdrolaespana.com/sostenibilidad/almacenamiento-energia>

IDAE. (2023, abril). *Programa GEOTERMIA PROFUNDA | Idae*. https://www.idae.es/index.php/ayudas-y-financiacion/programa-geotermia-profunda?utm_source=chatgpt.com

IHA. (2024). *Panorama mundial de la energía hidroeléctrica*.
<https://www.hydropower.org/publications/2024-world-hydropower-outlook>

Industryinsights.eu. (2023, mayo 29). *Lista de 3 fabricantes de módulos solares de Europa* – *Industryinsights.eu*.
<https://www.industryinsights.eu/es/2023/05/29/lista-de-3-fabricantes-de-modulos-solares-de-europa/>

Institution of Civil Engineers (ICE). (2018, junio). *European Marine Energy Centre (EMEC): Powering the Future*. Institution of Civil Engineers (ICE).
<https://www.ice.org.uk/what-is-civil-engineering/infrastructure-projects/european-marine-energy-centre-emec>

Instituto Tecnológico de Canarias. (2024, agosto). *Instituto Tecnológico de Canarias—El proyecto DESALIFE producirá agua dulce y sostenible utilizando la energía de las olas en Gran Canaria*.
<https://www.itccanarias.org/web/es/actualidad/noticias/el-proyecto-desalife-producira-agua-dulce-y-sostenible-utilizando-la-energia-de-las-olas-en-gran-canaria>

Iraegui, J., & Ramos, J. (2004). *Gestió local de l'energia—Fundació Carles Pi i Sunyer*.
<https://pisunyer.org/la-fundacio/publicacions/gestio-local-en-medi-ambient/2-gestio-local-de-lenergia>

IRENA. (2020). *LAS ENERGÍAS RENOVABLES MARINAS IMPULSAN LA ECONOMÍA AZUL*.
https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Dec/IRENA_Offshore_Renewables_2020_ES.pdf?la=en&hash=22E6CC605C56350E77258008CCA4CC95ABC9F64F

IRENA. (2024a). *ESTADÍSTICAS DE CAPACIDAD RENOVABLE 2024*.
https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Mar/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2024.pdf

IRENA. (2024b). *RENEWABLE POWER GENERATION COSTS IN 2023*.
<https://www.irena.org/>

/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Sep/IRENA_Renewable_power_generation_costs_in_2023_executive_summary.pdf

IRENA. (2025, marzo 26). *Record-Breaking Annual Growth in Renewable Power Capacity*. https://www-irena-org.translate.google.com/News/pressreleases/2025/Mar/Record-Breaking-Annual-Growth-in-Renewable-Power-Capacity?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge

Juanes González, J. M. (2007). *El potencial energético útil, de las corrientes marinas en el estrecho de Gibraltar* (east=-5.687873599999989; north=35.99823980000001; name=Estrecho de Gibraltar) [Phd, E.T.S.I. Navales (UPM)]. https://oa.upm.es/1076/?utm_source=chatgpt.com

Kamada power. (2025, febrero). *Los 10 principales fabricantes de baterías de iones de litio*. <https://www.kmdpower.com/es/news/top-10-lithium-ion-battery-manufacturers/>

Khalaf, R. (2025, enero 12). China is winning the race for green supremacy. *Financial Times*. <https://www.ft.com/content/d3650b44-0313-44c9-a7aa-495549b158b5>

Loustau, Josefina. (2024, marzo 19). *Inician la construcción del prototipo Conversión de Energía Térmica Oceánica (OTEC) que se probará en PLOCAN*. PLOCAN. <https://plocan.eu/inician-la-construccion-del-prototipo-conversion-de-energia-termica-oceanica-otec-que-se-probara-en-plocan>

Magallanes Renovables. (2024, febrero). La historia detrás de Magallanes. *Magallanes Renovables*. <https://www.magallanesrenovables.com/es/historia/>

Makai. (2009). *Makai Home*. <https://www.makai.com/>

Marinero, I. (2024a, marzo 31). *Así será la mayor central de energía mareomotriz del mundo: Proporcionará luz barata a un millón de hogares*. El Español. https://www.elespanol.com/omicron/tecnologia/20240331/mayor-central-energia-mareomotriz-mundo-proporcionara-luz-barata-millon-hogares/841415971_0.html

Marinero, I. (2024b, junio 15). *El invento que aprovecha la desembocadura de los ríos para dar luz barata a ciudades del tamaño de Barcelona*. El Español. https://www.elespanol.com/omicrono/tecnologia/20240615/invento-aprovecha-desembocadura-rios-dar-luz-barata-ciudades-tamano-barcelona/860913974_0.html

