

HOJA DE RUTA EÓLICA MARINA Y ENERGÍAS DEL MAR EN ESPAÑA



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Plan de Recuperación,
Transformación y Resiliencia

MARCO ESTRATÉGICO DE ENERGÍA Y CLIMA

La “Hoja de Ruta para el desarrollo de la Eólica Marina y de las Energías del Mar en España” se encuentra en consonancia con la “Estrategia de la UE sobre las Energías Renovables Marinas”, habiendo sido fruto de la participación de diversos agentes económicos, administraciones y ciudadanos que han aportado sus contribuciones. La Hoja de Ruta se fija el cuádruple objetivo de que *(1) España sea un polo de referencia europeo para el desarrollo tecnológico y la innovación ambiental asociado a las energías renovables en el medio marino, (2) España sea un referente internacional en capacidades industriales y en el conjunto de la cadena de valor del sector, (3) Impulsar un desarrollo de las renovables marinas compatible y sostenible desde un punto de vista ambiental y social (4) Establecer un marco estatal adecuado para el despliegue ordenado de las renovables marinas.* Este despliegue forma parte del conjunto de elementos estratégicos clave en la descarbonización de la economía española, así como en otros retos de carácter más transversal como la reactivación económica tras la crisis sanitaria de la COVID-19, la transición justa, el reto demográfico y la economía circular.

Madrid, diciembre de 2021

NIPO: 665-21-078-1

Vicepresidencia Tercera del Gobierno de España
Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

Autor: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

Edita: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

Revisión de edición: IDAE

Diseño y Maquetación: IBERSAF

CONTENIDO

▶ RESUMEN EJECUTIVO.....	05
▶ I. MARCO DE LA HOJA DE RUTA.....	11
1.1 EL CONTEXTO DE LA UNIÓN EUROPEA	12
1.2 EL CONTEXTO NACIONAL	13
1.3 OPORTUNIDAD DEL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA.....	19
▶ 2. ESTADO DEL ARTE.....	21
2.1 EÓLICA MARINA	22
2.2 ENERGÍAS DEL MAR	39
2.3 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTÁICA.....	49
▶ 3. ANÁLISIS Y FORTALEZAS DEL SECTOR, CADENA DE VALOR INDUSTRIAL Y DE I+D+i EN ESPAÑA.....	53
3.1 OPORTUNIDADES Y CADENA DE VALOR INDUSTRIAL.....	54
3.2 ESPAÑA COMO REFERENTE EN INFRAESTRUCTURAS DE INNOVACIÓN EN EÓLICA MARINA Y EN ENERGÍAS DEL MAR.....	61
▶ 4. OBJETIVOS AL 2030 Y VISIÓN DEL MARCO PARA EL DESPLIEGUE DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES MARINAS EN ESPAÑA.....	65
4.1 ESPAÑA COMO HUB DE REFERENCIA PARA EL DESARROLLO Y PRUEBA DE NUEVAS SOLUCIONES OFFSHORE	67
4.2 CONSOLIDACIÓN Y FORTALECIMIENTO DE LA CADENA DE VALOR.....	67
4.3 SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL Y SOCIAL.....	68
4.4 MARCO PARA EL DESPLIEGUE DE LA EÓLICA MARINA FLOTANTE Y LAS ENERGÍAS DEL MAR.....	70
▶ 5. LÍNEAS DE ACCIÓN Y MEDIDAS.....	72
5.1 ESPAÑA COMO UBICACIÓN DE REFERENCIA PARA EL I+D+i EN TECNOLOGÍAS RENOVABLES MARINAS.....	75
5.2 ACOMPAÑAMIENTO E IMPULSO A LA CADENA DE VALOR	78
5.3 MARCO CLARO Y PREVISIBLE PARA EL DESPLIEGUE DE LA GENERACIÓN RENOVABLE MARINA.....	84
5.4 GOBERNANZA.....	93
▶ ANEXO I. MECANISMOS DE FINANCIACIÓN.....	95
▶ ANEXO II. CONTRIBUCIONES RECIBIDAS EN LA CONSULTA PÚBLICA DE LA HOJA DE RUTA PARA EL DESARROLLO DE LA EÓLICA MARINA Y LAS ENERGÍAS DEL MAR EN ESPAÑA.....	105
▶ ANEXO III. COSINERGIAS DE LA HOJA DE RUTA PARA EL DESARROLLO DE LA EÓLICA MARINA Y LAS ENERGÍAS DEL MAR EN ESPAÑA CON OTROS DOCUMENTOS ESTRATÉGICOS.....	110
▶ ANEXO IV. PLANES DE ORDENACIÓN DEL ESPACIO MARÍTIMO (POEM) EN ESPAÑA	113
▶ ANEXO V. ÍNDICE DE FIGURAS.....	120



RESUMEN EJECUTIVO

La energía de origen marino, la denominada **“Energía Azul”**, es una de las palancas para la transformación energética a medio y largo plazo a nivel nacional, europeo y global, a la vez que una oportunidad industrial, económica y social para nuestro país, de forma coherente y compatible con la protección de los valores ambientales y el resto de usos y actividades del entorno marino.

La **Eólica Marina** está acelerando su desarrollo tecnológico e industrial, haciendo viable su implantación en España gracias a los conceptos asociados a la eólica marina flotante que permiten su despliegue en aguas profundas. Debido a sus elevados factores de capacidad, la eólica marina puede generar electricidad de manera estable y predecible, incrementando su producción en las estaciones de otoño e invierno, de menor radiación solar y mayor consumo. Presenta por tanto una elevada complementariedad con otras energías renovables, contribuyendo a la seguridad de suministro, aportando valor añadido a las necesidades del sistema energético y permitiendo un mayor aprovechamiento de los recursos endógenos disponibles.

Las **Energías del Mar** se encuentran en la senda para dar el salto desde la etapa precomercial a la fase comercial aumentando la escala tecnológica y de mercado, presentando un enorme potencial estratégico en horizontes más allá de 2030, con valores diferenciales propios frente a otras energías renovables. Las energías del mar no sólo presentan una elevada regularidad y predictibilidad de recurso, sino también versatilidad -para su implementación tanto en tierra como en alta mar-, modularidad, y escalabilidad para proporcionar electricidad a una variedad de sectores de uso final como, entre otros, puertos y desaladoras.

Además de su potencial energético, estas fuentes de energía destacan por su elevado potencial industrial y tecnológico.

Por una parte, el papel fundamental que desempeña España como polo de desarrollo eólico terrestre a nivel mundial sitúa al país en una posición privilegiada de cara al desarrollo de la eólica marina. Más concretamente, España es el segundo país europeo y el quinto país del mundo por potencia eólica instalada, tras China, Estados Unidos, Alemania e India, y forma parte de los tres países europeos con mayores capacidades industriales eólicas e inversión en I+D+i en el sector. Por otra, España goza de una industria de construcción naval (astilleros), un sector marítimo-portuario, capacidades de ingeniería civil, y un ecosistema industrial de materiales y equipamientos que pueden dar servicio al desarrollo de las renovables marinas.

De hecho, las industrias eólica, siderúrgica y naval española, así como los promotores y suministradores de bienes y servicios nacionales, ya han contribuido con un papel protagonista en la puesta en marcha, así como en la operación de numerosos parques eólicos marinos en el mundo. Con esta actividad, la industria española ya tiene una posición a nivel mundial como uno de los principales ‘hubs’ europeos de conocimiento y suministro para los mercados internacionales dentro de la cadena de valor asociada a las instalaciones eólicas marinas.

El desarrollo de las energías renovables marinas en España no sólo contribuirá a ampliar el mercado de esa cadena de suministro en España, sino que la afianzará para poder seguir compitiendo y dando servicio a nivel mundial. La existencia de un mercado local en España permitirá mantener el posicionamiento competitivo de la industria offshore española, aumentando además su aportación al Producto Interior Bruto (PIB) y la generación de empleo cualificado. Además, la eólica marina ya contribuye a las estrategias de diversificación de negocio y estabilización de cargas de trabajo de sectores industriales asociados.

Se prevé que en los próximos años se produzca a nivel global un incremento importante en el despliegue de las energías renovables marinas.

Según las previsiones de IRENA¹ para cumplir con los objetivos del Acuerdo de París, la potencia total de **Eólica Marina** necesaria a nivel mundial deberá ser de 228 GW en 2030 y de 1.000 GW en 2050. Según la Agencia Internacional de la Energía (AIE)², la eólica marina supondrá la mitad de la generación eólica en Europa en 2040.

¹ Future of Wind (IRENA 2019).

² Offshore Wind Outlook 2019 (International Energy Agency- IEA).

Por su parte, la "Estrategia sobre las Energías Renovables Marinas"³ de la Comisión Europea prevé un despliegue desde los 12 GW de Eólica Marina y 13 MW de Energías del Mar, actualmente instaladas, hasta al menos 60 GW de Eólica Marina y 1 GW de Energías del Mar en 2030, con vistas a alcanzar los 300 GW y 40 GW, respectivamente, en 2050.

En cuanto a la aportación energética en España, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030 prevé una capacidad de 50 GW de potencia eólica instalada en 2030 teniendo en cuenta tanto eólica terrestre como marina. Esta cifra, representa casi duplicar los 25,7 GW eólicos actuales, para lo que será necesario movilizar inversiones estimadas superiores a los 30.000 millones de euros en el periodo 2021-2030, además de las asociadas a la repotenciación de los parques eólicos existentes.

En relación con las **Energías del Mar**, según la visión de Ocean Energy Systems de la Agencia Internacional de la Energía (OES-IEA)⁴, en el mundo existe el potencial para desarrollar 300 GW de energía de las olas y de corrientes para el año 2050. La Unión Europea, por su parte, ha establecido un ambicioso objetivo de alcanzar los 40 GW de capacidad instalada en energía de las corrientes y undimotriz para 2050. Para ello, la evolución necesaria de la potencia instalada acumulada debería ser 1 GW en 2025 y 10 GW al 2030 para poder alcanzar en 2050 los 40 GW en Europa. El objetivo que se establece en el PNIEC para otras tecnologías renovables, entre las que se encuentran las energías del mar, es de 80 MW para el año 2030, pudiendo variar esta horquilla en función del desarrollo tecnológico como se ha mencionado anteriormente.

En relación con la protección ambiental del medio marino, el Gobierno ha establecido como una prioridad alcanzar el **objetivo del 30% de superficie marina protegida en 2030** en línea con la Estrategia de Biodiversidad de la Unión Europea. Actualmente, España cuenta con poco más del 12% de su superficie marina protegida, por lo que es imprescindible seguir reforzando este marco de protección, continuando con el desarrollo y aplicación de los planes de gestión correspondientes a las áreas protegidas, y asegurando que el conjunto de actividades y usos del medio marino se desarrollan de modo compatible con este objetivo.

En España, todo desarrollo energético en aguas territoriales requiere, además de las autorizaciones sustantivas preceptivas, de los correspondientes títulos de ocupación de un ámbito espacial de elevado carácter estratégico como es el dominio público marítimo-terrestre. La Administración tiene la obligación de asegurar la integridad y adecuada conservación de este espacio, así como un uso ordenado y racional del mismo, por lo que **el desarrollo de las energías renovables en el entorno marítimo deberá desarrollarse de acuerdo con la planificación y ordenación de los espacios marinos**, teniendo en cuenta la compatibilidad de los distintos usos, así como los objetivos y compromisos en materia de protección del mar y de la biodiversidad.

Por todo ello, en cumplimiento del PNIEC, esta Hoja de Ruta define los objetivos, así como las líneas de actuación y las sendas más adecuadas y eficientes para alcanzarlos. Asimismo, tiene como principal motivación y objeto identificar los retos y oportunidades, para impulsar de forma decidida el pleno desarrollo de la Eólica Marina y de las Energías marinas en España, a corto, medio y largo plazo. Así, la Hoja de Ruta de la eólica marina y energías del mar se fija un cuádruple objetivo:

- ▶ **Establecerse como polo de referencia europeo para el desarrollo tecnológico y de I+D+i para el diseño, escalado y demostración de nuevas tecnologías, aprovechando las singularidades geográficas y regímenes marítimos del país, reforzando la red de plataformas de ensayo, desplegando un marco habilitador "plug & play" que aspira a situarse como el más ágil en el entorno europeo para la prueba de nuevos prototipos, y activando al menos 200 millones de euros públicos en apoyo a la innovación tecnológica en el periodo 2021-2023;**

³ 'COM(2020) 741 final, de 19.11.2020 "Una estrategia de la UE para aprovechar el potencial de la energía renovable marina para un futuro climáticamente neutro".

⁴ 'An International Vision for Ocean Energy 2017' (Ocean Energy Systems-OES-IEA).

- ▶ **Ser un referente internacional y europeo en capacidades industriales** y el conjunto de la cadena de valor de estas energías, contribuyendo al liderazgo industrial europeo en este ámbito, desarrollando las capacidades para el aprovechamiento de las oportunidades laborales, **y generando cadena de valor en todo el ciclo de vida con una perspectiva de economía circular;**
- ▶ **Sostenibilidad como pilar central.** Más allá de un desarrollo compatible con los valores naturales del entorno marino y los compromisos en protección de la biodiversidad, la Hoja de Ruta plantea **imbricar la sostenibilidad en el desarrollo tecnológico y el despliegue de las energías renovables marinas,** incorporando la monitorización, análisis y aprovechamiento de datos sobre el entorno marino y costero en cuanto a condiciones meteorológicas y evolución del clima, seguimiento pasivo de la biodiversidad y evaluación continua de las interacciones y afecciones de los distintos usos y actividades. Con todo ello, se pretende constituir una base técnica y de datos que mejore el conocimiento disponible y sirva de herramienta para la toma de decisiones en materia de energía y medio ambiente.
- ▶ Un despliegue ordenado de la eólica marina en particular y del aprovechamiento de las energías renovables marinas en general para apuntalar el desarrollo industrial y tecnológico, **con objetivos de 1-3GW de energía eólica marina y de 40-60 MW de energías del mar en un horizonte 2030.**

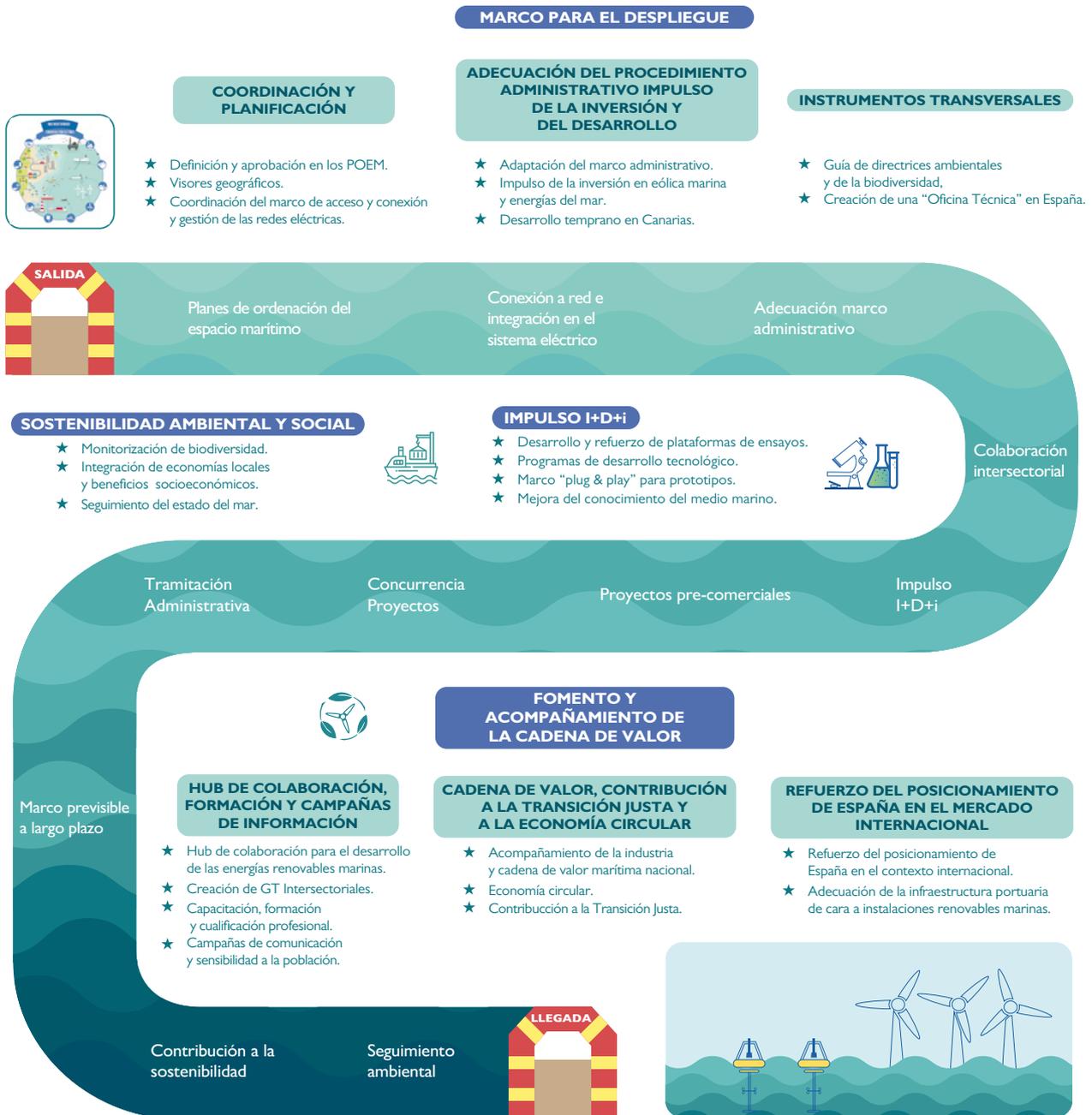
Para la consecución de estos objetivos, la Hoja de Ruta establecen unas bases robustas y un marco adecuado que genere el interés necesario en promotores e inversores, promoviendo aquellos aspectos clave para guiar y favorecer la coordinación entre todos los agentes involucrados, así como el planteamiento y directrices para la adaptación del marco regulatorio sectorial. Por último, pretende proporcionar la continuidad y visibilidad necesarias para atraer inversiones y consolidar e impulsar las capacidades industriales y el conjunto de la cadena de valor, así como promover la generación de infraestructuras y proyectos de I+D+i alrededor de la actividad generada.

A partir del desarrollo del marco que plantean las medidas de esta Hoja de Ruta, atendiendo al estado del arte actual de la eólica marina flotante y otras energías del mar, se establecen como objetivos de desarrollo de las Energías Marinas en España a 2030 las horquillas: [Entre 1 GW y 3 GW] para la Eólica Marina y [entre 40 MW y 60 MW] para las Energías del Mar.

Los planteamientos contenidos en esta Hoja de Ruta persiguen una implantación progresiva y ordenada, coordinada y compatible con los distintos usos del espacio marítimo y priorizando la protección del patrimonio natural marítimo y de la costa. Con ello, la implementación de esta Hoja de Ruta no sólo contribuirá a alcanzar los objetivos energéticos y climáticos de España y de la UE para 2030, sino también a afrontar el mayor desafío de neutralidad climática de la economía para 2050.

Por último, el desarrollo de esta Hoja de Ruta ha contado con la participación de las organizaciones más representativas del sector, la opinión de colectivos y entidades interesadas, diversos agentes económicos, administraciones y ciudadanos que han aportado sus contribuciones durante el proceso de consulta pública previa.

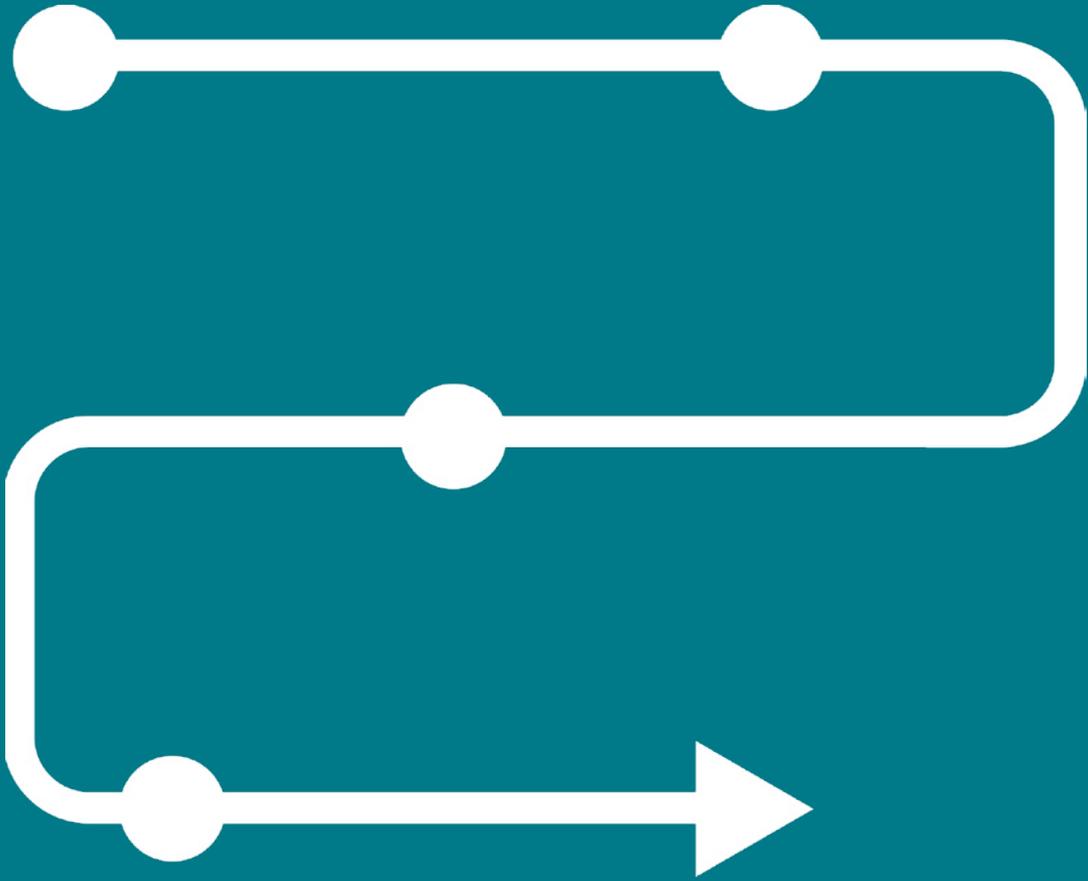
Figura I. Itinerario de la Hoja de Ruta para el despliegue de la Eólica Marina y las Energías del Mar en España. Periodo 2021-2030. Fuente: MITECO-IDAE



Inclusión en el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.

Esta Hoja de Ruta está incluida en la Reforma C7R4 “Marco para la innovación y desarrollo tecnológico de las energías renovables” del Componente 7 “Despliegue e integración de energías renovables” del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia en la Política Palanca 3. “Transición energética justa e inclusiva” correspondiente al Ministerio para La Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Forma parte y se enmarca en los objetivos y los hitos del Plan.

En cumplimiento con lo dispuesto en el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, en el Reglamento (UE) 2021/241 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de febrero de 2021, por el que se establece el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia, y su normativa de desarrollo, en particular la Comunicación de la Comisión Guía técnica (2021/C 58/01) sobre la aplicación del principio de «no causar un perjuicio significativo», así como con lo requerido en la Decisión de Ejecución del Consejo relativa a la aprobación de la evaluación del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia de España (CID) y su documento Anexo, todas las actuaciones que se lleven a cabo en cumplimiento de esta Hoja de Ruta deben respetar el principio de no causar un perjuicio significativo al medioambiente (principio DNSH por sus siglas en inglés, “Do No Significant Harm”). Ello incluye el cumplimiento de las condiciones específicas asignadas en la Componente 7, así como en la reforma 4 e inversión 1 en las que se enmarcan dichas actuaciones, tanto en lo referido al principio DNSH, como al etiquetado climático y digital, y especialmente las recogidas en los apartados 3, 6 y 8 del documento del Componente del Plan y en el Anexo a la CID.



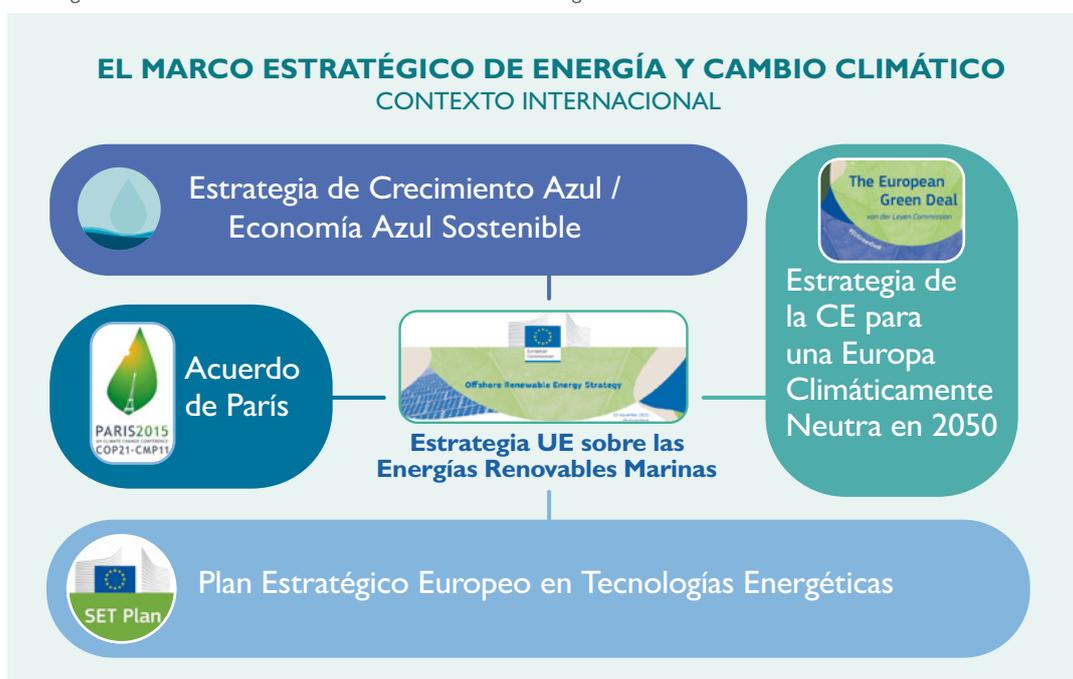
MARCO DE LA
HOJA DE RUTA

I.1 EL CONTEXTO DE LA UNIÓN EUROPEA

Ya en 2012, la Comisión Europea adoptó la **Estrategia de Crecimiento Azul**, que abarcaba todas las actividades económicas que dependen del mar y reconocía la importancia de los mares y océanos como motores de la economía europea, por su gran potencial para la innovación, el crecimiento, y la utilización sostenible de los recursos marinos. Esta estrategia consideraba la energía de origen marino (la denominada “Energía Azul”) como uno de los ámbitos prioritarios para proporcionar un crecimiento sostenible, apuntando que en 2030 la energía eólica marina podría suministrar el 14% de la demanda eléctrica en la Unión Europea, superando a la eólica terrestre en capacidad de instalación anual y estimando un potencial de 300.000 puestos de trabajo asociados en la UE para 2030.

El **Pacto Verde Europeo**⁵ contiene la visión estratégica europea a largo plazo con el objetivo de alcanzar una economía competitiva, inclusiva y climáticamente neutra en 2050 y reconoce que “*la economía azul sostenible tendrá que desempeñar un papel crucial*” para lograr este objetivo. Incluye en sus previsiones de desarrollo que “*será fundamental aumentar la producción de energía eólica marina*”, y que deberán desarrollarse medidas que permitan “*gestionar de forma más sostenible el espacio marítimo, especialmente para facilitar el acceso al creciente potencial de las energías renovables marinas*”.

Figura 2. Contexto internacional de la UE de las energías Renovables Marinas. Fuente: MITECO-IDAE



En este contexto, con fecha 19 de noviembre de 2020, la Comisión Europea adoptó la “Estrategia UE sobre las Energías Renovables Marinas”⁶, que establece el objetivo de **aumentar la capacidad de producción de energía Eólica Marina en la Unión Europea desde su nivel actual de 12 GW a, como mínimo, 60 GW para 2030 y 300 GW para 2050**. Este desarrollo se complementaría con **40 GW de Energía Oceánica y otras tecnologías emergentes de aquí a 2050**.

⁵ European Green Deal, COM(2019) 640 final de 11.12.2019.

⁶ COM(2020) 741 final de 19.11.2020 “An EU Strategy to harness the potential of offshore renewable Energy for a climate neutral future”.
https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/offshore_renewable_energy_strategy.pdf

Entre los principales elementos de la estrategia europea se encuentra el fomento de los mecanismos de cooperación regional, incluyendo la promoción de una **cadena de suministro paneuropea** y la mejora de la **ordenación del espacio marítimo** para un despliegue a gran escala de las energías renovables marinas y para el uso sostenible del espacio marino europeo y sus recursos. Además, la estrategia contempla que “será necesario integrar los objetivos de desarrollo de las energías renovables marinas en los planes nacionales de ordenación del espacio marítimo” y que la Comisión propondrá un marco en relación con el Reglamento (UE) n.º 347/2013 relativo a las infraestructuras energéticas transeuropeas (Reglamento RTE-E) revisado para la planificación de la red marítima a largo plazo⁷.

En esta estrategia, la Comisión estima que se requerirá una inversión de casi 800.000 millones de euros de aquí a 2050 para alcanzar los objetivos propuestos. A fin de contribuir a generar y liberar tal inversión, se establece la necesidad de proporcionar un **marco jurídico claro** y de apoyo a nivel europeo, así como de movilizar todos los fondos necesarios para fomentar el desarrollo del sector. Asimismo, la estrategia anima a los Estados Miembros a aprovechar las distintas líneas de financiación disponibles para mantener y desarrollar el liderazgo europeo en tecnología e innovación, así como para garantizar una cadena de suministro reforzada, subrayando la necesidad de mejorar la capacidad de fabricación y las infraestructuras portuarias.

La estrategia europea da continuidad y concreta los escenarios contenidos en la visión estratégica a largo plazo que expuso la Comisión Europea en su Comunicación de noviembre de 2018 titulada «Un planeta limpio para todos»⁸, que preveían un aumento en la potencia en servicio de energía eólica marina en Europa de los 22 GW a finales de 2018 a alrededor de 240-440 GW en 2050. Esta Comunicación también identificaba que las restantes energías renovables marinas podrían igualmente desempeñar un papel relevante, en función de su senda de evolución tecnológica.

Para el aprovechamiento de este potencial, el marco europeo contiene diversos instrumentos imprescindibles:

La **Directiva 2018/2001/UE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, establece el marco común para el **aumento del consumo de energía renovable**, contemplando un marco normativo facilitador y una serie de buenas prácticas que deberán desplegar los Estados Miembros y que se consideran muy positivas para la evolución del sector.

Por otra parte, la Directiva 2014/89/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de julio de 2014, por la que se establece un marco para la ordenación del espacio marítimo, con vistas a fomentar el crecimiento sostenible de las economías marítimas, el desarrollo sostenible de los espacios marinos y el aprovechamiento sostenible de los recursos marinos, entre los que se encuentran la Eólica Marina y las Energías del Mar, de forma coherente con la protección de los valores ambientales del entorno marino. La Hoja de Ruta para el desarrollo de la Eólica Marina y de las Energías del Mar forma parte de la Agenda 2030 y se enmarca dentro del objetivo 7 ODS de garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna.

En cuanto a los mecanismos para impulsar la innovación y desarrollo tecnológico, claves en un sector como éste, destaca el vigente **Plan Estratégico Europeo en Tecnologías Energéticas** (SET Plan), que contempla el objetivo de consolidar el liderazgo global de la UE en energía eólica marina, identificando el desarrollo de la eólica flotante como una de las acciones prioritarias para alcanzar dicho objetivo estratégico. El Anexo I de esta Hoja de Ruta detalla otros instrumentos adicionales de impulso de la innovación relevantes en el marco europeo.

1.2 EL CONTEXTO NACIONAL

En España, el Marco Estratégico de Energía y Clima contiene diversos elementos estratégicos y legislativos que tienen como objeto marcar las principales líneas de acción en la senda hacia la neutralidad climática de nuestro país. Este Marco está compuesto de diversos documentos, entre los que se encuentran:

⁷ Comunicado de Prensa 19.11.2020: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_20_2096

⁸ COM(2018) 773 final de 28.11.2018 “Un planeta limpio para todos La visión estratégica europea a largo plazo de una economía próspera, moderna, competitiva y climáticamente neutra”. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0773&from=EN>

- ▶ Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030.
- ▶ Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo 2050.
- ▶ Ley de Cambio Climático y Transición Energética.
- ▶ Estrategia de Transición Justa.
- ▶ Estrategia Pobreza Energética.

El **Plan Nacional de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030** prevé una penetración de renovables de al menos el 42% sobre el consumo de energía final, llegando al 74% en el caso del sector eléctrico. Para ello, establece objetivos de eficiencia energética y una senda de despliegue de unos 59 GW adicionales de generación renovable eléctrica durante la década, de los que se prevé un incremento de 25,7 GW de potencia eólica y 80 MW de otras tecnologías, entre las que se incluyen las energías marinas. En función del desarrollo tecnológico y la evolución de costes de las distintas tecnologías, así como su viabilidad y flexibilidad de implantación, el peso relativo de estas tecnologías en el 'mix' español podría ser incluso superior. Adicionalmente, el PNIEC plantea la transición energética en general y el despliegue de renovables en particular como una **oportunidad para el refuerzo de la cadena de valor industrial y el desarrollo tecnológico nacional**.

Asimismo, en el caso de la eólica marina, destaca que la reducción de sus costes de generación muestra ya un elevado potencial en España con tecnología flotante en el horizonte 2030, por lo que los mecanismos de impulso se deberán ir adaptando a sus niveles de competitividad crecientes, con especial atención a su contribución a la consolidación y competitividad del tejido industrial y a sus sinergias con otros sectores estratégicos (construcción naval, astilleros, ingeniería civil e industrias electrointensivas, entre otros).

Para ello, el PNIEC contempla el desarrollo de una “Estrategia española para el desarrollo de la eólica marina y las energías del mar”, coordinada y alineada con los Planes de Ordenación del Espacio Marino, cuyas conclusiones y objetivos podrán incorporarse en las revisiones periódicas de este Plan.

La **Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo 2050**, dibuja la trayectoria de transformación del sistema energético para los años 2030 a 2050, trazando la evolución del país hacia la neutralidad climática antes de mediados de siglo. Para ello, la electrificación, la eficiencia energética y el despliegue de energías renovables permitirán reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en al menos un 90%. Para lograrlo serán necesarias transformaciones profundas de la estructura del sistema energético, entre las que la **Energía Eólica Marina y las Energías del Mar** se presentan como una alternativa complementaria al desarrollo de las energías renovables terrestres.

La **Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética** establece el marco institucional, así como las señales regulatorias y económicas que proporcionen estabilidad y marquen la dirección hacia la neutralidad climática en España. Esta norma da un impulso decidido al desarrollo de las energías renovables en España, introduciendo en el marco legislativo objetivos de penetración renovable, a la vez que establece un marco previsible para su despliegue mediante la convocatoria de subastas, en las que la variable sobre la que se oferta es el precio de retribución de la energía generada y, a su vez, admitiendo la distinción entre tecnologías, criterios de localización y de madurez tecnológica u otros acuerdos con la normativa comunitaria.

El primer ejemplo de este tipo de subastas ha tenido lugar con éxito en enero de 2021. Estas subastas se han anticipado a la aprobación de la ley de cambio climático y, dada su urgencia, han sido habilitadas por el Real Decreto-Ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.

La **Estrategia de Transición Justa** tiene como objetivo primordial la optimización de la transición ecológica para la generación de empleo y para asegurar que personas y regiones implicadas puedan aprovechar y beneficiarse de las oportunidades que surgen con la transición, haciendo un esfuerzo especial para que nadie se quede atrás. La estrategia plantea medidas e instrumentos para alcanzar este objetivo a corto plazo como son los Convenios de Transición Justa cuyo objetivo prioritario es el mantenimiento de empleo y la creación de actividad en los territorios afectados mediante el acompañamiento a sectores y colectivos en riesgo, la fijación de población, y la promoción de una diversificación y especialización coherente con el contexto socioeconómico.

La energía eólica marina y las energías renovables marinas son un importante activo para alcanzar los objetivos de esta estrategia, dado su potencial para la generación de empleo de calidad, la dinamización de industrias tradicionales en las regiones marítimas (industria naval, industria de producción y transformación del metal, industria de extracción y producción de materias primas e industria energética) y para el aprovechamiento de las infraestructuras y del conocimiento desarrollados tras años de experiencia en estos ámbitos.

La **Estrategia Nacional contra la Pobreza Energética 2019-2024** es un instrumento, dividido en cuatro ejes de actuación y 19 medidas, que ofrece por primera vez una definición oficial sobre la pobreza energética, establece indicadores para su seguimiento que determinan que, en la actualidad, existen entre 8,1, y 3,5 millones de personas que cumplen algunos de los criterios, y objetivos para su reducción a 2025: una meta del 50% y, al menos, una disminución del 25%. Para ello, entre otras medidas, se fijan las líneas del futuro bono social energético, que deberá ser automático y cubrir todas las fuentes de suministro, al tiempo que se plantean acciones a corto, medio y largo plazo.

El marco estratégico de energía y clima prevé el cumplimiento de los objetivos energéticos y climáticos en plena consonancia con el resto de prioridades ambientales. En relación con la **protección ambiental del medio marino**, el Gobierno ha establecido como una prioridad en la Declaración de Emergencia Climática y Ambiental⁹, alcanzar el **objetivo del 30% de superficie marina protegida en 2030** mediante la planificación, declaración y gestión efectiva de áreas marinas protegidas, en línea con la Estrategia de Biodiversidad de la Unión Europea, que también incorpora el objetivo de protección del 30% de la superficie marina para 2030.

España cuenta con poco más del 12% de su superficie marina protegida, convirtiéndose en uno de los países que ha superado el umbral de cobertura comprometido para 2020 con el Convenio de Diversidad Biológica (CBD), establecido en el 10%. A nivel global, la cobertura actual media es del 7,4% y presenta importantes vacíos de representatividad. Es imprescindible seguir reforzando este marco de protección hasta alcanzar el 30% en 2030, continuando con el desarrollo y aplicación de los planes de gestión correspondientes a las áreas protegidas.

España es uno de los países **más ricos en biodiversidad marina** de la UE y de los que más ha avanzado en su conocimiento, con más de 11.000 especies y una gran representación de hábitats marinos de interés comunitario. En este contexto, España quiere estar a la cabeza de los países que impulsen la protección y conservación del océano, razón por la que forma parte de los países adheridos a la **Coalición de Alta Ambición** y a la **Alianza Global de los Océanos**, que abogan y defienden la protección del 30% de la superficie marina mundial.

Con el objetivo de hacer **compatibles los usos y actividades en el espacio marítimo entre sí y con los valores ambientales de este entorno**, el Real Decreto 363/2017 de 8 de abril, por el que se establece un marco para la ordenación del espacio marítimo, supuso la transposición de la Directiva 2014/89/UE a la normativa nacional, contemplando la elaboración de cinco **Planes de Ordenación del Espacio Marítimo (POEM)**, uno para cada una de las cinco demarcaciones marinas¹⁰ (Figura 3), actualmente en elaboración y sometidos a consulta pública desde el 7 de junio de 2021¹¹ (se incluye una síntesis de los POEM en el Anexo IV).

De acuerdo con su normativa de desarrollo, estos Planes contendrán un inventario de la distribución de los usos y actividades humanas existentes en el medio marino y, en la medida de lo posible, también de los futuros, incluyendo las zonas para la producción de energía procedente de fuentes renovables. Por ello, los POEM contendrán, para cada una de las 5 demarcaciones marinas en España (Figura 3), **la identificación y análisis de las zonas donde la implantación de instalaciones eólicas marinas y de las energías del mar puedan conllevar una mayor contribución energética potencial, al tiempo que maximizar la compatibilidad de los usos energéticos con la protección de los valores ambientales en el entorno marino y costero, así como las ocupaciones presentes y previstas a futuro. Para ello, en el proceso de elaboración de los POEM, se han definido una serie de criterios que permitan que la identificación de áreas**

⁹ Acuerdo de Consejo de Ministros por el que se aprueba la Declaración del Gobierno ante la emergencia climática y ambiental (21 de enero de 2020).

¹⁰ Establecidas en la Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de protección del medio marino.

¹¹ Audiencia e información pública sobre el Proyecto de Real Decreto ... / 2021 por el que se aprueban los planes de ordenación del espacio marítimo de las cinco demarcaciones marinas españolas. <https://www.miteco.gob.es/es/costas/participacion-publica/00-rd-planos-oem.aspx>

prioritarias y/o de alto potencial para la implantación de instalaciones eólicas marinas sea compatible con la protección de la biodiversidad marina, teniendo también en cuenta el compromiso de incremento hasta el 30% de la superficie marina protegida en 2030, así como con otros usos y actividades presentes o futuros en el medio marino y las rutas de navegación, debido a su importancia en el ámbito estratégico y logístico. La alineación del despliegue de la generación renovable marina con los POEM, así como una definición zonal que proteja los ámbitos con mayor sensibilidad ambiental, es precisamente una de las medidas identificadas en la Evaluación Ambiental Estratégica del PNIEC para garantizar la compatibilidad de este despliegue con la protección del medio marino.

Figura 3. Demarcaciones Marinas en España. Fuente: MITECO-IDAE



En este contexto y de forma coherente con el Marco Estratégico de Energía y Clima, el objetivo de la Hoja de Ruta para el Desarrollo de la Eólica Marina y de las Energías del Mar es asegurar el despliegue efectivo de las Energías Marinas en España, de modo que contribuyan a cumplir los objetivos energéticos, climáticos, ambientales e industriales del país, de manera compatible con otros usos y actividades en el entorno marino. Para ello, además se han de identificar las acciones y principales retos en el desarrollo de estas energías en el mar y las posibles medidas para superarlos. El Anexo III contiene las sinergias entre esta Hoja de Ruta y el Marco Estratégico de Energía y Clima, así como la Estrategia europea de energías renovables marinas.

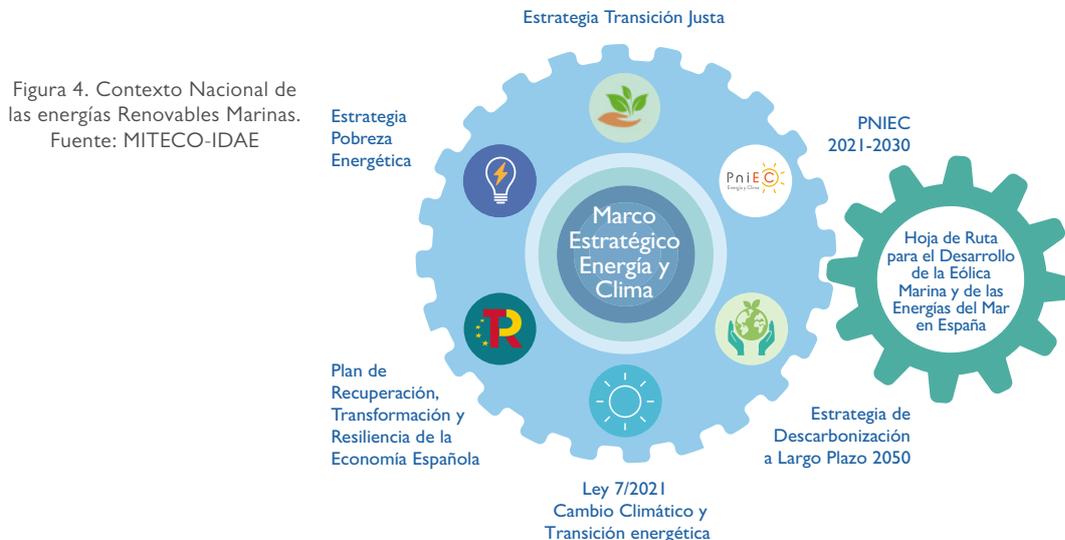


Figura 4. Contexto Nacional de las energías Renovables Marinas. Fuente: MITECO-IDAE

De manera paralela a esta Hoja de Ruta, se están desarrollando otras Hojas de Ruta y Estrategias complementarias que permitan trazar las oportunidades y medidas a desplegar para lograr los objetivos energéticos y climáticos a 2030 y 2050, como la Estrategia de Almacenamiento, o la Hoja de Ruta de Hidrógeno Renovable, la Hoja de de Ruta del Autoconsumo y la Hoja de Ruta del Biogás.

Esta Hoja de Ruta para el Desarrollo de la Eólica Marina y las Energías del Mar está incluida en la **Reforma C7R4 del Componente 7 “Despliegue e integración de energías renovables” del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia** en la Política Palanca 3. “Transición energética justa e inclusiva” correspondiente al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. El objetivo de la reforma C7R4 es el establecimiento de un marco estratégico y facilitador que permita el continuado desarrollo tecnológico de las energías renovables, emita señales claras para su despliegue ordenado y coherente, contenga medidas que permitan el máximo aprovechamiento de las oportunidades industriales, sociales, ambientales y económicas, y en definitiva contribuya a avanzar hacia el 100% de renovables en la demanda energética. En el apartado 1.3 destinado a la “Oportunidad del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia” se resume cómo España puede aprovechar este nuevo mecanismo con un enfoque alineado con los objetivos de esta hoja de ruta.

► Procedimiento administrativo vigente hasta el momento

El marco normativo vigente hasta el momento para la tramitación de instalaciones de eólica marina y energías de mar es el Real Decreto 1028/2007, de 20 de julio, por el que se establece el procedimiento administrativo para la tramitación de las solicitudes de autorización de instalaciones de generación eléctrica en el mar territorial.

Los proyectos eólicos marinos comerciales, con tecnologías de cimentación fija, se encontraban en zonas muy localizadas por las características de la plataforma continental española, estableciéndose un procedimiento de concurrencia basado en la reserva previa para investigación que, posteriormente, daría lugar a la concesión de explotación.

