
Borrador

Hoja de Ruta para
el desarrollo
de la
Eólica Marina
y de las
Energías del Mar
en España



Junio 2021



Índice

1.	Marco de la Hoja de Ruta	7
1.1	El contexto de la Unión Europea	7
1.2	El contexto Nacional.....	9
2.	Estado del Arte	15
2.1	Eólica Marina.....	15
2.2	Energías del Mar	34
3.	Análisis y fortalezas del sector, cadena de valor industrial y de I+D en España . 45	
3.1	Oportunidades y Cadena de Valor industrial	46
3.2	España como referente en infraestructuras de innovación en eólica marina y en energías del mar.....	51
4.	Objetivos al 2030 y visión del marco para el despliegue de las Energías Renovables Marinas en España	56
4.1	España como hub de referencia para el desarrollo y prueba de nuevas soluciones offshore	57
4.2	Consolidación y fortalecimiento de la cadena de valor.....	58
4.3	Sostenibilidad y seguimiento ambiental	59
4.4	Marco para el despliegue de la eólica marina flotante y las energías del mar	61
5.	Líneas de acción y medidas	63
5.1	España como ubicación de referencia para el I+D+i en tecnologías renovables marinas.....	64
5.2	Acompañamiento e impulso a la cadena de valor	66
5.3	Marco claro y previsible para el despliegue de la generación renovable marina..	71
5.4	Gobernanza	77
	Anexo I. Mecanismos de Financiación	78
	Anexo II. Contribuciones recibidas en la consulta pública previa de la Hoja de Ruta para el Desarrollo de la Eólica Marina y las Energías del Mar en España.	91
	Anexo III. Sinergias de la Hoja de Ruta para el Desarrollo de la Eólica Marina y las Energías del Mar en España con otros documentos estratégicos.	94
	Anexo IV. Planes de Ordenación del Espacio Marítimo (POEM) en España	97
	Anexo V. Índice de figuras.	104



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.

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 100 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 100 GW. 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%

¹ Future of Wind (IRENA 2019).

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

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)



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** 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;
- **Ser un referente internacional y europeo en capacidades industriales** y el conjunto de la cadena de valor de estas energías, contribuyendo el 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 flotante 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.

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. **El presente borrador se somete a consulta pública con objeto de reforzar el proceso de participación pública de cara a la aprobación definitiva de este documento estratégico.**

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.



1. Marco de la Hoja de Ruta

1.1 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 1. Contexto internacional de la UE de las energías Renovables Marinas. Fuente: MITECO



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



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**.

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:

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

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>



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, también es importante, dado que estableció un marco para la **Ordenación del Espacio Marítimo Europeo**, 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.

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 (SETPlan)**, 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:

- 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.

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 acordes 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.

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.

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)



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 2), 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 2), **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 prioritarias 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.** La alineación del despliegue de la generación renovable marina con los POEM, así como una definición zonal 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.

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-planes-oem.aspx>

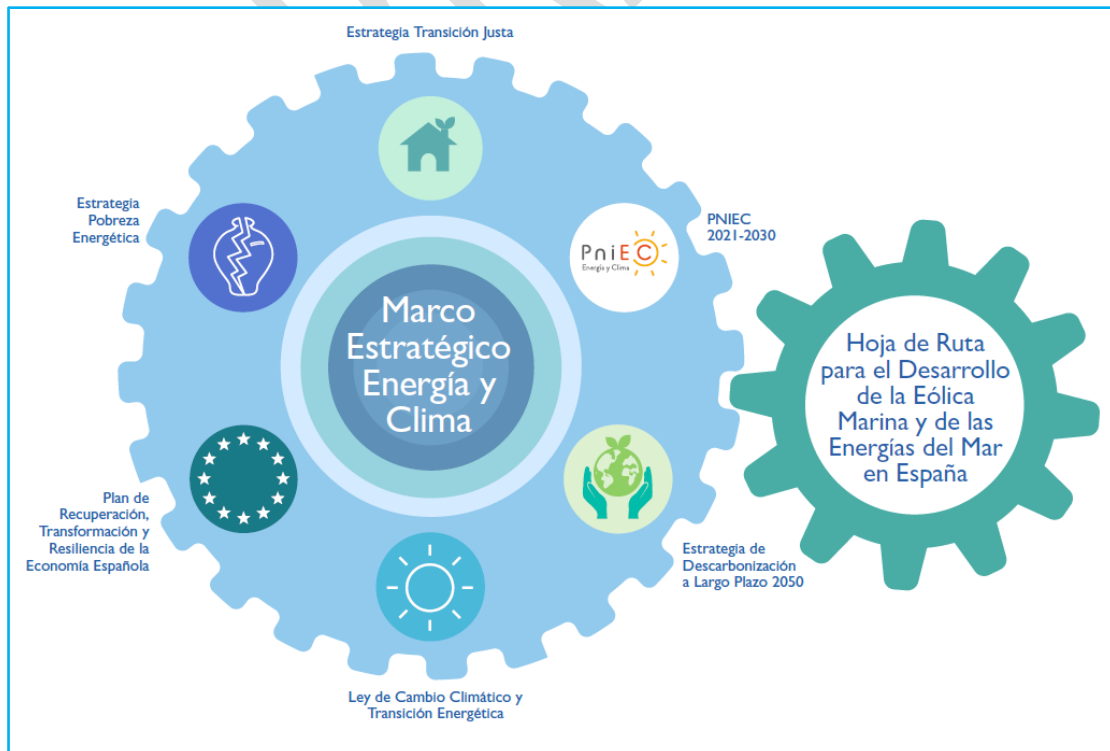


FIGURA 2: Demarcaciones Marinas en España. Fuente: MITECO



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. 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 3. Contexto Nacional de las energías Renovables Marinas. Fuente: MITECO





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.

Esta Hoja de Ruta de la Eólica Marina y las Energías del Mar está incluida en la Reforma C7R4 del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia dentro 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.

➤ **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.

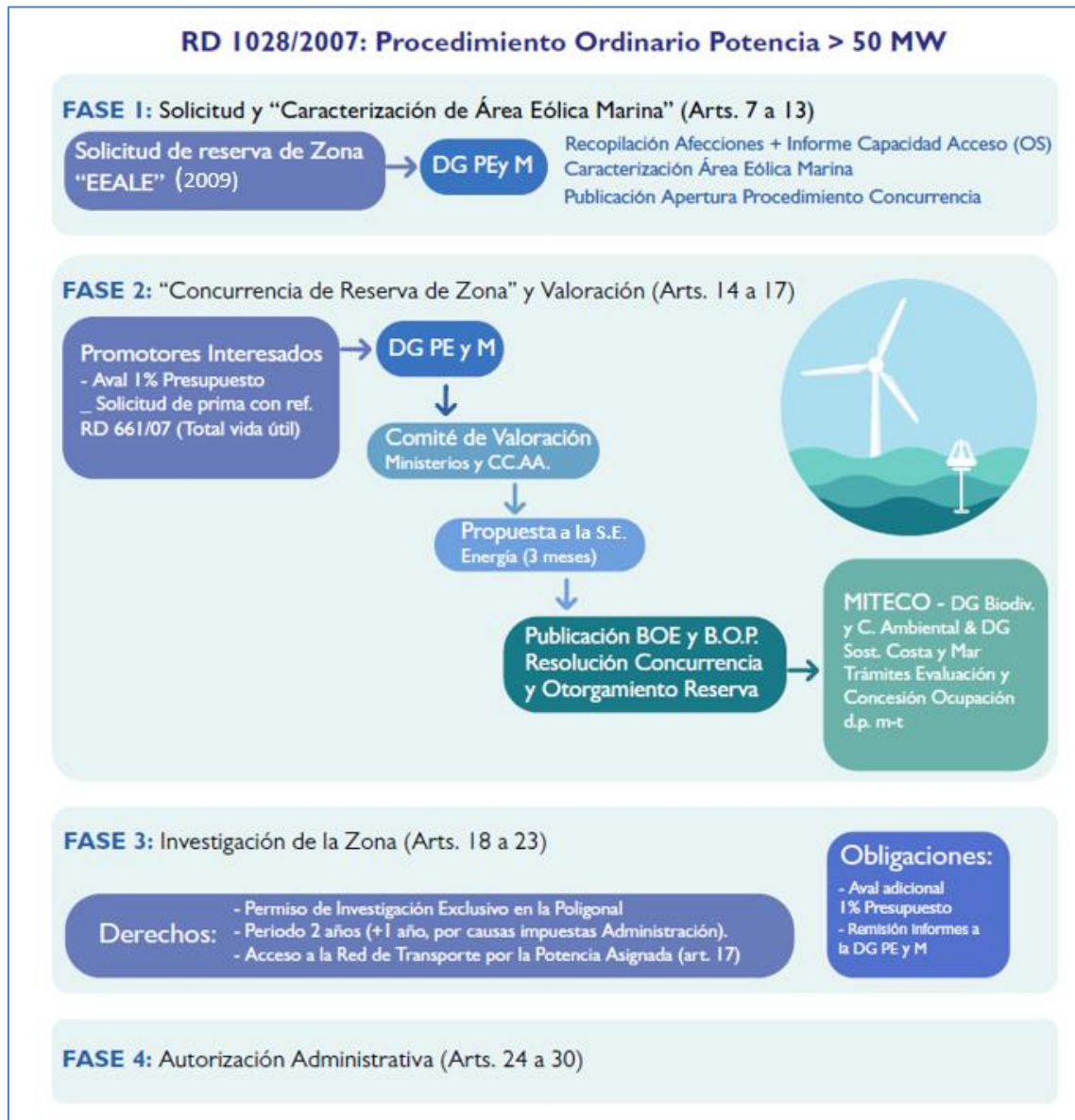
La solicitud de reserva de zona podía dar inicio al procedimiento de caracterización del área o áreas eólicas marinas afectadas. Esta caracterización recopilaba en un único documento la totalidad de los informes emitidos, así como la estimación -por el operador del sistema y gestor de la red de transporte- 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 4. Esquema del Procedimiento Ordinario vigente de Tramitación de Instalaciones renovables Marinas de potencia superior a 50 MW. Fuente: MITECO



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.