Marinero, I. (2024c, octubre 13). *La turbina mareomotriz más grande del mundo funciona: Así dará luz barata a 2.000 hogares gracias a las mareas*. El Español. https://www.elespanol.com/omicrono/tecnologia/20241013/turbina-mareomotriz-grande-mundo-funciona-dara-luz-barata-hogares-gracias-mareas/889911468_0.html

Marinero, I. (2025, marzo 24). *Ni aerogeneradores ni placas solares: El futuro de la energía renovable son las turbinas que aprovechan las mareas*. El Español. https://www.elespanol.com/omicrono/tecnologia/20250324/aerogeneradores-placas-solares-futuro-energia-renovable-turbinas-aprovechan-mareas/928657386_0.html

Masenergy. (2024, diciembre 17). *Los 10 Beneficios Clave de la Energía Solar en 2025—Mas Energy*. <https://masenergy.es/2024/12/17/los-10-beneficios-clave-de-la-energia-solar-en-2025/>

Microsoft. (2024, septiembre 10). *¿Qué es la energía geotérmica? | Sostenibilidad de Microsoft*. <https://www.microsoft.com/es-es/sustainability/learning-center/what-is-geothermal-energy>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2018, octubre). *Biomasa*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/exposiciones-del-ceneam/exposiciones-itinerantes/biomasa.html>

MITECO. (2019). *La Estrategia de Transición Justa*. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/ministerio/planes-estrategias/transicion-justa/Estrategia_Transicion_Justa_Def.PDF

MITECO. (2020a). *Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo*. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/planes-y-estrategias/ELP_2050.pdf

MITECO. (2020b). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030*,. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/pnacc-2021-2030_tcm30-512163.pdf

MITECO. (2021a). *Hoja de Ruta del Autoconsumo*. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/ministerio/planes-estrategias/hoja-ruta-autoconsumo/hojaderutaautoconsumo_tcm30-534411.pdf

MITECO. (2021b, diciembre). *Hoja de Ruta para el desarrollo de la Eólica Marina y de las Energías del Mar*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/ministerio/planes-estrategias/desarrollo-eolica-marina-energias/eshreolicamarina-pdfaccesiblev5_tcm30-534163.pdf

MITECO. (2022a). *Hoja de Ruta del Hidrógeno*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. <https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/hidrogeno.html>

MITECO. (2022b). *Hoja de Ruta para la gestión sostenible de las Materias Primas Minerales*. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/ministerio/planes-estrategias/materias-primas-minerales/hr-materias-primas-minerales_23-8-22_web_tcm30-544770.pdf

MITECO. (2022c). *Planificación de la red de transporte de energía eléctrica Horizonte 2026*. https://www6.serviciosmin.gob.es/Aplicaciones/Planificacion/PLAN_DESARROLLO_RdT_H2026_COMPLETO.pdf

MITECO. (2022d, octubre). *Plan + Seguridad Energética*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. <https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/seguridad-energetica.html>

MITECO. (2022e, noviembre). *Marco estratégico de Energía y Clima*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. <https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/marco-estrategico-energia-clima.html>

MITECO. (2024a). *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima ACTUALIZACIÓN 2023-2030*. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/energia/files-1/pniec-2023-2030/PNIEC_2024_240924.pdf

MITECO. (2024b, julio). *El MITECO publica las bases reguladoras de ayudas a proyectos innovadores de energías renovables, almacenamiento y bomba de calor*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/2024/julio/el-miteco-publica-las-bases-reguladoras-de-ayudas-a-proyectos-in.html>

Mosquera, P. (2020, diciembre 17). *Los dispositivos que aprovechan mareas y olas pueden ser competitivos esta misma década*. Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias.; Los dispositivos que aprovechan mareas y olas pueden ser competitivos esta misma década. https://www.energias-renovables.com/energias_del_mar/los-dispositivos-que-aprovechan-mareas-y-olas-20201217

NELHA. (2015). *Powered by the Natural Energy Laboratory of Hawaii Authority*. <https://nelha.hawaii.gov>

Ocean Thermal Energy Association. (2020). *Annual Uehara Prize – Ocean Thermal Energy Association*. <http://www.ocean-thermal.org/otec-symposia/uehara-prize/>

O'MALLEY, I. (2025, enero 28). *China built out record amount of wind and solar power in 2024*. AP News. <https://apnews.com/article/wind-solar-energy-china-climate-carbon-emissions-b337503abfacfd9b7829fd7bbcd507e9>