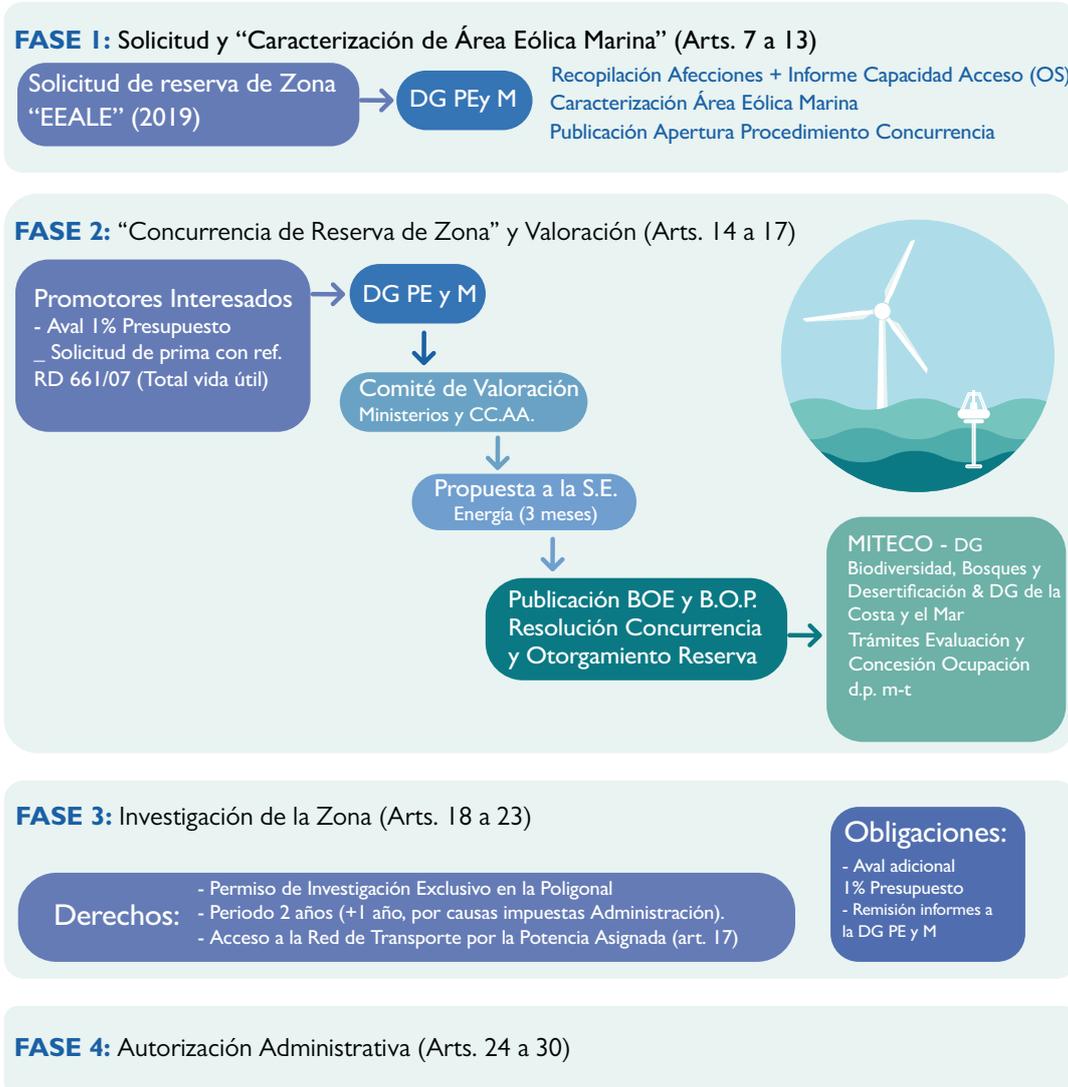
La inexistencia en 2007 de un marco normativo europeo y nacional para la ordenación del espacio marítimo resultó en que se definiese un mallado de 73 áreas eólicas marinas -cuadrículas entre dos paralelos y dos meridianos cuya separación fuese de un grado-, para las que se realizó un Estudio Estratégico Ambiental del Litoral Español (EEALE), que establecía una clasificación en zonas aptas y zonas de exclusión para las solicitudes de reserva de zona por parte de los promotores de parques eólicos marinos de más de 50 MW.

La solicitud de reserva de zona podía dar inicio al procedimiento de caracterización del área o áreas eólicas marinas afectadas. Esta caracterización recopilaba en un único documento la totalidad de los informes emitidos, así como la estimación -por el operador del sistema y gestor de la red de transporte- de la generación máxima evacuable a las redes eléctricas de transporte y la incidencia del proyecto eólico marino sobre los elementos de su entorno. A partir de la publicación en el BOE de la caracterización del área se abriría el procedimiento de concurrencia, en el que los interesados presentarían las garantías correspondientes y una oferta de prima, que sería resuelto por un Comité de valoración creado al efecto.

La resolución del procedimiento de concurrencia otorgaría el derecho de acceso a la red de transporte por la potencia asignada en dicha resolución y la reserva de la zona que, previa obtención del correspondiente título de ocupación del dominio público marítimo-terrestre, facultaría al adjudicatario para llevar a cabo, en exclusiva, las operaciones de investigación del recurso eólico en la poligonal correspondiente durante 2 años -prorrogable un año adicional por causas imputables a la administración- y, posteriormente, la construcción y explotación de la instalación una vez obtenidas las autorizaciones preceptivas.

Figura 5. Esquema del Procedimiento Ordinario vigente de Tramitación de Instalaciones renovables Marinas de potencia superior a 50 MW. Fuente: MITECO-IDAE

RD 1028/2007: Procedimiento Ordinario Potencia > 50 MW



Durante la última década el sector eólico marino ha avanzado en conocimiento y experiencia en los mercados internacionales, con el especial protagonismo del mercado europeo. Adicionalmente, desde entonces la tecnología ha reducido sus costes de generación y ha implementado técnicas constructivas innovadoras que han ampliado el alcance geográfico potencial, gracias a los conceptos asociados a la eólica marina flotante. Este contexto, junto con el nuevo marco europeo y nacional expuestos en este apartado, hacen necesarios la adaptación del procedimiento administrativo vigente, en sintonía con las restantes medidas planteadas en esta Hoja de Ruta.

I.3 OPORTUNIDAD DEL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA

El Consejo de Ministros aprobó el 14 de abril del 2021 el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia de la Economía Española, que es el instrumento fundamental para la implementación de los **fondos europeos de recuperación Next Generation EU** y supone el impulso más importante de la reciente historia económica de España. El Plan permite poner en marcha un paquete de ayudas para hacer frente a la crisis económica derivada del COVID-19, gracias al cual España recibirá 140.000 M € entre los años 2021 y 2026, 70.000 M € en transferencias¹².

Las 212 medidas a las que se destinarán estos fondos conforman el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, que plantea 110 inversiones y 102 reformas y cuatro ejes de transformación: la transición ecológica, la transformación digital, la cohesión social y territorial y la igualdad de género. Entre sus objetivos, figuran modernizar el tejido productivo y la Administración, aumentar el potencial de crecimiento de la economía, impulsar el empleo de calidad, avanzar hacia una economía más verde y sostenible y reducir las brechas sociales.

Asimismo, el "Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030" de España prevé un crecimiento significativo de la penetración de las energías renovables en España, llegando en 2030 al 74 % en el ámbito eléctrico y al 42 % sobre el uso final. En este contexto, el objetivo de la Componente 7 del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR) español es aumentar el uso de energías renovables mediante los siguientes elementos:

- ▶ el desarrollo de un marco regulador claro y predecible que promueva la inversión en energías renovables;
- ▶ el establecimiento y la consolidación de la cadena de valor industrial en el ámbito de las renovables;
- ▶ el apoyo a fuentes innovadoras de tecnologías de generación renovable, incluida su integración en los usos finales; así como
- ▶ el desarrollo de competencias ecológicas.

Además, si hablamos de energías renovables marinas, **la componente 7 de Plan de Recuperación Transformación y Resiliencia pretende específicamente promover la investigación y la innovación, así como el despliegue de la eólica marina y de las energías marinas en España, a través de la actualización de las principales medidas regulatorias para establecer unas condiciones de contorno óptimas para la correcta evolución de la economía azul.**

Dentro del PRTR, España se ha comprometido con Europa al cumplimiento de los siguientes hitos relacionados con el despliegue de la energía eólica marina y las energías del mar en España, para el periodo 2021-2023, que han de entenderse como límites temporales máximos para su cumplimiento:

Número	Medida	Hito	Nombre	Tiempo		Descripción de cada Hito y Objetivo
				Trimestre	Año	
I12	C7.R4	Hito	Hoja de Ruta de la energía eólica marina y otras energías del mar.	T4	2021	Publicación de la Hoja de Ruta de la Energía eólica marina y otras energías del mar.
I13	C7.R4	Hito	Entrada en vigor de las medidas reglamentarias identificadas en la Hoja de Ruta de la energía eólica marina y otras energías del mar.	T2	2023	Entrada en vigor de las principales medidas reglamentarias identificadas en la Hoja de Ruta de la energía eólica marina y otras energías del mar, para promover la investigación y la innovación, así como apoyar el despliegue de tecnologías flotantes. Medidas clave: <ul style="list-style-type: none"> • La aprobación definitiva de los planes de ordenación del espacio marítimo, • La mejora de la coordinación de la planificación de la red y de la estrategia marina y la actualización del marco reglamentario.

¹² Gobierno de España – Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia: <https://planderecuperacion.gob.es/plan-de-recuperacion-para-europa>

Número	Medida	Hito	Nombre	Tiempo		Descripción de cada Hito y Objetivo
				Trimestre	Año	
116	C7.11	Hito	Nuevos proyectos, tecnologías o instalaciones de infraestructuras de energías renovables marinas.	T3	2023	Al menos seis avances adjudicados que fomenten nuevos proyectos, tecnologías o instalaciones de infraestructuras de energías renovables marinas. Los seis avances deben contribuir a la ejecución de proyectos de energías renovables marinas en España. Los avances podrán incluir a PyMes con actividades de energías renovables marinas que reciban subvenciones, préstamos o inversiones en capital, participen en la contratación pública precomercial, así como subvenciones concedidas directamente a proyectos marinos de energías renovables o a un prototipo de una nueva tecnología de producción o un despliegue de energías renovables marinas.

A continuación, se listan las medidas de esta Hoja de Ruta, cuya implementación implicaría el cumplimiento de los hitos del PRTR específicos anteriormente mencionados:

Hitos y Objetivos del Plan de Recuperación Transformación y Resiliencia	Medidas en la Hoja de Ruta para el desarrollo de la eólica marina y energías del mar en España
113 (C7.R4): Entrada en vigor de las principales medidas reglamentarias identificadas en la Hoja de Ruta de la energía eólica marina y otras energías del mar.	<ul style="list-style-type: none"> • Medida 3.1. Definición y aprobación en los POEM de la zonificación para el desarrollo de parques eólicos marinos. • Medida 3.2. Elaboración y publicación de visores geográficos con información relativa al recurso eólico marino y de las Energías del Mar en España y a las zonas establecidas en los POEM. • Medida 3.3. Coordinación del marco de acceso y conexión y nuevos modelos de gestión de las redes eléctricas. • Medida 3.4. Adecuación del marco administrativo de autorización de instalaciones renovables marinas.
116 (C7.11): Nuevos proyectos, tecnologías o instalaciones de infraestructuras de energías renovables marinas.	<p>Las medidas aquí listadas facilitarán la implementación del hito, pero no son una condición indispensable para el cumplimiento del mismo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medida 1.1. Desarrollo y refuerzo de plataformas de ensayos. • Medida 1.2. Programas de desarrollo tecnológico.



ESTADO DEL ARTE

La Eólica Marina está avanzando rápidamente hacia su plena madurez tecnológica, presentando ya un elevado potencial para aportar valor añadido al sistema energético nacional, en términos de diversificación de fuentes de energía renovable, de consolidación de la industria y cadena de valor asociada y de mayor diversidad en el aprovechamiento de los recursos endógenos disponibles.

Los principales vectores de desarrollo son el incremento de las dimensiones y potencias unitarias de los aerogeneradores, así como las soluciones de apoyo de las torres. En concreto los nuevos conceptos tecnológicos asociados a la eólica marina flotante han permitido expandir los límites geográficos de las zonas marinas aprovechables más allá de las profundidades en torno a los 50 m que admitían la tecnología de cimentaciones fijas, pudiendo llegar hasta profundidades de 1.000 m, multiplicando las áreas de desarrollo potencial en las costas españolas.

Por su parte, las Energías del Mar se encuentran en una fase tecnológica más temprana, también llena de oportunidades en horizontes temporales más allá de 2030. Para aprovechar este potencial, será necesario que durante esta década las distintas tecnologías ganen volumen de mercado y mejoren sus costes de generación para entrar en la fase comercial en condiciones competitivas frente a otras tecnologías renovables. Por las condiciones del mar en nuestras costas, las tecnologías más apropiadas para España serán la de corrientes de mareas y, con mayor extensión geográfica disponible y potencial, la undimotriz.

Por otra parte, en los últimos años ha emergido la Solar Fotovoltaica Flotante como modelo de aprovechamiento complementario de energías renovables en entorno marino. Los proyectos que se están desarrollando a nivel internacional se detallan en el apartado 2.3.

Este apartado resume el estado de arte y perspectivas hasta 2030 y 2050 de la Eólica Marina, de las Energías del Mar -en las distintas tecnologías disponibles- y de la Solar Fotovoltaica Flotante.

2.1 EÓLICA MARINA

La Eólica Marina se refiere al área energética y tecnológica que permite aprovechar la fuerza del viento en ubicaciones en el entorno marino. España dispone de 6.000 kilómetros de costa en los que existe un recurso eólico estable y abundante, que la reciente evolución tecnológica permite aprovechar como se verá en este apartado.

► Potencial asociado al entorno marino

El recurso eólico existente en el mar es superior en términos de velocidad media, densidad energética y regularidad que en tierra firme:

La ratio de densidad de potencia eólica marina por superficie depende de la configuración del parque, del diámetro de los aerogeneradores, de las pérdidas energéticas que se produzcan al reducir la distancia entre máquinas y, también, de las profundidades marinas en el emplazamiento, debido a la necesidad de separaciones entre los sistemas de fondeo perimetral. En general se considera como rango típico para la ratio medio de densidad entre los 4 MW/km² y los 6 MW/km².

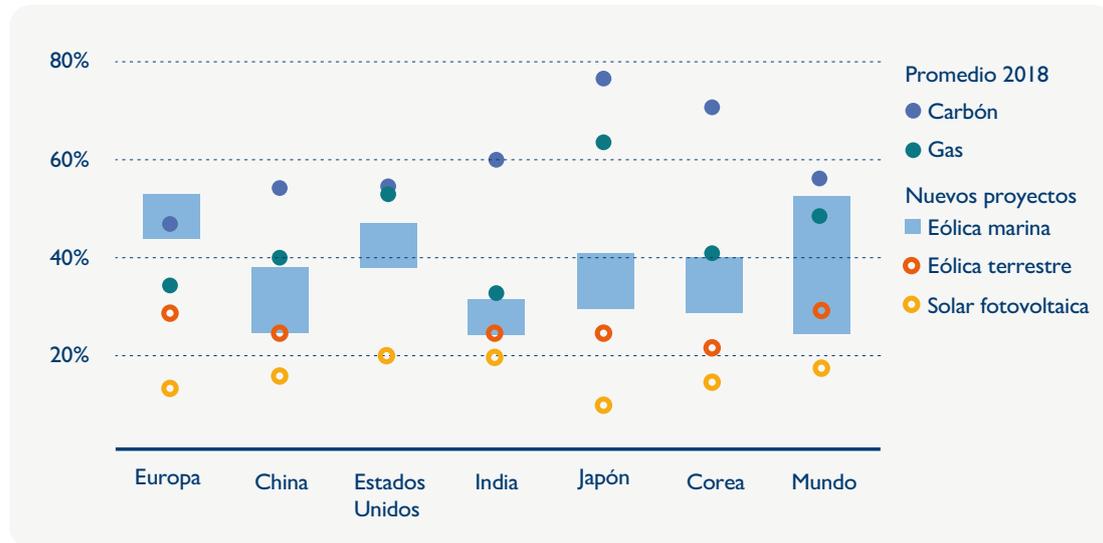
El régimen de viento existente en el mar es más laminar que el de tierra. La menor turbulencia supone menor rugosidad superficial e implica un factor de cortadura vertical bajo, lo cual permite una altura de torre menor que la que sería necesaria en tierra para la misma potencia y dimensiones de pala, suponiendo un ahorro en costes de material.

Por otra parte, la inexistencia de barreras en el entorno marino conlleva una velocidad del viento más constante, lo que supone un mejor recurso e implica un mejor aprovechamiento del mismo. Además, presenta menor intermitencia, permitiendo que las turbinas permanezcan mayor tiempo generando energía. Por ello, la energía eólica marina proporciona factores de capacidad más altos que otras energías renovables. En 2018, el factor de capacidad global promedio para las turbinas eólicas marinas fue del 33%¹³ en comparación con el 25% para turbinas eólicas terrestres y el 14% para energía solar fotovoltaica. **De cara al futuro, se espera que los nuevos proyectos eólicos marinos tengan**

¹³ IEA Offshore Wind Outlook 2019.

factores de capacidad superiores al 40% en condiciones de viento moderado y de más del 50% en áreas con recurso eólico de alta calidad, llegando a alcanzar factores de capacidad comparables a otras formas de generación fósil que no dependen de la disponibilidad de un recurso variable, tal y como se muestra en la siguiente figura.

Figura 6. Comparativa de los factores de capacidad anuales por tecnología y región en el mundo.
Fuente: International Energy Agency-IEA



Los factores de capacidad de la energía eólica marina y la menor variabilidad horaria representan una ventaja potencial sobre otras energías renovables: incluso en ausencia de sistemas de almacenamiento, la eólica marina puede generar electricidad durante todas las horas del día, proporciona mayor firmeza y tiende a producir más energía durante el invierno, contribuyendo a la seguridad de suministro y proporcionando una alta disponibilidad de forma alineada con épocas de elevada demanda. Un elevado factor de capacidad supone también un aprovechamiento mejor y más constante de la infraestructura, optimizando por tanto el uso de materiales, la inversión realizada y la capacidad de conexión eléctrica.

Adicionalmente, el mar presenta menores limitaciones espaciales y de transporte que en tierra. La menor densidad de actividad humana en comparación con entornos en tierra facilita, con una adecuada planificación, la compatibilidad y complementariedad de la expansión de actividades de elevado valor social en el entorno marino que supone la eólica marina con las actividades ya existentes en el entorno. Por su parte, el transporte puede ser más sencillo en el mar que en tierra dado que los diferentes componentes o los aerogeneradores pueden ir montados en su conjunto desde los puertos.

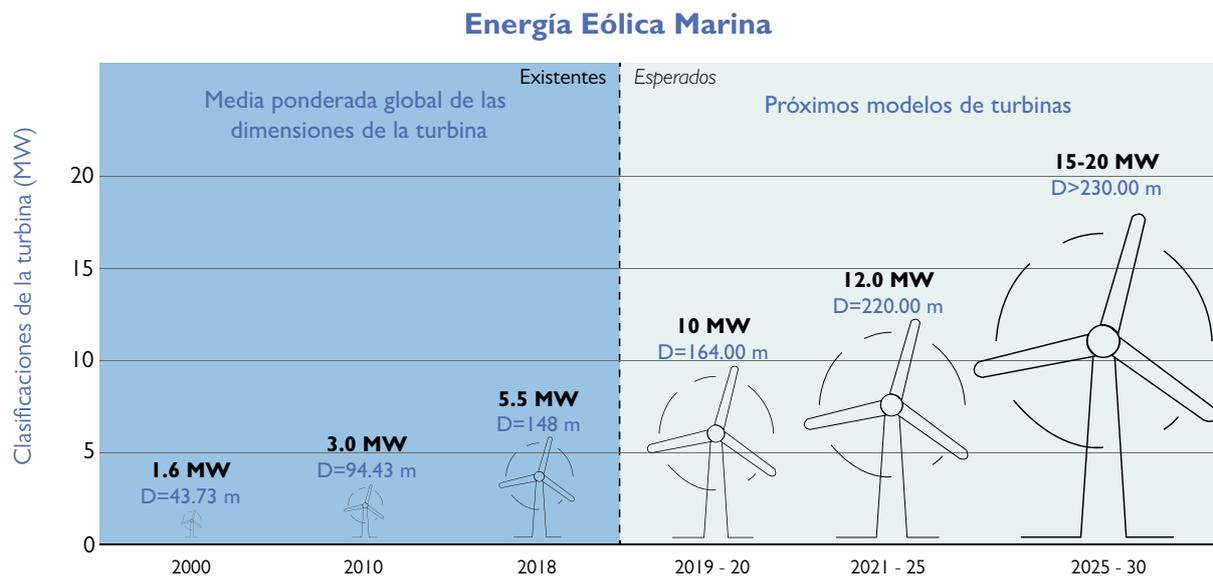
► Implicaciones tecnológicas

A nivel tecnológico, las singularidades que presenta la eólica marina respecto a las instalaciones en tierra vienen dadas por la propia naturaleza del entorno marino.

En cuanto los **aerogeneradores**, éstos operan según el mismo principio que los modelos en tierra, si bien su diseño técnico se ha adaptado gradualmente al entorno marino. La diferencia principal radica en la robustez de estas turbinas para **soportar la corrosión**, por estar sometidas a un entorno agresivo en términos de salinidad, humedad y condiciones climatológicas más adversas. La corrosión no solo afecta a la parte exterior de torre, sino también a su interior y a la estructura de soporte. Por ello, la plataforma y la torre están equipadas con sistemas de regulación de control de humedad y de temperatura para mitigar el riesgo de corrosión interna.

Adicionalmente, la innovación tecnológica, la búsqueda de un mejor aprovechamiento del recurso y las menores restricciones espaciales propias del entorno han llevado a un **aumento en el tamaño de la turbina en términos de altura y área barrida**, y esto ha elevado su rendimiento máximo.

Figura 7. Evolución del tamaño medio de los aerogeneradores.
Fuente: GE Renewable Energy 2018; IRENA 2019c; 2016b; MHI Vestas 2018



El tamaño medio de las turbinas utilizadas en los parques eólicos marinos aumentó de 3 MW en 2010 a 5,5 MW para proyectos terminados en 2018 (IRENA, 2019). Las nuevas turbinas de 10-12 MW podrán lograr factores de capacidad muy por encima del 50% y los prototipos en desarrollo tendrán una potencia de entre 15-20 MW para proyectos de instalación en el mar en 2025-2030.

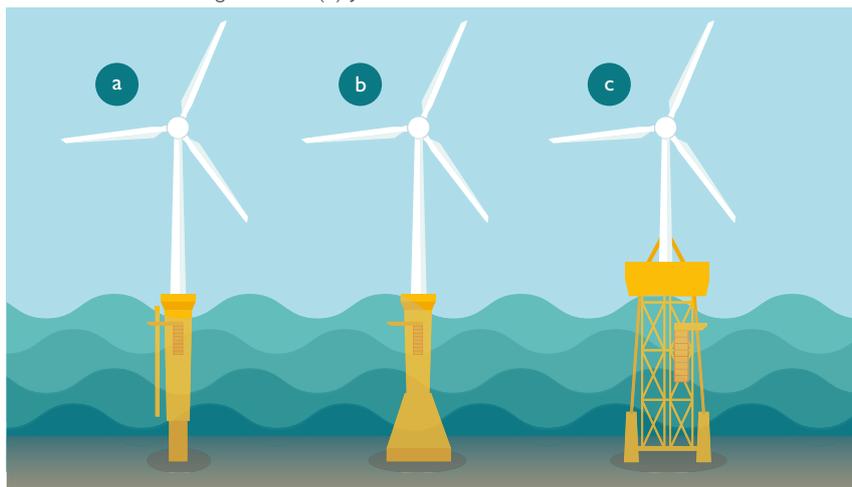
Aparte de las cuestiones mencionadas, la principal diferencia entre la eólica terrestre y la eólica marina es la naturaleza de la **estructura de soporte** que eleva los aerogeneradores sobre el nivel del mar, en función de la profundidad. Se distinguen actualmente **dos tipologías principales de tecnologías de eólica marina**, las basadas en estructuras montadas sobre cimentaciones fijas y las basadas en estructuras flotantes ancladas al fondo marino mediante cables o cadenas. La diferencia principal radica en la forma en que el aerogenerador es fijado al fondo marino, pero también en las técnicas de instalación y montaje y en la disponibilidad de áreas adecuadas para una u otra tipología en función de la profundidad.

► Aerogeneradores marinos con cimentación fija.

Las estructuras de apoyo con cimentación fija (bottom fixed) son estructuras montadas sobre el suelo marino y son clasificadas en función de la profundidad a la que se vaya a instalar:

- ▶ **“Monopilote”**, solución aplicada para bajas profundidades, ubicadas por debajo de los 15 metros de profundidad. Son estructuras sencillas compuestas por un cilindro de acero enterrado en el lecho marino que sujeta la torre del aerogenerador.
- ▶ **“De apoyo por gravedad”**, utilizado en profundidades comprendidas entre 15 y hasta 60 metros en las soluciones en desarrollo tecnológico, que consiste en una plataforma de hormigón o de acero que requiere preparación previa del lecho marino.
- ▶ **“Jackets” o “trípode”**, a partir de los 30 metros de profundidad se requieren estructuras de soporte y sujeción más complejas, en las que las cimentaciones incorporan 3 o 4 puntos de anclaje al fondo marino.

Figura 8. Diferentes tecnologías de cimentación fija (a). Monopilote, (b). Apoyo por gravedad. (c) Jackets. Fuente: MITECO-IDAE

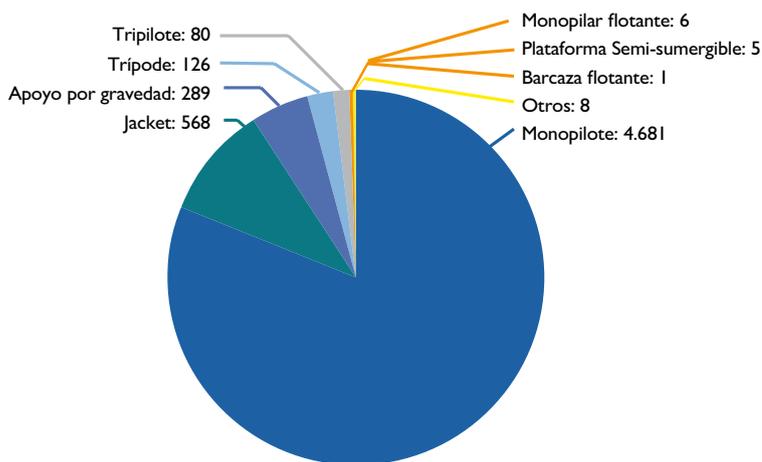


Hasta la fecha, la totalidad de los parques eólicos marinos comerciales en servicio se ha basado en estas tipologías de cimentación fija, habiendo alcanzado una cifra acumulada de 29 GW¹⁴ de potencia eólica marina en operación a finales de 2019. Estas estructuras fijas se han concentrado en aguas de profundidades inferiores a 60 metros y cercanas a la costa, debido a su menor coste. En Europa, la tipología de “monopilote” representó el 80,5% de las cimentaciones utilizadas para los aerogeneradores marinos en el año 2020¹⁵.

En la figura de la derecha se puede ver la proporción del tipo de cimentación instalada en los parques eólicos marinos puestos en funcionamiento en Europa hasta finales de 2020.

La tecnología de eólica marina de cimentación fija ha experimentado un avance significativo desde la instalación de los primeros parques. Los esfuerzos en I+D+i se han enfocado en la eficiencia en costes sin perder prestaciones ni afectar a la seguridad de las instalaciones, utilizando turbinas eólicas de mayor tamaño y mejor aprovechamiento del viento. Además, la optimización de las tecnologías implicadas y de sus procesos productivos han permitido reducir radicalmente su LCOE¹⁶, logrando hasta un 70% de reducción en menos de 10 años.

Figura 9. Número acumulado de cimentaciones en Europa a finales de 2020, por distintas tipologías. Fuente: WindEurope. ‘Offshore Wind in Europe. Key Trends and Statistics 2020’

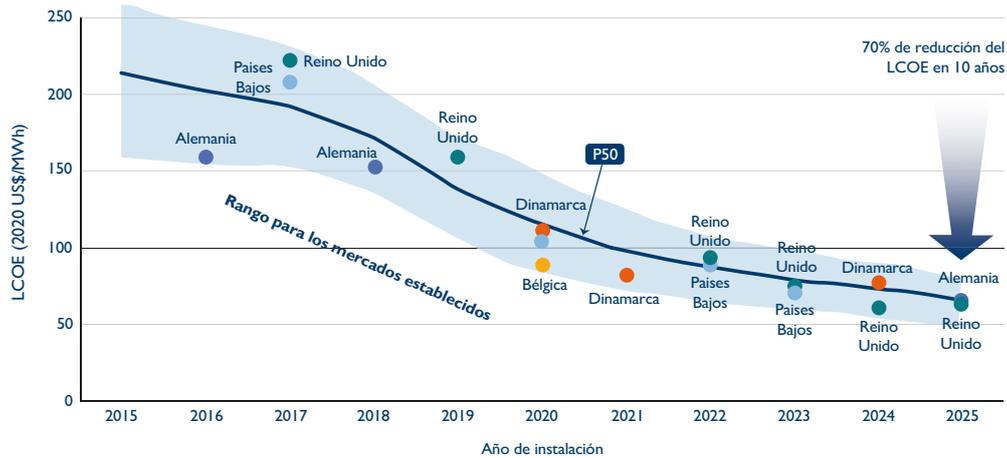


¹⁴ IEA. ‘Offshore Wind Outlook 2019’ (<https://www.iea.org/reports/offshore-wind-outlook-2019>).

¹⁵ WindEurope. ‘Offshore Wind in Europe. Key Trends and Statistics 2020’ (<https://windeurope.org/data-and-analysis/product/offshore-wind-in-europe-key-trends-and-statistics-2020/>).

¹⁶ LCOE – ‘Levelized Cost of Energy’ / ‘Coste Nivelado de la Energía’, entendido como el conjunto de costes de inversión y explotación de una instalación puesta en servicio, por unidad de generación eléctrica neta a lo largo de su vida útil.

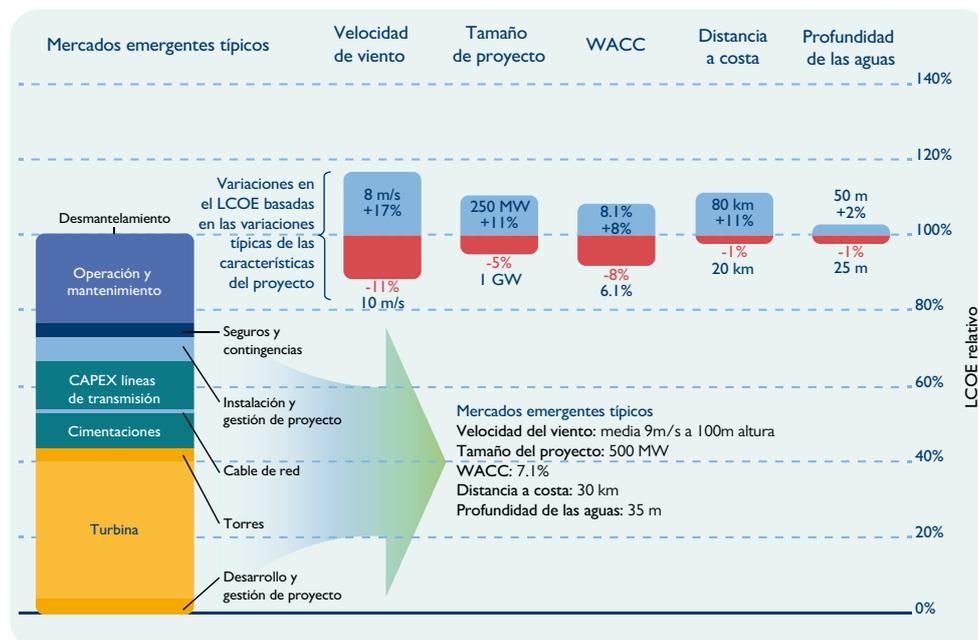
Figura 10. Evolución del LCOE de la eólica marina hasta 2020 junto con precios de adjudicación de subastas europeas a futuros. Fuente: BVG Associates & ESMAP – World Bank Group 2021¹⁷



Los nuevos proyectos desarrollados en Europa con turbinas de 10 MW, han permitido un ahorro de costes de inversión y de mantenimiento todavía mayor y factores de capacidad superiores al 50% en muchos emplazamientos. Como ilustra la figura 10, **las últimas subastas europeas han conseguido unas reducciones muy significativas de precios, llegando incluso a tarifas inferiores a 50 €/MWh**¹⁸.

En determinadas circunstancias y tecnologías de generación eléctrica, el LCOE de la eólica marina se ha reducido a valores que la hacen competitiva y, por lo tanto, una solución abordable para muchos países de la Unión Europea para alcanzar los objetivos de descarbonización.

Figura 11. Desglose típico de LCOEs de un proyecto eólico marino representativo en un mercado emergente, incluyendo el impacto de los “parámetros físicos clave”. Fuente: ESMAP – World Bank Group 2021¹⁶



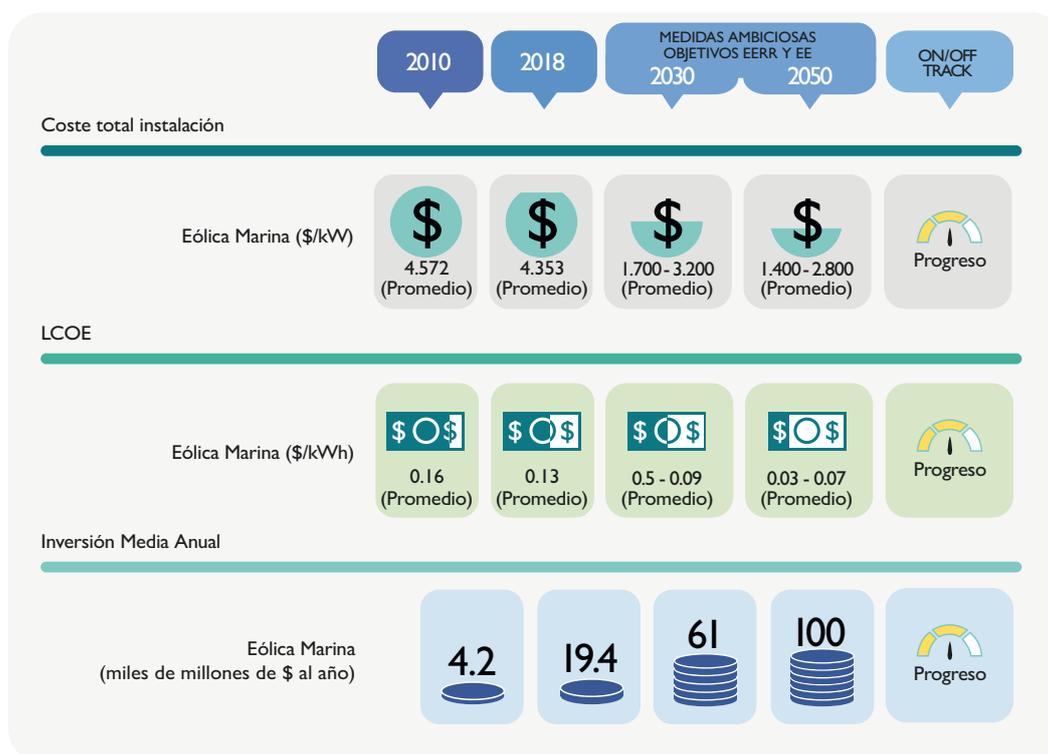
¹⁷ ESMAP – World Bank Group 2021. Key Factors for Successful Development of Offshore Wind in Emerging Markets' (<https://esmap.org/key-factors-for-successful-development-of-offshore-wind-in->).

¹⁸ Bloomberg New Energy Finance 2019 (BNEF).

La consecución de los costes de generación (LCOE, 'Levelized Cost of Energy') óptimos en los proyectos eólicos marinos en España, tendrá lugar cuánto mayor número de los siguientes "parámetros físicos clave" se presenten en tales proyectos:

- ▶ Elevado recurso eólico en el emplazamiento, por repartir las inversiones y los costes de explotación en una mayor generación eléctrica. Este factor es el de mayor impacto para la reducción de los costes de generación.
- ▶ Mayor tamaño del parque eólico marino y de la potencia unitaria de las turbinas, por economía de escala.
- ▶ Minimización de los costes financieros a través de marcos de referencia efectivos y la Gestión adecuada de los riesgos del Proyecto y los costes de explotación, de arrendamientos y de obtención de permisos.
- ▶ Menor distancia a la costa y a los nudos de conexión a la red de transporte.
- ▶ Menor profundidad del emplazamiento marino. Este factor sería el de menor impacto para la reducción de los costes de generación, gracias a los avances tecnológicos con soluciones flotantes.

Figura 12. Valor actual y previsión a futuro del coste total, LCOE e inversión anual media de los proyectos de eólica marina. Fuente: Future of Wind. Deployment, investment, Technology, grid integration and socio-economic aspects. IRENA 2019



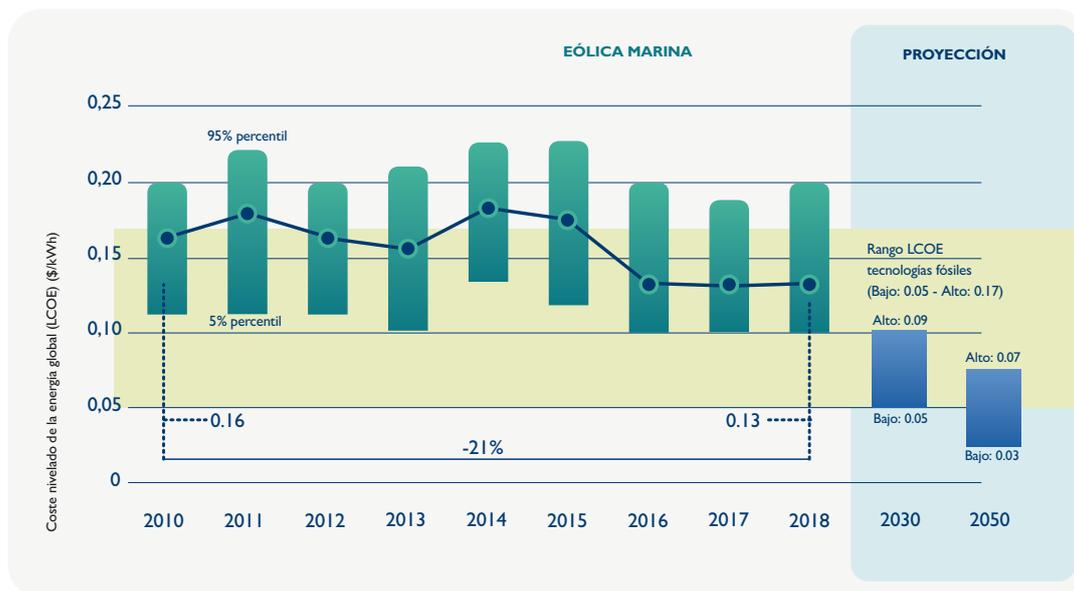
Según los análisis de la Agencia Internacional de la Energía¹⁹ el desarrollo de la tecnología permitirá alcanzar reducciones de un 40% adicional del LCOE para 2030, hasta valores entre 30-40 €/MWh, y del 60% para 2040.

En el análisis de IRENA publicado en octubre de 2019²⁰, se llegan a conclusiones similares, en el sentido de que la eólica marina alcanzará valores competitivos en otros mercados antes de 2030 y valores entre 0,03 a 0,07 \$/kWh para 2050 (ver figura 12).

¹⁹ Fuente: IEA Offshore Wind Outlook 2019.

²⁰ Future of Wind. Deployment, investment, Technology, grid integration and socio-economic aspects. IRENA 2019.

Figura 13. Evolución del LCOE de la eólica marina 2030-2050. Fuente: EA Offshore Wind Outlook. IRENA 2019



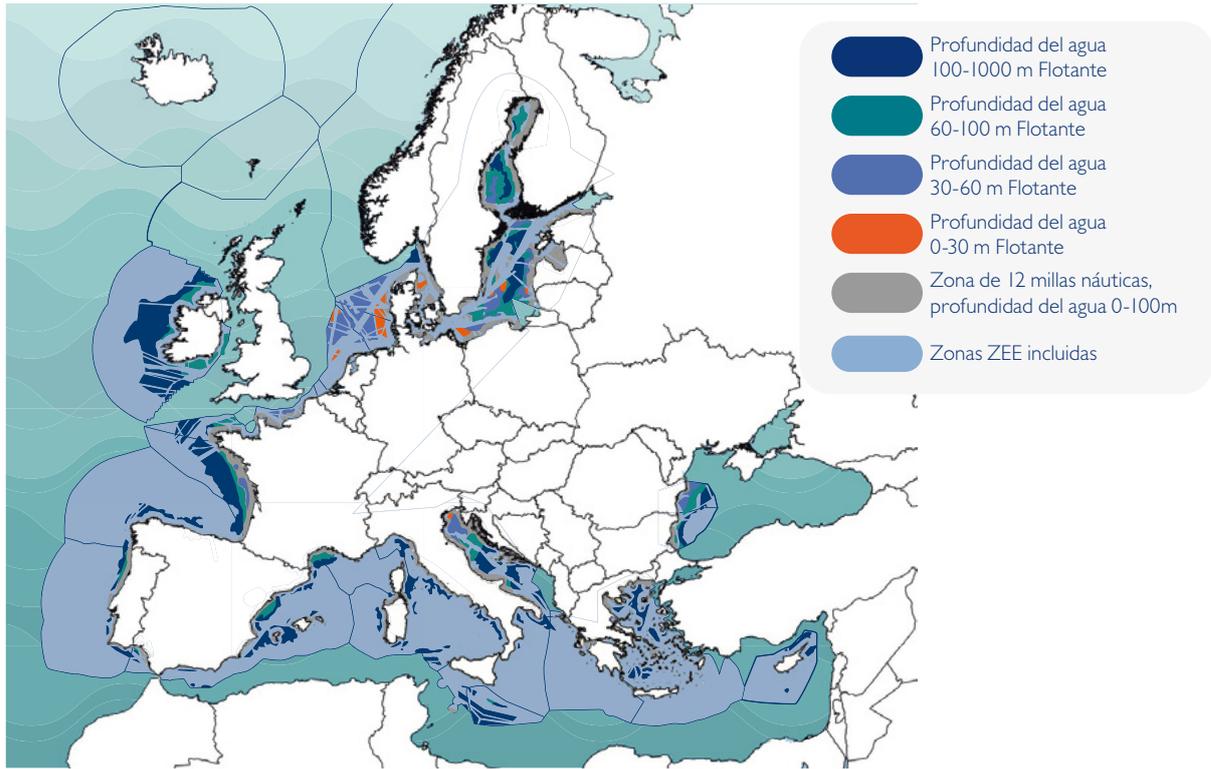
No obstante, a pesar de las mejoras tecnológicas y logísticas, **las estructuras de cimentación fija devienen inviables en ubicaciones con profundidades superiores a los 50-60 metros de profundidad**, por los mayores costes económicos y las dificultades prácticas de instalación y operación. Todo ello supone una limitación para el uso de las soluciones de cimentación fija en una proporción significativa del entorno marino europeo y global, especialmente de entornos con mayores potenciales de viento. En este contexto, cobran relevancia las soluciones de plataforma flotante.

► Aerogeneradores marinos sobre plataforma flotante

Las estructuras flotantes ofrecen oportunidades decisivas para la industria eólica marina y abren la puerta a nuevos emplazamientos más alejados de la costa que, con los conceptos tecnológicos de cimentación fija eran técnica y económicamente inaccesibles. Para esta nueva tecnología, la restricción de profundidad proviene del tendido de las infraestructuras eléctricas submarinas de evacuación, que **pueden alcanzar cientos de metros de profundidad**.

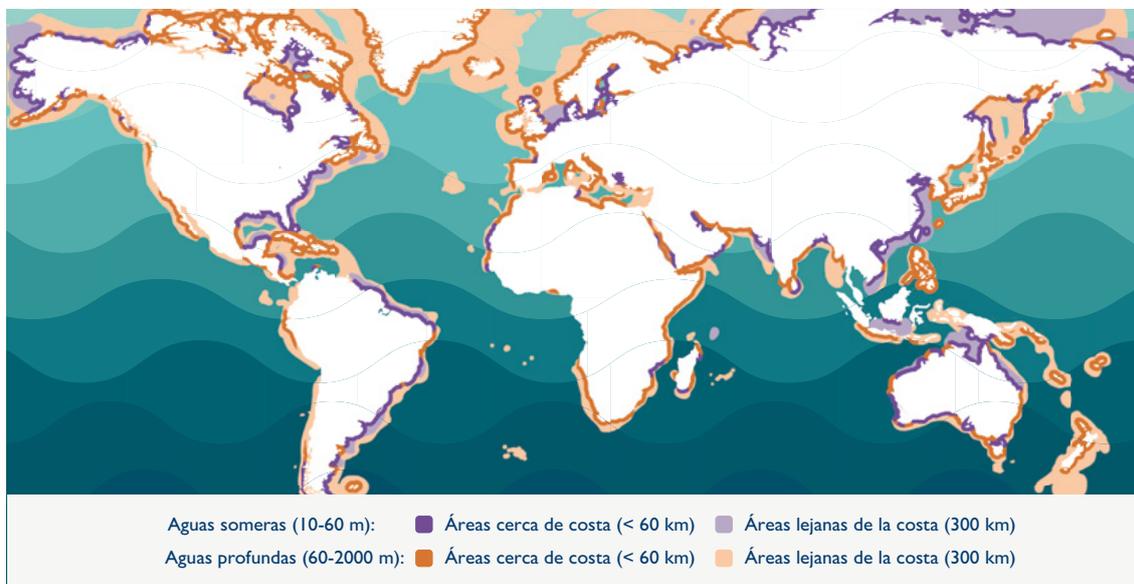
Así pues, si bien el Mar del Norte es hasta ahora la región que lidera en potencia instalada en energía eólica marina, los conceptos flotantes permiten desplegar aerogeneradores en extensas áreas marinas profundas con mayor potencial de viento. A nivel europeo, la Figura 13 ilustra el potencial que abren para el despliegue de la energía eólica marina las soluciones flotantes con respecto a las de cimentación fija. Esta diferencia es notable en el entorno de la Península Ibérica, pero también en gran parte de la costa atlántica y del mediterráneo con profundidades superiores a los 50m a poca distancia de la costa.

Figura 14. Potencial de energía eólica marina en las cuencas marinas accesibles a la UE-27. Fuente: JRC



Este principio es extrapolable a nivel global: Como referencia internacional, se estima que entre el 60%-80% del recurso eólico marino se ubicaría en zonas donde la única opción tecnológica sería flotante²¹, tal y como se puede observar en la figura 15.