2. 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.

Este apartado resume el estado de arte y perspectivas hasta 2030 y 2050 tanto de la Eólica Marina como de las Energías del Mar en las distintas tecnologías disponibles.

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:

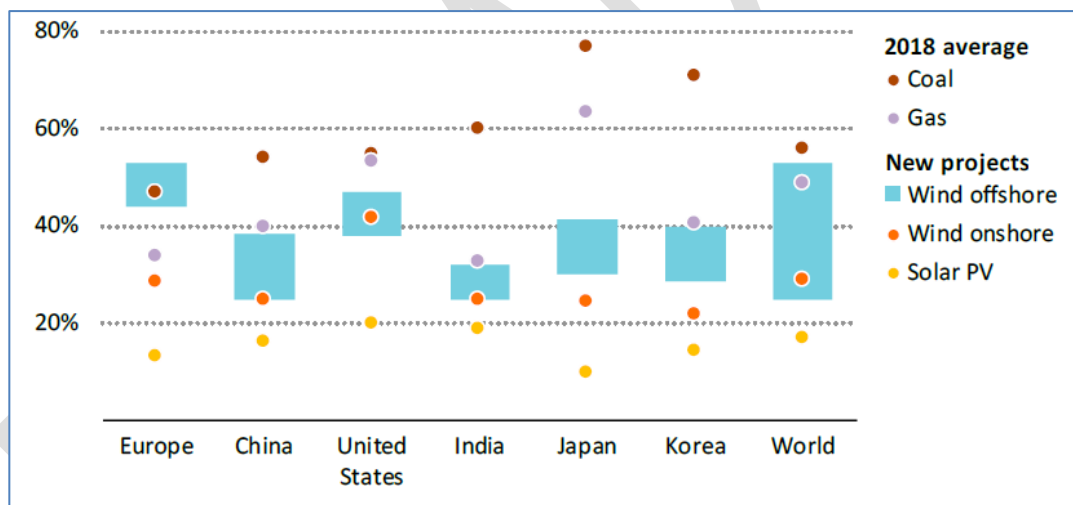
La ratio de densidad de potencia eólica marina por superficie depende de la configuración del parque, del diámetro de los aerogeneradores, de las pérdidas energéticas que se produzcan al reducir la distancia entre máquinas y, también, de las profundidades marinas en el emplazamiento, debido a la necesidad 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%¹² 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 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 5. 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.

¹² IEA Offshore Wind Outlook 2019



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.

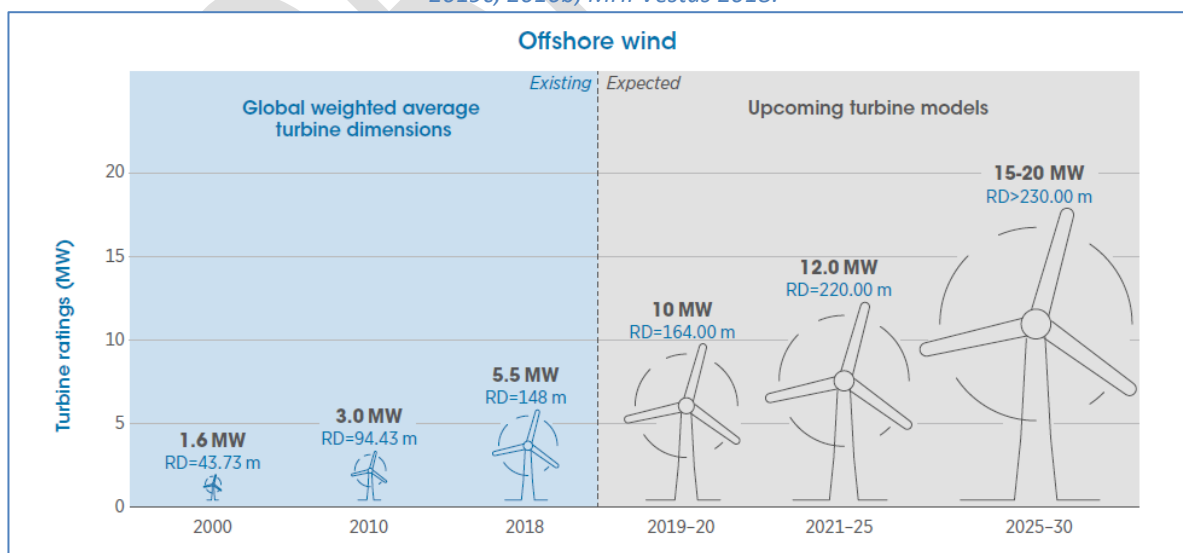
➤ Implicaciones tecnológicas

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 6. 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.



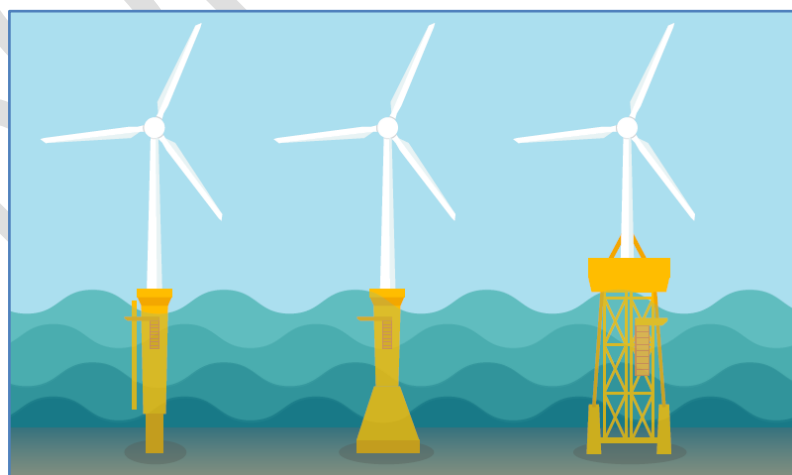
Aparte de las cuestiones mencionadas, la principal diferencia entre la eólica terrestre y la eólica marina es la naturaleza de la **estructura de soporte** que eleva los aerogeneradores sobre el nivel del mar, en función de la profundidad. Se distinguen actualmente **dos tipologías principales de tecnologías 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 30 metros 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 7: Diferentes tecnologías de cimentación fija (a). Monopilote, (b). Apoyo por gravedad. (c) Jackets Fuente: MITECO

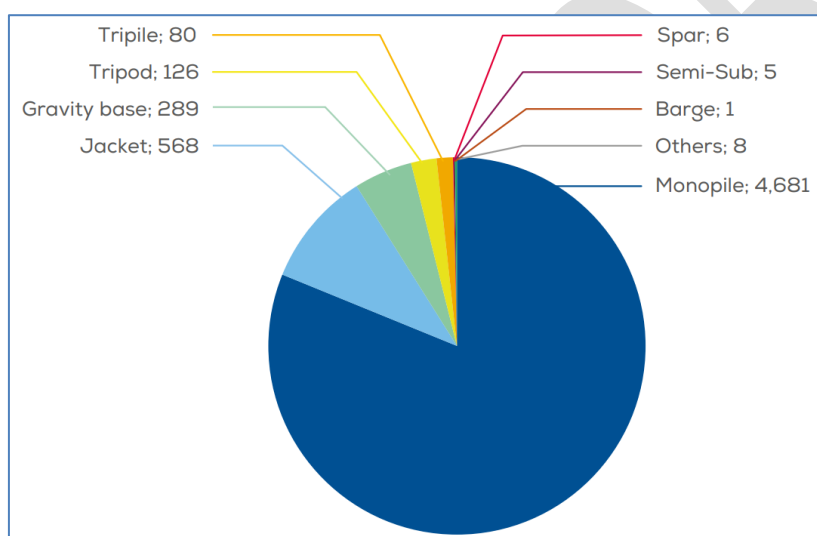




Hasta la fecha, la totalidad de los parques eólicos marinos comerciales en servicio se ha basado en estas tipologías de cimentación fija, habiendo alcanzado una cifra acumulada de 29 GW¹³ de potencia eólica marina en operación a finales de 2019. Estas estructuras fijas se han concentrado en aguas de 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 2020¹⁴.