Otero, A. (2024, septiembre 22). *El gráfico de los países con más energía eólica instalada en el mundo: España sale bastante bien parada*. Xataka. <https://www.xataka.com/energia/grafico-paises-energia-eolica-instalada-mundo-espana-sale-bastante-bien-parada>

PARQUE EÓLICO TICO, S.L. (2018). *ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARQUE EÓLICO “TICO” Y SU INFRAESTRUCTURA DE EVACUACIÓN*. chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgicclefindmkaj/https://www.eib.org/attachments/register/167950857.pdf

Pascual, C. A. (2023, enero 17). *Por qué Alemania triplica la potencia solar instalada de España*. Newtral. <https://www.newtral.es/potencia-solar-instalada-espana-alemania/20230117/>

PLOCAN. (2022, noviembre 26). *PLOCAN lidera un consorcio para el diseño, construcción y demostración de un sistema de Conversión de Energía Térmica Oceánica*. PLOCAN. <https://plocan.eu/plocan-lidera-un-consorcio-para-el-diseno-construccion-y-demostracion-de-un-sistema-de-conversion-de-energia-termica-oceanica>

PLOTEC. (2024). *WHITE PAPER OTEC*. <https://www.wavec.org/contents/innovationreportslist/white-paper-on-otec.pdf>

Port Adriano. (2022, abril). *Port Adriano tendrá la primera planta de generación eléctrica de España a partir de olas de mar*. Port Adriano. <https://www.portadriano.com/blog/port-adriano-tendra-la-primera-planta-de-generacion-electrica-de-espana-a-partir-de-olas-de-mar/>

Prieto, M. (2025, marzo 19). *La Unión Europea lanza proyecto renovable que tiene com eje a la energía mareomotriz por Martin Prieto Greenpeace – energiasdelfuturohoy.com | Martin Prieto Greenpeace*. <https://energiasdelfuturohoy.com/la-union-europea-lanza-proyecto-renovable-que-tiene-com-eje-a-la-energia-mareomotriz-por-martin-prieto-greenpeace/>

Redeia. (2024a, noviembre). *España supera su máximo en producción renovable anual y en 2024 ya genera más que en 2023*. Red Eléctrica. <https://www.ree.es/es/sala-de-prensa/actualidad/2024/11/espana-supera-su-maximo-en-produccion-renovable-anual-y-en-2024-ya-genera-mas-2023>

Redeia. (2024b, diciembre). *Las energías renovables generan el 56% del ‘mix’ eléctrico español en 2024*. Red Eléctrica. <https://www.ree.es/es/sala-de>

prensa/actualidad/nota-de-prensa/2024/12/las-energias-renovables-generan-el-56-del-mix-electrico-espanol-2024

Redeia. (2025a, enero). *Generación no renovable de energía eléctrica | Informes del sistema*. <https://www.sistemaelectrico-ree.es/informe-del-sistema-electrico/generacion/generacion-de-energia-electrica/generacion-no-renovable-de-energia-electrica>

Redeia. (2025b, enero). *Potencia instalada | Informes del sistema*. <https://www.sistemaelectrico-ree.es/informe-del-sistema-electrico/potencia-instalada>

Redeia. (2025c, enero). *Potencia instalada (Agua) | Informes del sistema*. <https://www.sistemaelectrico-ree.es/informe-de-energias-renovables/agua/potencia-instalada-agua>

Redeia. (2025d, enero). *Potencia instalada (Tierra y mar) | Informes del sistema*. <https://www.sistemaelectrico-ree.es/informe-de-energias-renovables/tierra-y-mar/potencia-instalada-tierra-y-mar>

Redeia. (2025e, enero). *Potencia instalada (Viento) | Informes del sistema*. <https://www.sistemaelectrico-ree.es/informe-de-energias-renovables/viento/potencia-instalada-viento>

Redeia. (2025f, enero). *Solar fotovoltaica (Sol)(Potencia) | Informes del sistema*. <https://www.sistemaelectrico-ree.es/informe-de-energias-renovables/sol/potencia-instalada/solar-fotovoltaica-solpotencia>

Redeia. (2025g, enero). *Solar térmica (Sol)(Potencia) | Informes del sistema*. <https://www.sistemaelectrico-ree.es/informe-de-energias-renovables/sol/potencia-instalada/solar-termica-solpotencia>

Redeia. (2025h, marzo). *Estructura renovables*. Red Eléctrica. <https://www.ree.es/es/datos/generacion/estructura-renovables>

Redeia. (2025i, marzo). *La producción renovable crece en España un 10,3% en 2024 y alcanza sus mayores registros*. Red Eléctrica. <https://www.ree.es/es/sala-de-prensa/actualidad/nota-de-prensa/2025/03/la-produccion-renovable-crece-en-Espana-un-10-3-por-ciento-2024-alcanza-mayores-registros>