Figura 15. Mapa global del potencial eólico marino. Fuente: IEA OffShore Wind Outlook 2019



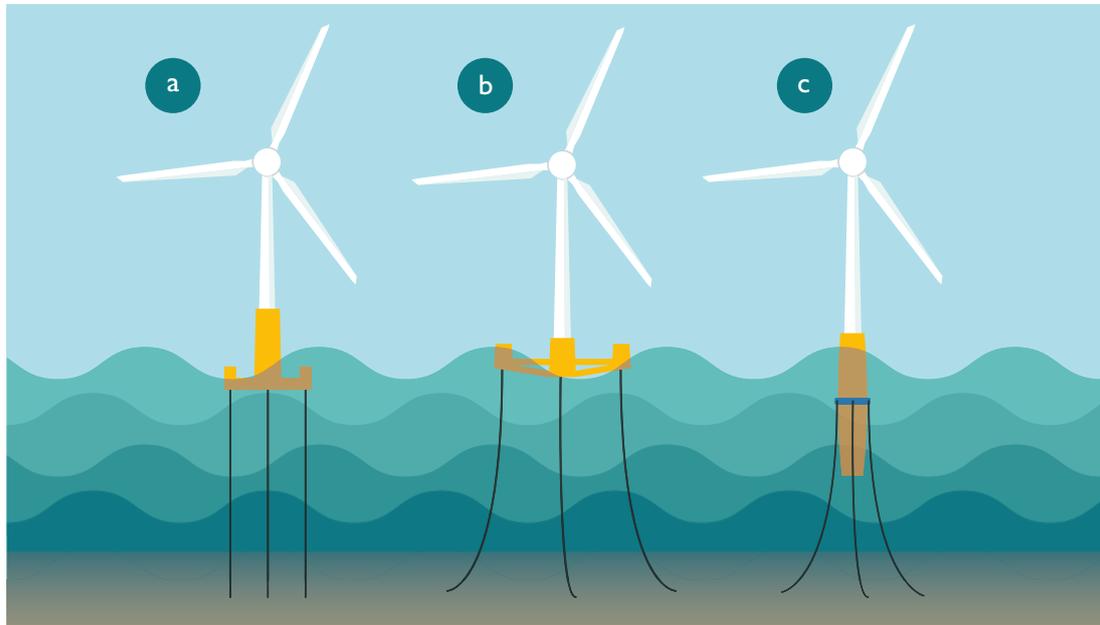
²¹ Future of Wind, Octubre 2019 - IRENA.

El desarrollo de las tecnologías flotantes supone, por tanto, un enorme potencial de despliegue de la energía eólica marina y un factor imprescindible para su adecuado despliegue a nivel español, europeo y global.

En la actualidad existen al menos tres soluciones flotantes que ya han superado la instalación de proyectos precomerciales y que demuestran la madurez tecnológica necesaria para competir en el mercado. Éstas son clasificadas, en función del sistema de anclaje al fondo marino, en:

- ▶ **Monopilar flotante o “spar”**, boya flotante cilíndrica amarrada por cables o cadenas al fondo marino.
- ▶ **Plataforma semi-sumergible**, anclada al fondo marino basada en la experiencia de la industria del gas y del petróleo.
- ▶ **Plataforma de apoyo en tensión (TLP, ‘Tension-Leg Platform’)**: estructura flotante amarrada verticalmente mediante cables tensionado para instalar aerogeneradores en entornos marinos de alta profundidad.

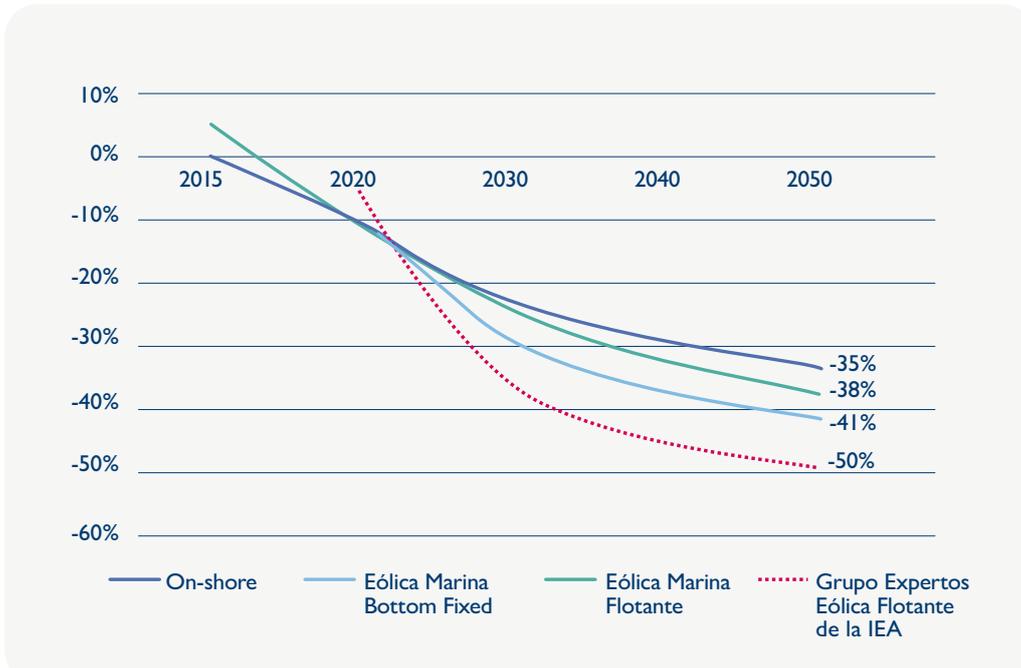
Figura 16. Tecnologías de eólica flotante: (a) plataforma de apoyo en tensión (TLP), (b) plataforma semi-sumergible y (c) monopilar flotante o “spar”. Fuente: MITECO-IDAE



La superación de las fases de demostración que han logrado distintas tecnologías flotantes hasta el momento permite plantear la instalación de parques comerciales en emplazamientos de aguas profundas, precisamente aquellos que mejor se ajustan a las características del litoral español. Para el horizonte 2030 se espera una rápida evolución, y maduración de la energía eólica marina flotante en Europa, con una reducción de costes significativa que permita la plena competitividad de las soluciones de eólica marina flotante.

Según se muestra en la siguiente figura, se prevé que la eólica marina flotante seguirá una trayectoria de coste equivalente de la energía descendente más pronunciada que la eólica terrestre, en parte gracias al acceso a zonas de mayor recurso y, por tanto, mejor factor de capacidad. Se espera que los costes de esta tecnología disminuyan entre un 38% y un 50% hasta 2050.

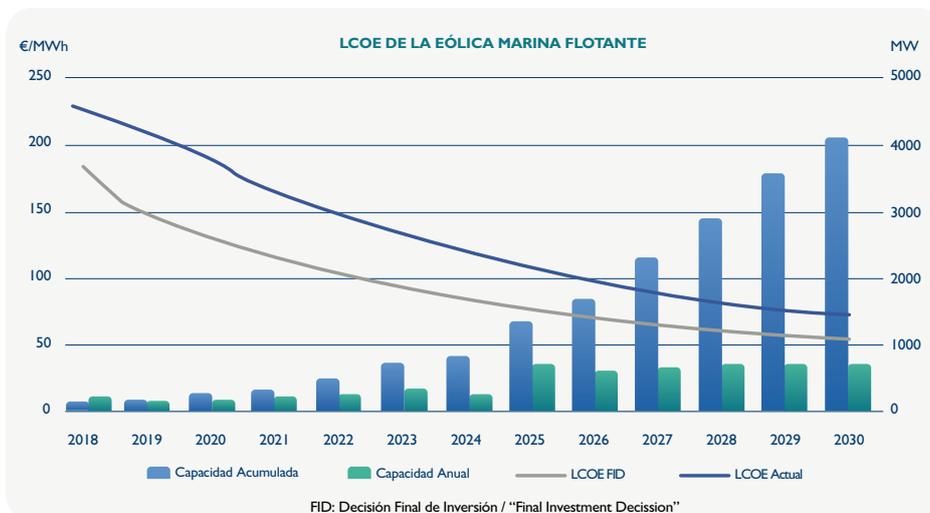
Figura 17. Comparativa de la reducción del LCOE de la eólica marina flotante, con eólica marina de cimentación fija y eólica terrestre. Fuente: Agencia Internacional de la Energía - IEA



Hasta el momento esta tecnología ya ha experimentado una reducción de costes mayor que la eólica marina de cimentación fija, esperándose que siga la misma senda desde los actuales 180-200 €/MWh para proyectos precomerciales de pequeña escala, hasta los 80-100 €/MWh en 2025 para los primeros proyectos a escala comercial utilizando tecnologías probadas existentes. Se espera que pueda alcanzar los 40-60 €/MWh para 2030 a escala comercial.

Como ha ocurrido los últimos años con otras tecnologías renovables, es necesario alcanzar una masa crítica en el despliegue de proyectos, que permitan además la consolidación tecnológica en torno a las soluciones más competitivas, en línea con los objetivos de esta Hoja de Ruta. En consecuencia, la evolución real de reducción de costes durante la próxima década para la eólica marina flotante dependerá de la velocidad del despliegue de las instalaciones comerciales (Ver Figuras 18 y 19).

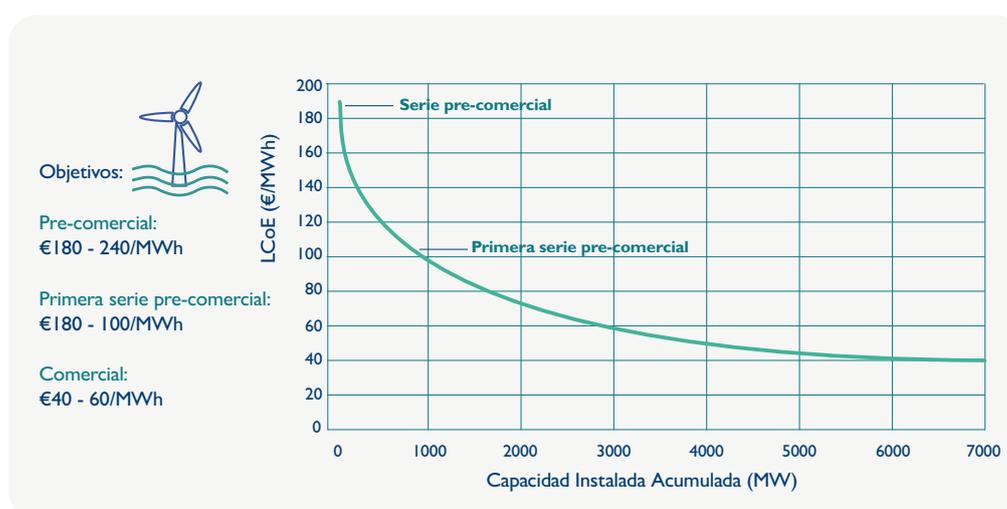
Figura 18. Reducción del LCOE de la eólica flotante hasta 2030. Fuente: Floating Offshore Wind Energy - WindEurope



A diciembre de 2020, **en comparación con los mencionados 29 GW de eólica marina de cimentación fija**, había instalados unos 88 MW²² de eólica flotante a nivel mundial, todos precomerciales, con un tamaño entre los 2 MW y los 30 MW, constituidos por entre 1 y 5 máquinas de hasta 8,4 MW de potencia unitaria. Teniendo en cuenta los proyectos previstos, **a 2022 se alcanzará una capacidad acumulada mundial de eólica flotante de aproximadamente 350 MW**.

Nos encontramos, por tanto, en un punto de inflexión que determinará el potencial de despegue de la eólica marina flotante en las próximas décadas. Según IRENA²³, se estima que a 2030 se podría contar con entre 5 y 30 GW de tecnología flotante instalada a nivel global. Como referencia complementaria, en la “Estrategia Europea sobre las Energías Renovables Marinas” la Comisión Europea establece un objetivo a 2030 para el conjunto de la Eólica Marina de 60 GW, sin desglosarlo en cimentación fija y flotante.

Figura 19. Reducción del LCOE de la Eólica Marina flotante en función de la potencia instalada acumulada.
Fuente: WindEurope 2019



Por último, es interesante señalar que el desarrollo de la eólica marina flotante permitirá **reducir los costes y riesgos actualmente relacionados con la construcción, instalación, operación y desmantelamiento** de instalaciones tradicionales de eólica marina fija. Al estar están situados en estructuras flotantes, requerirán menos operaciones bajo el nivel del mar, y la mayoría de las actividades de instalación y mantenimiento se llevarán a cabo en tierra, reduciendo así costes y riesgos.

Los avances tecnológicos en energía eólica marina flotante permiten además la utilización de nuevas técnicas que minimizan potenciales impactos ambientales respecto a las técnicas asociadas a los proyectos presentados hace más de una década.

► Otros elementos de los parques eólicos marinos

Las oportunidades y retos singulares que supone el entorno marítimo han impulsado una elevada diversidad de elementos y soluciones tecnológicas en los propios aerogeneradores y en sus estructuras de soporte como se ha visto anteriormente. Adicionalmente, destacan las siguientes actividades por sus complejidades logísticas:

- **El cableado de conexión interior** de los distintos aerogeneradores que componen el parque eólico y la línea de evacuación de la energía hasta tierra, suponen una de las mayores partidas de costes de los proyectos eólicos marinos. El cableado depende del tipo del fondo marino y puede ir sobre el fondo o enterrado.

²² WindEurope. 'Offshore Wind in Europe. Key Trends and Statistics 2020' (<https://windeurope.org/data-and-analysis/product/offshore-wind-in-europe-key-trends-and-statistics-2020/>).

²³ IRENA. 'Future of Wind'. October 2019 (<https://www.irena.org/publications/2019/Oct/Future-of-wind>).

- ▷ **La subestación eléctrica** es el elemento clave para la transmisión de energía eléctrica submarina que por las condiciones ambientales se construye en una estructura interior en plataformas ancladas al fondo marino.
- ▷ Las instalaciones de generación eólica marina, por sus grandes dimensiones y sus particularidades de operación y mantenimiento requieren una especialización en algunos sectores específicos:
 - En particular el **transporte naval** y las infraestructuras portuarias se están especializando, no solo para dar soluciones de transporte y estructuras, y no sólo para el **montaje inicial**, sino para los posibles procesos correctivos y para atender averías y emergencias, así como el impacto de éstas en la seguridad marítima o el medio marino.
 - Debido a las grandes dimensiones de los aerogeneradores offshore, la instalación de parques eólicos marinos requiere de **buques muy especializados** que incorporan grúas de grandes dimensiones de los cuales existe poca oferta en el mercado. Además, la complejidad que tiene el traslado y montaje de un aerogenerador se multiplica al ser en un ambiente marino, tanto por costes como por retos técnicos y especialización de empresas. Actualmente se están probando soluciones tecnológicas innovadoras para mitigar la dependencia de la utilización de grandes medios auxiliares marinos.
- ▷ El nivel de supervivencia en alta mar debe ser mayor que su equivalente en tierra por los mayores costes del mantenimiento correctivo, por lo que los **sistemas de sensorización, mando y control** son mucho más exigentes para un mantenimiento preventivo más optimizado. Esto requiere de soluciones tecnológicas de monitorización y control avanzadas y robustas.

En cuanto a las **interacciones con su entorno**, existen multitud de potenciales sinergias entre la energía eólica y el sector pesquero y ya hay ejemplos de las dos industrias trabajando juntas, poniendo en valor el conocimiento, la experiencia y capacidades relativas al entorno marino que ya posee el sector pesquero.

No obstante, desde el sector de la Pesca en España todavía se identifican riesgos y potenciales afecciones desfavorables a su actividad por el desarrollo de tecnologías renovables marinas. Entre sus preocupaciones y propuestas se encuentran:

- ▷ Que se garantice la no afección a caladeros históricos y tradicionales específicos de los pescadores locales.
- ▷ Que no repercuta negativamente a nivel medioambiental, ecológico, socioeconómico y cultural, ni sobre los pescadores y los productores acuícolas, ni sobre la seguridad alimentaria -por la condición de la Pesca, reconocida en la Agenda 2030 como sector clave, motor económico y como actividad vertebradora del territorio²⁴.
- ▷ Según el sector pesquero, los pescadores podrían evitar zonas con parques eólicos marinos incluso si el acceso está permitido, por el riesgo de daños accidentales, enganches y pérdida de artes de pesca.
- ▷ Ubicación, cuando sea posible, de parques eólicos marinos en zonas dónde no esté permitida la pesca de forma definitiva.
- ▷ Que los restos de infraestructuras por el desarrollo de instalaciones renovables marinas que subyazcan, no planteen riesgos para la seguridad de los buques pesqueros.

En consecuencia, será fundamental en España establecer foros de encuentro y diálogo entre los promotores de proyectos renovables marinos, las cofradías de pescadores de las zonas en las que interaccionen tales proyectos y la administración marítima y el sector del transporte marítimo en general. Cabe resaltar las iniciativas previas de cooperación para elaboración de los POEM, Consulta pública previa de la Hoja de Ruta de Energías del mar entre otras.

²⁴ Gobierno de España. Ministerio de Derechos Sociales y Agenda 2030. 'Informe de Progreso 2021 y Estrategia de Desarrollo Sostenible 2030'. Página 213 (<https://www.mdsocialesa2030.gob.es/agenda2030/documentos/informeprog21eds30r.pdf>).

Se plantea un **enfoque integrador que contemple el despliegue de las instalaciones renovables en el mar en sintonía con las actividades pesqueras y fomentando su participación durante el desarrollo de los proyectos** (por ejemplo: con la creación de consultas previas a las partes interesadas a fin de detectar potenciales dificultades en su fase preliminar y reconocer la importancia de todos los actores, la participación de terceros independientes y/o beneficios socioeconómicos a los pescadores y a las comunidades locales, especialmente en las regiones dependientes de la pesca), así como **facilitar unas orientaciones sobre las mejores prácticas para la ordenación del espacio marino y la cooperación entre usuarios del mar**.

La pesca en parques eólicos está permitida en algunos mercados europeos, maximizando la compatibilidad entre actividades también a efectos de zonificación. En este sentido, la Estrategia europea de energías renovables marinas identifica los sectores de la pesca y acuicultura como claves a la hora de valorar la compatibilidad entre las distintas actividades. En ella, la Comisión propone organizar una Conferencia Europea de Alto Nivel de Energías Renovables Marinas, con presencia de estos sectores junto con Estados Miembro y sociedad civil para promover intercambio de mejores prácticas y discutir retos comunes. Se ha constatado la existencia de experiencias positivas en países del norte de Europa que llevan años investigando las posibles sinergias entre la actividad pesquera y la presencia de parques eólicos. Así, el estudio 'Impact of the use of offshore wind and other marine renewables on European fisheries'²⁵, encargado por la Comisión de Pesca del Parlamento Europeo, recoge las buenas prácticas de coexistencia, co-ubicación y cooperación entre el sector eólico y pesquero en países como Reino Unido, Dinamarca, Bélgica, Países Bajos y Alemania. En el citado informe se incluyen ejemplos de buenas prácticas para la coexistencia de la Pesca y los parques eólicos marinos, tal como sucede en Dinamarca, donde la Ley de Pesca establece un proceso de consulta, en el que los promotores presentan y discuten su plan de desarrollo directamente con el sector pesquero. Las negociaciones incluyen posibles medidas de mitigación, así como compensaciones económicas. Las medidas de mitigación son, por ejemplo, la inclusión de los pescadores en la construcción y el funcionamiento del parque o la autorización de la pesca pasiva dentro del parque. Las negociaciones sobre las compensaciones las lleva a cabo la Asociación Danesa de Pescadores (verificadas por un consultor independiente).

Por otra parte, en el Reino Unido se creó un grupo denominado 'Fishing Liaison with Offshore Wind and Wet Renewables (FLOWW)', que facilita las consultas y el debate entre los sectores de la pesca y la energía eólica desde 2002. El FLOWW elaboró además unas "Directrices de buenas prácticas para la pesca de los promotores de energía en alta mar" que contemplan la mitigación y la planificación de la coexistencia, como la compensación por perturbaciones y la pérdida de ingresos para la pesca. Las técnicas de pesca pasiva o la navegación siguen estando permitidas en los parques eólicos en el mar; los pescadores solo están excluidos cuando un proyecto está en construcción o cerrado por mantenimiento. Además, ha surgido un mercado para el turismo y la pesca recreativa con barcos de alquiler dentro de los parques. Los efectos de los arrecifes artificiales mejoran las oportunidades para la pesca con caña en el mar.

A nivel ambiental, el despliegue de la energía renovable en entornos marinos debe ser compatible con la protección de la biodiversidad. La Evaluación Ambiental Estratégica del PNIEC establece las directrices que deberán cumplir el despliegue de la eólica marina y de las infraestructuras eléctricas de evacuación asociadas. Cobran relevancia los hábitats bentónicos, que requieren que los elementos de anclaje y cableado se diseñen y ubiquen de modo que se minimice su interferencia. En este contexto, las tecnologías flotantes podrían suponer una reducción en la intensidad de los impactos producidos sobre los fondos marinos más someros, tanto en la fase de construcción como en la de operación. Son también relevantes las comunidades de aves marinas, al igual que ocurre con infraestructuras en tierra, por lo que la zonificación contenida en los POEM tiene en cuenta de forma prioritaria las áreas catalogadas como ZEPA (Zona de especial protección para las aves), así como las áreas identificadas de interés y valiosas para las aves marinas y las áreas críticas para algunas especies de cetáceos, a la vez que habrá de considerar la presencia de hábitats marinos de interés comunitario. Así, la identificación de ubicaciones favorables para el desarrollo de la eólica marina parte del análisis de la distribución conocida de los elementos más sensibles a este tipo de actividad. En todo caso, como ocurre en los proyectos en tierra,

²⁵ Estudio Impact of the use of offshore wind and other marine renewables on European fisheries ([https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2020/652212/IPOL_STU\(2020\)652212_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2020/652212/IPOL_STU(2020)652212_EN.pdf)).

la tramitación de los proyectos estará sujeta al procedimiento de evaluación de impacto ambiental que deberá analizar los potenciales impactos en cada caso concreto. Además, los proyectos deberán contar con el correspondiente título de ocupación de dominio público marítimo-terrestre, y con el informe de compatibilidad con las estrategias marinas.

En particular, la zonificación contenida en los Planes de Ordenación del Espacio Marino (Borradores POEM en fase de consulta pública a diciembre de 2021, ver Anexo IV) tiene en cuenta de forma prioritaria de preservación del entorno marino las siguientes áreas marinas:

- ▶ Aquellas áreas catalogadas como ZEPA (Zona de especial protección para las aves) declaradas en el mar.
- ▶ Dos áreas en estudio en el marco del proyecto INTEMARES para declarar próximamente como ZEPA (el espacio marino costero al norte de Barcelona y el Estrecho de Gibraltar).
- ▶ Aquellas áreas identificadas como valiosas y de interés para aves marinas en el marco del análisis de insuficiencias en la RN2000 marina del proyecto INTEMARES.
- ▶ En los ZEC/LIC, aquellas zonas en las que exista presencia de Hábitats de Interés Comunitaria (1110, 1120, 1170, 1180, 8330).
- ▶ En las áreas identificadas como valiosas o de interés para hábitats en el marco del proyecto INTEMARES – incluyendo las seis áreas en estudio en el marco de dicho proyecto para declarar próximamente como LIC, en concreto Montañas submarinas de Mallorca, Cap Bretón, y Seco de Palos –, aquellas zonas en las que exista presencia de Hábitats de Interés Comunitario.
- ▶ Áreas críticas de especies (en especial orca, zifio, cachalote, marsopa y calderón).

No obstante, también se han reportado ejemplos positivos en la interacción entre las instalaciones eólicas marinas y la biodiversidad marina, si bien requieren de mayor investigación.

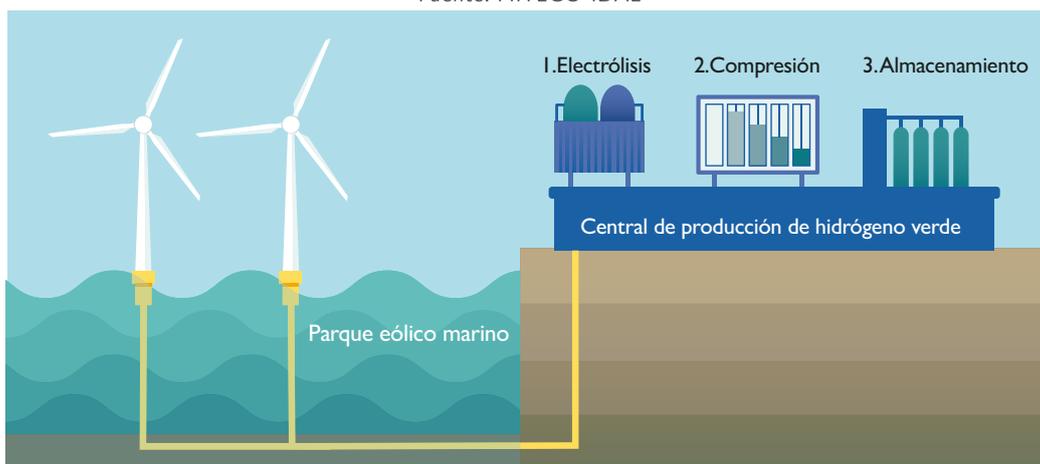
En todo caso para poder llevar a cabo esta convivencia es fundamental una adecuada caracterización ambiental de la zona con carácter previo al despliegue (línea de base), así como establecer sistemas de seguimiento ambiental que permitan realizar trabajos en funciones de vigilancia y seguridad, y la observación de aves y mamíferos para la monitorización ambiental.

Por otra parte, el despliegue de las energías renovables en el entorno marino debe ser compatible con los usos previos del espacio, como, por ejemplo, la navegación marítima. Para ello, se han de evaluar para cada proyecto su impacto en la seguridad en la navegación, los sistemas de comunicaciones y de ayudas a la navegación, las actividades de búsqueda y salvamento y las actividades de prevención y lucha contra la contaminación marina.

Asimismo, la eólica marina y otras energías del mar tienen un enorme potencial de **interacción con otros avances relevantes en el ámbito energético**. Destaca, entre otros, el potencial de hibridación de la eólica marina con otras tecnologías de generación renovable y con sistemas de almacenamiento, que permitiría aumentar la eficiencia de las instalaciones para un aprovechamiento óptimo del recurso renovable y dotar al sistema eléctrico de flexibilidad para poder integrar grandes cantidades de generación renovable, asegurando una operación segura y económicamente eficiente, en línea con lo previsto en la *Estrategia de Almacenamiento Energético*.

Por otra parte, la generación de hidrógeno renovable a partir de la energía eólica marina es una alternativa que contribuye al acoplamiento de sectores, con el potencial de optimizar el aprovechamiento, en su caso, de los excedentes de generación de la instalación offshore en momentos de excedente de generación renovable o en casos de limitada capacidad de conexión a red. Si bien en el caso de España, el elevado recurso fotovoltaico y eólico terrestre es una de las bases para el desarrollo del hidrógeno renovable en condiciones de elevada competitividad, priorizando los usos de cercanía y acoplando oferta y demanda en línea con la *Hoja de Ruta del Hidrógeno*, existen sinergias a explorar en el desarrollo tecnológico, industrial y energético.

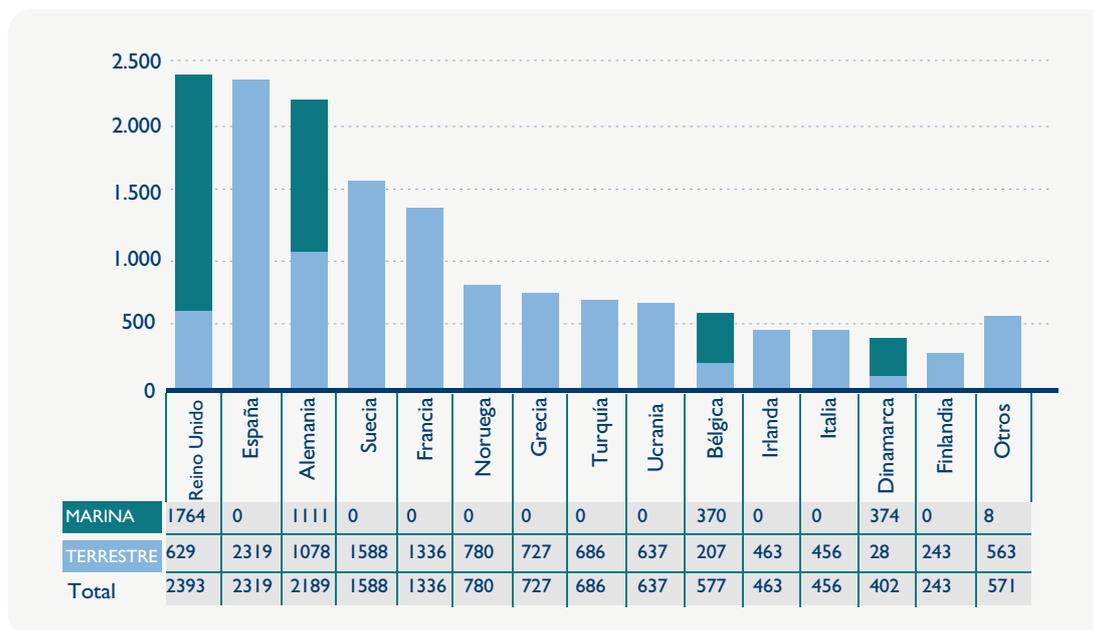
Figura 20. Esquema de Instalación Eólica Marina para producción de hidrógeno renovable.
Fuente: MITECO-IDAE



► Situación de la Eólica Marina en España

Las características geográficas de España y la existencia de emplazamientos con un gran potencial para el desarrollo de la eólica terrestre, ha originado que el desarrollo de la energía eólica se haya centrado principalmente en el ámbito terrestre.

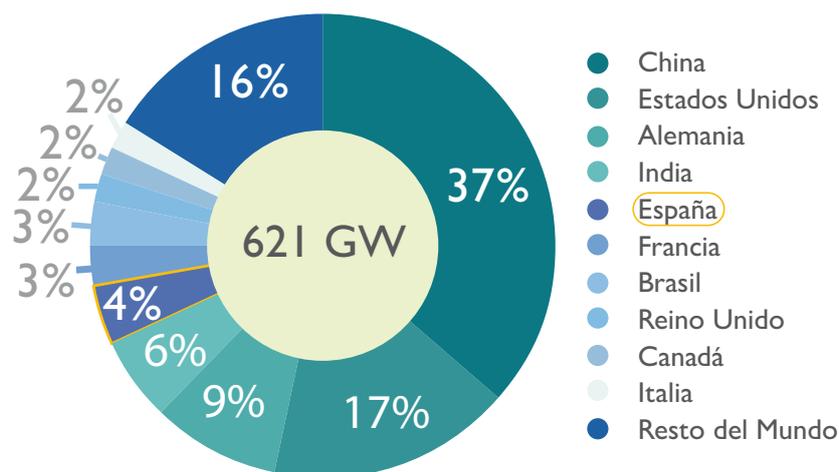
Figura 21. Nueva potencia eólica terrestre y marina instalada en Europa en 2019. Fuente: AEE - WindEurope 2019



La estrechez de la plataforma continental española, en la que la profundidad de las aguas es muy elevada a distancias muy cortas, ha dificultado el despliegue de proyectos de eólica marina de cimentación fija, la solución tecnológica consolidada hasta el momento.

Mientras, en nuestro país se han instalado más de 25 GW de potencia eólica en tierra, siendo líder en generación eólica (ver Figura 22) y el país que más potencia ha instalado a lo largo de 2019 en la UE (ver Figura 21), manteniendo la 5ª posición en el ranking mundial de potencia instalada y siendo uno de los principales exportadores de tecnología.

Figura 22. Ranking de países por potencia eólica terrestre acumulada. Fuente: GWEC



La experiencia adquirida durante los más de 20 años de implementación de eólica terrestre, y las importantes capacidades de la industria española, ya han permitido tanto al sector eólico como naval participar con éxito en proyectos de eólica marina en todo el mundo, exportando componentes y servicios en toda la cadena de valor.

La evolución hacia la madurez tecnológica de las soluciones flotantes, no obstante, permitirán que el despliegue de la eólica marina se lleve a cabo también en aguas españolas. En este contexto, diversas empresas españolas están desarrollando tecnologías flotantes que se encuentran en diferentes fases de avance, entre TRL-4 a TRL-6²⁶, y que aspiran a alcanzar el estado pre-comercial en los próximos años. En concreto, de las 27 soluciones flotantes identificadas actualmente a nivel mundial, 7 son patentes españolas²⁷ lo que demuestra el gran potencial de las empresas españolas en el desarrollo de diseños innovadores y disruptivos en plataformas flotantes.

► Recurso eólico marino en España

Determinadas zonas marinas de España cuentan con el recurso eólico para el desarrollo de la eólica marina con un potencial de implementación local suficiente como para desarrollar las curvas de aprendizaje tecnológico y fomentar nuevas actividades económicas.

Las siguientes figuras identifican las zonas marinas que, de acuerdo con el “Atlas Eólico de España” desarrollado por el IDAE en 2008, presentan una velocidad media superior a los 6,5 m/s a 100 metros de altura sobre el nivel del mar. Con carácter general, se estima que pueden suponer un mínimo potencial técnico para la implantación instalaciones eólicas marinas en España hasta 2030, incluidas aquellas destinadas a la I+D+i, con el estado del arte tecnológico actual.

Este potencial técnico es **uno de los elementos que, junto con la identificación de otros usos y actividades y la compatibilidad entre los mismos, así como los valores y figuras de protección ambientales, han sido analizados en la elaboración de los POEM para la determinación de las áreas más adecuadas para el despliegue de la eólica marina en nuestro país, teniendo en cuenta que aquellas áreas de mayor velocidad de viento serían las más adecuadas para la implantación de parques eólicos marinos, pues implicarían una mayor contribución energética y menores costes de generación.**

²⁶ TRLs: ‘Technology Readiness Levels/ “Niveles de Madurez de una Tecnología”. Se consideran 9 niveles que se extienden desde los principios básicos de la nueva tecnología hasta llegar a sus pruebas con éxito en un entorno real: TRL 1: Principios básicos observados y reportados. / TRL 2: Concepto y/o aplicación tecnológica formulada. / TRL 3: Función crítica analítica y experimental y/o prueba de concepto característica. / TRL 4: Validación de componente y/o disposición de los mismos en entorno de laboratorio. / TRL 5: Validación de componente y/o disposición de los mismos en un entorno relevante. / TRL 6: Modelo de sistema o subsistema o demostración de prototipo en un entorno relevante. / TRL 7: Demostración de sistema o prototipo en un entorno real. / TRL 8: Sistema completo y certificado a través de pruebas y demostraciones. / TRL 9: Sistema probado con éxito en entorno real. (Fuente: MINCOTUR).

²⁷ Fuente: Asociación Empresarial Eólica (AEE).

Figura 23. Potencial Eólico Marino en la Demarcación Noratlántica

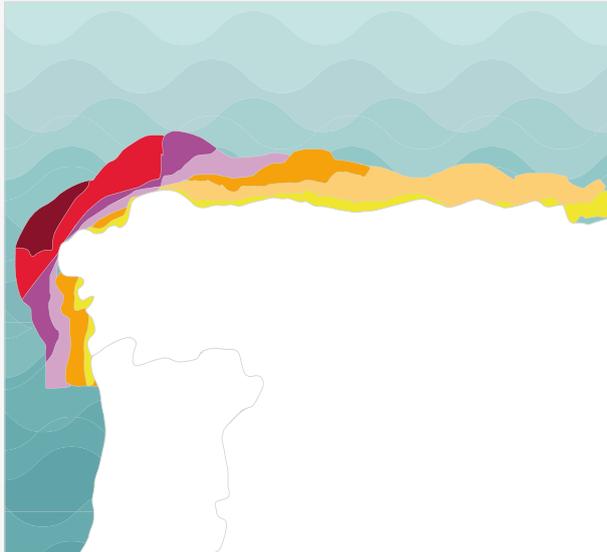


Figura 24. Potencial Eólico Marino en la Demarcación Levantino- Balear



Figura 25. Potencial Eólico Marino en la Demarcación Sudatlántica

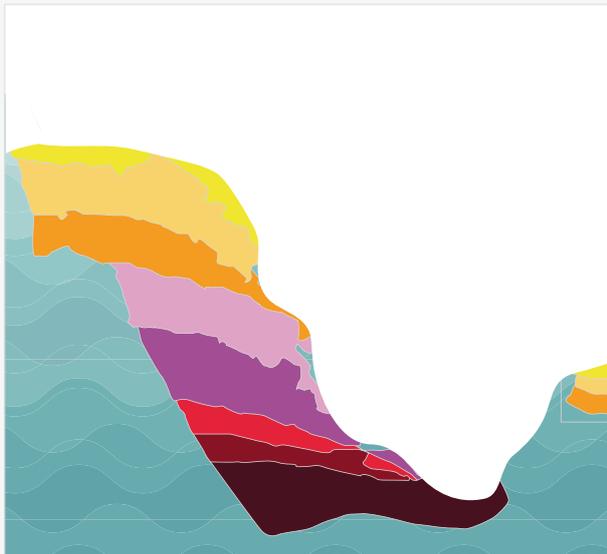
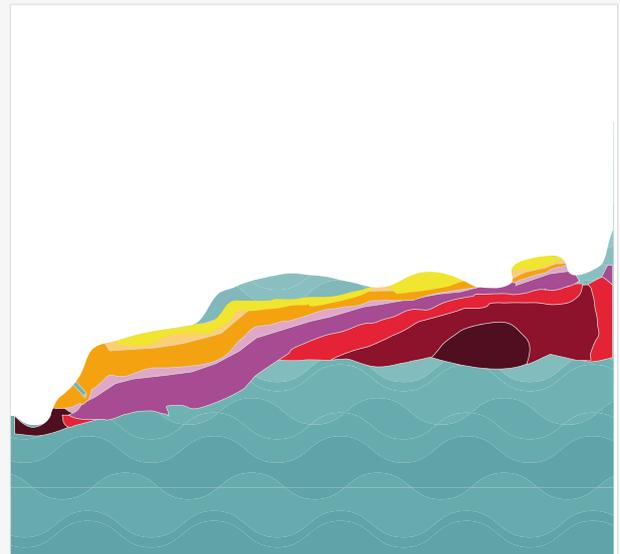


Figura 26. Potencial Eólico Marino en la Demarcación de Estrecho y Alborán



Velocidad (m/s)



Fuente: MITECO- Borradores de POEM a partir de la información del Atlas Eólico marino del IDAE

La velocidad media del viento y la batimetría son los dos elementos de carácter tecnológico más relevantes tenidos en cuenta en el desarrollo de los POEM que, junto con el análisis del resto de usos y actividades del entorno marino, los valores ambientales y las figuras de protección, así como la compatibilidad entre los distintos elementos, permiten la definición de aquellas áreas más adecuadas para el despliegue de la eólica marina en nuestro país.

Las Islas Canarias, a través de las energías renovables, pueden jugar un papel clave en la transición energética, en particular en la eólica marina, teniendo además en cuenta que se trata de un territorio altamente limitado por restricciones espaciales relacionadas con la protección de los medios terrestre y marino.

Figura 27. Potencial Eólico Marino en la Demarcación Canaria. Fuente: MITECO-Borradores de POEM, a partir del Atlas Eólico Marino del IDAE

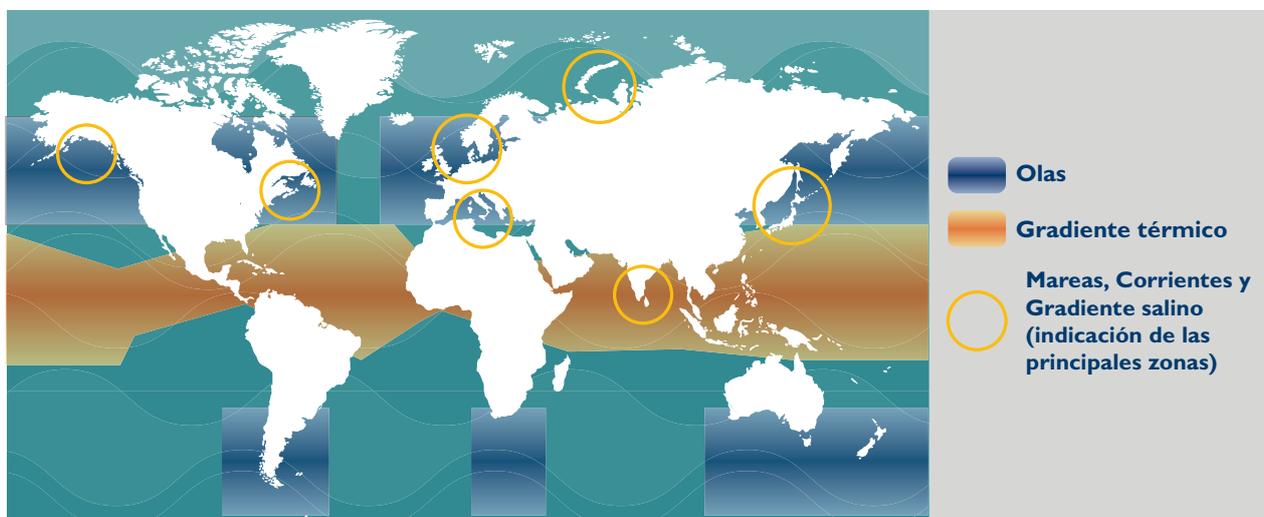


2.2 ENERGÍAS DEL MAR

Los Océanos constituyen una fuente inmensa de recursos, disponible en una gran extensión del planeta, con los que se puede generar grandes cantidades de energía. Las Energías del Mar u oceánicas hacen referencia a la explotación, uso o aplicación del recurso energético que se manifiesta, principalmente, en las olas, las mareas, las corrientes, en la diferencia de temperatura entre la superficie y el fondo marino y en la diferencia de salinidad entre el agua dulce y el agua salada en las zonas de contacto de ambas.

En la siguiente figura se observa la distribución mundial de las principales fuentes energéticas derivadas del mar:

Figura 28. Distribución mundial de las fuentes de energías del mar. Fuente: Tecnalía



Además del enorme potencial, la otra gran cualidad que nos ofrece el mar, es su regularidad y predictibilidad, por lo que se puede estimar con elevada precisión el recurso disponible y, por tanto, la producción de energía, lo que le otorga un importante valor diferencial frente a otras fuentes de energía renovable. Otras ventajas adicionales son su aplicabilidad y disponibilidad para implementación tanto en tierra como en alta mar y su modularidad y escalabilidad para proporcionar electricidad a distintos sectores de uso final (por ejemplo, puertos o desalación).

Desde el punto de vista medioambiental, estudios recientes²⁸ realizados por el Programa Ocean Energy System (OES) de colaboración tecnológica entre diferentes países de la Agencia Internacional de la Energía para las energías oceánicas, concluyeron que los dispositivos de energías del mar presentan una afección mínima en la vida marina y de impacto visual, ya que su disposición es sumergido o con escasa elevación sobre el nivel del mar, a una distancia alejada de la costa, excepto los ubicados en diques o infraestructuras de costa.

No obstante, es necesario señalar que, a día de hoy, estas energías se encuentran en un estado incipiente de desarrollo tecnológico pre-comercial, marcado por grandes oportunidades con primeros despliegues de prototipos a pequeña escala, pero también con un mayor camino por recorrer para lograr la madurez que le permita afrontar su explotación comercial competitiva respecto a otras fuentes.

En función de los distintos recursos energéticos del mar, las tecnologías se pueden clasificar en las categorías indicadas en la figura 29. A nivel mundial, la potencia instalada de energías del mar es de 578 MW, distribuidos en las distintas tipologías de la siguiente manera:

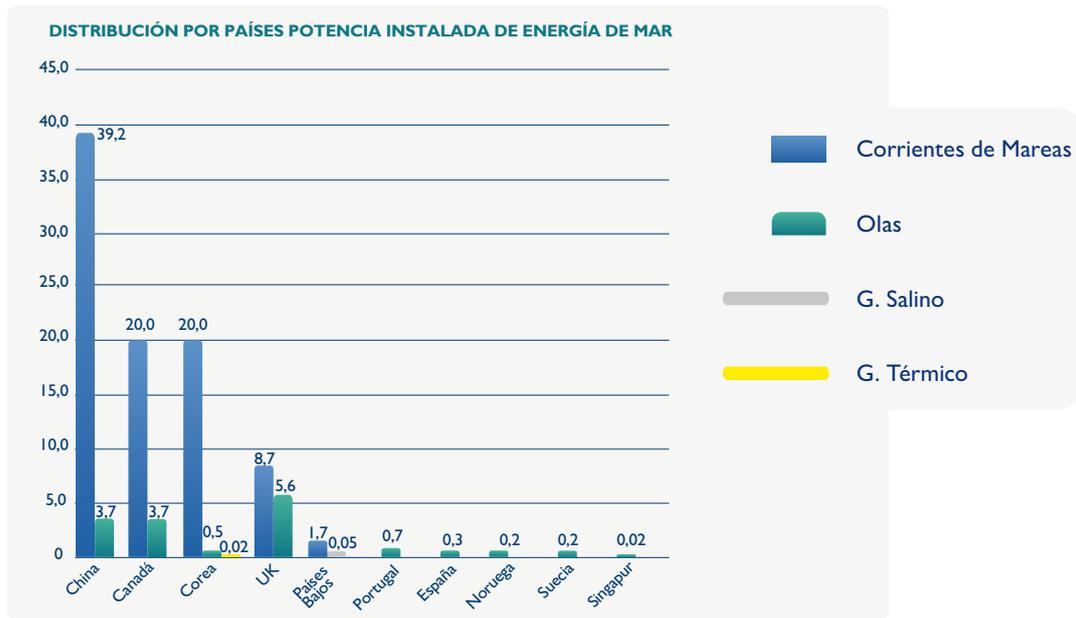
Figura 29. Potencia instalada mundial de las fuentes de energías del mar.
Fuente: JRC Ocean Energy Status Report 2018 OES – IRENA 2020

TECNOLOGÍA	POTENCIA (MW)
Amplitud de marea	485
Corrientes de marea	89,65
Olas	11,61
Gradiente salino	0,05
Gradiente térmico	0,02

En la siguiente figura, se puede observar la distribución de la potencia instalada por países, entre los que destacan Corea, China, Canadá y el Reino Unido en el aprovechamiento de energías del mar. En función de los diferentes recursos, China lidera la instalación de tecnologías de corrientes, aunque es Reino Unido, Francia y Canadá los principales países que están apostando por el desarrollo de las energías marinas., el Reino Unido en dispositivos de energía de las olas. En gradiente térmico sólo existe una planta piloto de 23 MW en Corea y en gradiente salino sólo existe una planta de 50 kW en Países Bajos.

²⁸ OES. 'Environmental 2020 State of the Science Report: Environmental Effects of Marine Renewable Energy Development Around the World'. September 2020 (<https://www.ocean-energy-systems.org/news/oes-environmental-2020-state-of-the-science-report/>).

Figura 30. Distribución por países potencia instalada de energías del mar (excepto amplitud de mareas).
Fuente: MITECO-IDAE



A continuación, se describe cada una de las cinco tecnologías de energías del mar, así como su capacidad de desarrollo potencial en España:

► Energía Undimotriz o energía de las olas

En España la energía de las olas o undimotriz dispone de recurso de gran calidad para su viabilidad y desarrollo. En cuanto al potencial, Galicia presenta los valores de potencial de energía más elevados, con potencias medias entre 40–45 kW/m. El Mar Cantábrico es, en segundo lugar, la siguiente zona del litoral en cuanto a recurso (alrededor de 30 kW/m disminuyendo de Oeste a Este) y, en tercer lugar, la fachada Norte de las Islas Canarias (con 20 kW/m).

El potencial teórico mundial de la energía de las olas se estima en 29.500 TWh/año.

En la planificación se deberá tener en cuenta el eventual impacto en el tráfico marítimo y en la seguridad de la navegación.