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

FIGURA 8: Número acumulado de cimentaciones en Europa a finales de 2020, por distintas tipologías. Fuente: WindEurope. 'Offshore Wind in Europe. Key Trends and Statistics 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 LCOE¹⁵, logrando hasta un 70% de reducción en menos de 5 años.

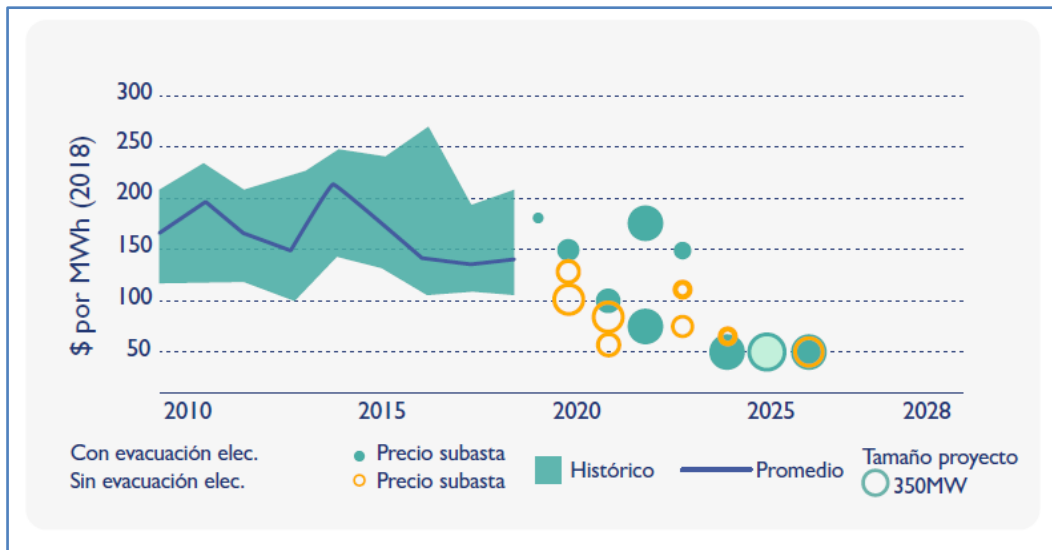
¹³ IEA. 'Offshore Wind Outlook 2019' (<https://www.iea.org/reports/offshore-wind-outlook-2019>)

¹⁴ 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/>)

¹⁵ 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 9: Evolución del LCOE de la eólica marina hasta 2018 junto con precios de adjudicación de subastas europeas a futuros (Fuente: IEA Offshore Wind Outlook 2019)



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 9, **las últimas subastas europeas han conseguido unas reducciones muy significativas de precios, llegando incluso a tarifas inferiores a 50 €/MWh**¹⁶.

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 muy asequible para muchos países de la Unión Europea para alcanzar los objetivos de descarbonización.

FIGURA 10: 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



¹⁶ Bloomberg New Energy Finance 2019 (BNEF)



Según los análisis de la Agencia Internacional de la Energía¹⁷ 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 2019¹⁸, 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 11).

FIGURA 11: 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.

¹⁷ Fuente: IEA Offshore Wind Outlook 2019

¹⁸ Future of Wind. Deployment, investment, Technology, grid integration and socio-economic aspects. IRENA 2019

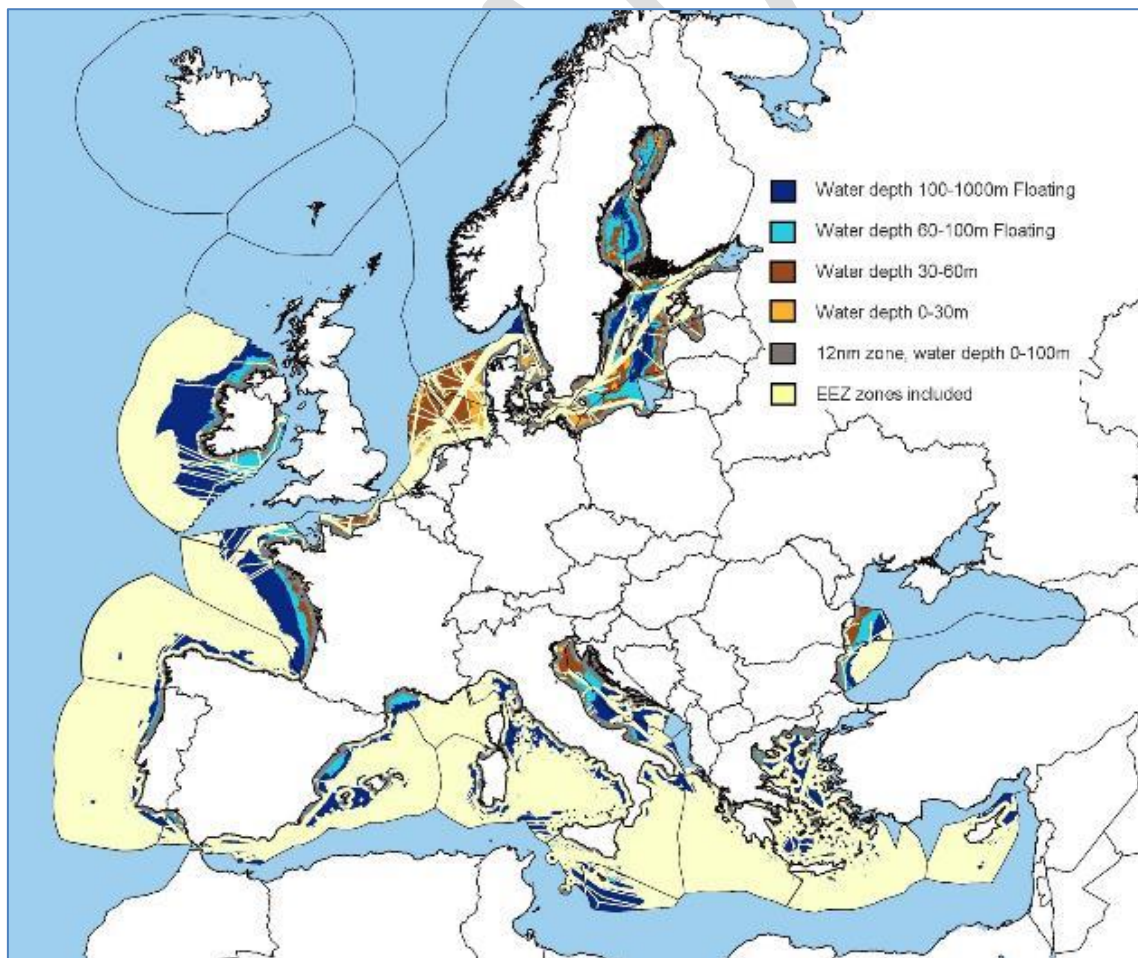


➤ Aerogeneradores marinos sobre plataforma flotante

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.

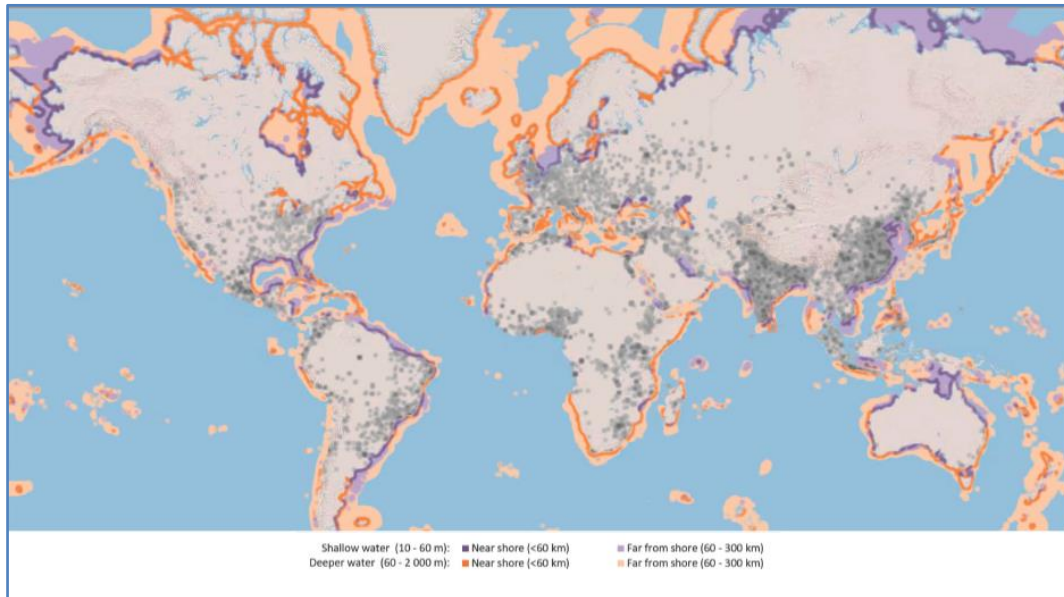
FIGURA 12: Potencial de energía eólica marina en las cuencas marinas accesibles a la UE-27. Fuente: JRC





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 flotante¹⁹, tal y como se puede observar en la figura 14.