Redeia. (2025j, abril). *Potencia instalada*. Red Eléctrica. <https://www.ree.es/es/datos/generacion/potencia-instalada>

Remtavares. (2013, julio 1). *La energía maremotérmica—El Agua*. <https://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2013/07/01/131927>

Renewable Energy Magazine. (2011, febrero 18). *El Andívalo se consolida como el mayor parque eólico de la Europa continental*. Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias.; El Andívalo se consolida como el mayor parque eólico de la Europa continental. <https://www.energias-renovables.com/eolica/el-andevalo-se-consolida-como-el-mayor>

Renewable Energy Magazine. (2024a, enero 15). *Este es el Top 20 de los fabricantes de módulos solares fotovoltaicos*. Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias.; Este es el Top 20 de los fabricantes de módulos solares fotovoltaicos. <https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/este-es-el-top-20-de-los-20240115>

Renewable Energy Magazine. (2024b, agosto 22). *Este es el Top 10 Global de las naciones con más energía solar instalada*. Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias.; Este es el Top 10 Global de las naciones con más energía solar instalada. <https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/este-es-el-top-10-global-de-20240822>

Renewable Energy Magazine. (2024c, noviembre 13). *El instituto alemán Fraunhofer probará un nuevo sistema de almacenamiento en aguas de California*. Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias.; El instituto alemán Fraunhofer probará un nuevo sistema de almacenamiento en aguas de California. <https://www.energias-renovables.com/almacenamiento/el-instituto-aleman-fraunhofer-probara-un-nuevo-20241113>

Renovables.blog. (2025, febrero 22). *Which countries are leading the development of wave energy? • Renewables*. <https://renovables.blog/en/wave-energy/Which-countries-are-leading-the-development-of-wave-energy%3F/>

REPSOL. (2020, enero). *Energía solar: Qué es, características y ventajas principales*. REPSOL. <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/energia-solar/index.cshtml>

REPSOL. (2022a, octubre). *Energía undimotriz: Qué es y cómo nos puede ayudar*. REPSOL. <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/energia-undimotriz/index.cshtml>

REPSOL. (2022b, octubre). *Minerales críticos, recursos esenciales para una transición energética más sostenible*. REPSOL. <https://openroom.fundacionrepsol.com/content/openroom/master/es/contenidos/minerales-criticos-relacion-transicion-energetica.html>

REPSOL. (2023, octubre 29). *Centrales hidráulicas: Qué son, cómo funcionan y sus 4 tipos*. REPSOL. <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/central-hidraulica/index.cshtml>

Ribón del Olmo, C. (2024). *Energía solar en Alemania*. https://www.icex.es/content/dam/es/icex/oficinas/017/documentos/2024/07/fichas-sector/FS_Energ%C3%ADa%20solar%20en%20Alemania%202024_REV.pdf

Roca, R. (2025, enero 24). *España comienza a almacenar energía con baterías en su sistema eléctrico*. El Periódico de la Energía. <https://elperiodicodelaenergia.com/espana-comienza-almacenar-energia-con-baterias-en-su-sistema-electrico/>

Roque, A. (2025, abril 12). *El único país de África donde todavía se habla español: Una joya cultural y paisajística*. ElDiario.es. https://www.eldiario.es/viajes/unico-pais-africa-todavia-habla-espanol-joya-cultural-paisajistica-pm_1_12199026.html

RTVE.es. (2025, marzo 25). *La Unión Europea selecciona siete proyectos de España para extraer minerales críticos*. RTVE.es. <https://www.rtve.es/noticias/20250325/union-europea-selecciona-siete-proyectos-espana-para-extraer-minerales-criticos/16506864.shtml>

Sacyr. (2021, diciembre 14). *Sacyr Agua lidera un proyecto europeo de energía azul renovable*. Sacyr Notas de Prensa. <https://sacyr.com/-/energia-azul-renovable>

Sacyr. (2023, agosto 24). *Empezamos a producir energía azul en Alicante*. Sacyr Blog. <https://sacyr.com/-/empezamos-a-producir-energia-azul-en-alicante>

Sanchez Guzmán, J., Sanz López, L., & Ocaña Robles, L. (2011). *Evaluación del potencial de energía geotérmica. Estudio Técnico PER 2011-2020*. https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11227_e9_geotermia_A_db72b0ac.pdf

Scottish Government. (2017). *Marine energy*. <https://www.gov.scot/policies/renewable-and-low-carbon-energy/marine-energy/>