Las tecnologías de energía de las olas presentan un amplio abanico de dispositivos probados hasta la fecha, pero sin converger todavía a un diseño común y a pequeña escala. **Del total de dispositivos que existen conectados a red, más del 75% de ellos presentan potencias relativamente bajas de 20 kW por unidad y de los restantes, siete de ellos presentan potencias máximas de 350 kW y solo una instalación tiene una capacidad notablemente mayor de 1,25 MW.**

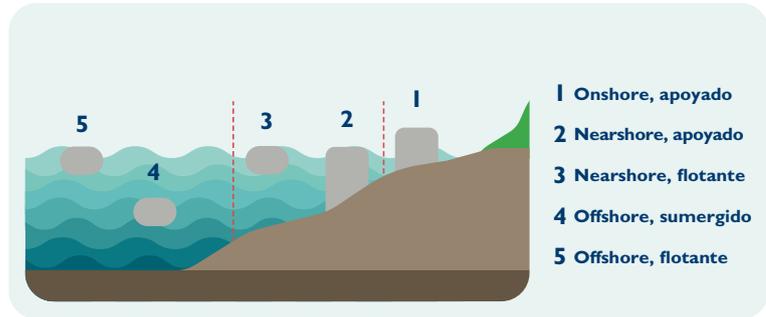
Figura 31. Potencial de energía de las olas en España. Fuente: MITECO y Borradores de POEM a partir del “Estudio Técnico de Evaluación del Potencial de la Energía de las Olas” del IDAE



Existen diferentes tipologías en función de su ubicación, del tamaño y orientación y del principio de captación de la energía de las olas. En función de su ubicación, se pueden distinguir entre:

- ▶ Dispositivos en línea de costa “onshore”, situados de 0 a 10 metros de profundidad, que suelen estar integrados en un rompeolas o dique, fijados a un acantilado o apoyados en el lecho marino. Se caracterizan por su facilidad para la realización de las actividades de operación y mantenimiento.
- ▶ Dispositivos en aguas poco profundas “nearshore”, situados entre los 10 y 40 m de profundidad. Sus costes de despliegue y mantenimiento son reducidos ya que suelen apoyar sobre el lecho marino y no necesitan de sistemas de anclaje. Pueden ser apoyados o flotantes.
- ▶ Dispositivos en aguas profundas “offshore” a partir de 40 m de profundidad, lejos de la orilla. Son capaces de captar energía de los lugares con mayor recurso, pero la instalación y el mantenimiento presentan costes más elevados. Pueden ser flotantes o sumergidos.

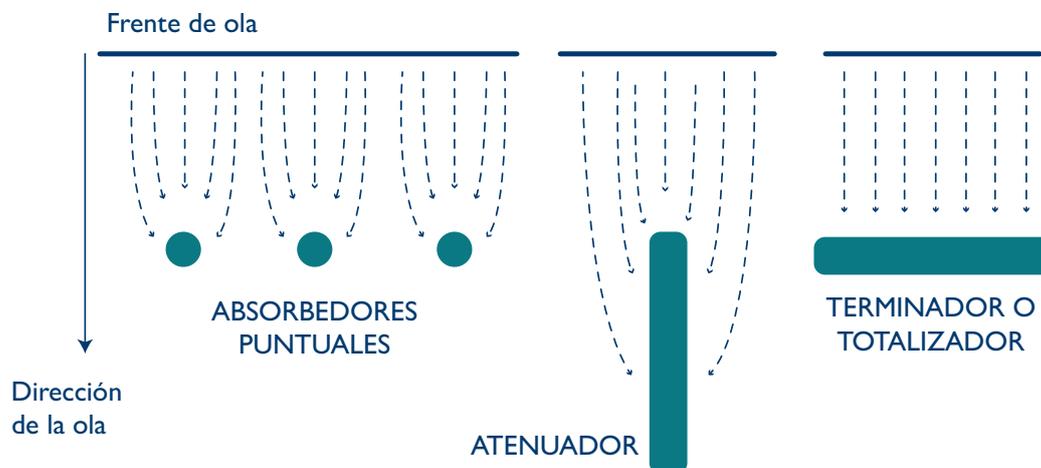
Figura 32. Dispositivos de olas en función de su ubicación. Fuente: MITECO-IDAE



Según el tamaño y la orientación de los dispositivos respecto al oleaje se pueden clasificar en:

- ▶ Absorbedores puntuales, tipo boya: dispositivos con simetría axial capaces de captar olas de cualquier dirección. Dimensiones un orden de magnitud inferior a la longitud de onda.
- ▶ Atenuadores: dispositivos orientados en paralelo a la onda incidente, siendo la longitud del dispositivo del mismo orden de magnitud o mayor que la longitud de onda.
- ▶ Terminadores o totalizadores: Similares en dimensiones a los atenuadores, pero colocados en perpendicular a la onda incidente.

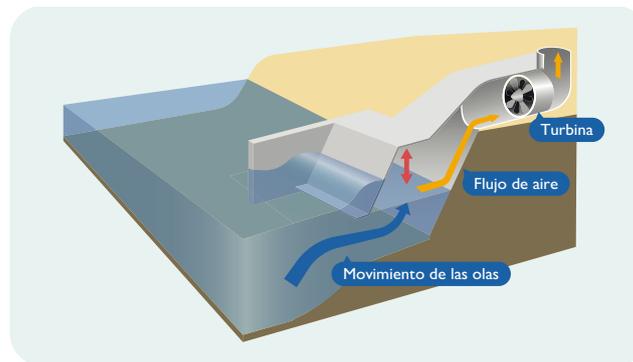
Figura 33. Tipología de los dispositivos de energía undimotriz según su tamaño y orientación al oleaje. Fuente: MITECO-IDAE



Según el principio de captación del oleaje, que es la clasificación más utilizada para catalogar los dispositivos de energía undimotriz, se clasifican en:

- ▶ **Columna de Agua Oscilante (OWC, por sus siglas en inglés).** En estos dispositivos no son las olas las que mueven las turbinas directamente, sino una masa de aire comprimido que es empujada por dichas olas. Se instalan en la línea de la costa en rompeolas o diques, en escolleras de puertos o en plataformas flotantes.

Figura 34. Esquema de operación del principio de captación de columna de agua oscilante. Fuente: MITECO-IDAE



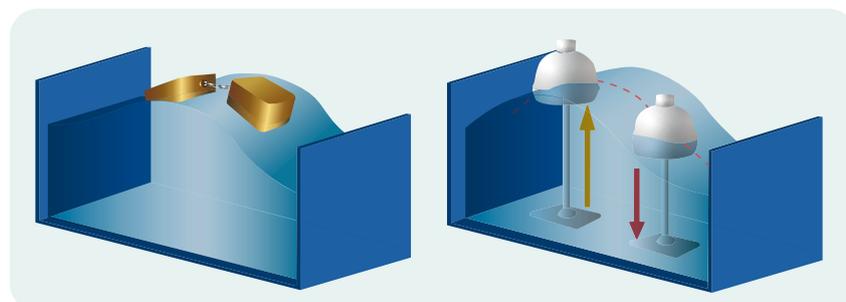
Una de las características distintiva de estos convertidores es el importante ahorro en costes que supone su construcción e instalación si ésta se produce de manera simultánea con la ejecución de la defensa costera. Al quedar integrados dentro de las infraestructuras, los dispositivos no son visibles ni suponen ningún obstáculo para la protección de la costa ni afección al paisaje costero.

Como proyecto pionero, destaca la planta de energía de las olas de Mutriku de 296 kW, ubicada en el dique exterior del puerto de Mutriku en el País Vasco, por ser la primera instalación comercial en el mundo que funcionó inyectando energía eléctrica generada por las olas a la red.

Desde su puesta en marcha en 2011, la planta de energía de las olas ha funcionado ininterrumpidamente, convirtiéndose en la planta más longeva del mundo, la que más energía ha generado y vendido a la red, y la que más horas de funcionamiento y disponibilidad acumula.

- ▶ **Dispositivos flotantes (offshore):** Se basa en uno o varios cuerpos flotantes que se mueven siguiendo a las olas de manera vertical, horizontal, en cabeceo o en cualquier combinación de los tres. El movimiento relativo entre las diferentes partes del dispositivo permite convertir la energía mecánica de la ola en electricidad. La configuración más habitual es la de oscilación vertical (tipo boya).

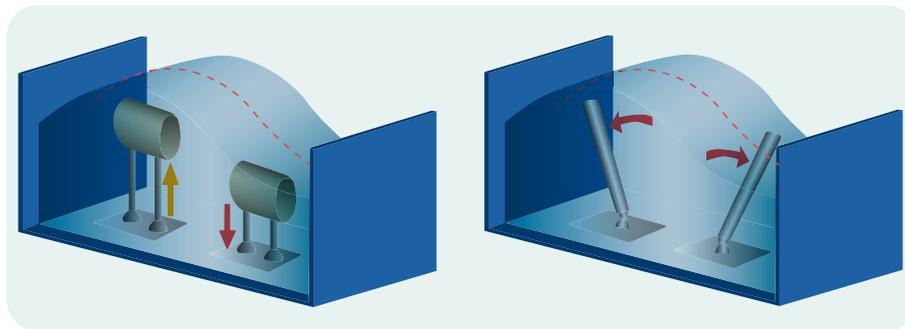
Figura 35. Configuraciones más empleadas en los dispositivos flotantes. Fuente: MITECO-IDAE



En 2016 se instaló el primer dispositivo flotante para el aprovechamiento de la energía de las olas en la plataforma de ensayos BIMEP, tipo absorbedor puntual o boya de 30 kW, convirtiéndose en el primer dispositivo que ha durado 3 años consecutivos en el agua, en condiciones de mar reales.

▷ **Dispositivos sumergidos (oscilación vertical y articulación respecto al fondo o de impacto).**

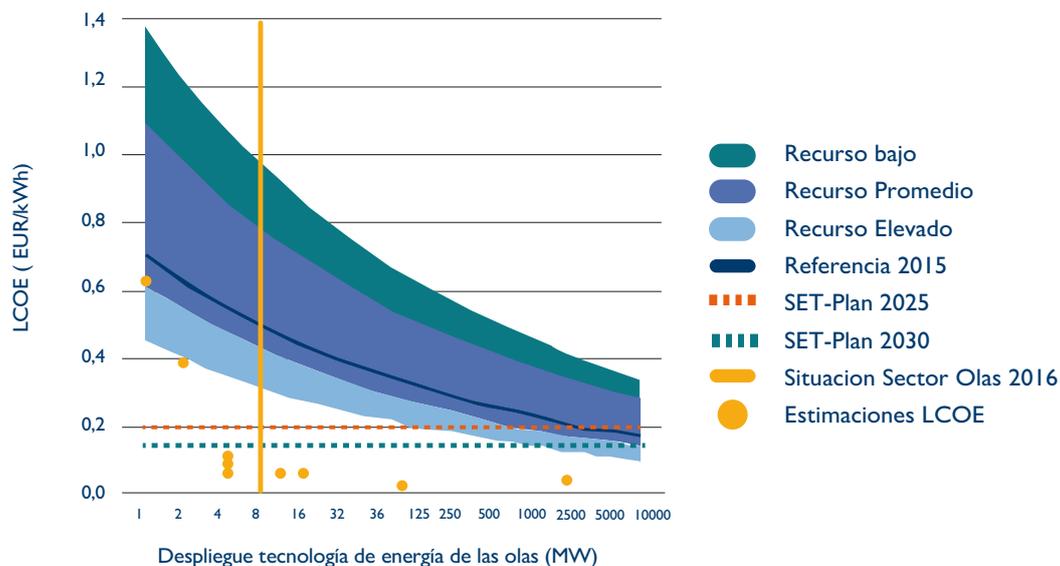
Figura 36. Configuraciones más empleadas en los dispositivos oscilantes sumergidos.
Fuente: MITECO-IDAE



Las tecnologías de **Energía de las Olas** presentan una gran variabilidad en costes debido a la gran diversidad de prototipos existentes, así como de sistemas de anclaje/fijación y de sistemas para transportar la energía. No obstante, se prevé una importante reducción de costes en las áreas de instalación, conexión a la red y desarrollo de proyectos, gracias a las economías de escala y a las mejoras en dichos procesos como resultado del aprendizaje mediante la práctica.

En 2015, el LCOE de la energía undimotriz oscilaba entre 470 €/MWh y 1.400 €/MWh, habiendo reducido su valor hasta los 560 €/MWh en 2018 con el desarrollo de los primeros de demostración. Con la curva de reducción de costes que se muestra en la figura siguiente, se espera que las tecnologías de energía de las olas alcancen un LCOE de 200 €/MWh para 2025 y 150 €/MWh para 2030.

Figura 37. Reducción del LCOE de la tecnología de energía de las olas en función de la potencia instalada acumulada. Fuente: JRC 2020 – ETRI 2014 (Tsiropoulos et al 2018)



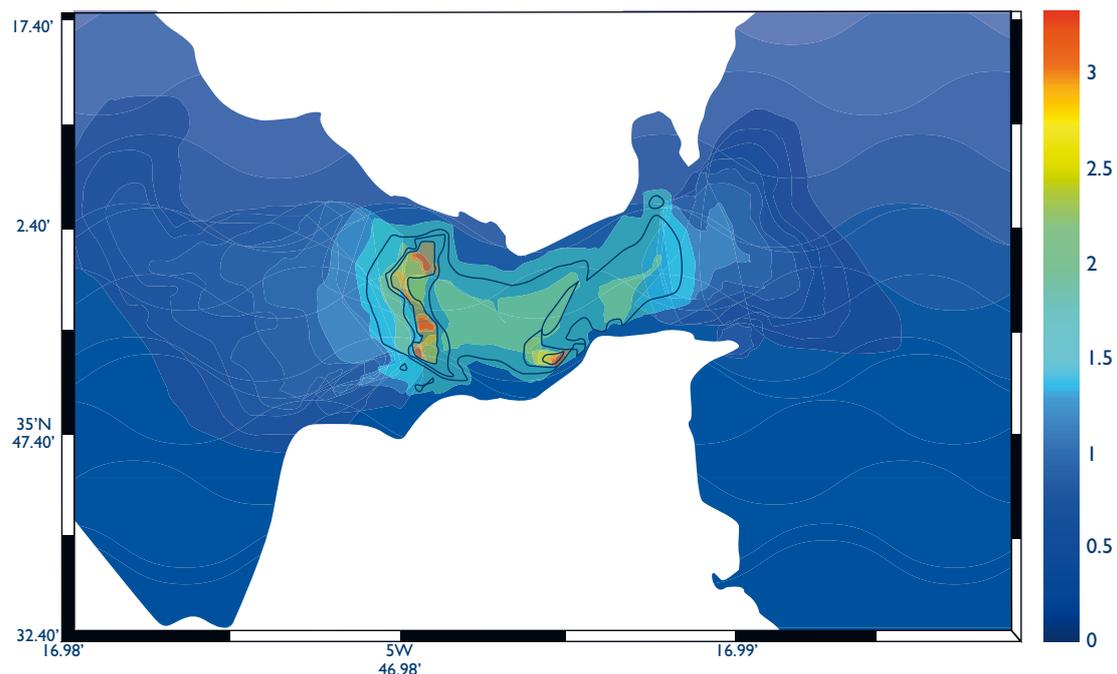
► Energía de las corrientes (de marea)

Otra fuente importante de energía del mar es el aprovechamiento de la energía cinética de las corrientes marinas. Éstas se producen por la confluencia de diversos factores: la subida y bajada de las mareas, que han sido producidas por la interacción gravitatoria de la Tierra con el Sol y la Luna, las diferencias de temperatura producidas por el desigual nivel de absorción de la radiación solar en los mares y océanos, los vientos planetarios y la topografía del fondo marino cerca de la costa.

Generalmente, existen corrientes más intensas en las zonas que son relativamente poco profundas, donde existe un cierto rango de marea, y la topografía del fondo marino y la línea costera producen un efecto embudo. Zonas típicas donde se dan estas características son las entradas de rías, bahías, canales, estrechos y algunos grandes puertos. Esto hace que en la mayoría de las zonas la velocidad de la corriente no sea lo suficientemente alta como para que la explotación del recurso resulte rentable.

Las zonas de mayor potencial de energía de las corrientes marinas en España se circunscriben a las zonas del Estrecho de Gibraltar y las corrientes gallegas, que es donde se alcanzan las velocidades necesarias para el funcionamiento de estos dispositivos. En la siguiente figura se identifica la zona de España con mayor potencial de energía de corrientes:

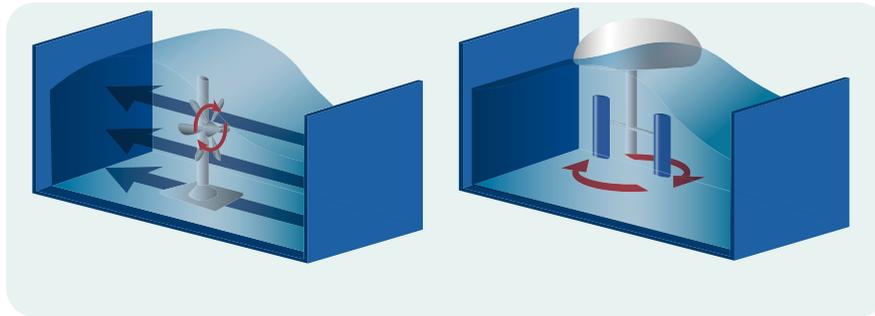
Figura 38. Velocidades máximas de corrientes en la zona del Estrecho.
Fuente: Universidad de Cádiz y Agencia Andaluza de la Energía



Los sistemas de aprovechamiento de energía de las corrientes se pueden clasificar en dos grandes grupos: los que emplean una turbina para extraer la energía cinética y los que emplean otro tipo de sistemas (efecto Venturi y perfiles hidrodinámicos).

Debido a la similitud del principio de funcionamiento y a la posibilidad de adaptar algunos aspectos y soluciones del diseño, la mayoría de los dispositivos de corrientes en desarrollo emplean una turbina, que en función de la dirección de la corriente pueden ser horizontal, vertical o de flujo cruzado.

Figura 39. Configuraciones más empleadas en los dispositivos de energía de las corrientes.
Fuente: MITECO-IDAE



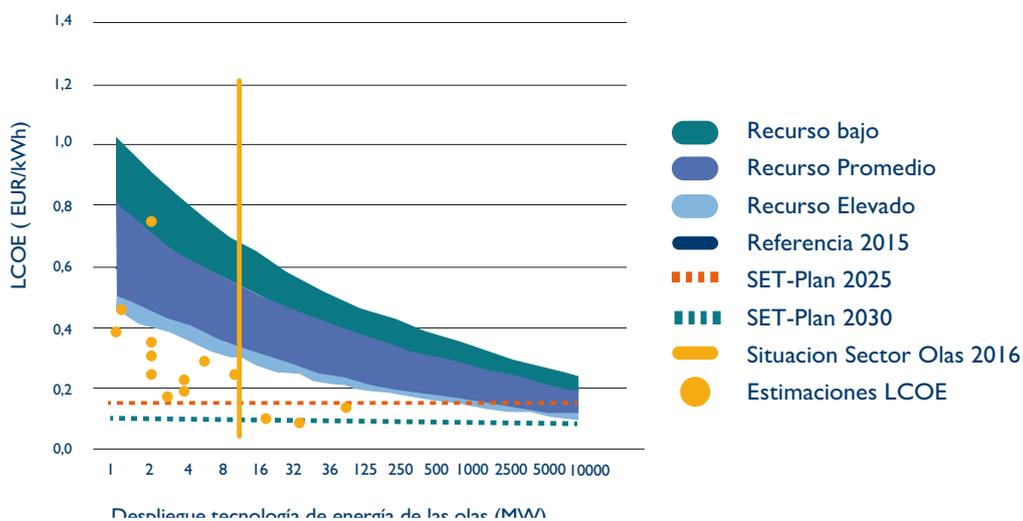
Las tecnologías de corrientes en desarrollo han comenzado a converger en un diseño común (turbinas de eje horizontal) y están alcanzando un cierto grado de madurez e implementación.

La tecnología asociada al aprovechamiento de las corrientes de marea presenta procesos constructivos de elevado contenido local en los astilleros y cadenas de valor indirecta e inducida, en los que las zonas industriales de Cádiz y Galicia, próximas a las zonas de potencial identificadas en España, se encuentran bien posicionadas y con elevada competitividad. En consecuencia, el desarrollo de estos proyectos podría servir de revulsivo a nivel local.

Por otra parte, la necesidad de espacio marino para el aprovechamiento de las corrientes de marea es reducido en términos de MW/km², comparativamente con los parques eólicos marinos –por las separaciones necesarias entre aerogeneradores; con la ventaja adicional de no presentar impacto visual al ser dispositivos sumergidos en el mar, pero sí se debe tener muy en cuenta el impacto que pueden provocar sobre el tráfico marítimo y la seguridad en la navegación, teniendo en consideración que las zonas de mayor potencial de energía de las corrientes marinas en España se circunscriben en las zonas del Estrecho de Gibraltar y zonas de Galicia donde se producen unas densidades muy altas de tráfico marítimo y existen además dispositivos de separación de tráfico.

En cuanto a la evolución de costes, en 2015, el LCOE oscilaba en un rango entre los 470 y 1.020 €/MWh, reduciendo su valor hasta el entorno de los 400 €/MWh en el año 2018. Con la curva de reducción de costes que se muestra en la figura siguiente, se espera que las tecnologías de energía de las corrientes alcancen un LCOE de 150 €/MWh para 2025 y 100 €/MWh para 2030.

Figura 40. Reducción del LCOE de la tecnología de corrientes de marea en función de la potencia instalada acumulada.
Fuente: JRC 2020 – ETRI 2014 (Tsiropoulos et al 2018)



► Energía de la amplitud de mareas

Consisten en el aprovechamiento del ascenso y descenso del agua del mar producido por la acción gravitatoria del Sol y la Luna, basado en un almacenamiento de agua en un embalse que se forma al construir un dique que permiten la entrada de agua o caudal a turbinar, en una bahía, cala, río o estuario para la generación eléctrica, aunque sólo se pueden dar en aquellos puntos de la costa en los que la mar alta y la bajamar difieren más de cinco metros de altura. Esta condición, junto con la aplicación de diferentes criterios socioambientales en Europa, dificultan una mayor expansión de esta tecnología.

La tecnología utilizada tiene un alto grado de madurez debido a su similitud con las centrales hidroeléctricas en proyectos a gran escala. La mayor instalación de este tipo es la central de La Rance en Francia que comenzó a funcionar en 1967 con una potencia instalada de 240 MW y más recientemente se están desarrollando nuevos proyectos en países como Corea y China.

En el caso de España, no existe ninguna zona costera en la que se alcancen las diferencias mínimas requeridas de amplitud de marea entre la mar alta y la bajamar que permita la viabilidad de este tipo de instalaciones. Por ello, esta modalidad queda excluida del alcance de esta Hoja de Ruta.

► Energía de gradiente térmico o energía maremotérmica

El aprovechamiento de la energía térmica del mar, se basa en la diferencia de temperaturas entre la superficie del mar y las aguas más profundas del océano. En lugares donde este gradiente térmico sea de al menos 20° C se puede producir energía eléctrica mediante ciclos termodinámicos, tipo Rankine. Esa diferencia de temperaturas mínima limita las posibles zonas de explotación a las aguas comprendidas entre los trópicos y cerca del ecuador.

El potencial a nivel mundial de este tipo de recurso es de 44.000 TWh/año, siendo el mayor de todas las fuentes de energías oceánicas.

Estas tecnologías, conocidas por sus siglas en inglés OTEC "Ocean Thermal Energy Conversión", aún se encuentran en fase de investigación y desarrollo, aunque las primeras plantas de demostración de Hawai y Japón, con una potencia nominal de 100 kW, han tenido éxito. En la actualidad, la República de Corea está instalando actualmente una planta de 1 MW en Kiribati en el Océano Pacífico. Este será el más grande de su tipo y se espera que demuestre el alto potencial de OTEC en aplicaciones insulares, ya que estas ubicaciones permiten utilizar los flujos de agua para fines distintos a la generación de energía, como la desalinización, la acuicultura y la refrigeración.

En España no hay posibilidad de desarrollar estas tecnologías por cuestiones climáticas de nuestras aguas costeras. Por ello, esta modalidad queda excluida del alcance de esta Hoja de Ruta.

► Energía de gradiente salino

Es la energía obtenida por la diferencia de salinidad entre el agua de mar y el agua de los ríos mediante los procesos de ósmosis. Debido a limitaciones geográficas, esta energía es la que presenta el menor potencial de todas las energías del mar con solo 1.650 TWh/año a nivel mundial.

El potencial teórico derivada de la mezcla de agua de río con agua de mar es de 0,75 kWh/m³, cantidad que se puede incrementar cuando la diferencia de salinidad entre las aguas es mayor; para mezcla de agua de río con agua del mar Muerto se podrían llegar a alcanzar hasta 14 kWh/m³.

Las tecnologías o procesos más desarrollados para el aprovechamiento de la energía de gradiente salino son: presión por ósmosis retardada y electrodiálisis reversa.

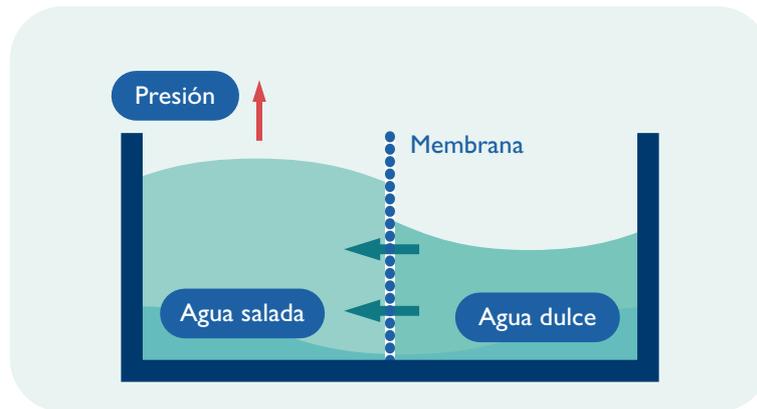
► Presión de Ósmosis Retardada (PRO)

El proceso se lleva a cabo en un tanque compuesto por dos compartimentos separados por una membrana osmótica semi-permeable. El agua de mar se bombea a uno de los compartimentos, mientras el otro contiene

agua dulce. Como consecuencia de la diferencia de salinidad entre aguas, se produce el fenómeno de ósmosis que origina un flujo natural de agua dulce que atraviesa la membrana hacia el lado del agua de mar, lo que produce un incremento de presión suficiente para accionar una turbina y generar energía eléctrica.

En esta tecnología, la membrana es el elemento principal y más costoso, por lo que las investigaciones de esta tecnología van encaminadas a incrementar su rendimiento y vida útil.

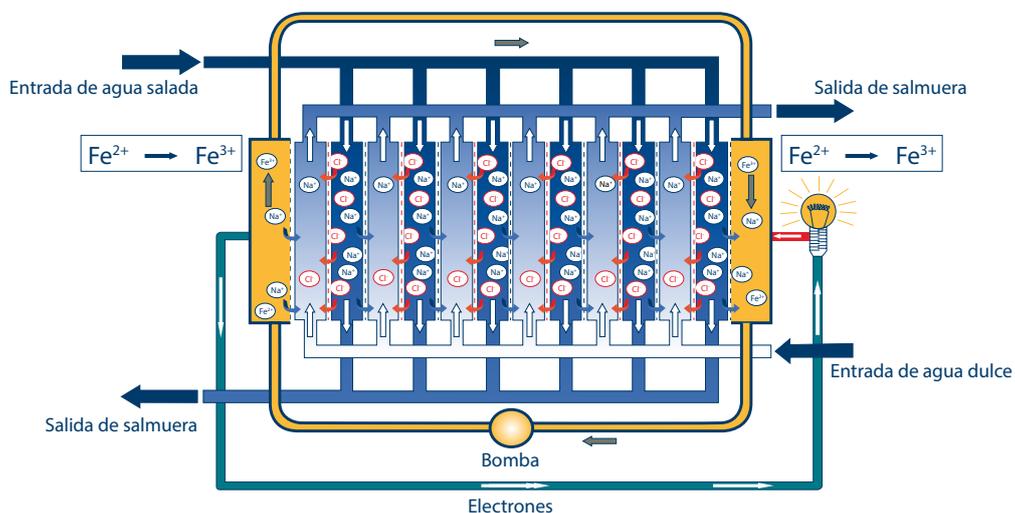
Figura 41. Esquema proceso PRO. Fuente: MITECO-IDAE



► Electrodiálisis inversa

El proceso de generación de electricidad por electrodiálisis inversa también utiliza membranas, pero de diferente naturaleza. Como consecuencia de la diferencia de salinidad de dos soluciones electrolíticas a cada lado de la membrana, se induce una tensión eléctrica en esta. El potencial total resulta de la unión eléctrica de las membranas de las que dispone la instalación. El principal reto es incrementar la escala de las membranas y, en consecuencia, la potencia generada en estas.

Figura 42. Esquema proceso Electro Diálisis Inversa. Fuente: MITECO-IDAE



Actualmente, estas tecnologías no han avanzado de los prototipos de I+D+i, pero muchos países están investigando intensamente estas tecnologías. Hasta la fecha, solo hay una planta de demostración de 50 kW operativa, que utiliza la tecnología RED en los Países Bajos y una empresa danesa planea instalar su primera unidad comercial (80-100 kW) en tecnología PRO.

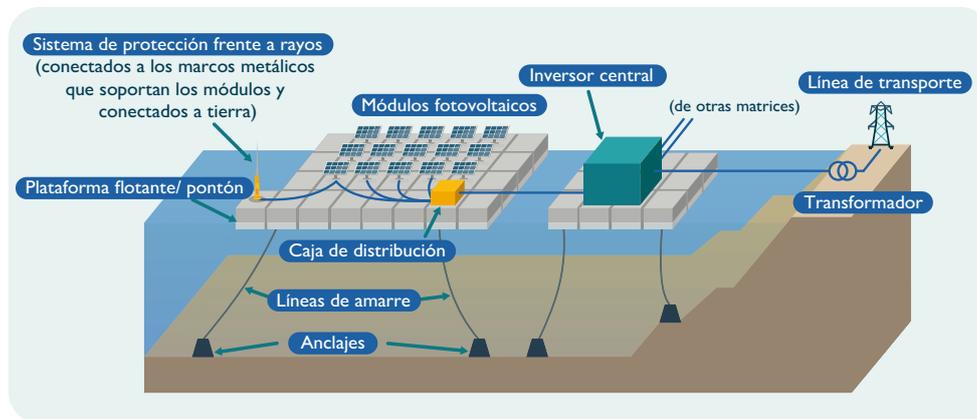
2.3 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA FLOTANTE

El término “Fotovoltaica Flotante” (FVF, en inglés: FPV ‘*Floating Photovoltaic*’), se utiliza para referirse a cualquier tipo de sistema fotovoltaico instalado en masas de agua como lagos, embalses, represas hidroeléctricas, estanques mineros o industriales y de riego, estanques de tratamiento de agua y lagunas costeras y en casos experimentales en mar abierto.

En la mayoría de los casos, los módulos fotovoltaicos suelen ser montados sobre una estructura flotante que está anclada y sujeta en un punto fijo, bien en el fondo o bien en la orilla.

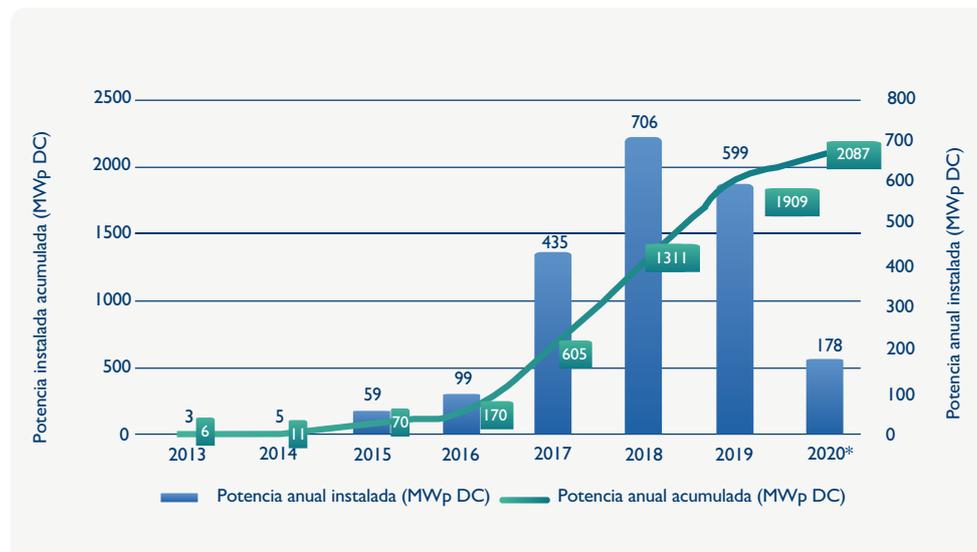
Las instalaciones son similares a las plantas ubicadas en tierra, por lo que se distingue una parte de (módulos FV) y una parte de electrónica de potencia o conversión (inversores). Para las plantas más pequeñas el equipo inversor puede ubicarse en la orilla, cuando las plantas de mayor tamaño se diseñan sistemas de plataformas flotantes equivalentes que sitúan los equipos inversores junto al campo fotovoltaico.

Figura 43. Esquemas de sistemas FVF y componentes claves. Fuente: Solar Energy Research Institute of Singapore



La Fotovoltaica Flotante ha tenido un gran crecimiento en los últimos años, desarrollándose principalmente en países con un espacio limitado en tierra, como Japón, o densamente poblados, como es el caso de China.

Figura 44. Capacidad mundial instalada FVF. Fuente: SERIS 2020



La solar fotovoltaica flotante, ya sea en agua dulce o en agua de mar, puede considerarse el tercer pilar del mercado mundial de la energía fotovoltaica, junto con la montada en suelo y en cubiertas (incluidas las marquesinas y las instalaciones de agrovoltaje), debido a la creciente demanda de esta tecnología, sobre todo en países con escasa disponibilidad de suelo, como serían los densamente poblados y las islas (IRENA, 2020)²⁹.

Comparando los sistemas FVF con los sistemas solares fotovoltaicas tradicionales, en las plantas en suelo y cubierta, podemos encontrar las siguientes características:

- ▶ Aumento de eficiencia en la generación por disminución de la temperatura de los módulos y del polvo en superficie.
- ▶ Reducción de la evaporación en las reservas de aguas y aumenta su calidad reduciendo la proliferación de algas.
- ▶ Reducción o eliminación la presencia de sombras.
- ▶ No requiere alteración del terreno y su montaje es sencillo y modular.
- ▶ Cercanía a las ubicaciones de centrales hidroeléctricas, por lo que se optimiza el uso de las líneas existentes.

▶ Tecnologías

La mayoría de las plantas a gran escala se basan en sistemas flotantes sobre los que se ubican los módulos fotovoltaicos sobre una estructura soporte con un ángulo de inclinación fijo.

El sistema flotante puede consistir en flotadores aislados (denominados flotadores puros), flotadores con anclajes metálicos, o flotadores de membrana. En todos los casos se dispone de un sistema de anclaje o amarre cuyo diseño depende de la ubicación de la planta, en función de las condiciones de viento, profundidad y variación del nivel del agua:

▶ Flotadores puros

Consiste en un sistema de dos flotadores, donde el flotador principal sostiene el módulo fotovoltaico con una cierta inclinación (entre 15° y 22°), y los flotadores secundarios aseguran la correcta sujeción de los principales, estableciendo la distancia necesaria para evitar sombras y permitiendo que se pueda caminar sobre la plataforma para las labores O&M. Incorporan módulos fotovoltaicos de tamaño estándar.

▶ Estructuras de pontones y marcos metálicos

Se trata de plataformas metálicas que sostienen los módulos fotovoltaicos sobre pontones flotantes, no precisando de flotadores con diseños específicos.

▶ Estructuras de membrana

Se trata de plataformas metálicas que sostienen los módulos fotovoltaicos sobre pontones flotantes, no precisando de flotadores con diseños específicos.

▶ Situación actual y futuro de la FVF

Aunque la tecnología solar fotovoltaica flotante sigue siendo una tecnología calificada "de nicho"³⁰, cada vez despierta más interés y el ritmo de implementación de proyectos singulares ha ido aumentando desde 2013. Sobre la base de las tendencias observadas se espera un crecimiento anual de más del 20% hasta 2024 (Bhambhani, 2019)³¹. Energy Market Research estima que la capacidad instalada global acumulada de FVF será de unos 4,2 GW en 2024 (Energy Market Research, 2019)³⁰.

²⁹ <https://www.irena.org/publications/2020/Dec/Fostering-a-blue-economy-Offshore-renewable-energy>.

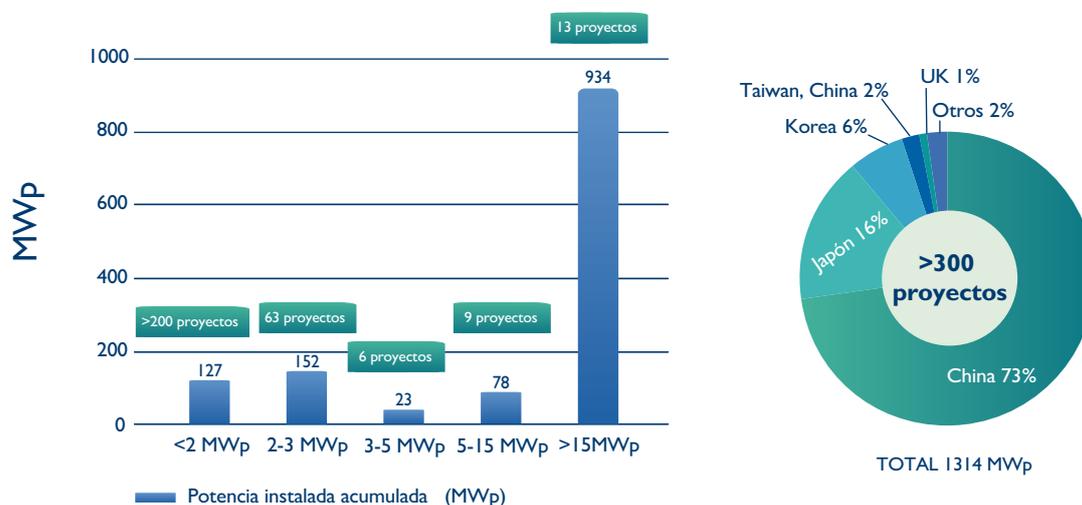
³⁰ Energy Market Research (2019), Global floating solar energy market – research and markets, Dehradun, www.researchandmarkets.com/reports/4855363/global-floating-solar-energy-market.

³¹ Bhambhani, A. (2019), "2.4 GW cumulative floating solar installed by 2019-end", TaiyangNews, <http://taiyangnews.info/business/2-4-gw-cumulative-floating-solar-installed-by-2019-end> (accessed 9 February 2021).

A finales de agosto de 2020, la capacidad solar fotovoltaica flotante instalada acumulada era superior a 2 GW en 338 proyectos activos en 35 países de todo el mundo principalmente en embalses artificiales de agua dulce. La capacidad instalada se ha duplicado desde los 1,1 GW en 2018.

El país con la mayor potencia instalada de FVF es China, con un 70% del total. Además, en China se concentran las mayores plantas en funcionamiento, algunas de las cuales alcanzan potencias instaladas de 150 MWp.

Figura 45. Distribución de plantas FVF por tamaño a diciembre de 2018.
Fuente: Solar Energy Research Institute of Singapore, 2019



En África, Ghana instaló su primera planta solar flotante de 5 MW en 2020³². En este continente, el potencial de la tecnología fotovoltaica flotante es inmenso calculándose en alrededor de 2,92 GW sobre los 146 embalses existentes. En África, las ventajas de esta tecnología son si cabe más llamativas puesto que permitiría reducir drásticamente las pérdidas por evaporación en los embalses y reduciendo el uso de centrales hidroeléctricas en las épocas de sequía conservando el recurso hídrico.

En Europa, Francia, Italia, Reino Unido y los Países Bajos cuentan con grandes plantas. Por ejemplo, los Países Bajos albergan una planta de 27,4 MW³³; en el Reino Unido se dispone de una planta de 6,3 MW en el entorno urbano de Londres, ubicada sobre uno de los embalses del Támesis que suministran agua potable a la ciudad.

En España, existen varias plantas de diversa potencia instaladas sobre balsas de agua de riego. Es destacable la planta conectada a red sobre el embalse de Sierra Brava (Cáceres). Con una potencia de 1,125 MW está formada por cinco sistemas flotantes adyacentes y ha sido concebida como un demostrador tecnológico orientado a analizar las soluciones más idóneas para optimizar la producción energética en este tipo de instalaciones.

En España además existen desarrollos innovadores futuros, como por ejemplo el proyecto de la Plataforma Oceánica de Canarias (PLOCAN) que probará en aguas de Canarias el ensayo de una planta de energía fotovoltaica flotante en el marco del proyecto europeo BOOST (Bringing Offshore Ocean Sun to the global market).

El proyecto experimentará en aguas marinas no abrigadas, un sistema de planta fotovoltaica flotante inspirado en parte en la tecnología de flotación y amarre que se ha utilizado durante 20 años en aguas de Noruega por la industria de la piscicultura. Esta tecnología de flotación y amarre se combina con una membrana hidroelástica flotante disruptiva

³² JRC, 2021. Assessment of floating solar photovoltaics potential in existing hydropower reservoirs in Africa

³³ IRENA_G20 https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jul/IRENA_G20_Offshore_renewables_2021.pdf

y patentada (<1 mm grosor) que está unida a un perímetro exterior de tubería flotante para que el flotador no sea arrastrado por el amarre, incluso con fuertes corrientes, vientos y olas.

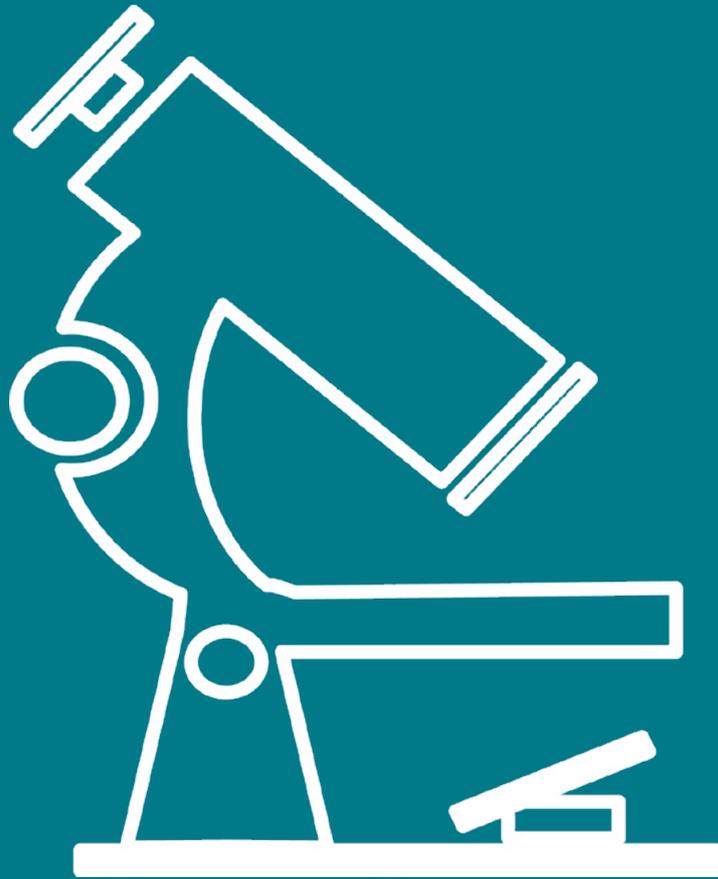
El desarrollo de la energía solar fotovoltaica flotante ha conducido a una disminución del LCOE de la tecnología, que se estima actualmente en una media de 0,354 USD/kWh (Bellini, 2020). Sin embargo, en algunos países la energía solar fotovoltaica flotante ha alcanzado niveles récord de LCOE competitivos con la energía solar fotovoltaica montada en suelo y cubiertas. Por ejemplo, un conjunto fotovoltaico flotante de 13 MW en Selangor, Malasia, alcanzó un LCOE de 0,051 USD/kWh (Bellini, 2020). Estos registros indican que la solar fotovoltaica flotante podría alcanzar precios competitivos de 0,05 USD/kWh en 2030 y 0,04 USD/kWh en 2050 (Bellini, 2020)³⁴, con plantas que pueden alcanzar tamaños y potencias comparables a los de las plantas fotovoltaicas en suelo.

► Tendencias para la energía solar fotovoltaica flotante

Las principales tendencias emergentes para la tecnología solar fotovoltaica flotante desde el punto de vista del despliegue en ubicaciones específicas y desde la perspectiva del acoplamiento son las siguientes:

- ▶ Incremento del despliegue sobre depósitos de agua y presas.
- ▶ Despliegue en el mar. Debido al acuciante reto de la disponibilidad de terrenos, así como al gran potencial de FVF para islas, la tecnología se está enfocando hacia aguas abiertas en mar, en contraste con el despliegue convencional en depósitos de agua artificiales y lagos. Especial relevancia podrían tener las localizaciones de plantas fotovoltaicas flotantes en áreas portuarias para el autoabastecimiento y cobertura de la demanda eléctrica de los puertos. Para el estudio de las posibles ubicaciones en el mar, se tendrá que tener en cuenta su posible impacto sobre los tráficos marítimos y seguridad de la navegación.
- ▶ Creación de centrales eléctricas de tecnología combinada, compartiendo infraestructuras con otras tecnologías de energías del mar y/o eólica marina para disminuir los actuales costes de inversión y explotación.
- ▶ Incremento de instalaciones asociadas a la electrificación directa e indirecta de sectores y actividades ligadas a la economía azul.

³⁴ Bellini, E. (2020), "Offshore floating PV may reach maturity in 2030", PV magazine, www.pv-magazine.com/2020/12/10/offshore-floating-pv-mayreach-maturity-in-2030 (accessed 25 April 2021).



ANÁLISIS Y
FORTALEZAS
DEL SECTOR,
CADENA DE VALOR
INDUSTRIAL Y DE
I+D+i EN ESPAÑA

La Eólica Marina constituye una oportunidad para que España pueda aprovechar su potencial de desarrollo industrial y de innovación. La Asociación Europea de Energía Eólica, WindEurope, estima que la inversión en el sector offshore alcanzará los 16.500 millones de euros de inversión en 2030 a nivel europeo, mientras que la Estrategia europea de energías marinas reconoce que para cumplir los objetivos y maximizar los beneficios para la economía europea, la cadena de valor de las energías renovables marinas debe ser capaz de **incrementar sus capacidades de producción** y alcanzar ritmos más elevados de instalación.

España está en disposición de jugar un papel de liderazgo tecnológico e industrial en este contexto, para proporcionar soluciones innovadoras y rentables para la eólica marina fija y flotante, así como las energías del mar, en respuesta a este potencial de inversión.