FIGURA 13: Mapa global del potencial eólico marino. Fuente: IEA OffShore Wind Outlook 2019



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.

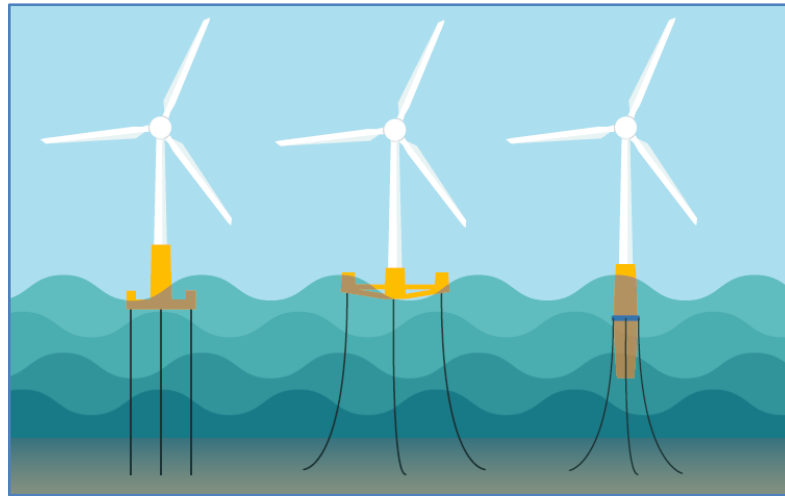
En la actualidad existen al menos tres soluciones flotantes que ya han superado la instalación de proyectos precomerciales y que demuestran la madurez tecnológica necesaria para competir en el mercado. Éstas son clasificadas, en función del sistema de anclaje al fondo marino, en:

- **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.

¹⁹ Future of Wind, Octubre 2019 - IRENA



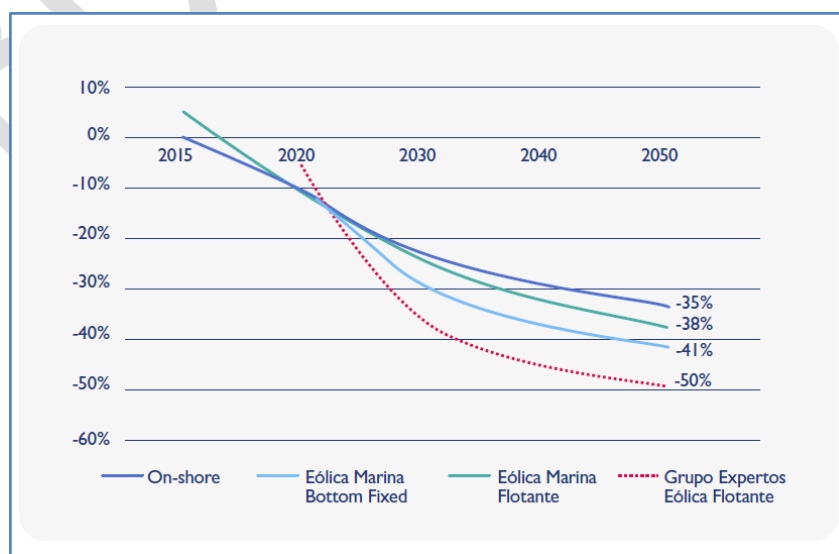
FIGURA 14: Tecnologías de eólica flotante: (a) plataforma de apoyo en tensión (TLP), (b) plataforma semi-sumergible y (c) monopilar flotante o “spar”.



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 15: 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)

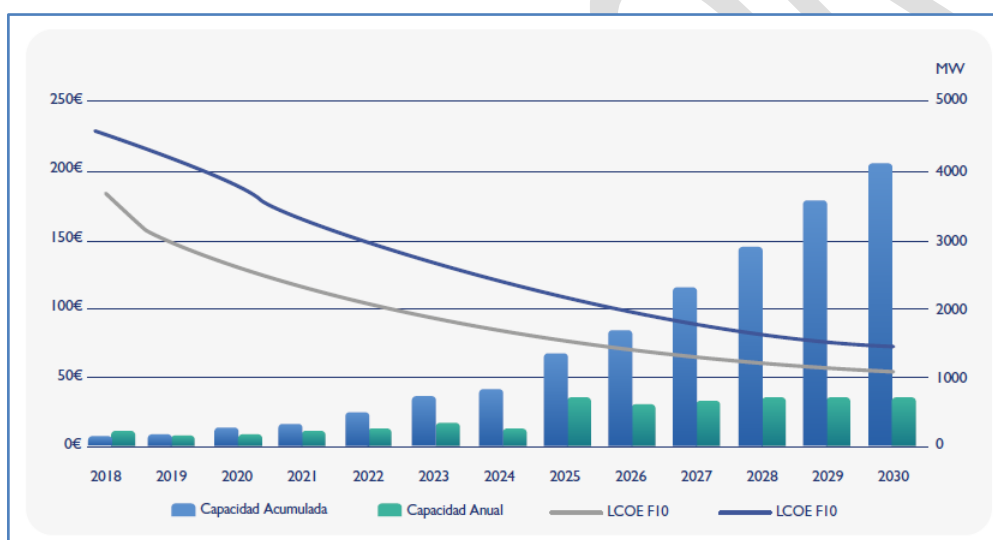




Hasta el momento esta tecnología ya ha experimentado una reducción de costes mayor que la eólica marina de cimentación fija, esperándose que siga la misma senda desde los actuales 180-200 €/MWh para proyectos precomerciales de pequeña escala, hasta los 80-100 €/MWh en 2025 para los primeros proyectos 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 16 y 17).

FIGURA 16: Reducción del LCOE de la eólica flotante hasta 2030 (Fuente: Floating Offshore Wind Energy - WindEurope)



Actualmente, **en comparación con los mencionados 29 GW de eólica marina de cimentación fija**, hay instalados unos 88 MW²⁰ 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.**

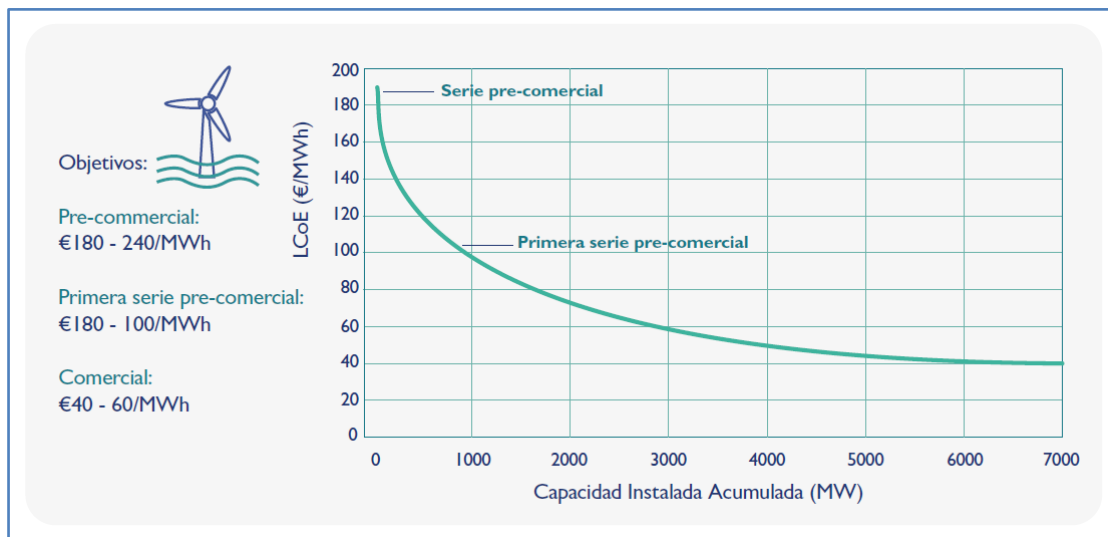
Nos encontramos, por tanto, en un punto de inflexión que determinará el potencial de despegue de la eólica marina flotante en las próximas décadas. Según IRENA²¹, se estima que a 2030 se podría contar con entre 5 y 30 GW de tecnología flotante instalada a nivel global. Como referencia complementaria, 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.

²⁰ 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/>)

²¹ IRENA. 'Future of Wind'. October 2019 (<https://www.irena.org/publications/2019/Oct/Future-of-wind>)



FIGURA 17: 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 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.
- **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.
 - 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.
- 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 muchas posibles 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. 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.