Secretaría de Estado de Energía. (2021). *Estrategia de Almacenamiento Energético*.

https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/prensa/estrategiaalmacenamiento_tcm30-522655.pdf

Secretaría de Estado de Energía. (2022). *Hoja de ruta del Biogás*.

https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/energia/files-1/es-es/Novedades/Documents/00HR_Biogas_V6.pdf

SEDIGAS. (2023). *Estudio de la capacidad de producción de biometano en España, 2023*. <https://estudio-biometano.sedigas.es/wp-content/uploads/2023/03/sedigas-informe-potencial-biometano-2023.pdf>

Sharif, A. O., Merdaw, A. A., Aryafar, M., & Nicoll, P. (2014). Theoretical and Experimental Investigations of the Potential of Osmotic Energy for Power Production. *Membranes*, 4(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/membranes4030447>

Sweetch Energy. (2025a, abril). *INOD®: Leading the Future of Osmotic Power Technology*. <https://www.sweetch.energy/>

Sweetch Energy. (2025b, abril). *Pioneering Osmotic Power with INOD® Technology*. <https://www.sweetch.energy/company/>

TECPA. (2023). *La energía geotérmica | Formación de ingenieros*. <https://www.tecpa.es/energia-geotermica/>

Teles, B. (2023, diciembre 6). *Gran Bretaña lidera la revolución de la energía mareomotriz con el proyecto más grande del mundo*. CPG Click Petróleo e Gas.

<https://es.clickpetroleoegas.com.br/Gran-Breta%C3%B1a-lidera-la-revoluci%C3%B3n-de-la-energ%C3%ADa-mareomotriz-con-el-mayor-proyecto-del-mundo/>

Tellkes. (2025, enero 9). España se posiciona en la carrera europea por la energía geotérmica. *Tellkes*. <https://tellkes.com/espana-se-posiciona-en-la-carrera-europea-por-la-energia-geotermica/>

Tirone, J. (2024, septiembre 4). El mercado de la bioenergía en Asia. *Hedgepoint Global Markets*. <https://hedgepointglobal.com/es/blog/el-mercado-de-la-bioenergia-en-asia/>

Todo Ingenierías. (2023, agosto 7). *Los principales países con mayor producción de energía geotérmica*. Todo Ingenierías. <https://todoingenierias.com/los-principales-paises-con-mayor-produccion-de-energia-geotermica/>

Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2023, junio). *Transición Ecológica lanza ayudas por 120 millones para impulsar estudios de viabilidad de la energía geotérmica profunda*. <https://www.lamoncloa.gob.es/serviciosdeprensa/notasprensa/transicion-ecologica/Paginas/2023/080623-ayudas-energia-geotermica.aspx>

Universidad de Murcia. (2024, noviembre 25). *¿Conoces qué es la osmosis y cuáles son sus beneficios?* https://www.um.es/web/bienestar/blog/-/asset_publisher/cXuzCU9PYsOu/content/id/44858942

Universidad Europea. (2024, agosto). *Tipos de biomasa: Características y aplicaciones* | *Blog UE*. <https://universidadeuropea.com/blog/tipos-biomasa/>

Unwin, J. (2019, marzo 21). Exploring Tidal Energy Costs and Challenges per Kwh. *Power Technology*. <https://www.power-technology.com/features/tidal-energy-cost/>

Urcelay, E. (2024, septiembre 19). *Las mareas más vivas en dos décadas en Galicia y el Cantábrico suben el nivel del mar hasta cinco metros*. *infobae*. <https://www.infobae.com/espana/2024/09/19/las-mareas-mas-vivas-en-dos-decadas-en-galicia-y-el-cantabrico-suben-el-nivel-del-mar-hasta-cinco-metros/>

Valdehita, B. (2024, octubre 3). Castellón, pionera en energía undimotriz en España. *Energy News*. <https://www.energynews.es/?p=94131>

Vega, L., & Martin, B. (2024, marzo). *Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) Economics: Updates and Strategies | Tethys Engineering*. <https://tethys-engineering.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Vega-Martin-2024.pdf>

Wave Energy Scotland. (2017). *About Wave Energy Scotland*. HIE. <https://www.waveenergyscotland.co.uk/about/>

Xue, Y., BIAN, Y., & LIU, Y. (2022). *Evaluation of a novel OTEC System composed of Uehara Cycle for power and refrigeration cogeneration*. https://tethys-engineering.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Xue_2023.pdf

Xunta de Galicia. (2022). *Plataforma eólica marina—Consellería de Economía e Industria*. https://economia.xunta.gal/plataforma-eolica-marina?langId=es_ES