En línea con el marco de impulso a la transición energética y su cadena de valor asociada previsto en el Marco Estratégico de Energía y Clima, la Agenda Sectorial de la Industria Eólica³⁵ identifica a **la eólica marina como una de las principales palancas para reforzar la industria eólica española**. Este documento, que forma parte de la Estrategia de Política Industrial de España 2030³⁶, propone una serie de líneas de actuación necesarias para el desarrollo de la industria eólica marina nacional.

La eólica marina en España presenta además sinergias muy importantes con otros sectores estratégicos, como son la industria de construcción naval (astilleros), el sector marítimo-portuario y la ingeniería civil, para los que la eólica marina se ha convertido en un mercado potencial muy importante en sus estrategias de diversificación de negocio y estabilización de cargas de trabajo.

Muchas de las empresas nacionales han estado involucradas de una manera muy importante en el desarrollo de los parques eólicos marinos en Europa y ya están jugando un papel destacado en la cadena de suministro de los primeros *arrays* de aerogeneradores flotantes en el continente, siendo español el principal suministrador de las cimentaciones flotantes.

Adicionalmente, su posición geográfica, la extensión de sus costas y la diversidad de regímenes marítimos a las que éstas están expuestas, así como el ecosistema tecnológico y de investigación, sitúan a España en una posición idónea para el desarrollo, prueba y demostración de nuevos prototipos y soluciones tecnológicas vinculadas a la eólica marina, especialmente flotante.

En este contexto, se hacen necesarias medidas para que el ecosistema industrial y naval español puedan mantener y reforzar el posicionamiento competitivo de la industria offshore, aumentando además su contribución al Producto Interior Bruto y la generación de empleo cualificado en nuestro país. Además de las medidas dirigidas al refuerzo de capacidades, el desarrollo de la eólica marina en España previsto en esta Hoja de Ruta también contribuye a ampliar el mercado de la cadena de suministro nacional, así como a continuar desarrollando soluciones innovadoras que permitan al sector seguir compitiendo y dando servicio a nivel mundial.

3.1 OPORTUNIDADES Y CADENA DE VALOR INDUSTRIAL

Se ha identificado la oportunidad industrial para España de reforzar la transferencia al ámbito marino de determinados conocimientos de la cadena de suministro de la tecnología eólica terrestre ya existente y fuertemente implantada en el territorio nacional. Adicionalmente, España también dispone de fuertes capacidades industriales y de talento en otros sectores importantes para el desarrollo de las energías marinas como son el sector de la construcción naval, industrias auxiliares, así como el de los sistemas eléctricos.

³⁵ Ministerio de Industria, Comercio y Turismo y Asociación Empresarial Eólica, septiembre de 2019. Enlace: <https://aeolica.org/agenda-sectorial-de-la-industria-eolica/>.

³⁶ Ministerio de Industria, Comercio y Turismo: <https://www.mincotur.gob.es/es-es/gabineteprensa/notasprensa/2019/documents/docu%20directrices%20generales%20de%20la%20pol%C3%ADtica%20industrial%20espa%C3%BIola.pdf>.

En este sentido, el desarrollo de las energías marinas no solo beneficiará a los sectores directamente relacionados, como serían la fabricación de componentes para el funcionamiento en alta mar -turbinas, cimentaciones, plataformas flotantes y otros servicios auxiliares- y empresas de servicios -potencialmente extendidos a operación y mantenimiento, embarcaciones y otros servicios en alta mar-, sino que también otros sectores relevantes de la economía española podrían beneficiarse del desarrollo de la energía eólica marina:

- ▷ La posible **utilización o reconversión de las infraestructuras portuarias**, tanto para la **fabricación y montaje** de componentes, como para su utilización como **puertos de operaciones**. Según la Estrategia europea de energías renovables marinas, actualmente solo unos pocos puertos europeos son aptos para el montaje, fabricación y mantenimiento de infraestructura de energía marina, y se estima que puede ser necesaria una inversión de entre 500 y 1.000 millones de euros para actualizar la infraestructura y capacidades portuarias.
- ▷ El desarrollo y la futura operación de parques eólicos marinos en España daría lugar además a un nuevo mercado de **reparación y mantenimiento**, muy interesante para la industria naval española. La construcción naval, tanto para la fabricación o montaje de componentes, como para la fabricación de barcos específicos para las actividades de instalación y operaciones marinas.
- ▷ Muchas de las **empresas de ingeniería** nacionales, ya tienen una cierta participación en la ejecución de proyectos eólicos marinos a nivel internacional. Por lo tanto, su capacidad de desarrollo tecnológico permitirá abordar proyectos de renovables marinas y fortalecer su penetración en el mercado global, teniendo en cuenta su participación y reconocido prestigio internacional en proyectos de otros sectores renovables o tradicionales (como el sector de construcción, naval, transporte...).

Las medidas de impulso a la eólica marina generarán por tanto beneficios directos sobre estos sectores estratégicos, tradicionalmente sometidos a fuertes oscilaciones de mercado. Adicionalmente, se identifican oportunidades específicas en el contexto de dos sectores clave: el propio sector eólico, y el sector de la industria naval y portuario.

► **Potencial industrial y de innovación del sector eólico**

En relación con el potencial industrial de los aerogeneradores y el ámbito eólico propiamente dicho, se trata de un sector especialmente inversor en I+D+i. España es uno de los tres países europeos, junto con Alemania y Dinamarca, en los que se concentra el grueso de la inversión pública y privada en I+D+i en el ámbito de la energía eólica³⁷. En concreto España cuenta con más de 800 patentes en energía eólica desde 2006, siendo el sexto país del mundo y tercero de la Unión Europea en este indicador³⁸.

Además, el sector industrial español es capaz de aportar toda la cadena de valor asociada al diseño, desarrollo, construcción y explotación de un parque eólico terrestre, tal y como muestra la siguiente figura.

³⁷ Wind Energy Technology Market Report – JRC (EUR 29922 EN).

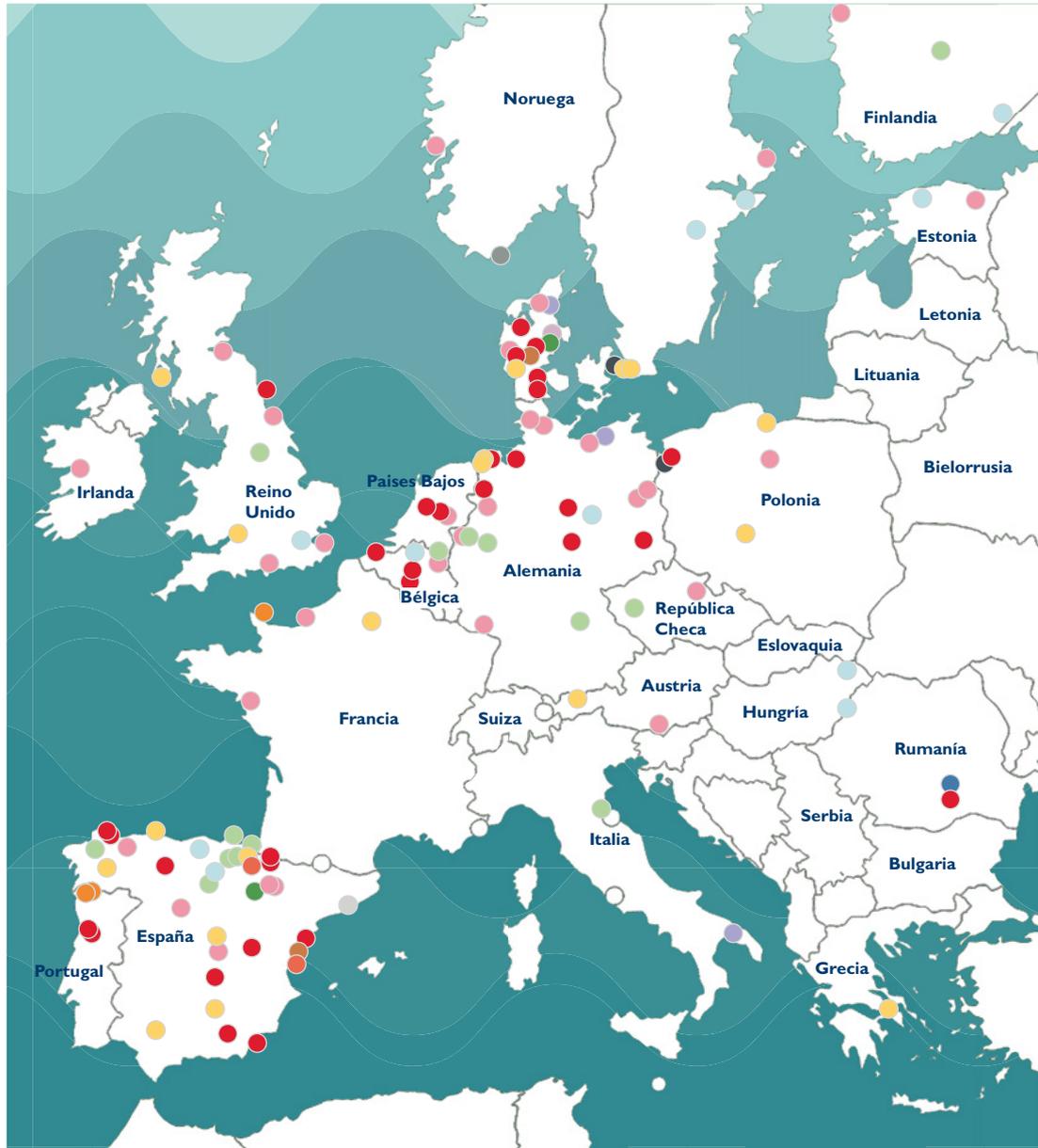
³⁸ Anuario Eólico 2020 (AEE).

Figura 46. Cadena de Valor de la industria eólica. Fuente: Agenda Sectorial de la Industria Eólica



Además de representar toda la cadena de valor, este sector en España tiene una presencia relativamente distribuida, generando oportunidades industriales en distintos ámbitos del territorio peninsular, como ilustra la siguiente figura.

Figura 47. Instalaciones de fabricación de componentes de energía eólica en Europa. Fuente: JRC



COMPONENTES DE TURBINAS EÓLICAS

- | | | |
|--|---|---|
| ■ Generadores | ■ Ensamblaje de góndolas | ■ Palas y Torres |
| ■ Convertidores de potencia | ■ Bujes y ejes | ■ Ensamblaje de Palas y Góndolas |
| ■ Sistemas de control | ■ Rodamientos | ■ Ensamblaje de Generadores y Góndolas |
| ■ Torres | ■ Cimentaciones | ■ Ensamblaje de bujes, ejes y góndolas |
| ■ Multiplicadoras | ■ Fundiciones | ■ Piezas de recambio y reparación |
| ■ Palas | ■ Palas y generadores | ■ Piezas de recambio y reparación y ensamblaje de góndolas |

► Sector de la industria naval, astilleros y portuario

El mercado energético marino se posiciona como una importante fuente de demanda de **buques para dar apoyo a las actividades de construcción**, puesta en marcha y mantenimiento de parques eólicos ubicados en el mar. La industria e ingeniería naval españolas están capacitadas para atender a las futuras demandas de otros sectores industriales y con ello, la apertura a nuevos segmentos de mercado. En este sentido, la experiencia en la construcción de buques de apoyo para operaciones offshore en el ámbito del *oil & gas* del sector naval español puede ser aprovechada para la construcción de buques especiales asociados al despliegue de las energías renovables marinas.

En cuanto a su contribución innovadora en el ámbito naval, es especialmente relevante en la fabricación de drones marinos, de **productos innovadores** destinados a los parques de energía eólica marina, de dispositivos de energías del mar, de componentes de motores, hélices o habilitaciones navales complejas para buques.

Desde el punto de vista cualitativo, dentro del exigente mercado global de prototipos de buques y artefactos marinos especializados de alta complejidad y valor unitario en el que compite el sector español, la industria naval española cuenta con un gran prestigio internacional que la convierte en un referente mundial determinando con ello su carácter netamente exportador.

Por otra parte, la **fabricación de grandes estructuras** (fijas, flotantes o incluso subestaciones offshore completas) y diversos componentes eólicos en los astilleros españoles, ubicados en zonas próximas a los **puertos** y que además cuentan con una dilatada experiencia en los procesos de fabricación de productos metálicos, está suponiendo una gran oportunidad para la diversificación del negocio de la Industria Naval. Los astilleros y la industria naval auxiliar actualmente ya han experimentado el aumento de actividad derivada del segmento eólico combinando la actividad propia de construcción de buques de servicio a parques eólicos offshore, con la construcción de componentes de los aerogeneradores, actuando también como hub logístico para la realización de su premontaje y el embarque en los buques que realizan su transporte.

Los astilleros y puertos españoles tienen los recursos humanos, las instalaciones industriales y la excelencia tecnológica para abordar la complejidad específica de los proyectos de energías marinas, lo que supone una importante oportunidad que además tiene un carácter tractor sobre la industria y sobre el empleo local en las regiones donde se desarrollen los proyectos.

En relación con los **puertos**, el tamaño y el peso de los componentes de las turbinas eólicas marinas hacen que los puertos que soportan estos proyectos sean relativamente únicos en comparación con la tipología convencional de los puertos. Las instalaciones portuarias tienen diferentes requisitos específicos según se utilicen para actividades de fabricación, operaciones y mantenimiento o almacenaje: Acceso de embarcaciones de grandes capacidades, capacidad de almacenaje interior y exterior, capacidad de levantamiento, posibilidad de acomodar buques especializados (transporte góndolas, buques grúa, de tendido de cables, buques de servicio) y transferencia de tripulación entre otras. Por ello, ser capaz de llevar a cabo las necesarias adaptaciones en los puertos españoles permitirá que éstos ganen competitividad en el marco de la cadena de valor de las energías renovables marinas.

Por último, habrá que asegurarse de desarrollos normativos o procedimentales que cubran todos los aspectos relacionados con la seguridad en sentido amplio y la prevención de la contaminación de las diferentes estructuras y elementos que componen el parque eólico.

► Fortalezas y capacidades

En términos más específicos relacionados con las fortalezas y capacidades de España para el desarrollo de conceptos tecnológicos propios de la Eólica Marina, destacan los siguientes aspectos:

- ▶ Situación geográfica atractiva para acceder a mercados europeos y costa Este de América.
- ▶ Estudios de ingeniería, emplazamiento y evaluación de recurso marino y condiciones de clima marítimo.

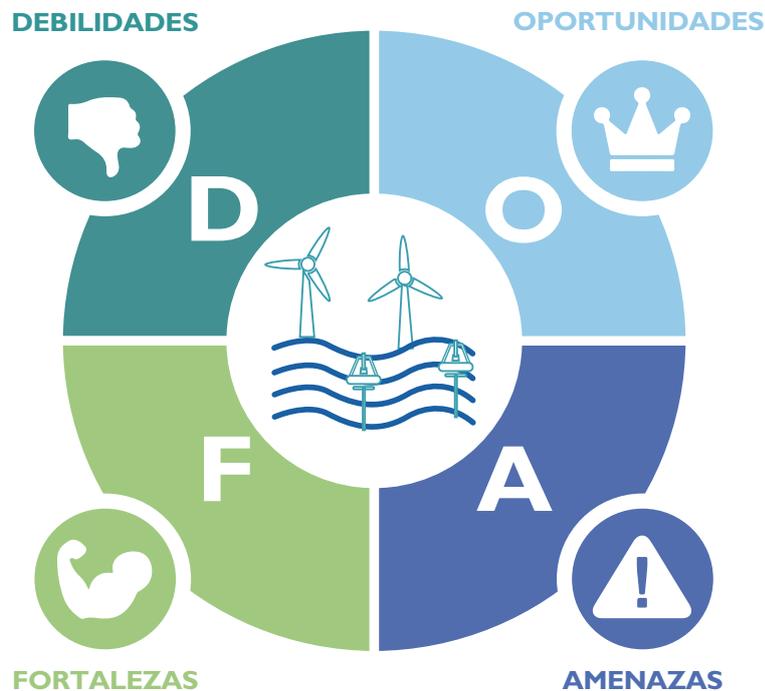
- ▶ Campañas geofísicas, estudios batimétricos y geotécnicos.
- ▶ Sistemas flotantes con tecnología Lidar para la medición del recurso eólico marino.
- ▶ Palas y torres offshore, en los que España ya tiene infraestructura y agentes dedicados a la construcción de palas y torres offshore. Las instalaciones de fabricación existentes pueden adaptarse fácilmente para acomodar elementos más grandes, necesarios para las aplicaciones de eólica marina.
- ▶ Cadenas para sistemas de anclaje para estructuras submarinas: España tiene una gran capacidad tanto en el diseño como en la fabricación de cadenas siendo líder mundial. El impulso y la demanda en eólica flotante tendrá un gran impacto en esta industria.
- ▶ Sistema de anclaje: estructuras tipo Jack-up para instalación de aerogeneradores.
- ▶ Subestaciones eléctricas marinas en corriente continua o alterna: España tiene mucha capacidad en electrónica de potencia, experiencia en la construcción de subestaciones para cimentación fija y capacidad de construcción de estructuras flotantes. Cuando se de una demanda local y europea España se podría posicionar como líder en subestaciones.
- ▶ Fabricación e instalación de cables submarinos.
- ▶ Estructuras de soporte de aerogeneradores, fijas o flotantes, que pueden ser de acero, hormigón o mixtas. España tiene capacidad industrial en el desarrollo tecnológico de flotadores y tiene conceptos en desarrollo como son flotadores de acero y de hormigón.
- ▶ Buques de instalación y buques de apoyo a parques eólicos marinos, para instalación de las estructuras soporte y/o de los propios aerogeneradores, así como para su mantenimiento y desmontaje.
- ▶ Buques y plataformas para la instalación de las estructuras soporte y/o de los aerogeneradores, así como para su mantenimiento y desmontaje.
- ▶ Infraestructuras portuarias, astilleros y capacidad fabril.
- ▶ Embarcaciones de servicio/O&M para parques eólicos marinos tipo SOV (Service Operation Vessel) o tipo catamarán.

La siguiente figura sintetiza el análisis DAFO, de Fortalezas, Debilidades, Amenazas y Oportunidades del Sector Eólico Marino Flotante en España, realizado por EIT- Innoenergy.

Figura 48. Análisis DAFO del Sector Eólico Marino Flotante en España. Fuente: EIT-Innoenergy

1. Aunque varios desarrolladores han expresado su interés en implantar esta tecnología en la Península Ibérica, aún no se ha materializado en una cartera de proyectos concretos.
2. En la actualidad los Planes Nacionales de Energía y Clima en España y Portugal incluyen objetivos muy bajos o no específicos para la energía offshore hasta 2030.
3. Las inversiones en el desarrollo de nuevos proyectos -y aún más en la cadena de suministro- requieren una perspectiva política a largo plazo.
4. La normativa existente requiere una actualización en ambos países en lo que respecta a planificación del espacio marítimo, la agilización de los procedimientos administrativos y el establecimiento de un marco retributivo adecuado.
5. La inversión pública es necesaria para promover el desarrollo de una demanda interna de proyectos (por ejemplo, mecanismos de apoyo).

1. Se esperan importantes reducciones de costes en los próximos años que haran que se reduzca el LCOE en un 66% de media.
2. La Comisión Europea estima 450 GW de eólica marina para 2050, de los cuales entre 100-150 GW se prevé que sean flotantes.
3. WindEurope estima que Iberia podría instalar hasta 22 GW de eólica marina para 2050 y se espera que sea mayoritariamente flotante dada la profundidad de las aguas.
4. Una demanda interna de proyectos activará y fortalecerá el tejido industrial y la cadena de valor, permitiendo salir al mercado exterior.
5. La eólica flotante podría tener un impacto significativo para la economía de la región ibérica.
6. La contribución anual al PIB podría alcanzar un valor entre 4.681 y 7.752 millones de euros.
7. La creación de empleo estimada se encontraría entre 43.669 y 77.825 puestos de trabajo.



1. La Península Ibérica cuenta con un importante recurso eólico marino y, dadas su condiciones de profundidad del agua, se espera que la energía eólica flotante sea la tecnología adecuada para ello
2. La región ibérica cuenta con sólidas capacidades en casi toda la cadena de valor de la eólica flotante, lo que da lugar a un posicionamiento relativamente ventajoso frente a otras regiones competidoras.
3. Además, la región ibérica es muy fuerte en algunas capacidades transversales que tienen una baja replicidad (posicionamiento geográfico, cadena de suministro, infraestructura portuaria, competitividad de los costes de fabricación, etc.),

4. La Ventaja de ser el "primero en llegar":
 - Hay varias tecnologías de eólica flotante que se están desarrollando en la región, con un proyecto pre-comercial en funcionamiento en Portugal (WindFloat).
 - Los astilleros españoles han construido las estructuras flotantes para algunos de los proyectos de eólica flotante más relevantes y la región cuenta con actores líderes en amarres de fondeo marino

1. Competencia con otras fuentes de energías renovables.
2. Los niveles actuales de LCOE para eólica flotante aún no son competitivos frente a otras tecnologías de generación.
3. Competencia con otros centros tecnológicos e industriales potenciales.
4. Hay otros países/regiones que están bien posicionados para el desarrollo de la eólica flotante y que podrían amenazar el posicionamiento de la Península Ibérica.

Como resumen, la cadena de valor española e ibérica presenta elevadas capacidades y un posicionamiento favorable para establecerse como un 'hub' de referencia a nivel internacional, si bien debería estar acompañado de medidas mitigadoras de las debilidades detectadas, como son la necesidad de generar un mercado interno suficiente, adaptar la regulación y promover el desarrollo de proyectos de elevado valor tecnológico en las costas peninsulares.

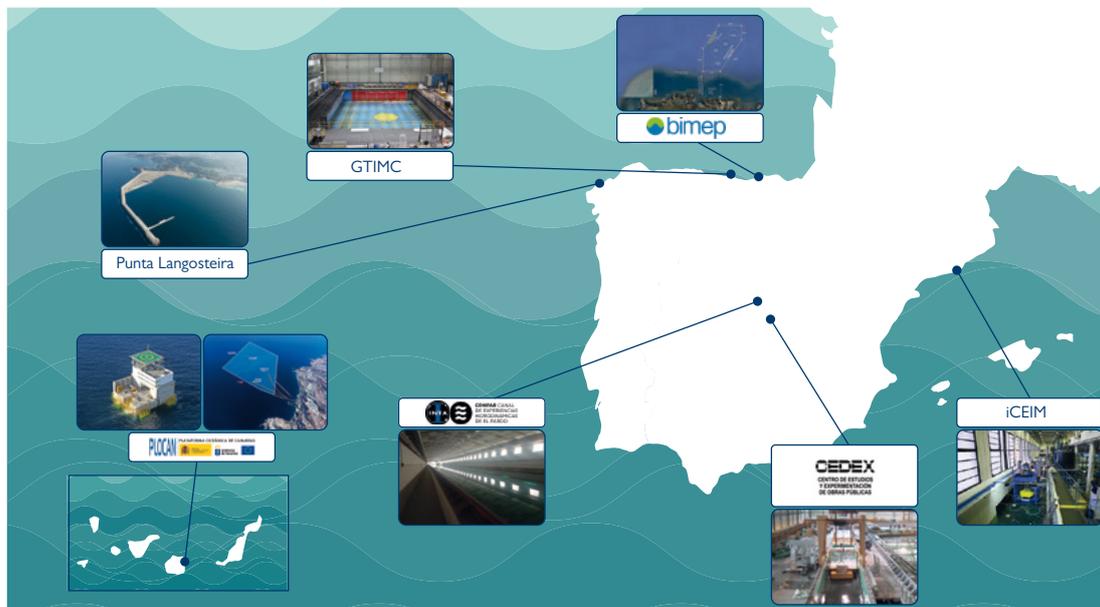
3.2 ESPAÑA COMO REFERENTE EN INFRAESTRUCTURAS DE INNOVACIÓN EN EÓLICA MARINA Y EN ENERGÍAS DEL MAR

España cuenta con una gran capacidad de I+D+i en eólica marina en general y en flotante en particular, existiendo importantes centros de investigación marino-marítimos, proyectos eólicos marinos singulares, prototipos de energía de las olas y corrientes y grupos de investigación punteros, así como varias plataformas de ensayos de tecnologías de generación de energías marinas del máximo nivel y apoyados desde la Administración.

Asimismo, España también representa uno de los países en los que se están desarrollando mayor número de diseños innovadores de plataformas flotantes en alta mar. Tal y como se ha indicado previamente, de las cerca de 27 soluciones flotantes identificadas actualmente como activas a nivel mundial, 7 son patentes españolas y son en su mayoría prototipos innovadores que buscan reducir el coste de la tecnología eólica flotante.

Además, cabe destacar que España ofrece infraestructuras de referencia internacional para el desarrollo tecnológico de las energías marinas y en particular de la tecnología flotante. La mayoría de estas infraestructuras están agrupadas por el Ministerio de Ciencia e Innovación a través del programa de Infraestructuras Técnico-Singulares (ICTS), MARHIS (Maritime Aggregated Research Hydraulic Infrastructures. Según el informe recién publicado "An overview of Ocean Energy Activities in 2020" de la AIE, España es el país de la Unión Europea con más instalaciones para la I+D+i para las energías marinas y cuenta con hasta tres (3) centros de pruebas en mar abierto, (BIMEP, PLOCAN, Punta Langosteira), perfectamente acotados y totalmente habilitados para acoger en sus aguas los dispositivos y prototipos de eólica marina y de energías del mar. Los centros de pruebas en mar abierto son un paso común en el desarrollo de las energías marinas en países de todo el mundo y son un hito clave para la innovación y desarrollo de la industria energética marina.

Figura 49. Mapa de infraestructuras de I+D+i en España relacionados con las energías renovables marinas.
Fuente: MITECO-IDAE



Este conjunto de instalaciones de referencia está conformado por las siguientes:

- ▶ **Gran Tanque de Ingeniería Marítima de Cantabria / Cantabria Coastal and Ocean Basin (GTIM-CCOB)** ubicado en el Parque Científico y Tecnológico de Cantabria (PCTCAN, Santander) y gestionado por la Fundación Instituto de Hidráulica Ambiental. El tanque tiene un **diseño conceptual global único en el mundo en el ámbito de la ingeniería marítima**, que sirve para simular cualquier proceso, diseño o cualquier tipo de infraestructura. El gran tanque tiene unas dimensiones de 44 metros de anchura y 30 metros de longitud, puede albergar 5,5 millones de litros de agua y simular olas de hasta 20 metros y vientos de 150 kilómetros por hora. En esta instalación es posible recrear condiciones que se dan ante un fenómeno atmosférico real, simulando oleaje en todas las direcciones
- ▶ **Infraestructuras Integradas Costeras para Experimentación y Simulación / Integrated Coastal Infrastructures for Experimentation and Modelling (ICIEM)**, gestionada por el Laboratorio de Ingeniería Marítima, centro específico de investigación de la Universidad Politécnica de Cataluña, BarcelonaTech (LIM/UPC) y distribuida en diferentes localizaciones del área litoral de Barcelona. Permite actividades de investigación e ingeniería en el campo marítimo (aplicaciones costeras, portuarias y ambientales), constituida por una combinación de laboratorios de varias escalas, estaciones de monitorización en campo, y plataformas avanzadas de modelado numérico. Las principales instalaciones son:
 - ▶ El **canal de oleaje de gran escala** CIEM y el **canal de pequeña escala** CIEMito, ambos con capacidad para generar olas y corrientes. El primero, un gran canal de canal de ensayos 2D de escala sin apenas distorsiones (100 m de longitud, 3 m de anchura y hasta 7 m de profundidad), es una herramienta relevante para la realización de experimentos en el ámbito de la ingeniería costera, portuaria y oceanográfica, así como en otros campos tales como la acuicultura o el aprovechamiento energético de los recursos marinos. El CIEMito es un canal transparente con una longitud total de 18m, con una sección útil aproximada de 0,40 m de ancho y 0,56 m de altura. Permite realizar experimentos a pequeña escala y lograr una optimización y complementariedad sobre todo para medidas ópticas de agua transparente con el CIEM.
 - ▶ El Laboratorio de Observación Marítima en Campo cuenta con el XIOM Shelf Observatory para la **recogida de variables meteorológicas y oceanográficas** a lo largo de la costa catalana, desde el Golfo de Rosas hasta el Delta del Ebro con capacidad de medir olas, corrientes, meteorología, oscilaciones de largo periodo (marea y otras ondas largas) y un grupo de estaciones meteorológicas marítimo-terrestres especialmente adaptadas para la zona litoral.
 - ▶ El Pont del Petroli Coastal Observatory es un pantalán que se extiende 250 m hacia mar adentro, desde aguas muy someras hasta profundidades intermedias (12 m). **Es la primera instalación en condiciones micromareales en la Unión Europea**, y complementa la red de pantalanos instrumentados de la que forman parte HORS en Japón, o Duck en EE.UU. Ambos Laboratorios se complementan con un Laboratorio de Modelado Numérico de alta resolución, que proporciona servicios que van desde la **replicación de modelos hidráulicos hasta sistemas de predicción de parámetros meteo-oceanográficos**; así como un "Laboratorio Remoto" (rWLaB), plataforma de **educación, investigación y diseminación** de conocimiento que permite el acceso remoto a las instalaciones del laboratorio y a las distintas estaciones de adquisición de datos de campo (XIOM y Pont del Petroli).
- ▶ **Centro de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo (CEHIPAR)**, dependiente del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) y localizado en El Pardo (Madrid). Es un centro público de investigación, desarrollo tecnológico y asistencia técnica de alto nivel, **reconocido internacionalmente como centro puntero de la investigación hidrodinámica**, que realiza trabajos de proyectos, experimentación e investigación que le solicitan organismos, astilleros, navieros, oficinas de ingeniería, fabricantes y particulares. Cuenta con las siguientes instalaciones singulares:
 - ▶ Canal de aguas tranquilas (320 metros de largo, 12,5 metros de ancho y 6,5 metros de profundidad, permite velocidades de viento de hasta 10m/s).

- ▶ Laboratorio de comportamiento del buque en la mar y maniobrabilidad (piscina de 150 metros de largo, 30 m de ancho y 5 de fondo capaz de generar olas de 90 cm de altura. dispone de moderna tecnología de generación de oleaje e instrumentación para ensayos de los movimientos de buques, plataformas off-shore y artefactos flotantes en olas y viento. Este laboratorio cuenta con un canal de 150 m de largo, 30 m de ancho y 5 m de profundidad que en uno de sus extremos tiene un cuadrado de 10 m de lado con 5 m adicionales de profundidad (profundidad total 10 m) y un generador de oleaje.
- ▶ Túnel de Cavitación: El túnel de cavitación permite optimizar el diseño de hélices comprobando y estudiando la generación de cavitación, el riesgo de erosión, las fluctuaciones de presión y la producción de ruidos inherente a la cavitación.

- ▶ **Plataforma de Energía Marina de Vizcaya / Biscay Marine Energy Platform (BiMEP)**, empresa pública del Ente Vasco de la Energía (EVE) y el Instituto para el Ahorro y la Diversificación Energética (IDAE) para desarrollo, construcción, operación y mantenimiento y gestión de la plataforma de ensayos en mar abierto. Esta es una infraestructura de **ensayos tanto de prototipos de captadores de energías marinas como de sistemas eólicos marinos y equipamiento auxiliar**, en condiciones reales de mar, localizada frente a la costa de Arantzazu (Lemoniz, Vizcaya).

BiMEP, en funcionamiento desde junio de 2015, ofrece a los desarrolladores de tecnología un área con un recurso de olas y viento adecuado para la demostración de la viabilidad técnica y económica de los distintos conceptos, así como su seguridad antes de pasar a un estado comercial a escala real. Consta de una **zona de ensayos en mar abierto, con un área restringida de navegación de 5,3 km² con conexión a red para la demostración y validación de convertidores de energía de las olas y plataformas eólicas flotante**, a profundidades entre 50-90 metros. Tiene una capacidad total de 20 MW distribuidos en cuatro (4) cables submarinos de 5 MW cada uno equipados con fibras ópticas.

Desde 2019, la planta de energía de las olas de Mutriku, **la primera instalación comercial en el mundo que funcionó inyectando energía eléctrica generada por las olas a la red**, está integrada en BiMEP. Consta de una planta de ensayo y generación de energía de olas con tecnología de Columna de Agua Oscilante que ofrece una oportunidad única para el ensayo de nuevos conceptos de turbinas de aire y sistemas de control y equipamiento auxiliar paso previo a su prueba en mar abierto, en las instalaciones de BiMEP en Arantzazu.

- ▶ **Plataforma Oceánica de Canarias** gestionada por el Consorcio PLOCAN (cofinanciado a partes iguales por la Administración General del Estado, a través del MICINN, y el Gobierno de la Comunidad Autónoma de Canarias).

PLOCAN forma parte del Mapa de Infraestructuras Científico-Técnicas Singulares (ICTS) y cuya misión es propiciar el desarrollo científico, tecnológico e innovación de excelencia en el ámbito marino y marítimo, acelerando la llegada al mercado de sus resultados y productos, en particular de aquellas, como es el caso de las energías renovables marinas, cuyo desarrollo exige disponer de bancos de ensayo situados en el medio marino favoreciendo el crecimiento económico y empleo, mediante el acceso eficiente al océano a profundidades crecientes y de forma medioambientalmente sostenible.

PLOCAN proporciona **acceso y apoyo logístico transdisciplinar a través de sus instalaciones en tierra y bancos de ensayos marinos**. La infraestructura en el mar está formada por una plataforma marina fija ubicada 1,5 km de la costa y a unos 30 metros de profundidad en mar abierto en el Noreste de la Isla de Gran Canaria, en un área de 23 km² reservada para dicha experimentación científico-técnica y la validación de prototipos.

La infraestructura en tierra integra 400 m² de **talleres equipados para la electrónica y la integración mecánica, la reparación, el almacenamiento y la logística, incluyendo un laboratorio húmedo con un tanque de agua salada**. Además, también está disponible una sala de control destinada al pilotaje de vehículos marinos y temáticas relacionadas.

Dispone de dos (2) cables eléctricos submarinos en servicio y otros dos (2) más en proyecto, con una potencia máxima de evacuación de 15 MW. Uno de los módulos principales de 5MW está destinado a convertidores energía undimotriz con 5 posiciones de 1 MW cada uno y el otro módulo para tecnologías de eólica marina.

► **Instalaciones singulares del CEDEX utilizadas para la experimentación de la eólica marina**

El Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana dispone, a través del Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX, de un conjunto de **instalaciones singulares -tanque de oleaje mutidireccional, Canal de oleaje y viento a gran escala y el simulador de maniobra de buques**, con capacidad para el desarrollo de estudios de simulación y experimentación en modelo físico de estructuras e instalaciones que puedan estar situadas en el ámbito marino.

Estas infraestructuras permiten la realización de ensayos sobre plataformas fijas y flotantes para sustentación de generadores de energía eólica marina, así como dispositivos para generación de energía undimotriz, de manera que ya han sido utilizadas por el sector privado para el testeo y experimentación de diferentes proyectos de I+D+i en el ámbito de las energías renovables marinas.

► **Zona experimental de aprovechamiento de energías marinas en Punta Langosteira, Galicia**

El puerto Exterior de La Coruña Punta Langosteira, en el término municipal de Arteixo, acoge el parque experimental de energía undimotriz, del proyecto EnergyMare. Es considerada como la **segunda zona experimental del mundo con mayor concentración de energía de las olas**, por detrás de la costa sur de Gales.

El Instituto Enerxético de Galicia (INEGA) coordina el consorcio formado por once (11) socios de España, Portugal, Francia, Reino Unido e Irlanda, que tiene como objetivo habilitar el dominio público marítimo-terrestres de 2,6 km² en las proximidades del puerto exterior de la Coruña, a una distancia entre 20 y 60 metros de la costa y a una profundidad de 500m.

Desde mediados de 2015, las aguas de Punta Langosteira son el laboratorio marítimo en el que distintas empresas y entidades investigadoras realizan ensayos que tienen como objeto la obtención de energía a partir del oleaje.

Se trata de una **infraestructura oceánica de investigación, demostración y operación de convertidores de energías marinas** en condiciones reales de aguas abiertas, principalmente de convertidores de energía undimotriz. La zona de pruebas permite a promotores y tecnólogos probar sus dispositivos y validar diseños, componentes y materiales, así como verificar la viabilidad técnica y económica de los mismos.

Actualmente se está planteando la modificación de la concesión para que pueda acoger también ensayos de eólica marina.



OBJETIVOS AL
2030 Y VISIÓN DEL
MARCO PARA EL
DESPLIEGUE DE
LAS ENERGÍAS
RENOVABLES
MARINAS EN
ESPAÑA

Con esta Hoja de Ruta de la eólica marina y energías del mar, España se fija un cuádruple objetivo:

Figura 50. Objetivos fundamentales de la hoja de ruta para el desarrollo de las Energías Renovables Marinas en España. Fuente: MITECO-IDAE



Establecerse como **el polo europeo de referencia para el desarrollo tecnológico y de I+D+i para el diseño, escalado y demostración de nuevas tecnologías y la innovación ambiental**, aprovechando las singularidades geográficas y regímenes marítimos del país, reforzando la red de plataformas de ensayo y desplegando un marco habilitador “plug & play” que agilice la prueba de nuevos prototipos;

Aprovechar la senda de liderazgo de la industria española en la energía eólica, en la industria naval y marítima, así como en la fabricación de bienes de equipo, para su extensión a la energía eólica marítima y las energías del mar, convirtiendo al país **en referente internacional y europeo en capacidades industriales y el conjunto de la cadena de valor de estas energías**. Este planteamiento busca contribuir al liderazgo industrial europeo y su autonomía estratégica en este ámbito, la consolidación y generación de empleo en la cadena de valor asociada a las renovables marinas y el fomento de decisiones de inversión industrial alineadas;

Impulsar un desarrollo de las renovables marinas que no sólo procure su **compatibilidad ambiental**, sino que, al tiempo, contribuya a un **mejor conocimiento del medio marino, su estado de conservación y las posibles interacciones y afecciones de los distintos usos y actividades con enfoques sinérgicos y de búsqueda de beneficios socioeconómicos a las comunidades locales**, como elementos facilitadores y de consenso para viabilizar los proyectos eólicos marinos comerciales. Este despliegue permitirá aplicar las mejores prácticas, con referencias internacionales de éxito, para la consecución de impactos ambientales positivos que garanticen la conservación de la biodiversidad marina.

Definir unos objetivos para el **despliegue de la eólica marina en particular y del aprovechamiento de las energías renovables marinas** con metas a largo plazo para proporcionar la continuidad y visibilidad necesarias para alcanzar los objetivos climáticos, apuntalando también el desarrollo industrial y tecnológico.

4.1 ESPAÑA COMO HUB DE REFERENCIA PARA EL DESARROLLO Y PRUEBA DE NUEVAS SOLUCIONES OFFSHORE

Para que el desarrollo de las soluciones de eólica flotante y otras energías del mar pueda cumplir con las sendas más ambiciosas de reducción de costes y alcanzar la plena competitividad, es imprescindible la inversión continua en investigación, desarrollo e innovación, así como el impulso de nuevas soluciones que hagan efectivo el necesario salto tecnológico.

La reducción del ‘time to market’ de nuevos conceptos tecnológicos pasa por poder probar de forma ágil y en condiciones reales los proyectos experimentales, prototipos o instalaciones precomerciales. España cuenta no solo con plataformas de ensayo existentes punteras y dotadas con las infraestructuras y servicios necesarios, sino también con condiciones climatológicas y regímenes geográficos y marítimos diversos que permiten probar soluciones destinadas a distintos entornos y mercados.

Por ello, esta Hoja de Ruta plantea convertir España en **el lugar de referencia europeo para la prueba de nuevos prototipos y soluciones, estableciendo un marco flexible y ágil ‘plug&play’** mediante el refuerzo de las plataformas de ensayo existentes, el desarrollo de un marco de tramitación atractivo para nuevas plataformas de ensayo y, especialmente, el intercambio de prototipos dentro de las condiciones de contorno de las plataformas, todo ello acompañado del ecosistema de I+D+i del que forman parte los centros tecnológicos del país.

- ▶ **En concreto, el marco a desarrollar aspira a ser líder en el ámbito europeo en cuanto a los plazos de autorización para la prueba de nuevos prototipos.**
- ▶ **Adicionalmente, se acompaña de un marco de apoyo que busca incrementar de manera significativa el presupuesto de inversión pública en I+D+i en el ámbito de la energía eólica marina y las energías del mar, dedicando al menos 200 millones de euros públicos en el periodo 2021-2023 para la innovación tecnológica en este ámbito, en función de la madurez de los proyectos y las propuestas que presenten los distintos agentes.**

Complementariamente a lo anterior, se plantea consolidar que las infraestructuras de I+D+i y centros tecnológicos en España relacionados con las energías renovables marinas, mencionados en el apartado 3.2, sean foro de desarrollo de proyectos que ensayen y demuestren la viabilidad comercial de soluciones innovadoras de generación de energías renovables marinas con un enfoque ambiental.

4.2 CONSOLIDACIÓN Y FORTALECIMIENTO DE LA CADENA DE VALOR

El posicionamiento relevante de la industria española en los ámbitos eólico y naval ha permitido que las empresas del país ya jueguen un rol en el despliegue de la eólica marina a nivel europeo y global.

Para asegurar la resiliencia del posicionamiento español y europeo ante el punto de inflexión previsto en el despliegue de la eólica flotante y otras energías del mar, como identifica la Estrategia europea de energías marinas, es necesario desarrollar políticas del lado de la oferta. En este sentido, es imprescindible **sistematizar la política industrial en torno al ámbito de las energías marinas, identificar las necesidades existentes y previsibles en el nuevo contexto, y aprovechar las sinergias con el resto del ecosistema industrial nacional y europeo**, especialmente en un contexto de necesaria reactivación económica. El planteamiento de este objetivo sería la potenciación de las capacidades de la cadena de valor nacional en este sector estratégico, tanto a nivel nacional como en escaparates internacionales³⁹.

³⁹ Ejemplo de actuación en colaboración entre el ICEX y la Asociación Eólica Empresarial –AEE: Catálogo de la Industria Eólica Española. 2019 (<https://www.aeeolica.org/images/Publicaciones/Catalogo-de-la-Industria-Eolica-Espaola.pdf>).

- **Esta Hoja de Ruta se plantea como objetivo el respaldar, apoyar y fortalecer la cadena de valor asociada al despliegue de las energías renovables marinas, tratando de crear las condiciones logísticas, de acompañamiento a empresas y de identificación de condiciones apropiadas para aprovechar oportunidades para los agentes involucrados.**

En este sentido, las medidas sectoriales planteadas contemplan no sólo los propios proyectos renovables marinos, sino también el enfoque logístico, de infraestructuras, industrial y del conjunto de la cadena de valor que permita generar actividad económica, social y empleo de calidad durante la fabricación de componentes y la generación de bienes y servicios asociados. Además, se plantean medidas transversales con otras estrategias y hojas de ruta actualmente en desarrollo.

4.3 SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL Y SOCIAL

Como se ha indicado anteriormente, España cuenta con algo más del 12% de su superficie marina protegida, superando el 10% de umbral de cobertura comprometido para 2020 con el Convenio de Diversidad Biológica. Además, en línea con la Coalición de Alta Ambición y la Alianza Global de los Océanos a las que pertenece España, el país se ha fijado el **objetivo de reforzar el marco de protección para alcanzar el objetivo de protección del 30% de la superficie marina para 2030**, que deberá comprender una muestra representativa y bien conectada de los hábitats y especies marinos de las diferentes regiones biogeográficas presentes en los mares españoles.

Por su parte, la franja costera de nuestro país acoge a un tercio de la población española, a pesar de que solo constituye un 6,7% del territorio. Durante los primeros años del siglo XXI, la población residente en municipios costeros ha crecido a un ritmo superior a la media nacional (1,9%, frente al 1,6% global). Las costas constituyen además un espacio de atracción clave para una de las principales actividades económicas del país: el turismo.

Tanto el mar como la zona costera son objeto de riesgos derivados del cambio climático y de las presiones derivadas de las distintas actividades y usos del entorno marítimo-terrestre. Entre otros, el aumento de la temperatura del agua, el incremento de su nivel de acidez, la disminución del nivel de oxígeno y un incremento de la violencia de los temporales en el mar se constituyen en impactos físicos y químicos que causarán a su vez cambios en la distribución de especies, aumento de especies invasoras y pérdidas en la productividad pesquera. Por su parte, mientras que los peligros derivados del cambio climático en las costas incluyen el aumento en la frecuencia e intensidad de temporales costeros, la inundación permanente por la subida del nivel del mar, el incremento de la erosión y la pérdida de ecosistemas clave como consecuencia del calentamiento del agua del mar.

Según el Global Ocean Observing System (GOOS), para el año 2025, el rápido aumento previsto de las poblaciones costeras podría exponer al 75% de la población mundial a peligros relacionados con el océano. Estos peligros se verán aumentados por el aumento del nivel del mar relacionado con el clima, así como por las tormentas intensificadas por el calor del océano. Riesgos que pueden afectar a los habitantes de las costas, pero también a la navegación por la dependencia que estos tienen de las previsiones meteorológicas para el desarrollo de su actividad.

Los seres humanos también dependen del océano para la alimentación, los productos farmacéuticos, los minerales, la navegación, el transporte y el ocio. Otros recursos oceánicos valiosos están vinculados a nuestras necesidades energéticas. Dependemos del océano y de las zonas costeras para el hábitat y la economía, por lo que la vulnerabilidad humana está vinculada al océano no sólo por los peligros en la costa, sino también por la salud de los ecosistemas oceánicos.

Es imprescindible, por tanto, no solo **asegurar la compatibilidad de los usos y actividades en el espacio marino entre sí y con la conservación del medio marino**, en el marco de los Planes de Ordenación del Espacio Marítimo, sino **también tener en cuenta la creciente presión sobre estos entornos y las actividades que se desarrollan en éstos que suponen el cambio climático y otros procesos de cambio local y global y, además, deberían establecerse criterios que doten de protección a la seguridad marítima, en su vertiente de protección de la vida humana en el mar como en la de evitación de accidentes**. En este sentido, una herramienta facilitadora a plantear en el desarrollo de los proyectos sería la generación de foros de encuentro, con la participación proactiva de los agentes promotores involucrados, de los agentes sociales locales y de la administración marítima, que exploren soluciones con visión de largo plazo ambiental y socioeconómica.

Para ello, es imprescindible contar con datos fiables sobre el estado de conservación del medio marino y su evolución, y ser capaces de medir las posibles interacciones entre los distintos factores. En este sentido, y cumpliendo con las obligaciones de la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina (Dir 2008/56/CE), en España se han puesto en marcha los programas de seguimiento de las estrategias marinas, cuyo último objetivo es evaluar el estado ambiental del medio marino de las cinco demarcaciones marinas españolas. Esta evaluación se realiza en torno a 11 descriptores del buen estado ambiental, e incluye también un análisis de las presiones e impactos a las que se ve sometido el medio marino. La evaluación se repite cada seis años, y es la base sobre la que se definen los objetivos ambientales y los programas de medidas de las estrategias marinas. La segunda evaluación tuvo lugar en el año 2018⁴⁰, y sus conclusiones han sido la referencia sobre la cual se han diseñado los planes de ordenación del espacio marítimo.