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. En cualquier caso, 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, la tramitación de los proyectos estará sujeta al procedimiento de evaluación de impacto ambiental que deberá analizar los potenciales impactos en cada caso concreto.

En particular, la zonificación contenida en los Planes de Ordenación del Espacio Marino (POEM, 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.

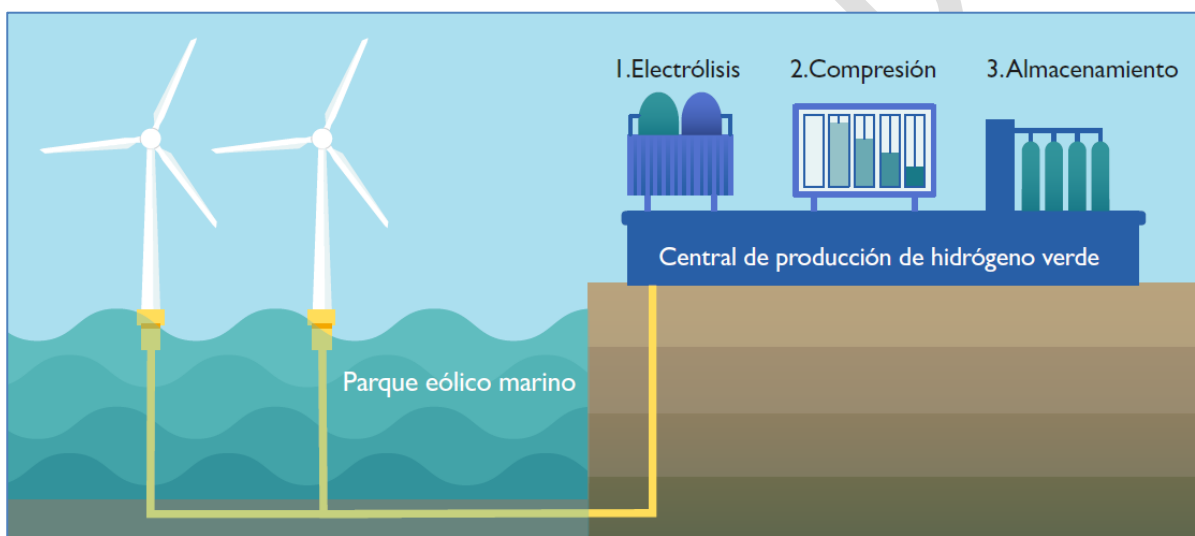
En todo caso para poder llevar a cabo esta convivencia es fundamental una adecuada caracterización ambiental de la zona con carácter previo al despliegue (línea de base), así como establecer sistemas de seguimiento ambiental que permitan realizar trabajos en funciones de vigilancia y seguridad, y la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

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 18. Esquema de Instalación Eólica Marina para producción de hidrógeno renovable. Fuente: MITECO

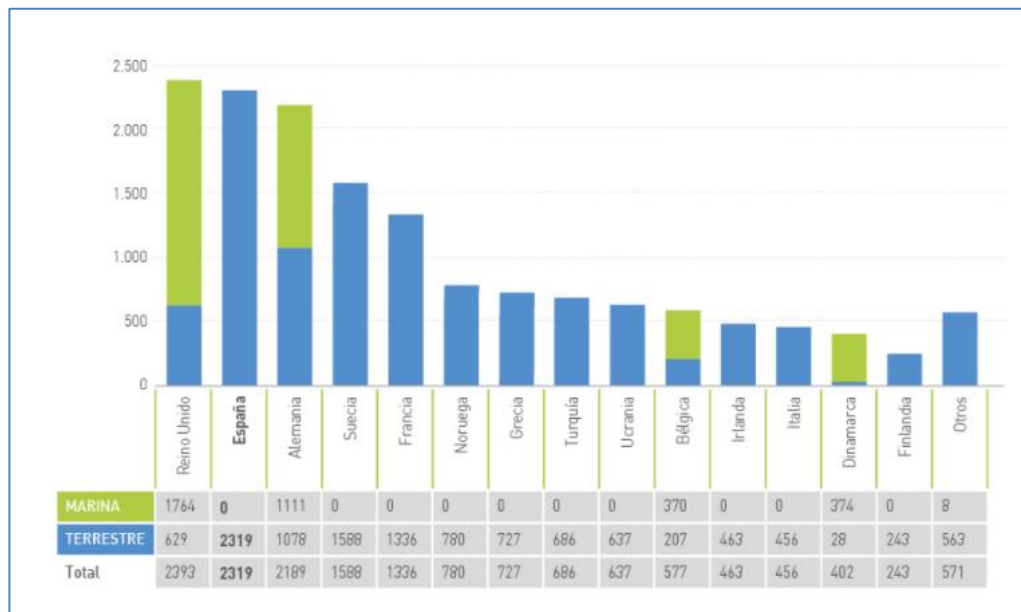


➤ Situación de la Eólica Marina en España

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.



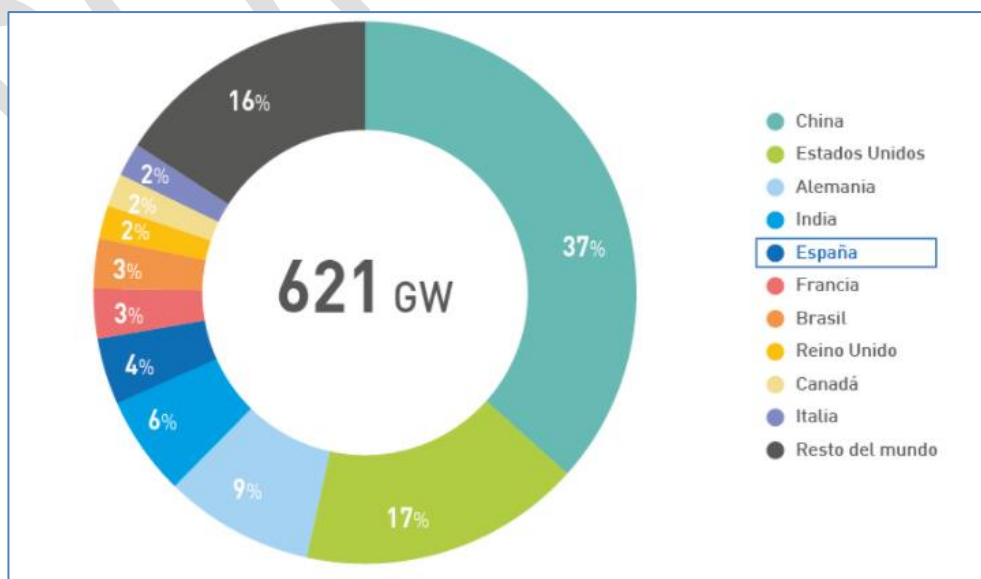
FIGURA 19: Nueva potencia eólica terrestre y marina instalada en Europa en 2019. Fuente: AEE - WindEurope 2019



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 20) y el país que más potencia ha instalado a lo largo de 2019 en la UE (ver Figura 19), manteniendo la 5º posición en el ranking mundial de potencia instalada y siendo uno de los principales exportadores de tecnología.

FIGURA 20: 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-6²², 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 españolas²³. 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**

²² 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).

²³ Fuente: Asociación Empresarial Eólica (AEE).



Fuente: MITECO-MITMA (CEDEX-CEPYC) a partir de la información del Atlas Eólico marino del IDAE

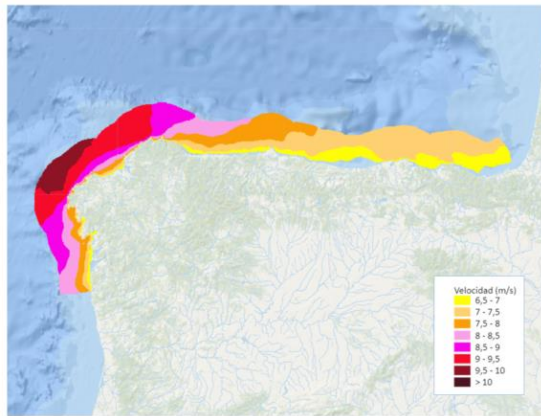


FIGURA 21: Potencial Eólico Marino en la Demarcación Noratlántica.

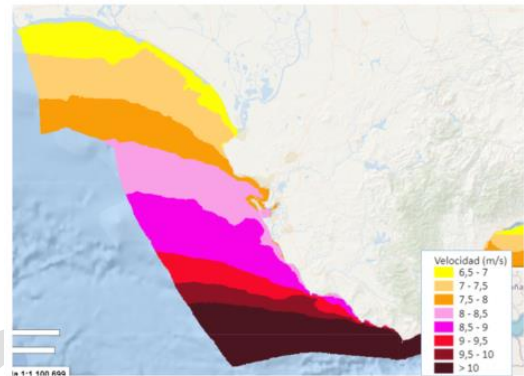


FIGURA 22: Potencial Eólico Marino en la Demarcación Sudatlántica.

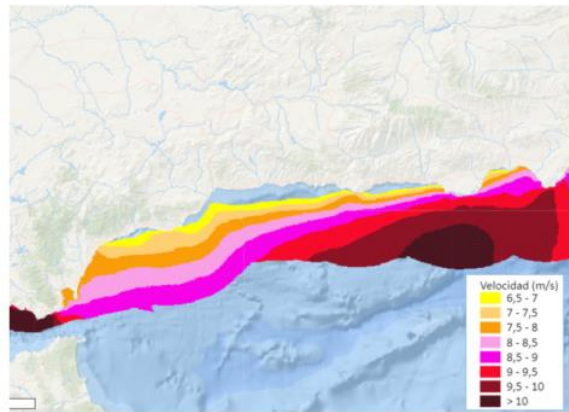


FIGURA 23: Potencial Eólico Marino en la Demarcación de Estrecho y Alborán.

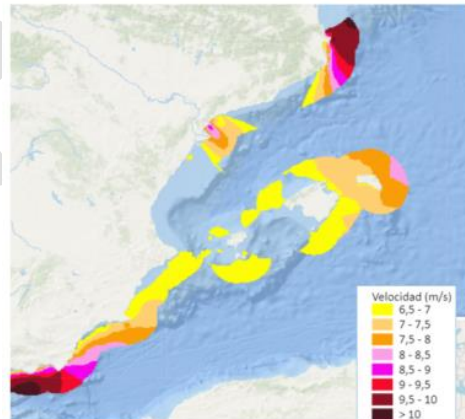


FIGURA 24: Potencial Eólico Marino en la Demarcación Levantino- Balear.

NOTA: 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 25: *Potencial Eólico Marino en la Demarcación Canaria. Fuente MITECO-MITMA (CEDEX-CEPYC, a partir del Atlas Eólico Marino del IDAE)*



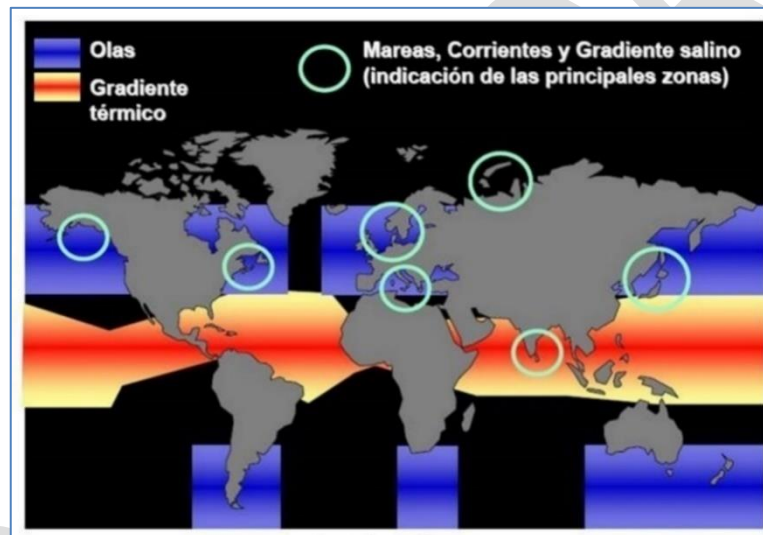


2.2 Energías del Mar

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 26: Distribución mundial de las fuentes de energías del mar



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 recientes²⁴ 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.

²⁴ 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/>)



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.

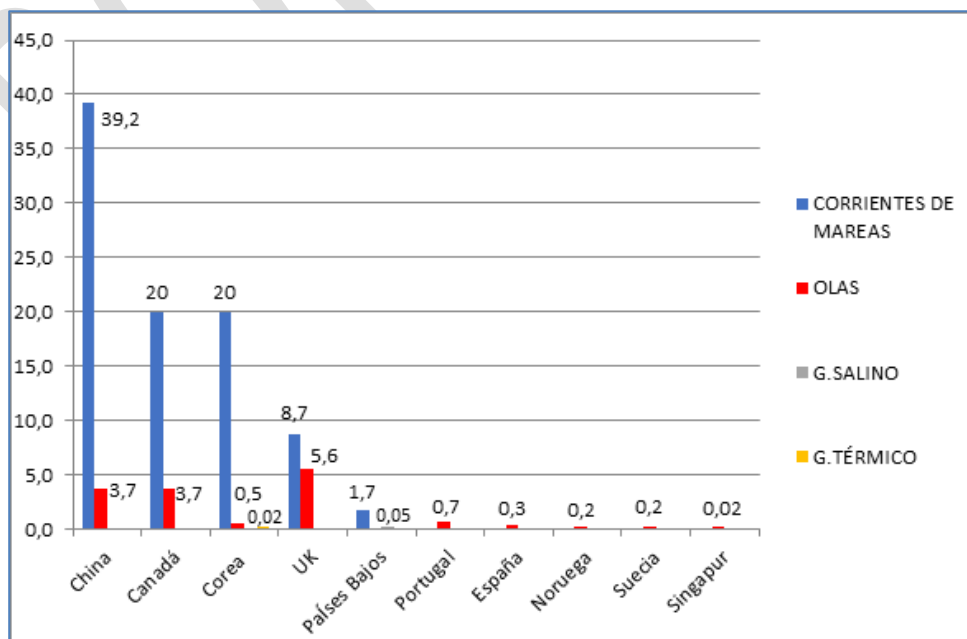
En función de los distintos recursos energéticos del mar, las tecnologías se pueden clasificar en las categorías indicadas en la figura 27. A nivel mundial, la potencia instalada de energías del mar es de 578 MW, distribuidos en las distintas tipologías de la siguiente manera:

FIGURA 27: 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 el desarrollo de tecnologías de corrientes, 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.

Figura 28: Distribución por países potencia instalada de energías del mar (excepto amplitud de mareas). Fuente: Elaboración propia





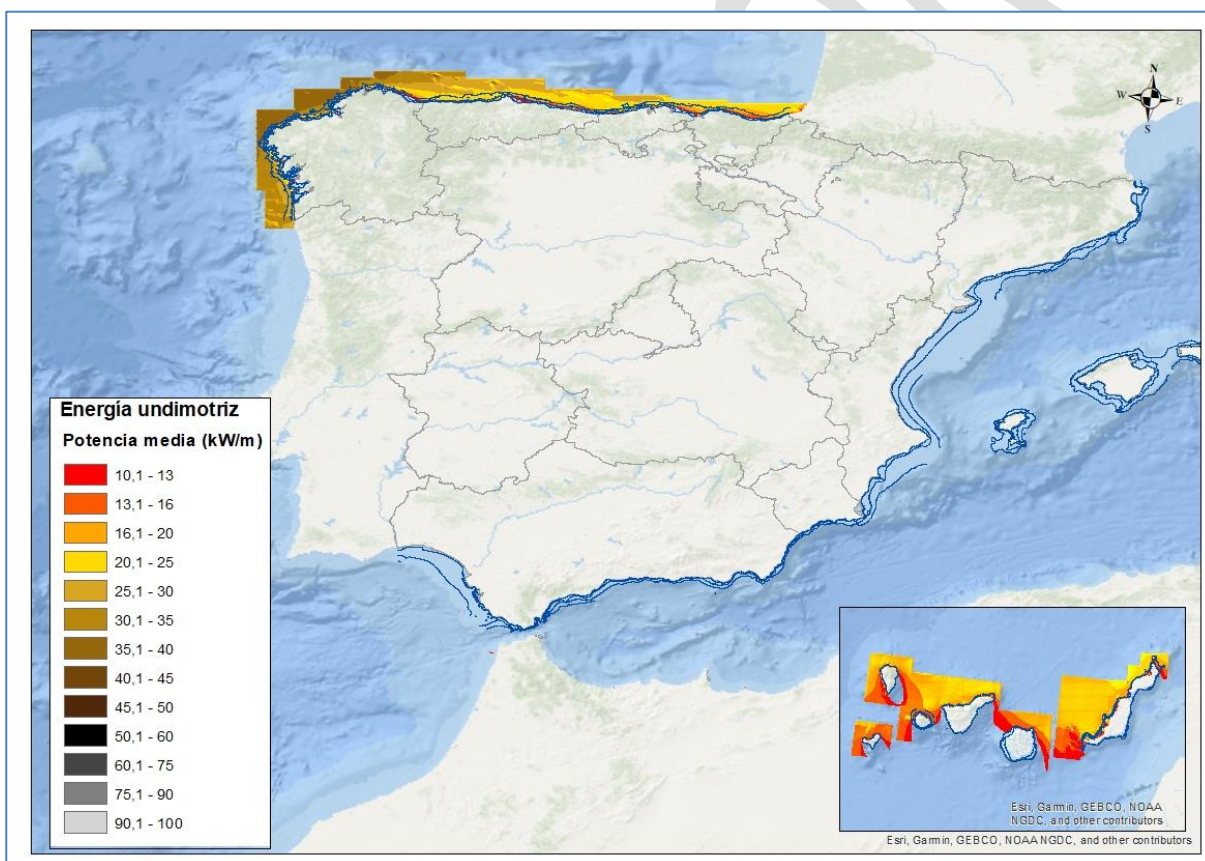
A continuación, se describe cada una de las cinco tecnologías de energías del mar, así como su capacidad de desarrollo potencial en España:

➤ 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.