De forma adicional, el último Informe del Sistema Mundial de Observación Oceánica (GOOS) ha identificado el impacto que la pandemia del COVID-19 ha tenido sobre las observaciones oceánicas, así como la necesidad de fortalecer y llenar las brechas geográficas y de recursos en el sistema mundial de observación de los océanos para satisfacer la creciente necesidad de servicios de información en este ámbito.

Otro factor relevante a considerar en el análisis “caso por caso” sería la utilización de las Mejores Técnicas/Tecnologías Disponibles (BAT, por sus siglas en inglés) y las Mejores Prácticas Ambientales (BEP, por sus siglas en inglés), para la reducción del ruido submarino en las actividades de construcción, cimentación, anclaje, etc. de parques eólicos marinos, fijos y flotantes. La aplicación de las BAT y BEP es un requisito adoptado por diversos acuerdos y convenios internacionales, por el que otros países⁴¹ ya han establecido estándares de límites acústicos potencialmente replicables en España.

Por todo lo anterior esta Hoja de Ruta establece el objetivo no solo de fijar la sostenibilidad como criterio previo para la definición de zonas de menor impacto, y por tanto de mayor aptitud, para el despliegue de las energías renovables marinas; sino **que apuesta por convertir el desarrollo de estas tecnologías en una herramienta para mejorar el conocimiento del medio marino, de la evolución de su estado, y del impacto sobre éste tanto del desarrollo de renovables marinas como de otros usos y actividades**, teniendo en cuenta además su respeto por los usos tradicionales previos. En particular, se establecen como objetivos:

- ▶ **Instalación en las nuevas infraestructuras de energías renovables marina de sensores para la monitorización de las principales variables meteorológicas marinas, el contenido de calor del océano y el nivel del mar, que permitan el seguimiento del cambio climático, implementar servicios en tiempo real a través de alerta temprana de peligros oceánicos, y previsiones meteorológicas y marítimas.**
- ▶ **Inclusión de elementos de “seguimiento pasivo” (por ejemplo, hidrófonos de acústica pasiva) para el seguimiento y monitorización de la biodiversidad marina y avifauna.**
- ▶ **El uso de estos elementos también de cara a la ejecución de los planes de vigilancia ambiental asociados a la autorización de las infraestructuras renovables marinas, aportando información que permita mejorar el conocimiento del medio marino, así como los potenciales impactos de otras actividades y usos en el entorno marino y en la navegación, de cara al desarrollo de mejoras normativas y tecnológicas e identificación de mejores prácticas.**
- ▶ **Aprovechamiento de este conocimiento para un despliegue de las renovables marinas más coherente con los valores ambientales del entorno marino en España, así como la puesta en valor de capacidades y conocimiento que sitúen a la cadena de valor nacional como avanzadilla a nivel europeo y global en la compatibilidad ambiental de los desarrollos renovables marinos. En este aspecto, se entiende relevante proveer de una guía para los promotores de parques eólicos marinos.**

⁴⁰ https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/estrategias-marinas/eemm_2dociclo.aspx.

⁴¹ En 2013, la Agencia Federal Alemana para la Conservación de la Naturaleza (FANC) publicó su “Concepto de Protección Sonora” (Sound Protection Concept). Informe Ascobans 2020, por la FANC sobre ‘Noise mitigation for the construction of increasingly large offshore wind turbines’ (https://www.ascobans.org/sites/default/files/document/ascobans_mop9_inf6.2.6c_noise-mitigation-construction-offshore-wind-turbines.pdf).

4.4 MARCO PARA EL DESPLIEGUE DE LA EÓLICA MARINA FLOTANTE Y LAS ENERGÍAS DEL MAR

El despliegue de la energía eólica marina y otras energías del mar es imprescindible tanto para el cumplimiento de los objetivos de energía y clima como para apuntalar el potencial industrial y de I+D+i. En este sentido, la Estrategia europea de energías marinas identifica como prioritaria la necesidad de un marco regulatorio más claro que aporte la previsibilidad y certidumbre necesarias para abordar estas inversiones, a menudo de elevada complejidad técnica y administrativa.

En particular, las singularidades del entorno marino requieren que este marco aborde de forma coordinada y simultánea tres elementos clave: ordenación espacial, la conexión a red y el modelo de negocio. Si bien estas tres condiciones deben cumplirse también en el desarrollo de cualquier instalación de generación en tierra, en el caso de los parques eólicos marinos cobran especial relevancia debido a la ubicación en dominio público, al gran peso de la inversión inicial en la toma de decisión, así como la elevada generación eléctrica que suponen los desarrollos eólicos marinos.

Ordenación del espacio físico para los proyectos

El marco para el otorgamiento, en su caso, de los derechos de ocupación del dominio público marítimo-terrestre que requiere el desarrollo eólico marino en las aguas marinas españolas deberá seguir lo establecido en los Planes de Ordenación del Espacio Marino, en cuanto a la zonificación, ordenación de usos y actividades, criterios para la coexistencia entre los distintos usos y actividades, -también si procede en las zonas de servicios portuarios- así como el mantenimiento del buen estado ambiental del medio marino y la navegación, la seguridad marítima, el salvamento y la protección del medio marino.

Capacidad de acceso y conexión al sistema eléctrico

A su vez, la ubicación espacial de los proyectos debe alinearse con la certidumbre necesaria sobre la capacidad del sistema eléctrico de conectar e integrar la energía generada. Para ello, es necesaria la coordinación entre la ordenación espacial y la **capacidad de acceso y conexión a los nudos de la red eléctrica**, así como los requisitos técnicos y ambientales para las infraestructuras de interconexión de enlace tierra-mar de los proyectos eólicos marinos.

Modelo de negocio

Las inversiones necesarias para el impulso de las renovables marinas requieren de un marco claro y transparente para permitir la viabilidad del modelo de negocio para los proyectos más competitivos. Este el marco debe estar, a su vez, coordinado con los marcos relativos a la ocupación del dominio público marítimo-terrestre y al acceso y conexión a las redes eléctricas indicados en los dos puntos previos.

Figura 51. Elementos principales para el despliegue de las energías renovables marinas en España.
Fuente: MITECO-IDAE



Tal como se desarrolla en el apartado de medidas de esta Hoja de Ruta, el procedimiento basado en estos tres elementos podrá contemplar etapas de precalificación y el establecimiento de un mecanismo de concurrencia competitiva para identificar los proyectos más adecuados en cada caso. Estos procesos se establecerían en la fase más temprana posible, permitiendo que tanto los promotores como las administraciones y organismos que deban pronunciarse puedan focalizar adecuadamente sus esfuerzos y recursos.

A partir del desarrollo del marco que plantean las medidas de esta Hoja de Ruta, y atendiendo al estado del arte actual de la eólica marina flotante y otras energías del mar, **se establecen como objetivos de desarrollo de las Energías Marinas en España a 2030 las siguientes horquillas:**

Figura 52. Objetivos a 2030 de la Hoja de Ruta de Eólica Marina y Energías del Mar

	Objetivos Hoja de Ruta	Referencias 2030
Eólica marina	1 – 3 GW	5 – 30 GW flotante a nivel global. ⁴² 7 GW flotante a nivel europeo. ⁴³ 60 GW (fijo y flotante) a nivel europeo. ⁴⁴
Energías del mar	40 – 60 MW	10 GW a nivel global. ⁴⁵ 1 GW a nivel europeo. ⁴⁶

Como se observa en las referencias incluidas en la tabla anterior, la apuesta por la energía eólica marina flotante de esta Hoja de Ruta supone una contribución significativa en una tecnología que está culminando su proceso hacia la madurez tecnológica y se encuentra en un punto de inflexión en su despliegue, como ilustra la amplitud de las horquillas en las previsiones de las distintas instituciones a nivel europeo y global.

En concreto, esto supone la contribución de hasta el 5% de los objetivos fijados a nivel europeo para 2030 para la Eólica Marina, pudiendo llegar a una contribución de hasta el 40% en relación con el objetivo europeo específico para la Eólica Marina Flotante.

⁴² IRENA. 'Future of Wind'. October 2019.

⁴³ WindEurope. 'Offshore Wind in Europe'. February/2021.

⁴⁴ Comisión Europea. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_20_2096.

⁴⁵ IRENA. Analysis for Upcoming Report. May/2020.

⁴⁶ Comisión Europea. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_20_2096.

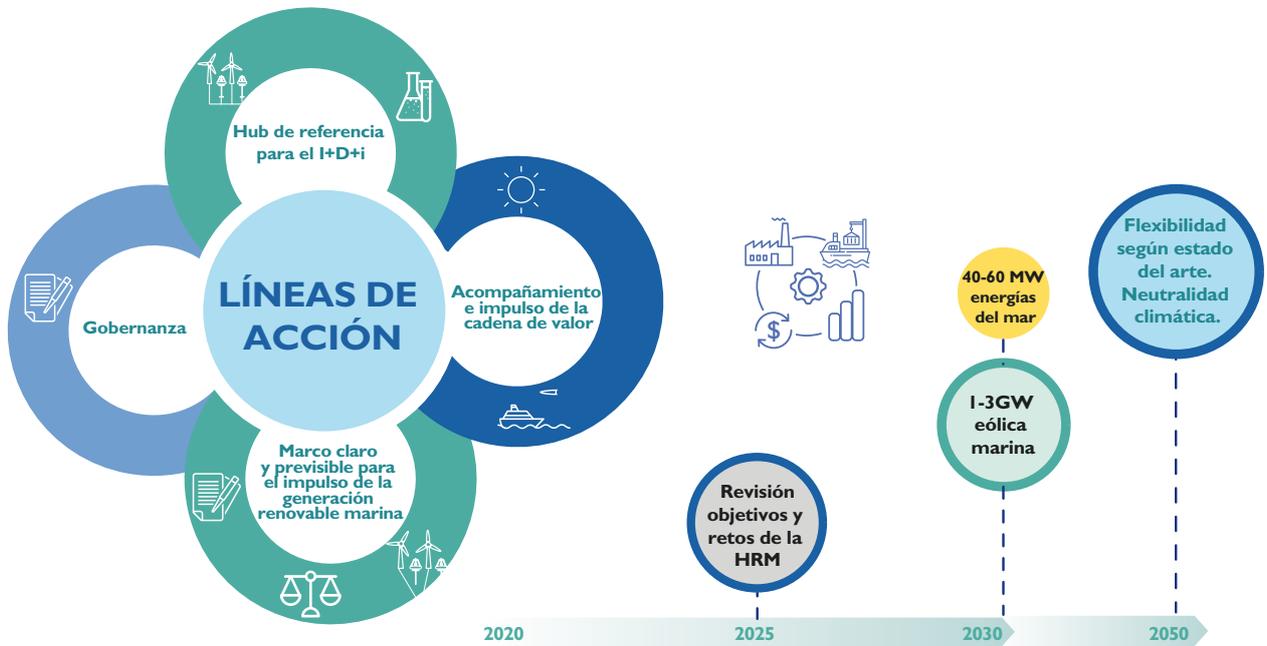


LÍNEAS DE ACCIÓN
Y MEDIDAS

A continuación, se lista un resumen de las líneas de acción planteadas, son medidas genéricas, cuyo desarrollo en detalle se desplazará a la propia implementación de la medida.

Líneas de acción	
I. España como ubicación de referencia para el I+D+i en tecnologías renovables marinas	
MEDIDA 1.1. 	Desarrollo y refuerzo de plataformas de ensayos.
MEDIDA 1.2. 	Programas de desarrollo tecnológico.
MEDIDA 1.3.	Marco 'plug & play' para la sustitución de prototipos experimentales en plataformas de ensayos de energías renovables marinas.
MEDIDA 1.4.	Mejora del conocimiento del medio marino.
2. Acompañamiento e impulso de la cadena de valor	
MEDIDA 2.1.	Evaluación de la infraestructura portuaria de cara a la construcción, montaje o exportación de componentes asociados a instalaciones renovables marinas.
MEDIDA 2.2.	Seguimiento y acompañamiento de la industria y cadena de valor marítima nacional para el desarrollo de proyectos de eólica marina y de energías del mar.
MEDIDA 2.3.	<i>Hub</i> de colaboración público-privada y privada-privada para el desarrollo de las energías renovables marinas.
MEDIDA 2.4.	Refuerzo del posicionamiento de España en el contexto internacional.
MEDIDA 2.5.	Capacitación, formación y cualificación profesional en el sector de las energías renovables marinas.
MEDIDA 2.6.	Contribución a la Transición justa.
MEDIDA 2.7.	Economía circular: impulso del ecodiseño y cadena de valor en torno al fin de vida útil.
MEDIDA 2.8.	Coordinación con el sector para campañas de comunicación y sensibilización a la población.
MEDIDA 2.9.	Creación de GT Intersectoriales.
3. Marco claro y previsible para el despliegue de la generación renovable marina	
MEDIDA 3.1. 	Definición y aprobación en los POEM de la zonificación para el desarrollo de parques eólicos marinos.
MEDIDA 3.2. 	Elaboración y publicación de visores geográficos con información relativa al recurso eólico marino y de las Energías del Mar en España y a las zonas establecidas en los POEM.
MEDIDA 3.3. 	Coordinación del marco de acceso y conexión y nuevos modelos de gestión de las redes eléctricas.
MEDIDA 3.4. 	Adecuación del marco administrativo de autorización de instalaciones renovables marinas.
MEDIDA 3.5.	Marco para el impulso de la inversión en eólica marina y energías del mar.
MEDIDA 3.6.	Desarrollo temprano del despliegue de la eólica marina en Islas Canarias.
MEDIDA 3.7.	Guía de directrices ambientales y de la biodiversidad sobre la implantación de energías renovables en el medio marino.
MEDIDA 3.8.	Creación de una "Oficina Técnica para el despliegue de las Energías Renovables Marinas" en España.
4. Gobernanza	
MEDIDA 4.1	Seguimiento y evaluación de la consecución de las medidas implementadas y establecimiento de nuevas acciones y actuaciones.
MEDIDA 4.2	Actualización y Renovación de la Hoja de Ruta en la década 2020-2030.

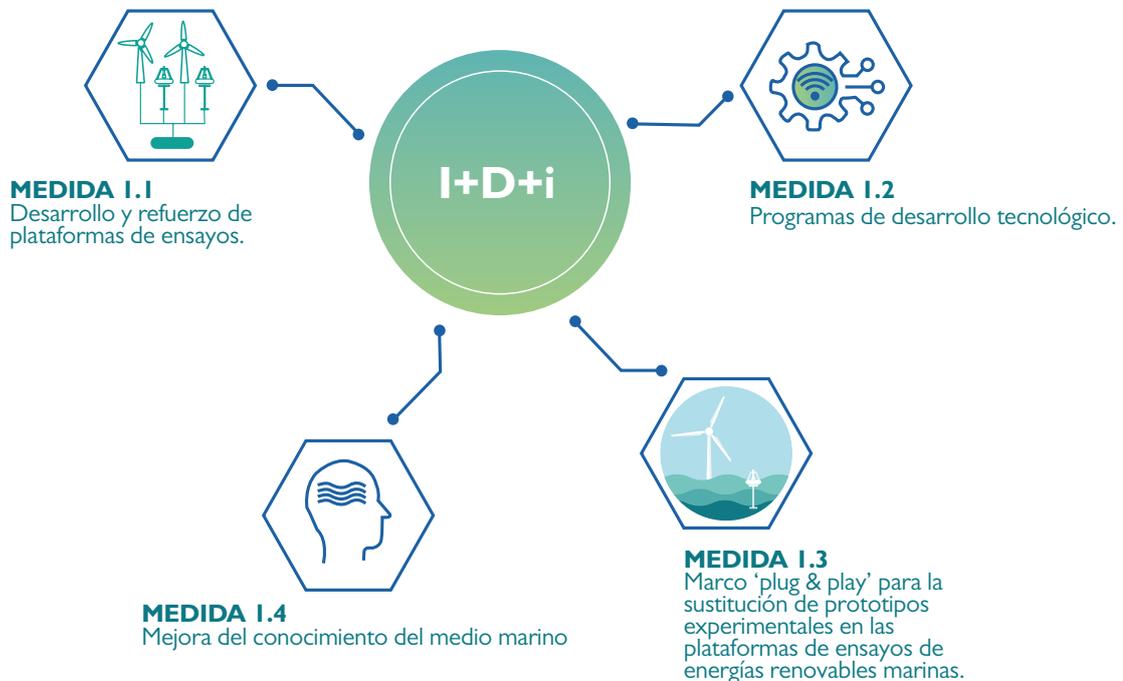
Figura 53. Visión global de las Líneas de Acción y objetivos de la Hoja de Ruta de Eólica Marina y Energías del Mar.
Fuente: MITECO-IDAE



5.1 ESPAÑA COMO UBICACIÓN DE REFERENCIA PARA EL I+D+i EN TECNOLOGÍAS RENOVABLES MARINAS

En este apartado se incluyen medidas de apoyo al desarrollo tecnológico en el ámbito específico de las energías renovables marinas, incluyendo la habilitación de nuevos emplazamientos adicionales, con mejor recurso y sin restricciones técnicas, que permitan el ensayo de aerogeneradores de potencia unitaria adaptada a los modelos comerciales futuros.

Figura 54. Medidas para posicionar a España como ubicación de referencia para el I+D+i en tecnologías renovables marinas. Fuente: MITECO-IDAE



MEDIDA 1.1: Desarrollo y refuerzo de plataformas de ensayos.



Objetivos:

Consolidar y potenciar la posición de liderazgo de España en cuanto a capacidades e infraestructuras para la I+D+i y demostración de soluciones tecnológicas innovadoras relacionadas con las energías renovables marinas, incluyendo 'instalaciones híbridas renovables marinas'.

Descripción:

Refuerzo de las capacidades de ensayos de las infraestructuras de I+D+i existentes en España relacionadas con eólica marina y energías del mar, entre las que se encuentran las identificadas en el apartado 3.2.

Implementación de nuevas plataformas de ensayos para prototipos y proyectos precomerciales de eólica marina y de energías del mar, apoyándose también en las infraestructuras portuarias existentes e incluyendo ubicaciones en emplazamientos marinos con aguas profundas.

Las nuevas plataformas de ensayo contendrán las correspondientes infraestructuras eléctricas de conexión (mediante cables umbilicales marinos), posiciones de anclaje, punto de conexión a red en

una subestación eléctrica en tierra, equipamientos para la medición y registro de recurso eólico marino y de energías marinas, infraestructuras de control, sistemas de información y comunicaciones, monitorización y equipos auxiliares, incluida la infraestructura para el seguimiento ambiental. Se valorará que las nuevas plataformas de ensayo tengan capacidad para conectar prototipos de potencia unitaria superior a los disponibles actualmente, a efectos de aumentar las capacidades de ensayo y validación de prototipos en fases más próximas a su salida comercial.

En la medida 1.2 de programas de desarrollo tecnológico se menciona las líneas de ayuda que durante 2022 se lanzarán para apoyar e impulsar la creación de nuevas plataformas de ensayo y/o refuerzo y adaptación de las existentes para energías renovables marinas, incluida la adaptación de instalaciones portuarias.

MEDIDA 1.2: Programas de desarrollo tecnológico.



Objetivos:

Desarrollo tecnológico de instalaciones precomerciales y prototipos eólicos marinos tanto para tecnología flotante como de cimentación fija, subestructuras flotantes y dispositivos de energías del mar, atracción de ensayos reales de estas tecnologías a las plataformas marinas de pruebas en España y desarrollo de mercado para nuevas tecnologías.

Descripción:

Mecanismos e instrumentos de impulso y acompañamiento a los proyectos de desarrollo tecnológico, enfocados a la atracción de proyectos piloto, de I+D+i y precomerciales con nuevos conceptos tecnológicos en el ámbito de las energías renovables marinas, para su implantación en las costas españolas.

En el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia se prevé movilizar al menos 200 millones de euros de presupuesto público en apoyo al desarrollo tecnológico de las tecnologías renovables marinas en el periodo 2021-2023, en función de participación de los distintos agentes, la madurez de los proyectos y de las iniciativas de I+D+i susceptibles de acogerse a esta línea de actuación. Este importe irá al menos destinado a las siguientes líneas de ayudas en este periodo inicial hasta 2023:

- ▶ Proyectos piloto de renovables marinas.
- ▶ Creación de nuevas plataformas de ensayo y/o refuerzo y adaptación de las existentes para energías renovables marinas. [Ver Medida 1.1.]
- ▶ Programa de ayudas para la adaptación de instalaciones portuarias como emplazamientos de ensayo y desarrollo de proyectos renovables marinos. [Ver Medida 1.1.]

Se prevé la publicación de las primeras líneas durante 2022. El mecanismo de financiación preferente para estas primeras líneas sería el de subvención a la inversión con mecanismos de concurrencia competitiva.

Entre otras cuestiones, el desarrollo tecnológico buscará maximizar la compatibilidad ambiental de las tecnologías renovables marinas.

Adicionalmente, se valorará la realización de inversiones directas en empresas e iniciativa y la potencialidad de utilizar mecanismos de financiación innovadores para facilitar el desarrollo temprano de nuevos conceptos tecnológicos.

MEDIDA I.3: Marco ‘plug & play’ para la sustitución de prototipos experimentales en las plataformas de ensayos de energías renovables marinas.

Objetivos:

España se fija como objetivo el convertirse en la ubicación europea de mayor agilidad para la autorización e instalación de nuevos prototipos e instalaciones precomerciales en plataformas de ensayos.

Descripción:

Adecuación del marco de tramitación administrativa para las plataformas de ensayos de prototipos eólicos marinos y dispositivos de aprovechamiento de energías del mar que **facilite y agilice los trámites para la rotación y sustitución de los prototipos de I+D+i**, siempre que cumplieren con las condiciones de contorno y características básicas que dieron lugar a la autorización administrativa previa de la envolvente y que el periodo de ocupación del dominio por los nuevos prototipos sea de duración limitada.

Estas instalaciones podrán incluir sistemas robustos para el seguimiento de impactos sobre la biodiversidad, vertidos accidentales y el control de otros potenciales riesgos sobre el medio ambiente. Habrá que incluir, además, la disponibilidad de planes de contingencias con medios adecuados de respuesta y que se consideren los potenciales riesgos sobre la seguridad de la navegación.

MEDIDA I.4: Mejora del conocimiento del medio marino.

Objetivos:

Aprovechar las nuevas infraestructuras de I+D+i que se generen, asociadas a ensayos de tecnologías renovables marinas, para caracterizar y/o monitorizar el medio marino y su biodiversidad.

Adicionalmente, se podrá analizar la interacción entre el conjunto de operaciones relativas al aprovechamiento de la eólica marina y las energías del mar, con otras actividades en el medio marino, seguridad marítima y navegación, extrayendo conclusiones que puedan ayudar al establecimiento de criterios de ordenación del espacio marino y de coexistencia entre sectores, con la visión integradora de compatibilización de usos del espacio marino.

Descripción:

La caracterización y/o monitorización estarán orientados a obtener más información para poder valorar el impacto ambiental y sobre otros usos del espacio marítimo de las tecnologías flotantes. De este modo, se avanzará en el conocimiento de los impactos sobre estas actividades y en la adecuada definición de zonas prioritarias y de uso preferente en las demarcaciones en revisiones futuras de los POEM, así como en el establecimiento de criterios o potenciales mecanismos de compatibilización entre actividades multisectoriales.

Los análisis profundizarán en el estudio de los ciclos vitales de aves, mamíferos marinos, tortugas y otras especies que puedan habitar en la zona de ensayos y que puedan verse afectadas por la instalación de instalaciones renovables marinas.

Las actividades y equipamientos asociados a la implementación de esta medida en las nuevas instalaciones renovables marinas podrán tener la consideración de costes elegibles en los programas de ayudas que se establezcan para su desarrollo.

5.2 ACOMPAÑAMIENTO E IMPULSO A LA CADENA DE VALOR

Las presentes medidas se centran en aprovechar al máximo el impulso a la cadena de valor nacional que tendrá el desarrollo del sector de las energías marinas en general, y la eólica marina flotante, en particular:

Figura 55. Medidas de acompañamiento e impulso a la cadena de valor del sector de las energías renovables marinas.
Fuente: MITECO-IDAE



MEDIDA 2.1: Evaluación de la infraestructura portuaria de cara a la construcción, montaje o exportación de componentes asociados a instalaciones renovables marinas.

Objetivos:

Reforzar las capacidades logísticas y de infraestructura portuaria del país de cara a la fabricación y montaje de parques eólicos marinos y dispositivos de energías del mar.

Descripción:

Se analizarán las necesidades y potenciales alternativas de cara a la consecución de un marco logístico adecuado para el impulso de la cadena de valor asociada a los componentes de tecnologías marinas.

Los puertos tienen un gran potencial como grandes áreas de montaje de los componentes de grandes aerogeneradores marinos de elevada potencia unitaria, tanto para el desarrollo de proyectos renovables marinos en España como para los mercados internacionales, así como para contener logística relacionada con la operación y mantenimiento para este tipo de instalaciones, haciendo uso de los servicios portuarios para la estiba de componentes y repuestos, suministro de buques, grúas móviles, equipos de transporte, etc.

Para facilitar la implementación de esta medida, relacionada con la medida I.I en lo relativo al aprovechamiento de los puertos como emplazamientos de instalaciones de ensayo y demostración, se diseñará un programa de ayudas para el impulso y la adaptación de las instalaciones portuarias al desarrollo de proyectos innovadores y singulares de tecnologías renovables marinas.

MEDIDA 2.2: Seguimiento y acompañamiento de la industria y cadena de valor marítima nacional para el desarrollo de proyectos de eólica marina y de energías del mar.

Objetivos:

Acompañar al tejido industrial nacional relacionado con el desarrollo de proyectos de eólica marina y de energías del mar; de forma alineada con la promoción de la innovación y el desarrollo tecnológico.

Descripción:

Para el despliegue de las energías renovables marinas es clave disponer de fabricantes nacionales y europeos en toda la cadena de valor para las distintas tecnologías, con el objeto de crear economías de escala que sean capaces de reducir paulatinamente los costes de fabricación, al tiempo que aportan valor añadido y autonomía estratégica al conjunto de la UE. Se trata de aprovechar la disponibilidad actual de la cadena de valor de los sectores eólico terrestre y naval y ampliarlo al sector eólico marino y de las energías del mar.

Se realizará una diagnosis y evaluarán mecanismos de coordinación, monitorización y acompañamiento de los sectores industriales y marítimos implicados en la cadena de valor de la eólica marina y las energías del mar; teniendo en consideración la identificación de las debilidades que puedan existir en la cadena industrial nacional, con el objetivo de implementar potenciales medidas adicionales con el objetivo de cubrirlos con industria nacional.

Se analizarán las necesidades de adaptación de los activos clave, como los fabriles, siderúrgico, naval, de construcción o de servicios, así como la transformación digital de las empresas, para lograr una industria competitiva, versátil, de respuesta rápida y con técnicas sostenibles que abarquen e interaccionen con la mencionada cadena de valor asociada a las instalaciones renovables marinas.

MEDIDA 2.3: Hub de colaboración público-privada, público-pública y privada-privada para el desarrollo de las energías renovables marinas.

Objetivos:

Creación de un *hub* o foro de conocimiento ágil y versátil a disposición de los agentes y de las administraciones públicas para catalizar estrategias y programas de impulso, buscando convertir España en un líder industrial global en Eólica Marina Flotante, enfocado en la mejora continua, en el aprovechamiento de sinergias y en el posicionamiento competitivo.

Descripción:

Se estudiará, junto con el sector y los ecosistemas industrial y de I+D+i, la creación de un nexo industrial, de innovación y conocimiento público-privado (*hub* de energías renovables marinas), que sirva como foro para identificar y hacer el seguimiento del estado de situación del conjunto de la cadena de valor; impulsar actuaciones sinérgicas entre agentes públicos y privados así como las sinergias entre los propios sectores energéticos e industriales, así como para ampliar el grado de conocimiento de los conceptos tecnológicos y potencialidades de la eólica marina y de las energías del mar y de las opciones que presentan. Se evaluará la creación de hubs o foros de conocimiento por demarcación marina con participación de los agentes y administraciones públicas que permitirá canalizar de manera más ágil y versátil las estrategias y programas de impulso, adaptados a las características propias de cada demarcación. Podrían agruparse aquellas demarcaciones marinas que presentasen soluciones, representantes y agentes similares.

Asimismo, debido a las sinergias geográficas e interacciones entre agentes existentes en el sudoeste europeo, se propone una alianza amplia de cooperación regional que permita trabajar sinergias con los Estados Miembro vecinos.

Como ejemplo, se destaca la alianza estratégica Supercluster Atlantic Wind (SAW), dónde los principales clústeres industriales de las regiones del norte de España han firmado un acuerdo de colaboración. El objetivo de esta alianza es desarrollar una estrategia compartida que posicione al norte de España como un referente internacional de la energía eólica offshore, tanto en el desarrollo de proyectos de demostración y en el impulso comercial de esta alternativa eólica, como en la consolidación de una cadena de valor propia con proyección internacional.

MEDIDA 2.4: Refuerzo del posicionamiento de España en el contexto internacional.

Objetivos:

Contribuir a las capacidades de las energías renovables marinas en el ámbito europeo y ejercer un papel de liderazgo en el desarrollo de la eólica marina flotante a nivel internacional.

Descripción:

El desarrollo de las energías marinas, otorga a las empresas nacionales la oportunidad de ejercer un nuevo liderazgo a nivel internacional. Una de las claves de la internacionalización será la participación de organizaciones y asociaciones de los principales foros internacionales y europeos.

Entre ellos, se encuentra el *Offshore Renewable Energy Working Group* dedicado a la cadena de valor de las energías renovables marinas propuesto en la Estrategia europea de energías marinas, orientado a evaluar el cumplimiento de la estrategia europea, así como a facilitar la cooperación e intercambio de conocimiento entre tecnologías de energías marinas y entre las distintas cadenas de suministro, en coherencia con las normas de competencia.

Para conseguir este papel destacado en el sector de las renovables marinas se cuenta además con las medidas 2.2 de seguimiento y acompañamiento a la industria y a la cadena de valor y con la medida 2.3 de creación un hub de conocimiento ágil y versátil para convertir a España en uno de los líderes industriales de las renovables marinas.

MEDIDA 2.5: Capacitación, formación y cualificación profesional en el sector de las energías renovables marinas.

Objetivos:

Disponibilidad de profesionales cualificados para la instalación, operación y mantenimiento de los dispositivos y sus infraestructuras, con el doble objetivo de fijar empleo local y aprovechar la oportunidad de desarrollo de las energías renovables marinas.

Descripción:

Se ha detectado que en el ámbito de la Eólica Marina y las Energías del Mar podría existir actualmente una carencia de profesionales en estos sectores para el despliegue esperado, que requieren una formación concreta y cualificada. Según la Estrategia europea de energías renovables marinas, hasta el 30% de las empresas identifican carencias de capacidades y de personal cualificado.

Se analizarán, en coordinación con las distintas administraciones competentes y con los agentes sociales, la mejor forma de mejorar las capacitaciones técnicas requeridas en el mercado laboral del sector de las energías renovables marinas. Se prestará una especial atención a la introducción de criterios de igualdad y de inclusión social en la formación y capacitación profesional para la ocupación de los perfiles profesionales que demande el sector. Se revisará la necesidad de reforzar los programas formativos impartidos de los centros de formación existentes a nivel nacional de modo que sean capaces de formar a profesionales para realizar las tareas previstas en los proyectos de energía eólica y renovables marinas. Se valorará la necesidad y conveniencia de apoyar a los Centros de Formación Profesional más próximos al mar, para el desarrollo de instalaciones de formación específicas para eólica marina, especialmente en temas de seguridad y supervivencia en la mar en centros de formación específicos especializados y la necesidad de compatibilizar esta formación con los estándares internacionales en la materia. Asimismo, se ha de considerar la coordinación de estas actividades con los planes de salvamento y lucha contra la contaminación, así como contar con sus propios planes de contingencias y medios para hacer frente a éstas, también en cuestiones de transporte y acceso y el GWO-Offshore.

Esta apuesta por la formación podría verse reforzada a través de su conexión con algunas de las iniciativas europeas enmarcadas en la Agenda Europea de Capacidades⁴⁷, que promueven la mejora de la capacitación para el aprovechamiento de las energías renovables marinas.

MEDIDA 2.6: Contribución a la Transición Justa.

Objetivos:

Potenciar las zonas de costas desarrollando proyectos de eólica marina y de energías del mar como núcleos de actividad industrial y generación de energía renovable. Focalizar la atención en aquellos nudos costeros en los que se ha producido o se prevé en el corto plazo el cierre de centrales térmicas de generación eléctrica, la disminución de la actividad logística del carbón en Puertos o cualquier otro impacto en el empleo local derivado de la transición energética.

Descripción:

Teniendo en cuenta el contexto de Transición Energética en el que nos encontramos, los convenios de transición justa, cuyo objetivo es el fomento de la actividad económica y de la mejora de empleabilidad de los trabajadores en transición hacia un desarrollo bajo en carbono, son una excelente oportunidad para el desarrollo de la Eólica Marina y de las Energías del Mar por su gran contribución a la creación de empleo, a los procesos de reindustrialización de determinadas zonas. En este contexto, se analizará la potencial utilización de los mecanismos de apoyo financiero de la Administración General del Estado (AGE) dentro de los Convenios que se establezcan en La Estrategia de Transición Justa, con el objetivo de adaptar y potenciar los núcleos energéticos, logísticos e industriales en la costa, fundamentado en el desarrollo de instalaciones de generación de energía mediante eólica marina y energías del mar, que contribuyan a fijar actividad industrial y de servicios, para evitar la despoblación rural y a conseguir los objetivos de reto demográfico, con especial atención a las regiones de transición justa próximas a las costas.

Adicionalmente, se acometerán acciones concretas para alinear los objetivos de Transición Justa y permitir el desarrollo de la eólica marina, como el cruce de listados de nudos de Transición Justa estableci-

⁴⁷ Agenda de Capacidades Europea para la competitividad sostenible, la equidad social y la resiliencia, 2020, COM(2020) 274 final.

dos en el Anexo I del Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, con los requeridos para el despliegue de la eólica marina en las zonas reservadas para ella en los POEM y la presencia de astilleros.

En las planificaciones eléctricas de las Redes de Transporte, se podrá tener en cuenta la ubicación de capacidad de acceso a la red eléctrica disponible tras el cierre de las centrales térmicas. No obstante, en general estos puntos de acceso no son especialmente aptos para el desarrollo de las energías marinas.

MEDIDA 2.7: Economía circular: impulso del ecodiseño y cadena de valor en torno al fin de vida útil.

Objetivos:

Impulso de la visión circular en la cadena de valor de las energías renovables marinas, desde el ecodiseño al aprovechamiento al final de la vida útil, generando especialización técnica y cadena de valor asociada a la gestión y reciclaje de componentes y materiales para la energía eólica marina y terrestre.

Descripción:

Se trabajará en la identificación de medidas y mecanismos que incentiven el desarrollo y la implantación de soluciones y procesos de economía circular relacionados con el análisis de ciclo de vida en el conjunto de los desarrollos de proyectos de eólica marina y de energías del mar, desde el ecodiseño de nuevos compuestos o los componentes de los aerogeneradores y su fabricación hasta el desmantelamiento de sus componentes críticos, el reciclaje sostenible de las palas de los aerogeneradores o el aprovechamiento de los materiales críticos, pasando por técnicas constructivas con visión de economía circular.

Cabe señalar que los principales componentes de los aerogeneradores contienen cuatro materiales (boro, molibdeno, niobio y tierras raras) cuya producción no existe en la Unión europea y que figuran en el listado de Materias Primas Críticas contemplado por la Comisión Europea en base a su importancia en la economía (volumen de usuario final y aportación de valor añadido) y el riesgo de suministro (concentración de proveedores y tipología de países proveedores).

Durante la década 2021-2030, aproximadamente 22 GW de potencia eléctrica renovable instalada en España habrán superado su vida útil regulatoria. La edad avanzada de una parte del parque eólico español supone una oportunidad para el desarrollo de cadena de valor de desmantelamiento, reciclaje y tratamiento de aerogeneradores y materiales asociados, que pueda escalarse y ofrecer servicios también como parte de la cadena de valor de la eólica marina.

El diseño reglamentario ha de acomodarse a los estándares internacionales y tener debida cuenta de la necesidad de preservar la seguridad y el medio marino. Durante el desmontaje de estas instalaciones al final de su vida útil ha de tenerse en cuenta lo que el artículo 60 de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CNUDM) establece sobre las estructuras en la Zona Económica Exclusiva (ZEE). Además cualquier proyecto de instalación debe contemplar la retirada de dichas instalaciones al finalizar su vida útil o cuando ello sea necesario y que no interfieran en el tráfico marítimo y la seguridad de la navegación.

MEDIDA 2.8: Coordinación con el sector para campañas de comunicación, participación y sensibilización a la población.

Objetivos:

Visibilizar las oportunidades sociales, laborales, territoriales, ambientales e industriales de las energías renovables marinas, así como su compatibilidad y complementariedad con otros usos y actividades marinas y costeras.

Descripción:

Participación y acompañamiento a los agentes del sector en sus eventos, campañas y actuaciones de información que promuevan potenciar la participación de agentes sociales, en la exploración de soluciones con visión de largo plazo ambiental y socioeconómica, relativas al despliegue de las energías renovables en el entorno marino. Estas acciones buscarán sinergias con otros sectores y elementos que compatibilicen, en lo posible, otras actividades marítimas en el espacio marino.

Las actividades en el entorno marino y costero han definido el desarrollo industrial y territorial en muchos ámbitos del país. El desarrollo de las energías renovables marinas supone una oportunidad como elemento generador de empleo y de actividad económica en un sector de futuro, aprovechando su efecto tractor sobre nuevos modelos de negocio y oportunidades a nivel local.

MEDIDA 2.9: Creación de grupos de trabajo intersectoriales para el desarrollo de las energías renovables marinas.

Objetivos:

Establecimiento de foros de encuentro entre los representantes de actividades económicas multisectoriales asociadas a los usos del espacio marino, incluidos tráfico marítimo y seguridad de la navegación, para estudiar las interacciones y favorecer el uso compartido del espacio, la búsqueda de sinergias intersectoriales y la generación de propuestas que agilicen desarrollos viables de las energías renovables marinas en las zonas idóneas identificadas, especialmente cuando presenten elevado recurso renovable.

Descripción:

Las principales actividades sectoriales identificadas para que estén presentes en estos grupos de trabajo podrían ser: Biodiversidad, Defensa Nacional, Navegación, Seguridad Marítima y Prevención de la Contaminación, Pesca y Acuicultura, junto con el propio sector de desarrollo de las energías renovables marinas.

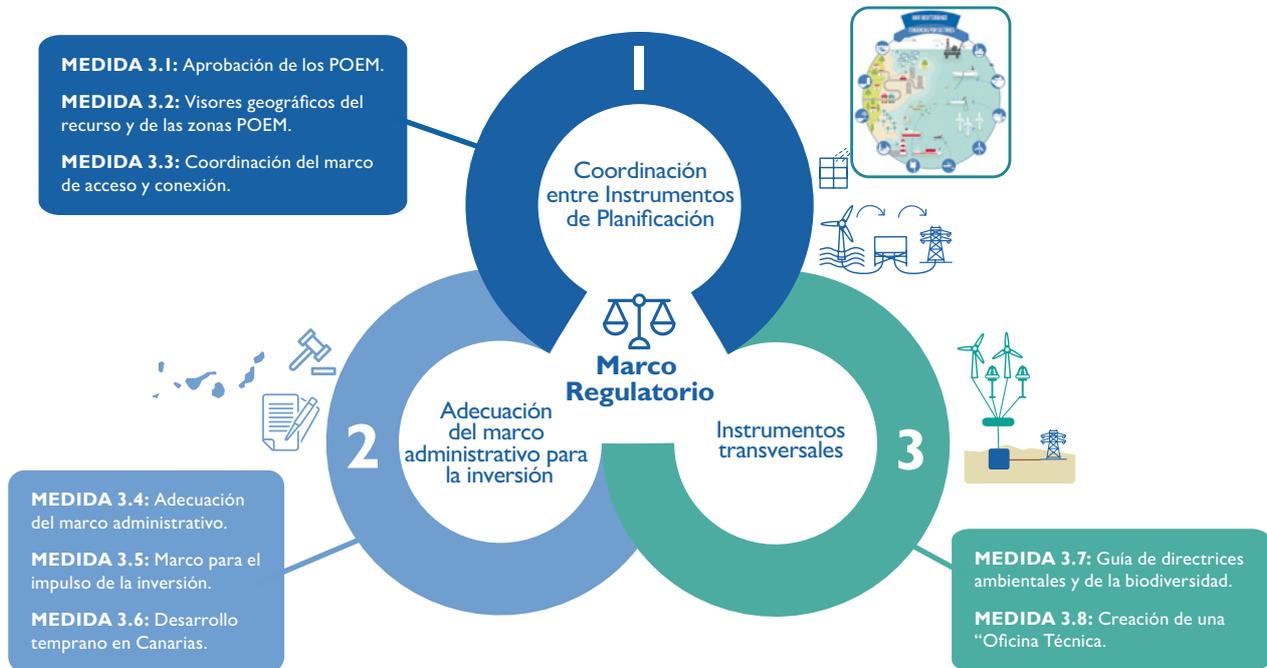
Para desarrollar esta medida se tomarán como referencia las lecciones aprendidas de otras experiencias llevadas a cabo en otras áreas marinas europeas donde se hayan instalado o se estén implantando instalaciones renovables marinas, especialmente parques eólicos marinos, en Europa. En este sentido, el estudio *“Impact of the use of offshore wind and other marine renewables on European fisheries”*, encargado por la Comisión de Pesca del Parlamento Europeo, recoge las buenas prácticas de coexistencia, co-ubicación y cooperación entre el sector eólico y pesquero en países como Reino Unido, Dinamarca, Bélgica, Países Bajos y Alemania. Se aconseja fomentar este tipo de experiencias en España, conjuntamente con el despliegue de parques eólicos marinos y, en lo posible, desde el inicio de las propuestas.

Se tratarían de establecer zonas multiespacios en las que convivan la pesca, la acuicultura, la navegación, actividades de apoyo a Defensa y las instalaciones renovables marinas, pudiendo proponerse mecanismos de compensación en caso de que sea necesario desplazar determinada actividad económica en alguna localización concreta.

5.3 MARCO CLARO Y PREVISIBLE PARA EL DESPLIEGUE DE LA GENERACIÓN RENOVABLE MARINA

En este primer apartado, se exponen las principales medidas normativas y administrativas que pueden ayudar a impulsar el sector de las energías marinas en España.

Figura 56. Medidas para la consecución de un marco claro y previsible para el despliegue de la generación renovable marina.
Fuente: MITECO-IDAE



MEDIDA 3.1: Definición y aprobación en los POEM de la zonificación para el desarrollo de parques eólicos marinos.



Objetivos:

Dotar de coherencia los distintos instrumentos de planificación espacial y energética, proporcionando certidumbre y visibilidad para un despliegue de la generación renovable marina en consonancia con la protección de los valores naturales del espacio marino, el tráfico marítimo, la seguridad en la navegación y la compatibilidad con el resto de actividades y usos en estos espacios. Esta compatibilidad de la energía renovable marina con otras actividades es uno de los factores clave identificados en la Estrategia europea de energías marinas, que invita a los Estados Miembros a tener en cuenta los objetivos de desarrollo de renovables previstos en los respectivos PNIEC a la hora de elaborar los POEM.

Descripción:

Los POEM contemplarán a las energías renovables marinas como uno de los usos futuros dentro del espacio marítimo a los que se les debe asignar zonas de uso prioritario y/o de alto potencial.

Los Planes de Ordenación del Espacio Marino (POEM, ver Anexo IV) establecerán zonas marinas específicas identificadas como ubicaciones de desarrollo preferente para la instalación de parques eólicos marinos, en función de la disponibilidad del recurso y la preservación de los valores naturales marinos y la biodiversidad. Los POEM también podrán establecer criterios y condiciones de aplicación a proyectos demostrativos o de pequeñas dimensiones, adicionales a los contemplados por las plataformas de I+D+i, que facilitarán el paso de la fase de desarrollo de dispositivos individuales a parques comerciales, que deberán priorizar la compatibilidad con otros usos, así como con los valores naturales del entorno en que se ubiquen.

Esta identificación también podría tener en cuenta la necesaria interfaz tierra-mar desde las zonas de desarrollo eólico marino.

MEDIDA 3.2: Elaboración y publicación de visores geográficos con información relativa al recurso eólico marino y de las Energías del Mar en España, y a las zonas establecidas en los POEM. 

Objetivos:

Facilitar el acceso universal a la información de sensibilidad ambiental y recurso de las zonas españolas con capacidad para aprovechar las oportunidades de la energía eólica marina, así como el de las energías del mar.

Descripción:

La información geográfica sobre los diferentes usos y actividades en el medio marino, así como sus valores naturales, utilizada en el proceso de diagnóstico para la elaboración de los POEM, estará accesible en forma de visor geográfico. Esta información incluirá datos relativos al recurso eólico marino y de las energías del mar en España, la batimetría de este entorno, la presencia de otros usos y actividades (como acuicultura, actividad portuaria, navegación, etc.), así como los valores ambientales y de protección del medio marino. Igualmente, contendrá la cartografía normativa resultante de la zonificación establecida en los POEM.

MEDIDA 3.3: Coordinación del marco de acceso y conexión y nuevos modelos de gestión de las redes eléctricas. 

Objetivos:

Proporcionar un marco de acceso y conexión que permita la plena integración en el sistema eléctrico de la nueva capacidad de generación de energías marinas, que aporte previsibilidad para los promotores y optimice las inversiones y modos de gestión para minimizar los costes para los consumidores.

Descripción:

De forma coordinada con los POEM, la planificación de la Red de Transporte deberá tener en cuenta los desarrollos renovables marinos tanto a efectos de las interfaces para la conexión como de capacidad efectiva, con el objetivo de permitir su integración en el sistema eléctrico.

Por otra parte, construyendo sobre el Real Decreto 1183/2020, 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica, que contempla la posibilidad

de realizar concursos de capacidad de acceso utilizando criterios tecnológicos, es necesario adecuar el marco para la conexión al sistema eléctrico al contexto offshore. Como se ha indicado anteriormente, en este contexto el marco de acceso y conexión debe estar coordinado con los marcos relativos a la ocupación del dominio público marítimo-terrestre y, en su caso, con los marcos que impulsen la inversión.

Adicionalmente, se deberán desarrollar los modelos para la gestión de las redes marinas, definiendo responsabilidades y obligaciones claras entre los agentes implicados, que optimicen las inversiones en infraestructuras considerándose, cuando se identifiquen, las sinergias con interconexiones internacionales, con enlaces submarinos entre islas o con cables submarinos conectados a diferentes puntos del mismo sistema eléctrico.