FIGURA 29 – Potencial de energía de las olas en España Fuente: MITECO y MITMA (CEDEX-CEPYC), a partir del “Estudio Técnico de Evaluación del Potencial de la Energía de las Olas” del IDAE



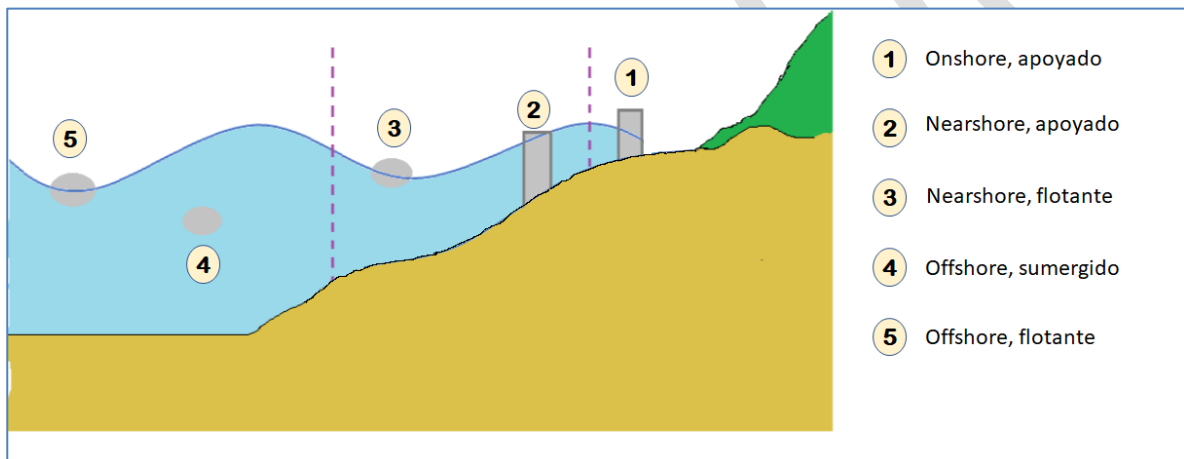
Las tecnologías de energía de las olas presentan un amplio abanico de dispositivos probados hasta la fecha, pero sin converger todavía a un diseño común y a pequeña escala. **Del total de dispositivos que existen conectados a red, más del 75% de ellos presentan potencias relativamente bajas de 20 kW 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.**



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 30 – Dispositivos de olas en función de su ubicación. Fuente: MITECO-IDAE

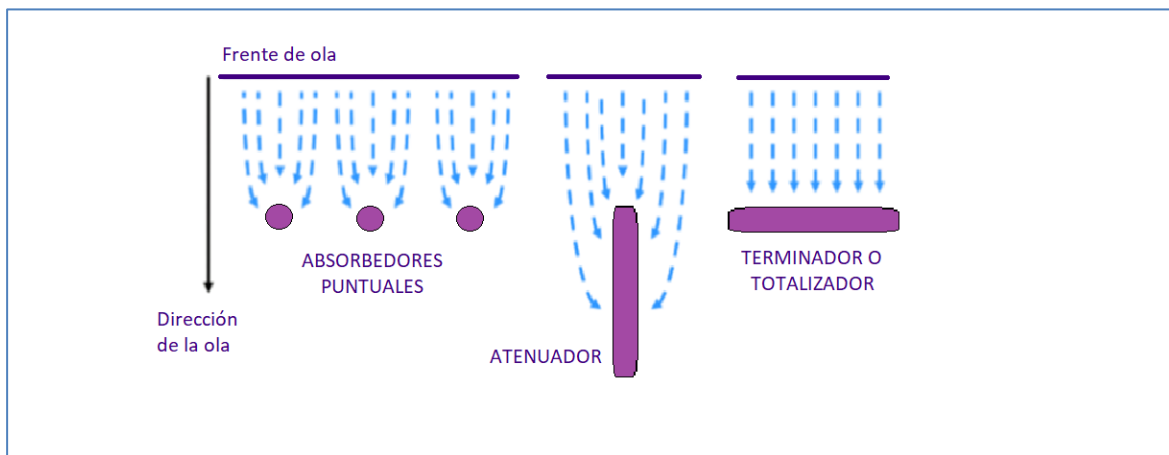


Según el tamaño y la orientación de los dispositivos respecto al oleaje se pueden clasificar en:

- 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 31 - Tipología de los dispositivos de energía undimotriz según su tamaño y orientación al oleaje.

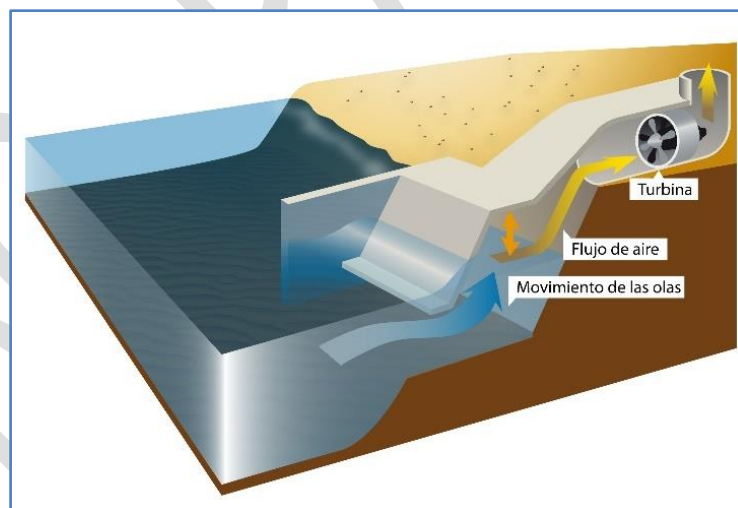
Fuente: MITECO-IDAE



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 32: Esquema de operación del principio de captación de columna de agua oscilante



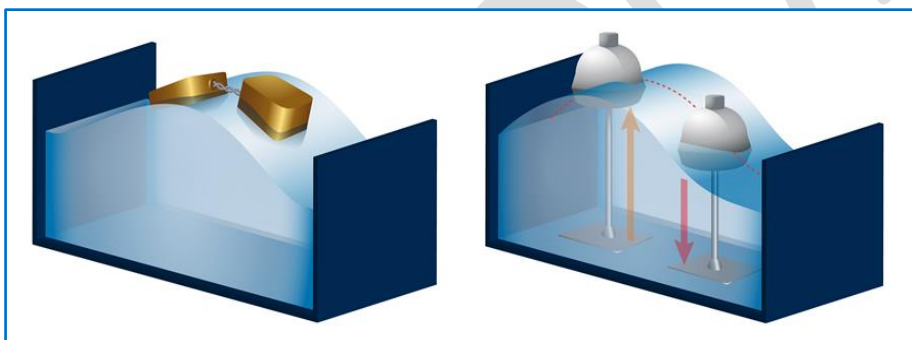
Una de las características distintiva de estos convertidores es el importante ahorro en costes que supone su construcción e instalación si ésta se produce de manera simultánea con la ejecución de la defensa costera. Al quedar integrados dentro de las infraestructuras, los dispositivos no son visibles 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).