En línea con la Estrategia europea de energías renovables marinas, se deberán analizar las posibles sinergias con el marco para las interconexiones eléctricas con otros Estados Miembro.

MEDIDA 3.4: Adecuación del marco administrativo de autorización de instalaciones renovables marinas



Objetivos:

Adecuar el marco para la autorización de proyectos de instalaciones de energías renovables marinas de modo que proporcione certidumbre y sea coherente con la normativa en vigor.

Descripción:

Adecuación del procedimiento de tramitación administrativa para los proyectos de energías renovables marinas, y en particular, los proyectos eólicos marinos, que actualice el vigente Real Decreto 1028/2007, de 20 de julio, por el que se establece el procedimiento administrativo para la tramitación de las solicitudes de autorización de instalaciones de generación eléctrica en el mar territorial y, si procede, en zonas las zonas de servicio portuarias.

Las elevadas inversiones asociadas, ocupación espacial y volúmenes de potencia y energía, en conjunción con la necesidad de programación de las actuaciones con un plazo temporal significativo, hace necesario que el inicio de la tramitación administrativa de los proyectos eólicos marinos haya de estar condicionado al cumplimiento de los tres elementos mencionados: A partir de la definición espacial recogida en los POEM [medida 3.1] -y también, si procede, en las zonas de servicios portuarias- que minimice la afectación ambiental y maximice la compatibilidad con otros usos y actividades, la planificación y normativa eléctrica [medida 3.3] y el establecimiento del marco de impulso a la inversión [medida 3.5], el marco administrativo deberá coordinar la tramitación y, en su caso, otorgamiento de derechos sobre el uso del espacio, la reserva de acceso y conexión al sistema eléctrico y de previsibilidad económica sobre los ingresos.

Figura 57. Esquema de adecuación del procedimiento administrativo, ligado a los instrumentos de planificación y al mecanismo de concurrencia. Fuente: MITECO-IDAE



Es importante señalar que cualquier potencial asignación de una zona de desarrollo eólico marino para investigación y estudios de detalle no eximiría al adjudicatario de la consecución de todos los permisos y autorizaciones pertinentes para la ejecución, puesta en marcha y explotación de su proyecto en las condiciones planteadas durante el proceso de otorgamiento de la asignación de zona. Destaca en concreto la declaración de impacto ambiental, para garantizar una mínima afectación sobre el buen estado del entorno marino.

Se presenta a continuación un cronograma orientativo en base a "plazos-objetivo" para el desarrollo de proyectos de energía eólica marina en España, que corresponden a periodos alineados con las directrices europeas relativa a la simplificación administrativa y agilización de proyectos. Estos plazos-objetivo para la tramitación de los proyectos eólicos marinos se alcanzarían mediante la implementación de esta medida de adecuación del marco administrativo, dependiendo también, entre otras cuestiones, de la caracterización previa que se haya realizado del entorno marino "caso por caso", así como de la capacidad de coordinar y alinear toda la cadena de valor para un desarrollo ágil de los proyectos durante su ejecución.

En este contexto, se enumera la regulación que, al menos, estaría afectada por la adecuación del marco administrativo:

- Adaptación o sustitución del Real Decreto 1028/2007, de 20 de julio, por el que se establece el procedimiento administrativo para la tramitación de las solicitudes de autorización de instalaciones de generación eléctrica en el mar territorial.

Figura 58. Cronograma orientativo para el desarrollo de los Parques Eólicos Marinos en España



- ▶ Adaptación de la regulación actual en cuanto al otorgamiento de la capacidad de acceso, para dar un encaje alineado con el resultado de un procedimiento de concurrencia para el desarrollo de proyectos eólicos marinos en zonas definidas en los POEM, y, en su caso, en zonas de servicios portuarias, incorporando criterios técnicos y económicos, ampliando así el procedimiento establecido en el Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.
- ▶ Revisión y adaptación, si procede, del Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas, en relación con el otorgamiento y autorización de las concesiones de ocupación del dominio marítimo-terrestre.
- ▶ Adecuación de los plazos de vigencia de los permisos de acceso y conexión para los proyectos eólicos marinos, con mayor complejidad y plazos para su desarrollo superiores a los de los parques eólicos en tierra.

Por último, el desarrollo del marco administrativo podrá tener en cuenta los siguientes aspectos:

- ▶ El establecimiento de procedimientos de concurrencia convocados por la Administración, teniendo en cuenta los criterios ambientales, de zonificación y energéticos. Asimismo, podrían considerarse criterios de transición justa.
- ▶ La necesidad de tramitación de la autorización administrativa y la evaluación de impacto ambiental específica del proyecto con posterioridad a la fase de concurrencia.
- ▶ La necesidad de que la tramitación de la autorización administrativa tenga en cuenta la evaluación del impacto en el tráfico marítimo y la seguridad de la navegación.
- ▶ La necesidad de que el despliegue de proyectos de energías renovables marinas contribuya al impulso de la calidad y cadena de valor industrial, así como al impacto social positivo en el entorno.
- ▶ La protección y compatibilidad con los valores naturales del entorno marino y costero, así como el seguimiento y la monitorización del entorno.
- ▶ La mejora continua en el proceso de tramitación administrativa avanzando hacia la simplicidad, la digitalización y carácter integrado de los procedimientos.
- ▶ La adaptación de los plazos normativos de obligado cumplimiento para los hitos administrativos de los proyectos eólicos marinos y de los híbridos con otras tecnologías.

Asimismo, la autorización y el despliegue de la generación de energías renovables marinas será compatible con el objetivo de contribución a la sostenibilidad y seguimiento ambiental incluida en los objetivos de esta Hoja de Ruta.

MEDIDA 3.5: Marco para el impulso de la inversión en eólica marina y energías del mar.

Objetivos:

Favorecer el desarrollo de proyectos de instalaciones de energías renovables marinas mediante mecanismos que aporten visibilidad y certidumbre a las inversiones, compatibles con las Directivas (UE) 2019/944 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad y la Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.

Descripción:

Desarrollo de marcos que aporten visibilidad en el medio y largo plazo y permitan la viabilidad de los proyectos de eólica marina y otras energías del mar mediante instrumentos de competencia competitiva que contribuyan a la continua reducción de costes y al despliegue de estas tecnologías de la forma más competitiva y beneficiosa para los consumidores.

Estos marcos deberán estar coordinados en su diseño y convocatoria con los relativos a la ocupación del dominio público marítimo-terrestre y con los derechos de acceso y conexión al sistema eléctrico. Dentro de estos marcos se podrían incluir parques pre-comerciales singulares y los proyectos experimentales de modo que se favorezca el desarrollo tecnológico y se apoye todas las fases del ciclo de vida de las tecnologías innovadoras.

En este contexto, para las instalaciones eólicas marinas comerciales se indican una serie de aspectos concretos sobre el marco de competencia adaptado a las particularidades de la eólica marina:

- ▶ La definición por parte de la Administración de la capacidad total objeto de la competencia, así como del ámbito espacial de los proyectos a participar en él, acorde con la ordenación prevista en los POEM, con la de las zonas de servicios portuarias, en su caso, y con la de los nudos de evacuación donde la capacidad objeto de la competencia competitiva se encuentra disponible.
- ▶ El aseguramiento de la capacidad técnico-económica de los participantes y su experiencia previa para llevar a cabo los proyectos en tiempo y forma, en caso de ser adjudicatarios.
- ▶ La definición por parte de los participantes de las características técnicas del proyecto, su adecuación al ámbito espacial objeto de competencia, indicadores sobre la superficie ocupada, la potencia, la tecnología, así como los criterios, datos o estudios considerados para la definición del proyecto, así como las condiciones de seguridad y compatibilidad con otros usos del mar.
- ▶ La presentación junto con las ofertas de información relativa a, entre otros, los compromisos adquiridos por el proyecto con el territorio y la estimación de su impacto y beneficios socioeconómicos sobre otras actividades en el medio marino, el empleo local y sobre la cadena de valor industrial local, regional y nacional, valorados mediante una metodología objetiva y cuantificable.
- ▶ La consideración de la inversión inicial o el precio de la energía como variable para la asignación del marco retributivo.

No obstante, podrá considerar, además, otros criterios relativos a la calidad técnica y ambiental del proyecto y a determinados criterios socioeconómicos del mismo, siempre que así se estime conveniente.

- ▶ La inclusión de una fase de diálogo entre la Administración y los participantes.
- ▶ La posibilidad de incluir mecanismos o incentivos para que el adjudicatario del procedimiento de concurrencia para el desarrollo de los parques eólicos marinos comerciales, en el espacio marino objeto de la concesión, contemple o destine posiciones a ensayos de prototipos o parques eólicos o híbridos tecnológicos precomerciales.

MEDIDA 3.6: Desarrollo temprano del despliegue de la eólica marina en Islas Canarias.

Objetivos:

- ▶ Aprovechamiento de las islas Canarias como campo de pruebas para tecnologías o políticas de transición energética.
- ▶ Facilitar el aprovechamiento de las oportunidades de empleo y mejora de la competitividad y cohesión social generados por la transición energética.
- ▶ Desarrollo de mercado para nuevas tecnologías de energías renovables asociados a sectores estratégicos relacionados con la Economía Azul.

Descripción:

Las islas Canarias presentan un elevado potencial de energías del mar; concretamente el recurso eólico marino estimado para los futuros parques eólicos marinos en el archipiélago canario puede superar las 4.500 horas equivalentes de funcionamiento, aportando factores de capacidad más elevados y complementarios a la implantación de renovables en tierra, que presenta cada vez más limitaciones por la falta de disponibilidad de terrenos.

En 2018 la generación de electricidad renovable en las Islas Canarias representó tan solo el 10,5% del total de la generación de electricidad. El restante 89,5% procedió de la generación convencional mediante la quema de combustibles derivados del petróleo (fueloil, gasoil y diésel), muy lejos del cumplimiento de los objetivos europeos y nacionales en materia de energía y clima.

El PNIEC 2021-2030 de España destina la Medida I.1 al “Desarrollo de nuevas instalaciones de generación eléctrica con renovables”, contemplando que los mecanismos de apoyo público adaptados a las particularidades de cada tecnología, teniendo en cuenta el alto potencial energético de las tecnologías en entorno marino, así como la base sólida de empresas ya en la cadena de valor.

Además, el PNIEC contempla la Medida I.12 para fomentar los proyectos singulares y una estrategia para la energía sostenible en las islas, en colaboración con los Gobiernos autonómicos e insulares, la oportunidad que representan como campo de pruebas para las tecnologías o políticas de transición energética que puedan luego exportarse al continente, permitiendo a su vez reducir los sobrecostes energéticos que son especialmente elevados en las islas Canarias.

MEDIDA 3.7: Guía de directrices ambientales y de la biodiversidad sobre la implantación de energías renovables en el medio marino.

Objetivos:

Lograr el diseño de proyectos de renovables marinas de la forma más adecuada para evitar o reducir al máximo los potenciales efectos ambientales sobre el medio marino y costero, así como maximizar la compatibilidad con otros usos y actividades, en particular la actividad pesquera y la navegación y tráfico marítimo en general.

Descripción:

En línea con la Evaluación Ambiental Estratégica del PNIEC, se elaborará de una guía de directrices ambientales sobre la implantación de energías renovables en el medio marino tomando como base los resultados de los indicadores ambientales y de seguimiento, así como las lecciones aprendidas y mejores prácticas llevadas a cabo en otros países con experiencia en implantación de parques eólicos o de energías renovables en el mar; que establezca los criterios, directrices y mejores prácticas para el diseño, ubicación, instalación y mantenimiento de estos proyectos de modo que se minimicen los potenciales impactos sobre el medio marino y costero. Asimismo, se tendrán en cuenta criterios referidos al tráfico y seguridad marítima.

La guía deberá abordar, entre otros, los aspectos relativos a los trabajos necesarios para la elaboración de la línea de base (adecuada caracterización ambiental de la zona con carácter previo al despliegue), los trabajos necesarios para el estudio y valoración de los potenciales impactos ambientales sobre el medioambiente marino y costero de los proyectos en sus diferentes fases de ejecución (instalación, operación y desmantelamiento), que contribuyan a una mejor definición de los criterios, directrices y mejores prácticas para el diseño, ubicación, instalación y mantenimiento de estos proyectos, los criterios específicos relativos al análisis de afección a Red Natura 2000 cuando sean de aplicación, y a la compatibilidad con las estrategias marinas y otras actividades propias del entorno. La elaboración de la guía podrá contar con la participación de los expertos y órganos administrativos relevantes.

MEDIDA 3.8: Creación de una “Oficina Técnica para el despliegue de las Energías Renovables Marinas” en España.

Objetivos:

Permitir, acelerar y agilizar el despliegue efectivo de las energías renovables marinas España, dotando a la Administración General de Estado de los medios logísticos y humanos necesarios para llevar a buen término las medidas propuestas en esta Hoja de Ruta y para responder de manera rápida a las necesidades de conocimiento y recursos que requiere el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Realizar acciones de difusión, concienciación y participación social relacionadas con el aprovechamiento de la eólica marina y las energías del mar.

Descripción:

Creación de una “Oficina Técnica para el despliegue de las Energías Renovables Marinas” en España, que servirá de palanca para la adecuada implementación de las medidas contenidas en esta Hoja de Ruta en distintos ámbitos, que podrá incluir responsabilidades y/o actuaciones relativas a los siguientes aspectos:

- ▶ Identificación de mejores prácticas tecnológicas para la minimización de impactos negativos y la potenciación de efectos positivos, reforzando la compatibilidad con otras actividades en el medio marino.
- ▶ Elaboración de guías, estudios de potencial y elementos de difusión y concienciación ciudadana.
- ▶ Asesoramiento técnico y enlace con agentes.
- ▶ Acciones de coordinación relacionadas con el despliegue de las energías renovables marinas. Ejemplos: Desarrollo de la Agenda Industrial; Coordinación de acciones formativas, de capacitación y atracción de talento al sector de las energías renovables marinas; elaboración de Estrategias de I+D+i e identificación de proyectos innovadores.
- ▶ Monitorización de mejores prácticas en otros países y apoyo en acciones de cooperación internacional en la materia. En particular, con los países del área Mediterránea en estrategias de interés común y con Portugal y Francia como vecinos de la Unión Europea más próximos geográficamente con los que se podría compartir infraestructuras y proyectos específicos.
- ▶ Apoyo en las revisiones periódicas de las planificaciones contempladas en las medidas de Gobernanza de esta hoja de ruta.
- ▶ Mantener interlocución constante con grupos de expertos de los diferentes sectores relacionados con las energías del mar para ampliar, debatir e intercambiar experiencias y conocimientos.

5.4 GOBERNANZA

La vigencia de la presente Hoja de Ruta se refiere al periodo 2021-2030, de manera alineada con el periodo de aplicación del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima que la enmarca.

Durante la próxima década, el desarrollo normativo y a la evolución tecnológica, así como a potenciales lecciones aprendidas durante la implementación de las medidas concretas, podrán actualizar el potencial de despliegue de las energías renovables marinas, así como su impacto sobre la cadena de valor nacional y europea. En consecuencia, es necesario un marco de seguimiento y actualización para esta Hoja de Ruta en función de la evolución del sector en los próximos años.

Figura 59. Medidas de Gobernanza. Fuente: MITECO-IDAE



MEDIDA 4.1: Seguimiento, cooperación intersectorial y evaluación.**Objetivos:**

Seguimiento de la implementación de la Hoja de Ruta, asegurando la coordinación con el resto de planes vigentes, detectando buenas prácticas y carencias que sirvan de base para la mejora continua en el proceso de transición energética y evaluando la compatibilidad del despliegue de la eólica marina y energías del mar con los distintos usos y actividades del entorno marino, así como su buen estado de conservación.

Descripción:

Es necesario un sistema de seguimiento y coordinación, que cuente con la participación de los distintos sectores afectados, incluyendo la pesca, la acuicultura y la navegación, las distintas administraciones públicas, para evaluar la evolución de los objetivos contenidos en esta hoja de ruta e identifique sinergias y oportunidades para reforzar la cooperación entre los distintos usos y actividades del entorno, en coherencia con la gobernanza de los POEM.

Asimismo, en previsión de la evolución de las distintas tecnologías para la producción de energía procedente de la eólica marina y las energías del mar y sus costes, se contempla un proceso de evaluación continua de las políticas públicas que ha de evaluar el logro y consecución de los objetivos y establecer nuevas acciones en función de la evolución de las necesidades para alcanzar los objetivos establecidos.

MEDIDA 4.2: Actualización y Renovación de la Hoja de Ruta en 2025.**Objetivos:**

Revisión en 2025 de los retos y oportunidades que presentan la Eólica Marina, las Energías del Mar y la Solar Fotovoltaica Flotante, actualizando las medidas necesarias para impulsar su despliegue efectivo hasta horizontes superiores a 2030.

Descripción:

Actualización de la “Hoja de Ruta para el despliegue la Eólica Marina y las Energías del Mar en España” en el año 2025, en coordinación con las actualizaciones del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima, de acuerdo con el calendario establecido en el Reglamento (UE) 2018/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima.

Esta revisión contemplaría un objetivo específico de potencia instalada y puesta en funcionamiento para 2030, tanto para Eólica Marina como para las Energías del Mar y la Solar Fotovoltaica Flotante, así como un rango de nuevos objetivos a 2040, desglosado por tecnologías, utilizando como indicadores sus avances tecnológicos y el grado de implementación y éxito de las medidas normativas contempladas en esta Hoja de Ruta.

ANEXO I



MECANISMOS DE
FINANCIACIÓN

Alcanzar los objetivos de descarbonización de la economía y llevar a cabo una transición energética justa, al tiempo que se estimula la innovación tecnológica, implica la movilización de un elevado volumen de recursos financieros públicos y privados en múltiples sectores de actividad.

En el ámbito marino, la necesidad de capital para desarrollar una prueba a escala real es muy alta, y el riesgo tecnológico es también muy alto. En general, la exigencia conjunta (capital+riesgo) es superior a cualquier otro prototipo de energías renovables. Los medios a utilizar en el despliegue de los dispositivos son caros y escasos. Los trabajos marinos y submarinos son caros y muy dependientes de las condiciones del mar, lo que reduce la disponibilidad, dificulta su ejecución y los encarece.

En el caso de la Eólica Marina y las Energías del Mar, debido a la escasez de experiencias comerciales o demostrativas en España, a los elevados volúmenes de inversión y a que algunos conceptos tecnológicos aún se encuentran en una etapa temprana de desarrollo, el apoyo público es especialmente importante para estimular y orientar las inversiones y proporcionar señales claras a los distintos actores del mercado.

No obstante, se trata de proyectos intensivos en capital y su viabilidad pueden requerir mecanismos adicionales a la subvención y el crédito a bajo interés para hacer factibles estos ensayos.

Es por ello que existen numerosos instrumentos de financiación, tanto a nivel europeo como nacional, orientados total o parcialmente a favorecer el desarrollo de proyectos y tecnologías tanto de Eólica Marina como de Energías del mar, como uno de los elementos clave en la transición energética y para la descarbonización de la economía.

A continuación, se identifican algunos de los principales instrumentos nacionales y europeos con potencial para financiar proyectos de Eólica Marina como de Energías del mar en España.

INSTRUMENTOS EUROPEOS

En el marco de la Unión Europea (UE), existen o están en negociación varios instrumentos financieros con potencial para apoyar proyectos de energías marinas, por estar orientados total o parcialmente a favorecer la transición energética y el desarrollo de tecnologías para la descarbonización de la economía. Dentro de dichos instrumentos podemos destacar los siguientes:

► Innovation Fund

El *Innovation Fund*⁴⁸ se constituye como uno de los principales programas de financiación para **proyectos de tecnologías innovadoras bajas en carbono** que se encuentren en fase precomercial o comercial. En la selección se aplicarán cinco criterios, en dos etapas: en la primera de ellas se valorarán 1) las emisiones evitadas, 2) el grado de innovación y 3) el estado de madurez del proyecto; en la segunda etapa se valorará 4) la escalabilidad y 5) la eficiencia en costes.

En total, se estima que este Fondo maneje una dotación de alrededor de 10.000 millones de euros (en función de los precios del carbono) en el periodo 2020-2030. Los ingresos provendrán de la subasta de derechos de emisión bajo el Régimen de comercio de derechos de emisión de la UE (RCDE UE), así como de los fondos remanentes del programa NER300.

Las ayudas se articularán en forma de subvenciones de hasta el 60% de los costes adicionales ligados a la innovación, tanto capital como operativos, mediante convocatorias anuales. La primera de ellas fue lanzada el 3 de julio de 2020 y finalizó en octubre de 2020. Está destinada a proyectos de gran escala (CAPEX > 7,5 millones de euros) de sectores elegibles, entre los que se encuentra la generación de energía renovable mediante tecnología innovadora, y está dotada de 1.000 millones de euros, más 8 millones de euros destinados a asistencia al desarrollo del proyecto.

Estas ayudas estarán dirigidas a proyectos relacionados con tecnologías altamente innovadoras y grandes proyectos con valor europeo que generen reducciones significativas de emisiones, buscando el óptimo equilibrio en la aplicación de tecnologías innovadoras que involucren a varios países europeos y todos los campos de actuación: industrias intensivas

⁴⁸ https://ec.europa.eu/clima/policies/innovation-fund_es. 1ª convocatoria: <https://ec.europa.eu/inea/en/innovation-fund/calls-proposal>.

en energía (incluyendo sustitución de productos intensos en carbono); proyectos de captura, almacenamiento y uso de carbono; proyectos innovadores de generación de energía renovable y proyectos de almacenamiento de energía.

Adicionalmente, existirá una línea específica para proyectos de pequeña escala, cuya inversión en capital (CAPEX) sea inferior a 7,5 millones de euros, que se basará en un procedimiento de selección abreviado en el que los cinco criterios se aplicarán en una sola etapa, empleando además una metodología de valoración más simplificada. En este caso, además, el porcentaje de ayudas del 60% se aplicaría sobre el total del CAPEX, en lugar de solo sobre los costes adicionales derivados de la innovación.

► Horizon 2020 y Horizon Europe

*Horizon 2020*⁴⁹ es el mayor instrumento de financiación de la investigación y la innovación a nivel europeo, dotado con cerca de 80.000 millones de euros. Entre sus objetivos está el de apoyar las políticas para la transición a una economía baja en carbono, la protección del medio ambiente y la acción climática. En términos generales, entorno a un 35% del programa está destinado a financiar proyectos de investigación e innovación relacionados con el cambio climático, entre los que se incluyen los encaminados a lograr una energía limpia, segura y eficiente.

El programa para el periodo 2018-2020 contribuye a varias áreas focales, siendo una de ellas “*Construyendo un futuro bajo en carbono y climáticamente resiliente*”, a la que se han destinado 3.400 millones de euros, y que cuenta con numerosas convocatorias para financiación de proyectos que desarrollen soluciones encaminadas a lograr la neutralidad climática y la resiliencia climática en Europa en la segunda mitad del siglo.

Horizon 2020 es el Programa Marco de Investigación e Innovación de la UE que fue lanzado para el periodo 2014-2020. El nuevo Programa Marco “*Horizon Europe*” para el periodo 2021-2027, sucesor de *Horizon 2020*, ha sido aprobado el 27 de abril de 2021 por el Parlamento Europeo, dotado con un presupuesto de 95.500 millones de euros, de los cuales alrededor de un 35% irá destinados a abordar los desafíos del cambio climático, apoyando políticas para la transición a una economía baja en carbono y la protección del medio ambiente.

El programa *Horizon Europe* incorpora también como novedad el concepto de partenariados *co-fund*, que, entre otros aspectos, permitirá dar continuidad a las conocidas *Eranets* del *H2020*, que son redes transnacionales de organismos públicos de financiación de la I+D+i cuyo objetivo es coordinar los programas de investigación nacionales y regionales de los Estados miembros de la Unión Europea y países asociados, así como preparar y ejecutar convocatorias conjuntas para impulsar proyectos transnacionales de investigación, desarrollo tecnológico e innovación en temas estratégicos de alto valor añadido europeo. Los países se comprometen además a llevar a cabo actividades adicionales de interés para los mismos y para sus entidades industriales y académicas en un área determinada, para impulsar la investigación, la transferencia de conocimiento y la cooperación internacional hacia la construcción del Espacio Europeo de Investigación (ERA).

El Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) y la Agencia Estatal de Investigación, han participado en muchas de las *Eranets* lanzadas en *Horizon 2020*, como agencias de financiación nacionales, y está en estudio su participación en los nuevos instrumentos *co-fund* para el periodo *Horizon Europe*. En este sentido, dentro del cluster 5, están en fase de preparación y aprobación dos instrumentos *co-fund*, uno enfocado a la transición energética limpia, y otro a la transición urbana (ciudades). Las primeras convocatorias de *Horizon Europe* se han lanzado en 2021.

► Pacto Verde Europeo (European Green Deal)⁵⁰

La convocatoria European Green Deal está enmarcada dentro del programa Horizon 2020. La convocatoria se compone de once áreas (ocho de ellas temáticas y tres transversales), entre las que se encuentran: “Energía limpia, segura y asequible”, “Industria para una economía circular y limpia”, “Edificios eficientes en recursos y energía” o “Movilidad inteligente y sostenible”.

⁴⁹ Horizon 2020: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en>.

Horizon Europe: https://ec.europa.eu/info/horizon-europe-next-research-and-innovation-framework-programme_en.

⁵⁰ https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/strategy/european-green-deal/call_en.

La Comisión Europea ha aprobado una nueva convocatoria de propuestas de Horizon 2020 dedicando un presupuesto de 1.000 millones de euros a la investigación e innovación relacionada con el European Green Deal. La nueva convocatoria se publicó en septiembre de 2020, de manera que los proyectos pudieron presentarse a inicios de 2021.

Para ello una de las acciones prioritarias es potenciar aún más a la eólica marina y el desarrollo de las tecnologías asociadas al aprovechamiento de las energías del mar, en línea con el objetivo anterior de consolidar el liderazgo de Europa en estas tecnologías a nivel mundial.

► **Acto de Ejecución sobre el mecanismo de financiación de energías renovables de la Unión Europea**

El artículo 33 del Reglamento (UE) 2018/1999 sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima establece que la Comisión Europea creará a más tardar el 1 de enero de 2021, mediante acto de ejecución, el mecanismo de financiación de energías renovables de la Unión. El contenido de dicho acto de ejecución ya ha sido negociado entre los Estados miembros, la votación tuvo lugar en la segunda quincena de julio 2020, y la publicación en el DOUE fue en el último trimestre de 2020.

Este mecanismo tiene dos finalidades: por un lado, apoya nuevos proyectos de energías renovables con el objetivo de subsanar un desfase en la trayectoria indicativa de la Unión. A este efecto, los Estados Miembros pueden hacer una contribución económica voluntaria al mecanismo de financiación, contabilizándose con posterioridad de cara a sus objetivos, parte de la energía que se generen en las instalaciones, independientemente de donde se ubiquen físicamente éstas. Por otro lado, el mecanismo de financiación contribuye al marco facilitador de energías renovables tal y como se define en el artículo 3, apartado 5, de la Directiva (UE) 2018/2001 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, con el objetivo de apoyar un despliegue ambicioso de energías renovables en la Unión.

Dentro del apoyo al marco facilitador de energías renovables, que podrá contar con fondos tanto de los Estados miembros como de la propia Unión, el acto de ejecución establece que, entre otros, se pueden desarrollar proyectos de integración de renovables en red, y recoge explícitamente en su preámbulo que el almacenamiento de energía puede ser elegible, siempre y cuando vaya acompañado de nueva capacidad de generación renovable, que pudieran estar ligados a desarrollos renovables marinos.

La forma en que se hacen llegar los recursos financieros a los proyectos es mediante convocatorias directamente organizadas por la Comisión o por alguna de sus agencias. El mecanismo más probable para la asignación de la subasta, definiéndose la opción de asignación de precio (*pay-as-bid*, *pay-as-clear*, etc.) en cada convocatoria. El acto de ejecución prevé realizar convocatorias anuales, siempre y cuando haya fondos disponibles tanto por parte de los Estados Miembros como de la propia Unión. El mecanismo está abierto a proyectos de cooperación con terceros países fuera de la UE.

► **InvestEU⁵¹**

El programa *InvestEU* es un instrumento de la UE cuyo objetivo es movilizar financiación pública y privada para inversiones estratégicas en el marco de las políticas europeas. Cubrirá el período 2021-2027 y reunirá bajo un mismo paraguas al Fondo Europeo de Inversiones Estratégicas y otros 13 instrumentos financieros de la UE actualmente existentes. Se prevé que genere una inversión adicional de al menos 650.000 millones de euros.

El fondo *InvestEU* pretende movilizar inversiones públicas y privadas mediante la concesión de una garantía del presupuesto de la UE de 38.000 M€ a socios financieros como el Grupo del Banco Europeo de Inversiones (Grupo BEI), fortaleciendo su capacidad de absorción de riesgos. Esta garantía presupuestaria se divide entre las áreas de intervención de la siguiente manera: 11.500 M€ para infraestructuras sostenibles, 11.250 M€ para investigación, innovación y digitalización, 11.250 M€ para PYMES y 4.000 M€ para inversión social.

⁵¹ https://europa.eu/investeu/home_es; https://ec.europa.eu/commission/priorities/jobs-growth-and-investment/investment-plan-europe-juncker-plan/whats-next-investeu-programme-2021-2027_en#documents.

► Fondo de Transición Justa⁵²

Este mecanismo estará dotado de 7.500 millones de euros y está destinado a apoyar la transición de las regiones más afectadas por la necesidad de abandonar un modelo económico basado en combustibles fósiles y, por tanto, se dirige a las regiones que son más intensivas en carbono o más dependientes de los combustibles fósiles.

Los criterios de elegibilidad y la tipología de los proyectos que serán financiados aún se están debatiendo, pero se espera que ciertas regiones españolas vinculadas al carbón puedan resultar elegibles, siendo la eólica marina y las energías del mar posibles soluciones para la economía y el empleo de dichas regiones.

► Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)⁵³

El FEDER tienen por objetivo fortalecer la cohesión socioeconómica dentro de la UE corrigiendo los desequilibrios entre sus regiones. Para ello, centra sus inversiones en cuatro áreas temáticas clave: Investigación e innovación, programa digital, apoyo a pymes y economía de bajas emisiones en carbono. En España, las líneas de ayudas de esta última área temática, cuyo objetivo principal es favorecer el paso a una economía de bajo nivel de emisión de carbono, son gestionadas por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). En este marco, el IDAE ha puesto en marcha numerosos programas de ayudas para proyectos de ahorro y eficiencia energética, bien bajo la forma de subvenciones o bien mediante préstamos a bajo interés.

Para el próximo periodo presupuestario de la UE, entre el 65% y el 85% de los FEDER se destinarán a los objetivos de “una Europa más inteligente” y de “una Europa más ecológica y libre de carbono” que aplique el Acuerdo de París e invierta en transición energética, energías renovables y acción climática, donde tendrán cabida programas de apoyo asociados al desarrollo tecnológico relacionado con las energías renovables marinas.

► InnovFin Energy Demonstration Projects

InnovFin Energy Demonstration Projects es un mecanismo de financiación del Banco Europeo de Inversiones (BEI), consistente en préstamos, garantías de préstamos o financiación en forma de participación en el capital social de entre 7,5 y 75 M€, para proyectos innovadores en el ámbito de la transformación del sistema energético, incluyendo tecnologías de energía renovable y almacenamiento de energía, cuyo propósito es reducir la brecha existente entre la demostración y la comercialización.

Para que un proyecto sea elegible para *InnovFin Energy Demonstration Projects* debe contribuir a la transición energética, particularmente en los campos de energías renovables, sistemas energéticos inteligentes, almacenamiento de energía y captura de carbono; ha de ser innovador, replicable, estar en una fase de demostración próxima al nivel pre-comercial, ser atractivo a la inversión. Por su parte, los promotores han de estar dispuestos a cofinanciar de manera significativa el proyecto.

► Fondo Europeo para Inversiones Estratégicas (FEIE)⁵⁴

El FEIE funciona como una garantía del presupuesto de la UE, ofreciendo al Grupo BEI protección frente a la primera pérdida. Esto significa que el Grupo BEI puede proporcionar financiación a proyectos de mayor riesgo que el que normalmente asumiría. Un Comité de Inversión independiente aplica criterios estrictos para decidir si un proyecto puede optar a la ayuda del FEIE. No existen cuotas, ni por sector ni por país. La financiación se concede exclusivamente en función de la demanda.

El FEIE tiene como objetivo superar las fallas actuales del mercado, abordar las brechas del mercado y movilizar la inversión privada. Ayuda a financiar inversiones estratégicas en áreas clave tales como infraestructura, investigación e innovación, educación, energías renovables y eficiencia energética, así como el financiamiento de riesgo para PYMES.

A partir de 2021, el FEIE quedará integrado dentro de *InvestEU*.

⁵² [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2020/651444/IPOL_STU\(2020\)651444_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2020/651444/IPOL_STU(2020)651444_EN.pdf).

⁵³ https://ec.europa.eu/regional_policy/es/funding/erdf/.

⁵⁴ https://ec.europa.eu/commission/priorities/jobs-growth-and-investment/investment-plan-europe-juncker-plan/european-fund-strategic-investments-efsi_es.

► Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (Next Generation EU)⁵⁵

Next Generation EU es un nuevo instrumento de recuperación de la crisis ocasionada por la pandemia de COVID-19, dotado con 750.000 millones de euros, de los cuales dos terceras partes se articularán mediante ayudas directas y el tercio restante mediante préstamos.

El pilar central de este instrumento es el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia, cuyo objetivo es mitigar el impacto social y económico de la crisis mediante el apoyo a la transición verde y a la transición digital, promoviendo la cohesión económica, social y territorial de la UE mediante la mejora de la resiliencia de los Estados miembros, contribuyendo de esa manera a restablecer el potencial de crecimiento de las economías de la UE, impulsando la creación de empleo y el crecimiento sostenible.

A nivel europeo, el Mecanismo estará dotado con 672.500 millones de euros destinados a dar apoyo financiero a las reformas e inversiones, de los que 312.500 millones de euros se proveerán en forma de subvenciones y 360.000 millones en forma de préstamos. Del importe destinado a subvenciones, el 70% está comprometido para los dos primeros años. Este instrumento supondrá para España unos 140.000 millones de euros en forma de transferencias y préstamos para el periodo 2021-2026. Para la ejecución de los fondos europeos hasta 2023, el pasado 27 de abril de 2021, el Gobierno aprobó el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia "España Puede", remitido a la Comisión Europea el 30 de abril de 2021.

Los fondos del *Next Generation EU* basan gran parte de su estrategia en la acción climática y en el impulso de las energías renovables con prioridad para la eólica marina por su capacidad de generación de empleo, tractor económico e implantación industrial, ya que entre sus objetivos se citan el apoyo a la transición ecológica hacia una economía climáticamente neutra, y esta tecnología es fundamental para lograr una alta penetración de energías renovables y la descarbonización del sistema. Estos fondos se desplegarán a través de nuevos mecanismos o mediante el refuerzo y aumento de la financiación de mecanismos existentes ya citados, como *InvestEU* o el Fondo de Transición Justa.

► Programa Eurostars

Eurostars es un programa de apoyo las PYMES intensivas en I+D en el desarrollo de proyectos transnacionales orientados al mercado. Esta iniciativa se basa en el artículo 185 del Tratado de Funcionamiento de la UE referente a la participación de la UE en programas conjuntos de Investigación y Desarrollo.

Actualmente cuenta con la participación de 25 Estados miembros de *EUREKA* y la UE, en un apoyo decidido a las PYMES innovadoras europeas. Hasta 2020 la UE aportará 287 millones de euros provenientes del instrumento PYME de *Horizon 2020*, a los que se añadirán más de 800 millones de euros de los países signatarios.

En España, el Ministerio de Ciencia e Innovación, a través del CDTI, es responsable de la gestión del programa.

Más información: <https://www.eurostars-eureka.eu/>

⁵⁵ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1590732521013&uri=COM:2020:456:FIN>
<https://www.consilium.europa.eu/media/45124/210720-euco-final-conclusions-es.pdf>
https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe_es#nextgenerationeu

	Descripción y características	Dotación	Tipo de ayudas	Convocatorias
Innovation fund	<ul style="list-style-type: none"> • Uno de los principales programas de financiación para tecnologías innovadoras bajas en carbono. • Línea específica de almacenamiento. • Criterios de selección: <ol style="list-style-type: none"> 1. Emisiones evitadas. 2. Grado de innovación. 3. Madurez del proyecto. 4. Escalabilidad. 5. Eficiencia en costes. • Convocatorias anuales. • Línea específica para proyectos con CAPEX < 7,5M€. 	10.000 M€.	Subvención. Hasta 60% de costes adicionales derivados de innovación.	Julio 2020. 1000 M€.
H2020	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor instrumento europeo de financiación de I+D+i. • Entre sus objetivos están: <ol style="list-style-type: none"> 1. La transición a una economía baja en carbono. 2. La protección del medio ambiente 3. La acción climática. • Actualmente es área prioritaria: "Construyendo un futuro bajo en carbono y climáticamente resiliente". 	80.000 M€. El programa 2018-2020 destina 3.400 M€ al clima.	Varios.	Varios.
Horizon Europe	<ul style="list-style-type: none"> • Próximo Programa Marco sucesor de H2020. • Actualmente en fase de desarrollo Cluster destinado a <i>Clima, Energía y Movilidad</i>. • Incorporará partenariados <i>co-fund</i>. 	En negociación. Estimados 100.000M€, 35% para cambio climático.	Varios.	Enero 2021.
European Green Deal	<p>11 áreas, entre ellas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Energía limpia, segura y asequible. • Industria para una economía circular y limpia. • Edificios eficientes en recursos y energía. • Movilidad inteligente y sostenible. 	1.000 M€.	Varios.	Septiembre 2020.
Acto de ejecución sobre el mecanismo financiero de la Unión	<ul style="list-style-type: none"> • Mecanismo de apoyo a nivel comunitario, que persigue que determinados EEMM consigan sus objetivos de renovables y favorecer un desarrollo ambicioso de las renovables en la UE. • Se contempla el almacenamiento (siempre y cuando vaya asociado a nueva generación renovable). • Criterios de selección: <ul style="list-style-type: none"> • Precio, en el caso de subastas asociadas a la función de <i>gap filling</i> de los objetivos. • Por determinar en cada convocatoria, en el caso del marco facilitador. 	Sin determinar.	Para el caso de <i>gap filling</i> , el único criterio de adjudicación en la subasta será el precio. Para el caso del marco facilitador, se determinará en cada convocatoria.	La primera convocatoria se prevé en 2021. En caso de haber fondos disponibles, se realizarán convocatorias anuales.
Invest EU	Su objetivo es movilizar inversiones públicas y privadas mediante garantía a socios financieros como el Grupo del BEI.	38.000 M€.	Garantía financiera.	2021.
Fondo de Transición Justa	Destinado a apoyar la transición de las regiones más afectadas por la necesidad de abandonar un modelo económico basado en combustibles fósiles.	7.500 M€.	Subvenciones.	2021.

	Descripción y características	Dotación	Tipo de ayudas	Convocatorias
FEDER	<ul style="list-style-type: none"> Objetivo: corregir los desequilibrios entre las regiones. Centra sus inversiones en cuatro áreas temáticas, siendo una de ellas la economía de bajas emisiones de carbono. 	-	Subvenciones o préstamos.	Varias.
InnovFin	<ul style="list-style-type: none"> Financiación de proyectos innovadores para transformación del sistema energético. Incluye energías renovable y almacenamiento. Objetivo: reducir la brecha entre la demostración y la comercialización. 	Financiación entre de entre 7,5 y 75 M€.	<ul style="list-style-type: none"> Préstamos. Garantías de préstamos. Participación capital social. 	Varios.
CEF	IPCEI resultan elegibles para este mecanismo de financiación.	43.000 M€. 60% para clima. 9.000 M€ para energía.	-	2021.
FEIE	Apoyo a inversiones estratégicas en áreas clave, entre las que se encuentran las energías limpias.	-	Garantía financiera.	En 2021 integrado en InvestEU.
Next Generation EU	<ul style="list-style-type: none"> Nuevo instrumento de recuperación de la crisis COVID-19. Entre sus objetivos está el apoyo a la transición ecológica. 	NGEU: 750.000 M€. MRR: 672.500 M€.	Subvenciones y préstamos.	-
Eurostars	Programa de apoyo las PYMES intensivas en I+D en el desarrollo de proyectos trasnacionales orientados al mercado.	287M€ de H2020 + 800M€ de países parte.	-	Varios.

INSTRUMENTOS NACIONALES

► Bonos verdes

En los últimos meses, aprovechando el impulso del Pacto Verde, han sido varias las iniciativas que se están impulsando en este ámbito. Una de ellas va encaminada a propiciar el desarrollo de mercados de “bonos verdes” para financiación pública y privada. Los bonos verdes son instrumentos de renta fija cuyo principal emitido se dedica a financiar o refinanciar proyectos de inversión de carácter medioambiental.

España podría beneficiarse del auge del mercado de finanzas sostenibles diversificando su base inversora, especialmente en Europa donde se concentran la mayor parte de los inversores sostenibles. Además, dado el apetito que existe en el mercado por este tipo de bonos, la emisión del bono verde podría llegar a suponer una ligera ventaja en costes. También podría generar externalidades positivas para el mercado de bonos verdes corporativos en España, al establecerse una referencia base para el mercado.

► Instrumentos de ayuda a la I+D+i gestionados por CDTI

El Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) es el agente gestor de las ayudas de la Administración General del Estado para la I+D+i empresarial. Para ello, el CDTI gestiona los diversos programas de ayuda, aplicables en función del nivel de madurez y cercanía al mercado del proyecto. A continuación, se recogen los diferentes instrumentos para los que podrían resultar elegibles los proyectos relacionados con desarrollo tecnológico relacionado con el aprovechamiento de la **Eólica Marina y las Energías del Mar**.

I. Ayudas a la I+D

Entre 2017 y 2020 CDTI ha aportado cerca de 30 millones de euros en forma de ayudas a I+D relacionadas con el almacenamiento. Estas ayudas se articulan a través de dos mecanismos: ayudas parcialmente reembolsables y subvenciones.

► **Ayudas parcialmente reembolsables:** Financiación de hasta el 85% del presupuesto mediante préstamo a tipo de interés fijo (Euribor a 1 año), a devolver en entre 7 y 10 años, con una carencia de entre 2 y 3 años. Tramo no reembolsable: 33%.

► **Proyectos CDTI de I+D:**

- **Proyectos CIEN⁵⁶:** grandes proyectos de I+D, desarrollados en colaboración efectiva por agrupaciones empresariales y orientados a la realización de una investigación planificada en áreas estratégicas de futuro y con potencial proyección internacional. Los proyectos candidatos a convertirse en proyectos CIEN serán evaluados en base a una serie de criterios agrupados en 4 categorías:

- Valoración del plan de explotación comercial.
- Valoración de la tecnología y la innovación.
- Capacidad del consorcio en relación al proyecto.
- Valoración del impacto socioeconómico y medioambiental.

- **Proyectos I+D:** desarrollados por empresas y destinados a la creación y mejora significativa de procesos productivos, productos o servicios.

► **Proyectos Transferencia Cervera⁵⁷:** ayudas a proyectos individuales de I+D desarrollados por empresas que colaboren con Centros Tecnológicos de ámbito estatal en las tecnologías prioritarias Cervera, entre las que se encuentran: sistemas híbridos de generación.

► **Subvenciones:**

- **Misiones ciencia e Innovación⁵⁸:** El programa financia grandes iniciativas estratégicas, intensivas en Investigación Industrial, que incorporen las tendencias, desarrollos y retos científico-técnicos más recientes para identificar y resolver los desafíos a los que se enfrentan, en un futuro, sectores productivos críticos para la economía española y para la generación de empleo. Cuenta con 5 líneas prioritarias o “misiones”, entre las que se encuentra “Energía segura, eficiente y limpia para el siglo XXI” y “Movilidad sostenible e inteligente”.

- **Convocatorias.** Anuales. La última finalizó en julio de 2020.
- **Dotación.** La última convocatoria contó con 95 millones de euros.

2. Compra pública innovadora⁵⁹

Se trata de la adquisición por parte del CDTI de prototipos de primeros productos o servicios en fase pre-comercial, en forma de series de prueba, tecnológicamente innovadores y que satisfagan necesidades públicas. El prototipo que en su caso se desarrolle, será cedido a la Administración Pública española que esté interesada en el mismo y pueda proporcionar el entorno real necesario para validar la tecnología propuesta. El prototipo deberá utilizarse exclusivamente para validar tecnología, sin fines comerciales posteriores.

3. INNVIERTE⁶⁰

Programa de coinversión con inversores privados en capital especializado cuyo objetivo es estimular la inversión en empresas tecnológicas e innovadoras españolas.

⁵⁶ <https://www.cdti.es/index.asp?MP=100&MS=802&MN=2>

⁵⁷ <https://www.cdti.es/index.asp?MP=100&MS=881&MN=2>

⁵⁸ https://www.cdti.es/index.asp?MP=100&MS=902&MN=2&TR=C&IDR=2902&r=1252*783

⁵⁹ <https://www.cdti.es/index.asp?MP=100&MS=882&MN=2>

⁶⁰ <https://www.cdti.es/index.asp?MP=100&MS=819&MN=2>

4. Ayudas a la innovación⁶¹

Apoyo a proyectos de carácter aplicado, muy cercanos al mercado, con riesgo tecnológico medio/bajo y cortos períodos de recuperación de la inversión, que consigan mejorar la competitividad de la empresa mediante la incorporación de tecnologías emergentes.

La línea directa de innovación es ayuda parcialmente reembolsable en forma de préstamo sobre el 75% del presupuesto. El tipo de interés depende del plazo de amortización: para amortización a 3 años se aplica el Euribor + 0,2% y para amortización a 5 años, Euribor + 1,2%. Tramo no reembolsable: 2% con carácter general y 5 % si está cofinanciado con FEDER.

► Instrumentos de ayuda a la I+D+i gestionados a nivel nacional

1. Ayudas a la inversión en instalaciones de generación de energía eléctrica con fuentes de energía renovable, susceptibles de ser cofinanciadas con fondos comunitarios FEDER⁶²

El FEDER tiene por objetivo fortalecer la cohesión socioeconómica dentro de la UE corrigiendo los desequilibrios entre sus regiones. Para ello, centra sus inversiones en cuatro áreas temáticas clave: Investigación e innovación, programa digital, apoyo a pymes y economía de bajas emisiones en carbono.

En España, las líneas de ayudas de esta última área temática, cuyo objetivo principal es favorecer el paso a una economía de bajo nivel de emisión de carbono, son gestionadas por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

En este marco, el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) está desarrollando actualmente un programa de ayudas destinado impulsar en todo el territorio nacional el desarrollo de proyectos innovadores que se adecúen a las nuevas exigencias de las Directivas Europeas para la integración de las energías renovables en la red eléctrica. Además, estas ayudas también pueden contribuir al desarrollo económico y a la cohesión social de aquellos territorios especialmente afectados por la Transición Energética. Dentro de la tipología de proyectos de instalaciones renovables se contemplan Instalaciones Eólicas Marinas con o sin almacenamiento e Instalaciones eólicas Marinas con o sin para la producción de Hidrógeno renovable. Y para las Energías del mar contempla instalaciones de aprovechamiento de energías del mar (olas, corrientes...) en centros o plataformas tecnológicas.

Las ayudas se articularán en forma de subvenciones que cubrirán entre el 10% y el 80% de los costes elegibles, dependiendo de la actuación, mediante convocatorias en cada una de las comunidades autónomas correspondientes, estimándose el presupuesto total en 316 millones de euros, aunque parte de ellos se destinarán para programas existentes en territorios no peninsulares centrados en energía eólica y solar fotovoltaica. Las primeras convocatorias al amparo de estas bases reguladoras arrancaron en septiembre de 2020, estando desarrolladas específicamente para cada Comunidad Autónoma mediante grupos de trabajo bilaterales con el IDAE.

Para el próximo periodo presupuestario de la UE, entre el 65% y el 85% de los FEDER se destinarán a los objetivos de “una Europa más inteligente” y de “una Europa más ecológica y libre de carbono” que aplique el Acuerdo de París e invierta en transición energética, energías renovables y acción climática, donde tienen cabida los proyectos de Instalaciones Eólicas Marinas ,instalaciones eólicas marinas con almacenamiento/producción de hidrógeno, así como Instalaciones de aprovechamiento de energías del mar (olas, corrientes,...) en centros o plataformas tecnológicas.

⁶¹ <https://www.cdti.es/index.asp?MP=100&MS=812&MN=2>

⁶² <https://www.idae.es>

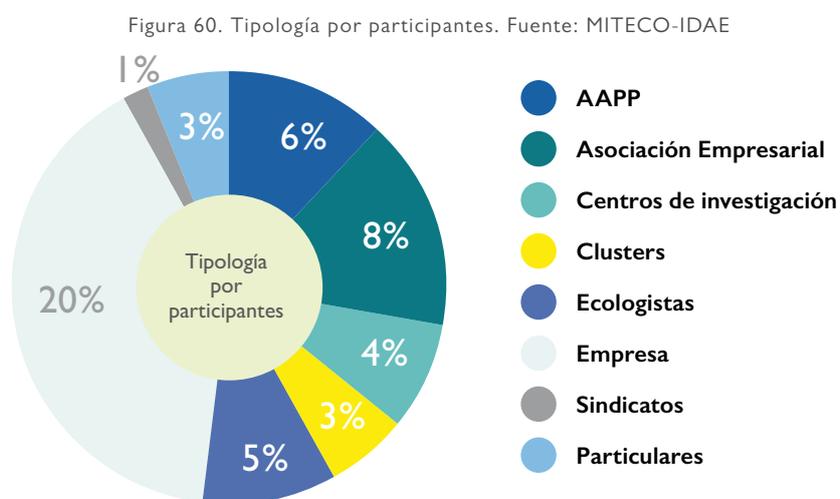


CONTRIBUCIONES
RECIBIDAS EN LA
CONSULTA PÚBLICA DE
LA HOJA DE RUTA PARA EL
DESARROLLO DE LA EÓLICA
MARINA Y LAS ENERGÍAS
DEL MAR EN ESPAÑA

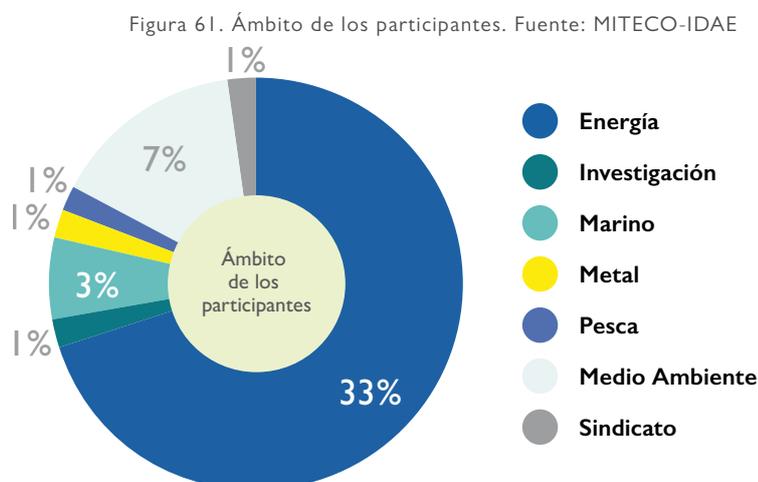
Entre el 30 de abril y el 5 de julio de 2020 se llevó a cabo el proceso de Consulta Pública Previa a la Hoja de Ruta para el Desarrollo de la Eólica marina y las Energías del Mar, en el que participaron 36 entidades y/o particulares. La consulta Pública se realizó a través del apartado de Participación Pública del portal web del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, solicitando a los participantes que contestasen a 11 preguntas publicadas en dicha sección, con la finalidad de recabar, directamente o a través de sus organizaciones representativas, la opinión de las personas y entidades potencialmente involucradas en la Hoja de Ruta para el Desarrollo de la Eólica Marina y las Energías del Mar en España, sobre su contenido, la identificación de prioridades y recursos necesarios, así como de los principales retos para el desarrollo de las energías marinas y las posibles medidas para superarlos.

El pasado 7 de julio de 2021 se publicó en la Web del MITECO-SEE el Borrador de la “Hoja de Ruta para el desarrollo de la Eólica marina y de las Energías del Mar en España”, con la finalidad de recabar, directamente o a través de sus organizaciones representativas, la opinión de los ciudadanos y entidades potencialmente involucrados en la cadena de valor de las energías renovables marinas.

Se han recibido un total de 273 alegaciones por parte de 50 alegantes, entre los que se encuentran Asociaciones, Clústeres, Administración, Empresas y Universidades, etc, según se muestra en la siguiente gráfica:



En cuanto al ámbito o sector al que pertenecen de los participantes, la siguiente gráfica muestra el reparto. La mayor parte de las entidades están vinculadas al sector de la energía –públicas y privadas-, seguido de los sectores Medio Ambiente y Marino.



A continuación, se sintetizan las principales alegaciones que se han incluido en la Hoja de Ruta, respecto al borrador publicado a consulta pública:

► **Nuevos conceptos genéricos:**

- **Actualización de los objetivos de la hoja de ruta en 2025**, que adelantaría entonces un rango de nuevos objetivos a 2040, ya tras la implementación de las medidas normativas y de la publicación de las subastas. [En la Medida 4.2 "Actualización y Renovación de la Hoja de Ruta en la década 2020-2030"]
- **Nuevo apartado 1.3, incluyendo el compromiso de la implementación de las principales medidas regulatorias del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR) en el 2ºT/2023**, así como la mención específica de los subhitos de cumplimiento del PRTR y la identificación de las medidas de la hoja de ruta asociadas a esos subhitos.
- Mención expresa a las **líneas de ayuda en el corto plazo asociadas a esta hoja de ruta, de acuerdo con la publicación en el PRTR**, en la medida 1.2 (Programas de Desarrollo Tecnológico), mencionando la previsión de **lanzamiento de las primeras líneas durante 2022**, bajo el mecanismo de subvención a la inversión, para dar mayor nivel de concreción en los 200 M€ en 2021-2023. Además, se aclara que podrán utilizarse mecanismos de financiación innovadores, para facilitar el desarrollo temprano de nuevos conceptos tecnológicos.
- Nuevo apartado específico 2.3 en la HR sobre el **Estado del Arte de la SFV Flotante**, sin objetivos propios durante la década. Nueva mención a la SFV Flotante en la Medida 4.2 para considerarla en la Revisión en 2025 de la HR, con horizontes superiores a 2030.
- Énfasis y relevancia de la **Estrategia Transición Justa (TJ)** en el contexto Nacional y en la posibilidad de considerar también criterios de TJ en las concurrencias.
- De manera alineada con la redacción de los borradores de los Planes de Ordenación del Espacio Marino - POEM (en consulta pública), se incluye que los POEM contemplen a las **energías renovables marinas como uno de los usos futuros dentro del espacio marítimo a los que se les debe asignar zonas de uso prioritario y/o de alto potencial**. [En la Medida 3.1: "Definición y aprobación en los POEM de la zonificación para el desarrollo de parques eólicos marinos"]
- Se menciona la **normativa actual identificada para revisión y adaptación en el corto plazo**. [En la medida 3.4 "Adecuación del marco administrativo"] Entre otros, se explicita la necesaria ampliación de los plazos administrativos para los proyectos eólicos marinos, en los relativo a la caducidad de los permisos de acceso y conexión u otros.
- Se concretan **características generales del marco de concurrencia para los proyectos eólicos marinos comerciales** [En la medida 3.5 "Marco para el impulso de la inversión en eólica marina y energías del mar"]. Entre otras, se incluye la posibilidad de incluir mecanismos o incentivos para que el adjudicatario del desarrollo de los parques eólicos marinos comerciales, en el espacio marino objeto de la concesión, contemple o destine posiciones a ensayos de prototipos o parques eólicos o híbridos tecnológicos precomerciales.
- Se contempla el **cruzado del listado de nudos de TJ del Anexo I del RD-ley 23/2020 con los requeridos para el despliegue de la Eólica Marina** en las zonas definidas en los POEM y la presencia de astilleros. [En la medida 2.6.]

► **Nuevas medidas:**

- ▷ **Nueva medida 1.4 “Mejora del conocimiento del medio marino”** que aportaría certidumbre y serviría para realizar la medida 3.7 Guía de directrices ambientales y de la biodiversidad sobre la implantación de energías renovables en el medio marino.
- ▷ **Nueva medida 2.9** para la **“creación de GT intersectoriales”** incluyendo navegación y Pesca, para buscar sinergias, usos compartidos y mecanismos de compensación.
- ▷ **Nueva medida 3.8 de creación de una “Oficina Técnica para el despliegue de las Renovables Marinas”.**

► **Cuestiones ambientales, sector pesquero, navegación y tráfico marítimo:**

- ▷ Se incluye la referencia al estudio ‘Impact of the use of offshore wind and other marine renewables on European fisheries’, encargado por la Comisión de Pesca del Parlamento Europeo, así como referencias de **buenas prácticas en Europa ligadas a la compatibilidad y el aprovechamiento de sinergias entre la eólica marina y la pesca**. Se valora la conveniencia de que el desarrollo de la Eólica marina incluya beneficios socioeconómicos a los pescadores y comunidades locales, como elemento facilitador del mayor consenso para viabilizar los proyectos eólicos marinos comerciales.
- ▷ Modificación de redacción de la Medida 3.7 sobre la Guía de directrices ambientales, para abordar también **buenas prácticas de vigilancia ambiental**.
- ▷ Inclusión de la consideración como del **sector pesquero como clave para la Economía** con referencia al ‘Informe de Progreso 2021 y Estrategia de Desarrollo Sostenible 2030.
- ▷ Se incluyen las **consideraciones y riesgos identificados por el sector pesquero** en el epígrafe de “Interacciones con el entorno”.
- ▷ Se enfatiza en la utilización de foros de encuentro y **diálogo con los pescadores en fases tempranas de los proyectos**, tanto en el epígrafe de “Interacciones con el entorno” como en la nueva medida de creación de GT intersectoriales.
- ▷ Consideración específica de cuestiones asociadas a la **navegación, tráfico y seguridad marítima** en los distintos apartados y medidas de la hoja de ruta.

► **Otras cuestiones y matices de redacción:**

- ▷ Se incluye que se valorará que las nuevas plataformas de ensayo tengan capacidad para conectar prototipos de potencia unitaria superior a los disponibles actualmente, a efectos de aumentar las capacidades de ensayo y validación de prototipos en fases más próximas a su salida comercial [En la Medida 1.1.]
- ▷ Aclaración de que el cronograma de desarrollo de proyectos eólicos marinos (en 5 años) contiene “plazos-objetivo”, que se alcanzarían tras la implementación de la medida 3.4, entre otras cuestiones.
- ▷ Actualización del apartado 2.1 del Estado del Arte: Inclusión de análisis DAFO, incorporación de nuevas figuras de informes internacionales recientes (World Bank Group 2021), consideraciones sobre nuevos desarrollos tecnológicos y las tecnologías renovables marinas, entre otros.

- ▶ Aclaración de que las medidas de apoyo al desarrollo tecnológico también irían destinadas al refuerzo de las áreas de ensayo existentes [En la Medida 1.2]
- ▶ Se incluyen modificaciones de redacción para aclarar apoyos potenciales a los parques pre-comerciales.
- ▶ Aclaración sobre la realización de la identificación de las debilidades o huecos que puedan existir en la cadena industrial nacional, para tratar de cubrirlos con industria nacional." [En la Medida 2.2]
- ▶ Se enfatiza en la existencia y relevancia de los clústeres, considerando la potencial creación de hubs o foros por Demarcación Marina [En la medida 2.3]
- ▶ Se mencionan las iniciativas europeas enmarcadas en la Agenda Europea de Capacidades. [Medida 2.5]
- ▶ Se incluyen aclaraciones sobre los potenciales nudos de la red eléctrica en el mar y posibles sinergias con interconexiones internacionales.



SINERGIAS DE LA HOJA DE
RUTA PARA EL DESARROLLO
DE LA EÓLICA MARINA
Y LAS ENERGÍAS DEL
MAR EN ESPAÑA CON
OTROS DOCUMENTOS
ESTRATÉGICOS

► Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC)

La Hoja de Ruta para el desarrollo de la eólica marina y las energías del mar en España cumple el mandato previsto en la Medida 1.1 del PNIEC de desarrollar un documento estratégico que tenga en cuenta el elevado potencial energético y la base sólida de empresas en la cadena de valor de la energía eólica marina y otras energías del mar. Adicionalmente, diversas de las medidas previstas en esta Hoja de Ruta contribuyen específicamente a la consecución de varias de las medidas previstas en el PNIEC, como se ilustra a continuación.

Medidas en la Hoja de Ruta para el desarrollo de la eólica marina y energías del mar en España	Medidas u objetivos del PNIEC a las que contribuye
Objetivos de despliegue de renovables marinas.	Contribuye al 74% de penetración renovable en el sector eléctrico y el 42% de renovables sobre el uso final de energía.
Medida 1.1 – 1.2 España como ubicación de referencia para el I+D+i en tecnologías renovables marinas.	<ul style="list-style-type: none"> • Medida 1.12 Proyectos singulares y estrategia para la energía sostenible en las islas. • Medida 1.18 Revisión y simplificación de procedimientos administrativos. • Medidas 5.1-5.18 Dimensión de investigación, innovación y competitividad.
Medidas 2.1 – 2.8 Acompañamiento e impulso de la cadena de valor.	<ul style="list-style-type: none"> • Medida 1.14 Promoción del papel proactivo de la ciudadanía en la descarbonización. • Medida 1.15 Estrategia de Transición Justa. • Medida 1.17 Formación de profesionales. • Medida 1.19 Generación de conocimiento, divulgación y sensibilización.
Medida 3.1. POEM. Medida 3.7. Guía ambiental.	Evaluación ambiental estratégica del PNIEC.
Medida 3.4 Adecuación del marco administrativo de autorización de instalaciones renovables marinas.	<ul style="list-style-type: none"> • Medida 1.18 Revisión y simplificación de procedimientos administrativos.
Medida 3.5 Marco para el impulso de la inversión.	<ul style="list-style-type: none"> • Medida 1.3 Adaptación de redes eléctricas para la integración de renovables.
Medida 3.5 Marco para el impulso de la inversión.	<ul style="list-style-type: none"> • Medida 1.1 Desarrollo de nuevas instalaciones de generación eléctrica con renovables. • Medida 1.12 Proyectos singulares y estrategia para la energía sostenible en las islas.
Medida 3.6 Desarrollo temprano del despliegue de la eólica marina en Islas Canarias.	<ul style="list-style-type: none"> • Medida 1.12 Proyectos singulares y estrategia para la energía sostenible en las islas.

► Estrategia Europea de Energías Renovables Marinas

Apartado en la estrategia europea de energías renovables marinas	Referencias relevantes en la Hoja de Ruta para el desarrollo de la eólica marina y energías del mar en España
4.1 Ordenación del espacio marítimo.	<ul style="list-style-type: none"> • Medida 3.1. Definición y aprobación en los POEM de la zonificación para el desarrollo de parques eólicos marinos. • Medida 3.6. Desarrollo temprano del despliegue de la eólica marina en Islas Canarias.
4.2 Nuevo enfoque para la energía renovable marina y la infraestructura de red.	<ul style="list-style-type: none"> • Medida 3.3. Coordinación del marco de acceso y conexión y nuevos modelos de gestión de las redes eléctricas.
4.3 Marco regulador para las energías renovables marinas.	
<ul style="list-style-type: none"> • Marco regulador específico para proyectos innovadores: en islas, proyectos híbridos y de producción de hidrógeno en el mar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Medida 3.6. Desarrollo temprano del despliegue de la eólica marina en Islas Canarias.

Apartado en la estrategia europea de energías renovables marinas	Referencias relevantes en la Hoja de Ruta para el desarrollo de la eólica marina y energías del mar en España
<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de apoyo Sistemas de apoyo, de conformidad con las normas sobre ayudas estatales, para garantizar que los proyectos de energías renovables marinas se expandan según sea necesario. 	<ul style="list-style-type: none"> • Medida 3.4. Adecuación del marco administrativo de autorización de instalaciones renovables marinas. • Medida 3.5. Marco para el impulso de la inversión en eólica marina y energías del mar.
<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de apoyo específico energías renovables marinas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Medida 1.1. Desarrollo y refuerzo de plataformas de ensayos. • Medida 1.2. Programas de desarrollo tecnológico. • Medida 1.3. Marco 'plug & play' para la sustitución de prototipos experimentales en plataformas de ensayos de energías renovables marinas. • Medida 3.4. Adecuación del marco administrativo.
<p>4.4 Movilizar la inversión del sector privado en energías renovables marinas: el papel de los fondos de la UE.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Medida 1.2. Programas de desarrollo tecnológico. • Anexo I.
<p>4.5 Centrar la investigación y la innovación en el apoyo a proyectos de energías renovables marinas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Medida 1.1. Desarrollo y refuerzo de plataformas de ensayos. • Medida 1.2. Programas de desarrollo tecnológico. • Medida 1.3. Marco 'plug & play' para la sustitución de prototipos experimentales en plataformas de ensayos de energías renovables marinas.
<p>4.6 Una cadena de suministro y valor más sólida en toda Europa.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Cadena de suministro de energías renovables marinas debe ser capaz de aumentar su capacidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Medida 2.1. Evaluación de la infraestructura portuaria de cara a la construcción y montaje o exportación de componentes asociados a instalaciones renovables marinas. • Medida 2.2. Seguimiento y acompañamiento de la industria y cadena de valor marítima nacional para el desarrollo de proyectos de eólica marina y de energías del mar.
<ul style="list-style-type: none"> • Foro sectorial de energía renovables marinas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Medida 2.3. Hub de colaboración público-privada y privada-privada para el desarrollo de las energías renovables marinas.
<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar los fondos de la política de cohesión 2021-2027, incluido el Fondo Social Europeo Plus, así como el Mecanismo para una Transición Justa cuando proceda, para apoyar la inversión en energías renovables marinas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Medida 2.6. Contribución transición justa.
<ul style="list-style-type: none"> • Programas de educación y formación dirigidos al sector de las energías renovables marinas "skills challenge". 	<ul style="list-style-type: none"> • Medida 2.5. Capacitación, formación y cualificación profesional en el sector de las energías renovables marinas.
<ul style="list-style-type: none"> • Economía Circular "a circular economy approach". 	<ul style="list-style-type: none"> • Medida 2.7. Economía circular: impulso del ecodiseño y cadena de valor en torno al fin de vida útil.
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Industria de la UE y mercados mundiales.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Medida 2.4. Refuerzo del posicionamiento de España en el contexto internacional.
<ul style="list-style-type: none"> • Colaboración internacional para ayudar a crear un entorno favorable para el desarrollo de energía renovable marina. • UE debe adoptar un enfoque más firme para promover sus intereses a través de la política comercial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Medida 2.3. Hub de colaboración público-privada y privada-privada para el desarrollo de las energías renovables marinas. • Medida 2.4. Refuerzo del posicionamiento de España en el contexto internacional.

ANEXO IV



PLANES DE
ORDENACIÓN DEL
ESPACIO MARÍTIMO
(POEM) EN ESPAÑA

La Ordenación del espacio marítimo (en adelante OEM) se entiende como el proceso mediante el cual las autoridades competentes analizan y organizan las actividades humanas en las zonas marinas con el fin de alcanzar objetivos ecológicos, económicos y sociales.

La OEM se configura por tanto como un instrumento estratégico transversal que permite a las autoridades públicas y a los grupos de interés aplicar un planteamiento coordinado, integrado y transfronterizo, que permita un aprovechamiento del espacio marítimo más óptimo, reduciendo conflictos, así como potenciando coexistencias y sinergias.

La OEM se presenta igualmente como una herramienta muy útil para garantizar la protección de los ecosistemas, hábitats y especies sensibles y vulnerables, incluidos los protegidos por normativa autonómica, nacional o supranacional.

Una de las herramientas identificadas por la Política Marítima Integrada de la UE para promocionar el crecimiento azul es la ordenación del espacio marítimo. En este contexto se desarrolló la **Directiva 2014/89/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de julio de 2014, por la que se establece un marco para la ordenación del espacio marítimo**. Esta Directiva se traspuso al ordenamiento español a través del **Real Decreto 363/2017, de 8 de abril, por el que se establece un marco para la ordenación del espacio marítimo**, incluyendo la obligación para España de elaborar un plan de ordenación del espacio marítimo para cada una de las cinco demarcaciones marinas (DM) españolas: DM noratlántica, DM sudatlántica, DM del Estrecho y Alborán, DM levantino-balear y DM canaria.

La **Directiva 2008/56/CE, o Directiva Marco sobre la Estrategia Marina (DMEM)** tiene como fin último lograr o mantener, a más tardar en el año 2020, el buen estado ambiental del medio marino. La DMEM se traspuso a la normativa española a través de la **Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de Protección del Medio Marino**, que estableció la obligación de elaborar y aplicar cinco estrategias marinas, una para cada una de las cinco demarcaciones marinas establecidas.

Los vínculos existentes entre ambas directivas han sido trasladados al ámbito normativo nacional del mismo modo. La propia Ley 41/2010 establece en su artículo 7 que “Las estrategias marinas son los instrumentos de planificación de cada demarcación marina y constituyen el marco general al que deberán ajustarse necesariamente las diferentes políticas sectoriales y actuaciones administrativas con incidencia en el medio marino de acuerdo con lo establecido en la legislación sectorial correspondiente”.

La Ley 41/2010, incluso antes de que hubiese sido aprobada la Directiva de ordenación del espacio marítimo, ya concibe la ordenación del espacio marítimo como una herramienta para garantizar la sostenibilidad y la consecución del buen estado ambiental, y así la incluye en su Anexo V, que recoge los tipos de medidas que se podrían incluir en los programas de medidas de las estrategias marinas, incluyendo la “Planificación espacial marina” como uno de esos tipos de medidas.

Por todo lo anterior, el RD 363/2017, de 8 de abril, fue concebido como un desarrollo reglamentario en aplicación de lo dispuesto en el artículo 4.2 de la Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de protección del medio marino. De este modo, el RD 373/2017, de 8 de abril, indica que “Este marco de ordenación constituirá una directriz común a todas las estrategias marinas, de acuerdo con lo establecido en el artículo 4.2.f) de la Ley de protección del medio marino”.

ÁMBITO DE APLICACIÓN

El Real Decreto 363/2017, regula el contenido de los POEM, de forma que establecerán la distribución espacial y temporal, existente y futura de, entre otros, de los siguientes usos y actividades:

- ▶ las zonas de acuicultura;
- ▶ las zonas de pesca;
- ▶ las instalaciones e infraestructuras para la prospección, explotación y extracción de petróleo, gas y otros recursos energéticos, minerales y áridos minerales, y la producción de energía procedente de fuentes renovables;
- ▶ las rutas de transporte marítimo y el tráfico marítimo;

- ▶ las zonas de vertido en el mar;
- ▶ los distintos tipos de zonas definidas en la Ley 8/1975, de 12 de marzo, de zonas e instalaciones de interés para la Defensa Nacional, así como las zonas marinas utilizadas para el desarrollo de ejercicios de las Fuerzas Armadas;
- ▶ los espacios protegidos, los lugares y hábitats que merezcan especial atención por su alto valor ambiental y las especies protegidas, en especial los disponibles en el Inventario Español del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad;
- ▶ las zonas de extracción de materias primas;
- ▶ la investigación científica;
- ▶ los tendidos de cables y de tuberías submarinos;
- ▶ las actividades turísticas, recreativas, culturales y deportivas;
- ▶ el patrimonio cultural submarino;
- ▶ los elementos de entre los listados u otros adicionales que deban formar parte de la infraestructura verde del artículo 15 de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

Además de estos usos y actividades, la Comisión Interministerial de Estrategias Marinas, aprobó un conjunto de actividades que es importante igualmente considerar en los planes de ordenación del espacio marítimo, por su relevancia en las aguas marinas españolas. Estas actividades son:

- ▶ La ampliación de las zonas de servicio portuario;
- ▶ Las zonas de extracción de agua y evacuación de salmueras en desaladoras;
- ▶ Las zonas destinadas a almacenamiento de CO²;
- ▶ Las zonas destinadas a la creación de arrecifes artificiales.

Todos estos usos han sido por tanto incluidos en el apartado de Diagnóstico en dos grupos: “Usos de interés general” y “Usos de los sectores marítimos”.

El medio marino español, a efectos de la aplicación de la Ley de protección del medio marino, se divide en dos regiones marinas, Mediterráneo y Atlántico Nororiental, subdivididas en tres subregiones marinas: Golfo de Vizcaya y costas Ibéricas, Mediterráneo Occidental, y Macaronesia. A su vez la ley establece las siguientes cinco Demarcaciones Marinas (Figura 1):

- ▶ **Demarcación marina noratlántica:** incluye el medio marino bajo soberanía o jurisdicción española comprendido entre el límite septentrional de las aguas jurisdiccionales entre España y Portugal y el límite de las aguas jurisdiccionales entre España y Francia en el Golfo de Vizcaya.
- ▶ **Demarcación marina sudatlántica:** incluye el medio marino bajo soberanía o jurisdicción española comprendido entre el límite de las aguas jurisdiccionales entre España y Portugal en el Golfo de Cádiz y el meridiano que pasa por el cabo de Espartel (Marruecos).
- ▶ **Demarcación marina del Estrecho y Alborán:** incluye el medio marino bajo soberanía o jurisdicción española comprendido entre el meridiano que pasa por el cabo Espartel y la línea imaginaria con orientación 128° respecto al meridiano que pasa por el cabo de Gata, y el medio marino bajo soberanía o jurisdicción española en el ámbito de Ceuta, Melilla, las islas Chafarinas, el islote Perejil, peñones de Vélez de la Gomera y Alhucemas y la isla de Alborán.
- ▶ **Demarcación marina levantino-balear:** incluye el medio marino bajo soberanía o jurisdicción española comprendido entre la línea imaginaria con orientación 128° respecto al meridiano que pasa por el cabo de Gata y el límite de las aguas jurisdiccionales entre España y Francia en el Golfo de León.
- ▶ **Demarcación marina canaria:** incluye el medio marino bajo soberanía o jurisdicción española en torno a las islas Canarias.

El Real Decreto 363/2017, de 8 de abril, establece que **se deberán elaborar cinco Planes de Ordenación del Espacio Marítimo (POEM), uno por cada una de las cinco demarcaciones marinas españolas.**

Los espacios marinos protegidos se regirán por la normativa de gestión que les resulte de aplicación, sin perjuicio de su catalogación en estos planes como zonas de uso prioritario para la conservación de la biodiversidad.

Quedan fuera del ámbito de aplicación de estos planes las zonas I y II de los Puertos del Estado, así como las de servicio de los puertos autonómicos.

La ordenación de estos planes parte del respeto y mantenimiento de los usos, actividades y procesos que a la fecha de su entrada en vigor están teniendo lugar en las aguas marinas españolas, regulados por su normativa específica, y sin perjuicio de las modificaciones que aquellos puedan sufrir en el futuro.

La información geográfica sobre el ámbito de aplicación de los POEM está reflejada en el Anexo II y en el visor geográfico de los planes de ordenación del espacio marítimo <http://www.infomar.miteco.es>.

Respecto al horizonte temporal, se programa que la revisión de los POEM se realice a los 6 años desde la aprobación de los mismos por real decreto, de manera alineada y coordinada con las revisiones periódicas cada 6 años de otras herramientas de planificación estrechamente ligados, como las estrategias marinas, y en menor medida, los planes hidrológicos. En consecuencia, los planes de ordenación del espacio marítimo se revisarán y actualizarán a más tardar el 31 de diciembre de 2027.

PRINCIPIOS ORIENTADORES

Los planes seguirán un conjunto de principios orientadores, que guiarán el proceso de elaboración de la ordenación espacial. Estos son:

- ▶ Desarrollo sostenible.
- ▶ Enfoque ecosistémico, considerando la biodiversidad, la diversidad geológica e hidrológica de los ecosistemas marinos, incluido el paisaje, las interacciones entre éstos, así como el aprovechamiento de los servicios ecosistémicos por parte de la sociedad.
- ▶ Mejora de la competitividad de los sectores marítimos.
- ▶ Mejora en el aprovechamiento del espacio marino.
- ▶ Mejora de la gobernanza.
- ▶ Participación activa de los agentes públicos y privados incluyendo las comunidades costeras locales.
- ▶ Gestión adaptativa.
- ▶ Transición ecológica hacia una economía baja en carbono y eficiente en el uso de los recursos, y ligado a la anterior, transición justa en materia de empleo.
- ▶ Diversificación económica, entendiéndola clave para la sostenibilidad económica de los sectores marítimos.
- ▶ Consideración de la perspectiva de género en el proceso de planificación.
- ▶ Economía circular.
- ▶ Facilitar el acceso a la información y datos marinos garantizando su actualización.
- ▶ Preponderancia de los objetivos de interés general.
- ▶ Uso de la mejor información científica disponible, y de la escala de análisis más adecuada.

Además, los objetivos deben generar sinergias y ser compatibles con los objetivos previamente establecidos en las herramientas de planificación sectorial vigentes, así como con los objetivos ambientales aprobados en el marco de las estrategias

marinas, es decir, deben garantizar que no se compromete el buen estado ambiental del medio marino. De esta forma, se asegura que los objetivos definidos no suponen una contradicción o solapamiento con estos instrumentos de planificación.

ORDENACIÓN DEL ESPACIO MARÍTIMO

► Esquema de Ordenación

En primer lugar, se parte de la premisa de que las aguas marinas pueden ser objeto de una coexistencia entre diferentes usos y actividades, y que dichos usos y actividades se pueden desempeñar sin comprometer el buen estado ambiental del medio marino. Esta coexistencia, así como la no afección al buen estado ambiental, buen estado de conservación favorable de hábitats y de especies, se ven garantizadas en parte, por la normativa ya existente, que en algunos casos establece limitaciones de uso, tanto en cuanto a su componente espacial como en lo referente a las características que deben cumplir de cada uso y actividad.

Los POEM mantienen e incorporan las restricciones de usos ya existentes derivadas de la normativa sectorial y ambiental y, además, aportan unos criterios generales de aplicación para garantizar la coexistencia de usos y actividades manteniendo el buen estado ambiental.

En un siguiente paso, dentro del proceso de ordenación, se le otorga una especial relevancia a los usos y actividades del espacio marítimo que derivan de aspectos de interés general, y que facilitan la consecución de los objetivos de interés general de los POEM.

Para ello se identifican las zonas donde se realizan los distintos usos de interés general, y se han definido dichas zonas con sus perímetros correspondientes. En cada tipología de zona de uso prioritario, se establecen las disposiciones de regulación/restricción de usos y actividades que garanticen que el uso prioritario no se ve comprometido. Igualmente **se establecen criterios para las posibles situaciones de solape espacial entre dos o más zonas de uso prioritario**. Dentro de estas zonas de uso prioritario se ha incluido también algunas de las áreas identificadas para el desarrollo de las energías renovables, en concreto la eólica marina. Esto es debido al carácter estratégico que se le ha otorgado a este uso futuro de las aguas marinas dentro de los POEM.

Una vez se han garantizado los usos y actividades de interés general, los POEM, en su cometido de promover el desarrollo sostenible de los sectores marítimos, prestan una especial atención a determinadas actividades sectoriales cuyo desarrollo futuro es previsible, y en las que además es necesario tener identificado el espacio más adecuado para su desarrollo. Para ello se establecen zonas de alto potencial (para diferentes usos y actividades). Los mecanismos por los que se ha identificado la alta potencialidad de determinadas zonas para un determinado uso, son variados. Algunas zonas se han extraído de trabajos técnico-científicos que incluyen modelización espacial, otras se han basado en el criterio de expertos, en el contexto de proyectos y mediante procesos participativos. Se establecen regulaciones de usos y actividades que puedan favorecer el desarrollo de la actividad dentro de sus zonas de alto potencial, y también se establecen criterios para el solape entre diferentes zonas de alto potencial.

Se perseguirá la coexistencia sostenible de diferentes usos, actividades e intereses. Para ello, además del cumplimiento de la normativa sectorial en vigor, los promotores y usuarios del mar, así como las administraciones competentes durante el proceso de autorización de la actividad, aplican una serie de criterios horizontales y sectoriales.

► Zonas de Uso Prioritario (ZUP)

Algunos de los **usos de interés general** identificados en los POEM se realizan en zonas concretas del espacio marítimo, y por tanto los planes deben garantizar que dichos usos de interés general gozan de un carácter prioritario. Para ello se han identificado una serie de zonas con usos prioritarios, en las cuales se establecen determinadas medidas para garantizar que no se pone en riesgo cada uso:

► ZUP para la protección de la biodiversidad: Espacios marinos protegidos.

- ▷ ZUP para la protección del patrimonio cultural: Bienes de interés cultural y Zonas de protección paisajística en torno a elementos de interés cultural ubicados en la costa.
- ▷ ZUP para investigación, desarrollo e innovación (I+D+i).
- ▷ ZUP para la Defensa Nacional.
- ▷ ZUP para la navegación.
- ▷ **ZUP para la energía eólica marina (ZUPER):** se han definido para otorgar prioridad al posible despliegue de infraestructuras para la explotación de energía eólica marina de carácter comercial, sin perjuicio de que tales proyectos puedan contemplar hibridaciones con otras tecnologías renovables marinas. Los criterios utilizados para la definición de las zonas podrán variar con el avance de la información científica de base, así como con el desarrollo de la tecnología, sin menoscabo de lo que en su caso se establezca durante el proceso de evaluación ambiental de cada proyecto.

► Zonas de Alto Potencial (ZAP)

Los planes también prestan una especial atención a **determinadas actividades sectoriales, o también de interés general, cuyo desarrollo futuro es previsible**, y en las que además es necesario tener identificado el espacio más adecuado para su desarrollo, todo ello con el objetivo de promover el desarrollo sostenible de los sectores marítimos:

- ▷ ZAP para la conservación de la biodiversidad: Espacios marinos protegidos.
- ▷ ZAP para investigación, desarrollo e innovación (I+D+i).
- ▷ ZAP para la actividad portuaria.
- ▷ **ZAP para la energía eólica marina (ZAPER):** Las zonas identificadas con esta categoría cumplen los mismos criterios técnicos que las ZUPER, si bien, sí se han detectado interacciones con algunas zonas de uso prioritario, o de alto potencial, o con otros usos del espacio, que deberán considerarse en detalle a nivel de proyecto. Por encontrarse en estas zonas una mayor cantidad de interacciones con otros usos, actividades e intereses, es previsible que, durante el proceso de autorización de los proyectos, incluida la evaluación ambiental de los mismos, se planteen más requerimientos, con especial atención en aquellas zonas que presenten solapes con algún tipo de servidumbre aeronáutica.
- ▷ ZAP para la acuicultura marina.

APLICACIÓN, EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LOS PLANES

Los planes cuentan con un programa de seguimiento, diseñado para detectar la evolución de los distintos usos y actividades humanas en el medio marino, la efectividad y posibles carencias que está manifestando el plan, y de este modo facilitar la gestión adaptativa y guiar los pasos hacia la revisión y actualización de los planes que tendrá lugar en el año 2027.

► Medidas de los POEM

Durante el diseño de los planes se han detectado un conjunto de medidas que son necesarias abordar durante el periodo de vigencia de los planes, para la mejora en la ordenación de los usos y actividades, ya sean destinadas a la mejor obtención de información de base, a la ordenación a una escala de detalle mayor, o a la mejora en la gobernanza.

► Evaluación Ambiental Estratégica

La Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, establece la Evaluación Ambiental como el principal instrumento para incorporar las consideraciones en materia de medio ambiente al proceso de preparación y adopción de planes y programas. Por tanto, los cinco planes de ordenación del espacio marítimo se someterán a un proceso de eva-

luación ambiental estratégica, incluyendo la consulta pública, el análisis de las consultas y la realización de un informe sobre las propuestas, observaciones y sugerencias que se hubiesen presentado, para la incorporación de las que se consideren adecuadas en una versión definitiva.

Una vez entregada al órgano ambiental la versión definitiva de los planes de ordenación del espacio marítimo y su estudio ambiental estratégico, este órgano deberá elaborar la Declaración ambiental estratégica para integrar los aspectos ambientales en la propuesta de los planes, siendo preceptiva su incorporación en la aprobación definitiva de los POEM.

► Seguimiento de los POEM

Los POEM serán objeto de seguimiento periódico de modo que se pueda evaluar su efectividad, así como para detectar posibles cambios en el contexto (geográfico-ambiental o socioeconómico) donde se aplican, que puedan requerir una adaptación o revisión de los mismos. El programa de seguimiento del plan se alimentará de información procedente de diferentes fuentes y herramientas de planificación, con las que se construirán un conjunto de indicadores propios y específicos que aportarán información sobre la efectividad de los planes, el grado de consecución de dicho objetivo, y a ser posible, también sobre los obstáculos asociados a su no consecución.

Además, el RD 363/2017, de 8 de abril, establece que cada Departamento afectado por los POEM, en el marco de sus competencias, elabore anualmente un informe sobre la aplicación de dichos planes, que se remitirá a la Dirección General de la Costa y el Mar que, a su vez, remitirá un análisis de los mismos a la Comisión Interministerial de Estrategias Marinas para que vele por la aplicación y gestión coordinada de los POEM y sus actualizaciones.



- Figura 1. Itinerario de la Hoja de Ruta para el despliegue de la Eólica Marina y las Energías del Mar en España. Periodo 2021-2030. Fuente: MITECO-IDAE.
- Figura 2. Contexto internacional de la UE de las energías Renovables Marinas. Fuente: MITECO-IDAE.
- Figura 3. Demarcaciones Marinas en España. Fuente: MITECO-IDAE.
- Figura 4. Contexto Nacional de las energías Renovables Marinas. Fuente: MITECO-IDAE.
- Figura 5. Esquema del Procedimiento Ordinario vigente de Tramitación de Instalaciones renovables Marinas de potencia superior a 50 MW. Fuente: MITECO-IDAE.
- Figura 6. Comparativa de los factores de capacidad anuales por tecnología y región en el mundo. Fuente: International Energy Agency-IEA.
- Figura 7. Evolución del tamaño medio de los aerogeneradores. Fuente: GE Renewable Energy 2018; IRENA 2019c; 2016b; MHI Vestas 2018.
- Figura 8. Diferentes tecnologías de cimentación fija (a). Monopilote, (b). Apoyo por gravedad. (c) Jackets. Fuente: MITECO-IDAE.
- Figura 9. Número acumulado de cimentaciones en Europa a finales de 2020, por distintas tipologías. Fuente: WindEurope. 'Offshore Wind in Europe. Key Trends and Statistics 2020'.
- Figura 10. Evolución del LCOE de la eólica marina hasta 2020 junto con precios de adjudicación de subastas europeas a futuros. Fuente: BVG Associates & ESMAP – World Bank Group 2021.
- Figura 11. Desglose típico de LCOEs de un proyecto eólico marino representativo en un mercado emergente, incluyendo el impacto de los “parámetros físicos clave”. Fuente: ESMAP – World Bank Group 2021¹⁶.
- Figura 12. Valor actual y previsión a futuro del coste total, LCOE e inversión anual media de los proyectos de eólica marina. Fuente: Future of Wind. Deployment, investment, Technology, grid integration and socio-economic aspects. IRENA 2019.
- Figura 13. Evolución del LCOE de la eólica marina 2030-2050. Fuente: EA Offshore Wind Outlook. IRENA 2019.
- Figura 14. Potencial de energía eólica marina en las cuencas marinas accesibles a la UE-27. Fuente: JRC.
- Figura 15. Mapa global del potencial eólico marino. Fuente: IEA OffShore Wind Outlook 2019.
- Figura 16. Tecnologías de eólica flotante: (a) plataforma de apoyo en tensión (TLP), (b) plataforma semi-sumergible y (c) monopilar flotante o “spar”. Fuente: MITECO-IDAE.
- Figura 17. Comparativa de la reducción del LCOE de la eólica marina flotante, con eólica marina de cimentación fija y eólica terrestre. Fuente: Agencia Internacional de la Energía - IEA.
- Figura 18. Reducción del LCOE de la eólica flotante hasta 2030. Fuente: Floating Offshore Wind Energy - WindEurope.
- Figura 19. Reducción del LCOE de la Eólica Marina flotante en función de la potencia instalada acumulada. Fuente: WindEurope 2019.
- Figura 20. Esquema de Instalación Eólica Marina para producción de hidrógeno renovable. Fuente: MITECO-IDAE.
- Figura 21. Nueva potencia eólica terrestre y marina instalada en Europa en 2019. Fuente: AEE - WindEurope 2019.
- Figura 22. Ranking de países por potencia eólica terrestre acumulada. Fuente: GWEC.
- Figura 23. Potencial Eólico Marino en la Demarcación Noratlántica.
- Figura 24. Potencial Eólico Marino en la Demarcación Levantino - Balear.
- Figura 25. Potencial Eólico Marino en la Demarcación Sudatlántica.
- Figura 26. Potencial Eólico Marino en la Demarcación Estrecho y Alborán.

- Figura 27. Potencial Eólico Marino en la Demarcación Canaria. Fuente: MITECO-Borradores de POEM, a partir del Atlas Eólico Marino del IDAE.
- Figura 28. Distribución mundial de las fuentes de energías del mar. Fuente: Tecnalia.
- Figura 29. Potencia instalada mundial de las fuentes de energías del mar. Fuente: JRC Ocean Energy Status Report 2018 OES – IRENA 2020.
- Figura 30. Distribución por países potencia instalada de energías del mar (excepto amplitud de mareas). Fuente: MITECO-IDAE.
- Figura 31. Potencial de energía de las olas en España. Fuente: MITECO y Borradores de POEM a partir del “Estudio Técnico de Evaluación del Potencial de la Energía de las Olas” del IDAE.
- Figura 32. Dispositivos de olas en función de su ubicación. Fuente: MITECO-IDAE.
- Figura 33. Tipología de los dispositivos de energía undimotriz según su tamaño y orientación al oleaje. Fuente: MITECO-IDAE.
- Figura 34. Esquema de operación del principio de captación de columna de agua oscilante. Fuente: MITECO-IDAE.
- Figura 35. Configuraciones más empleadas en los dispositivos flotantes. Fuente: MITECO-IDAE.
- Figura 36. Configuraciones más empleadas en los dispositivos oscilantes sumergidos. Fuente: MITECO-IDAE.
- Figura 37. Reducción del LCOE de la tecnología de energía de las olas en función de la potencia instalada acumulada. Fuente: JRC 2020 – ETRI 2014 (Tsiropoulos et al 2018).
- Figura 38. Velocidades máximas de corrientes en la zona del Estrecho. Fuente: Universidad de Cádiz y Agencia Andaluza de la Energía.
- Figura 39. Configuraciones más empleadas en los dispositivos de energía de las corrientes. Fuente: MITECO-IDAE.
- Figura 40. Reducción del LCOE de la tecnología de corrientes de marea en función de la potencia instalada acumulada. Fuente: JRC 2020 – ETRI 2014 (Tsiropoulos et al 2018).
- Figura 41. Esquema proceso PRO. Fuente: MITECO-IDAE.
- Figura 42. Esquema proceso Electro Diálisis Inversa. Fuente: MITECO-IDAE.
- Figura 43. Esquemas de sistemas FVF y componentes claves. Fuente: Solar Energy Research Institute of Singapore.
- Figura 44. Capacidad mundial instalada FVF. Fuente SERIS 2020.
- Figura 45. Distribución de plantas FVF por tamaño a diciembre de 2018. Fuente: Solar Energy Research Institute of Singapore, 2019.
- Figura 46. Cadena de Valor de la industria eólica. Fuente: Agenda Sectorial de la Industria Eólica.
- Figura 47. Instalaciones de fabricación de componentes de energía eólica en Europa. Fuente: JRC.
- Figura 48. Análisis DAFO del Sector Eólico Marino Flotante en España. Fuente: EIT-Innoenergy.
- Figura 49. Mapa de infraestructuras de I+D+i en España relacionados con las energías renovables marinas. Fuente: MITECO-IDAE.
- Figura 50. Objetivos fundamentales de la hoja de ruta para el despliegue de las Energías Renovables Marinas en España. Fuente: MITECO-IDAE.
- Figura 51. Elementos principales para el despliegue de las energías renovables marinas en España. Fuente: MITECO-IDAE.
- Figura 52. Objetivos a 2030 de la Hoja de Ruta de Eólica Marina y Energías del Mar.
- Figura 53. Visión global de las Líneas de Acción y objetivos de la Hoja de Ruta de Eólica Marina y Energías del Mar. Fuente: MITECO-IDAE.
- Figura 54. Medidas para posicionar a España como ubicación de referencia para el I+D+i en tecnologías renovables marinas. Fuente: MITECO-IDAE.

Figura 55. Medidas de acompañamiento e impulso a la cadena de valor del sector de las energías renovables marinas.
Fuente: MITECO-IDAE.

Figura 56. Medidas para la consecución de un marco claro y previsible para el despliegue de la generación renovable marina
Fuente: MITECO-IDAE.

Figura 57. Esquema de adecuación del procedimiento administrativo, ligado a los instrumentos de planificación y al mecanismo de concurrencia. Fuente: MITECO-IDAE.

Figura 58. Cronograma orientativo para el desarrollo de los Parques Eólicos Marinos en España.

Figura 59. Medidas de Gobernanza. Fuente: MITECO-IDAE.

Figura 60. Tipología por participantes. Fuente: MITECO-IDAE.

Figura 61. Ámbito de los participantes. Fuente: MITECO-IDAE.



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Plan de Recuperación,
Transformación y Resiliencia

MARCO ESTRATÉGICO DE ENERGÍA Y CLIMA