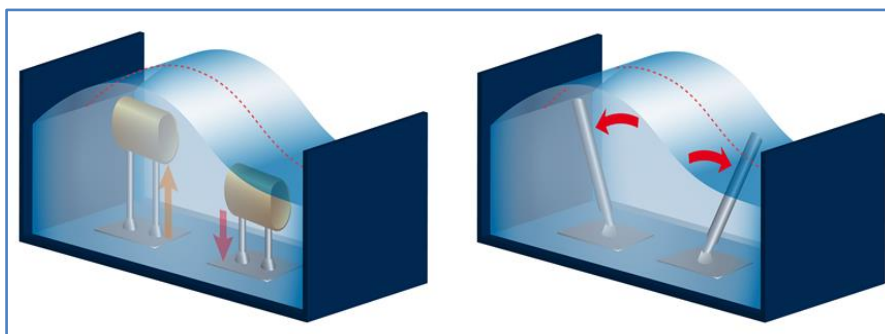
FIGURA 33: Configuraciones más empleadas en los dispositivos flotantes. Fuente: MITECO



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 34: Configuraciones más empleadas en los dispositivos oscilantes sumergidos. Fuente: MITECO

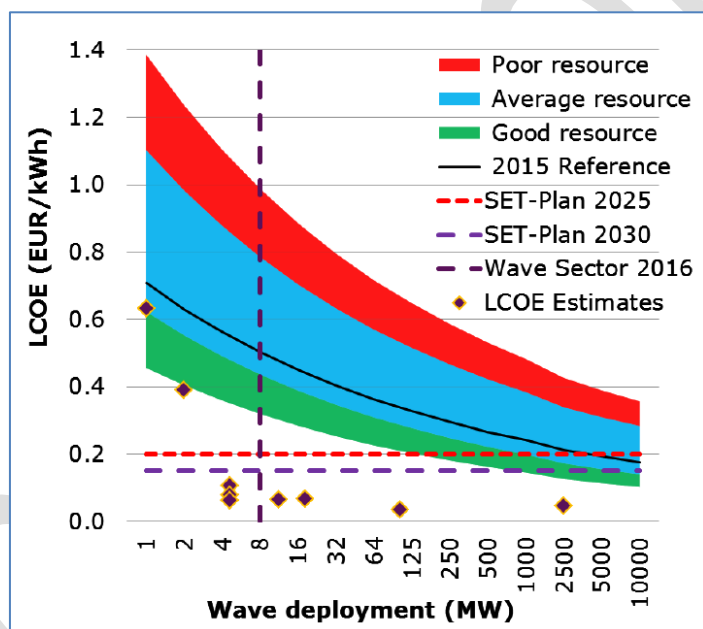




Las tecnologías de **Energía de las Olas** presentan una gran variabilidad en costes debido a la gran diversidad de prototipos existentes así como de sistemas de anclaje/fijación y de sistemas para transportar la energía. No obstante, se prevé una importante reducción de costes en las áreas de instalación, 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 35 – 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)

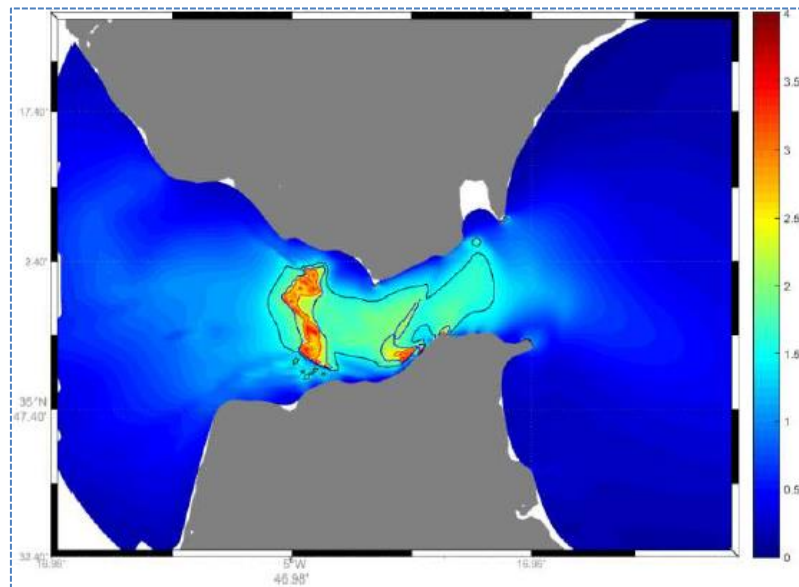
Otra fuente importante de energía del mar es el aprovechamiento de la energía cinética de las corrientes marinas. Éstas se producen por la confluencia de diversos factores: la subida y bajada de las mareas, que han sido producidas por la interacción gravitatoria de la Tierra con el Sol y la Luna, las 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:

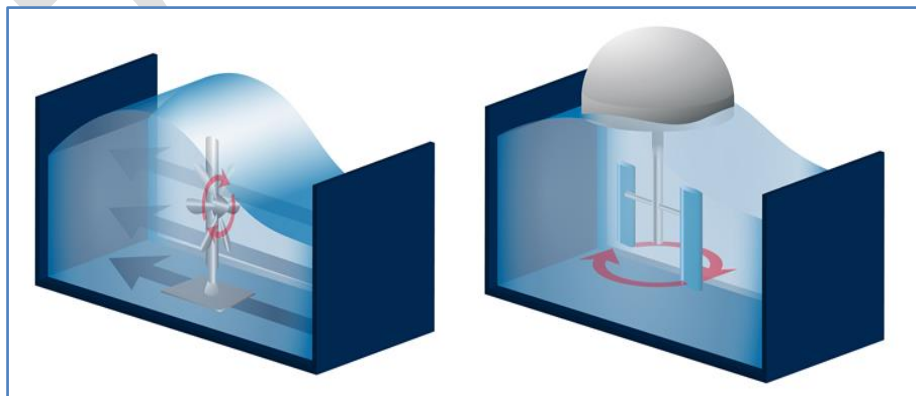
FIGURA 36 -Velocidades máximas de corrientes en la zona del Estrecho. Fuente: Universidad de Cádiz y Agencia Andaluza de la Energía



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 37: Configuraciones más empleadas en los dispositivos de energía de las corrientes Fuente: MITECO

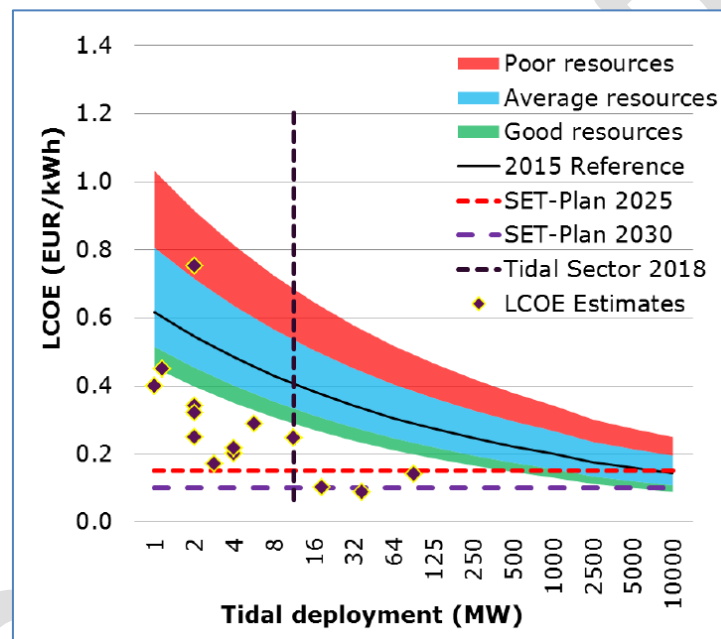




Las tecnologías de corrientes en desarrollo han comenzado a converger en un diseño común (turbinas de eje horizontal) y están alcanzando un cierto grado de madurez e implementación.

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 38 – 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 20º 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.

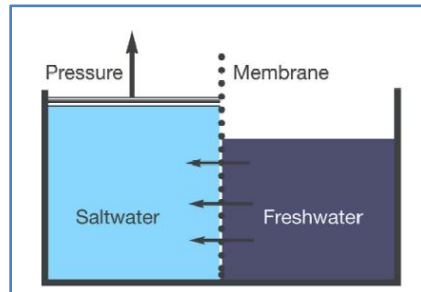
Las tecnologías o procesos más desarrollados para el aprovechamiento de la energía de gradiente salino son: presión por ósmosis retardada y electrodiálisis reversa.

• **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.

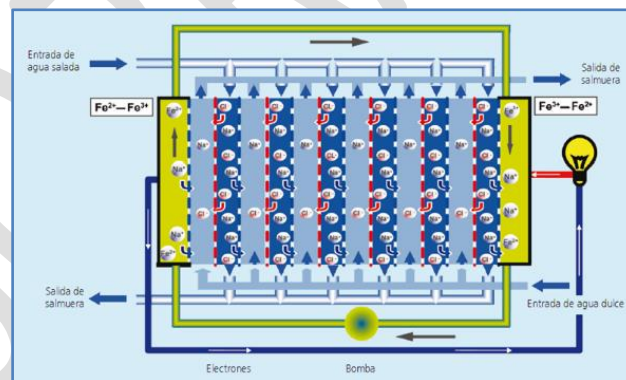
FIGURA 39. Esquema proceso PRO



- 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 40. Esquema proceso Electro Diálisis Inversa



Actualmente, estas tecnologías no han avanzado de los prototipos de I+D, 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 2021 en tecnología PRO.



3. Análisis y fortalezas del sector, cadena de valor industrial y de I+D 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 Eólica²⁵ 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 2030²⁶, 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.

²⁵ Ministerio de Industria, Comercio y Turismo y Asociación Empresarial Eólica, septiembre de 2019. Enlace: <https://www.aeeolica.org/comunicacion/publicaciones-ae/posicionamiento-sectorial/3919-agenda-sectorial-de-la-industria-eolica>

²⁶ Enlace: <https://www.mincotur.gob.es/es-es/gabineteprensa/notasprensa/2019/documents/docu%20directrices%20generales%20de%20la%20pol%C3%ADtica%20industrial%20espa%C3%B1ola.pdf>.



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.

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...).



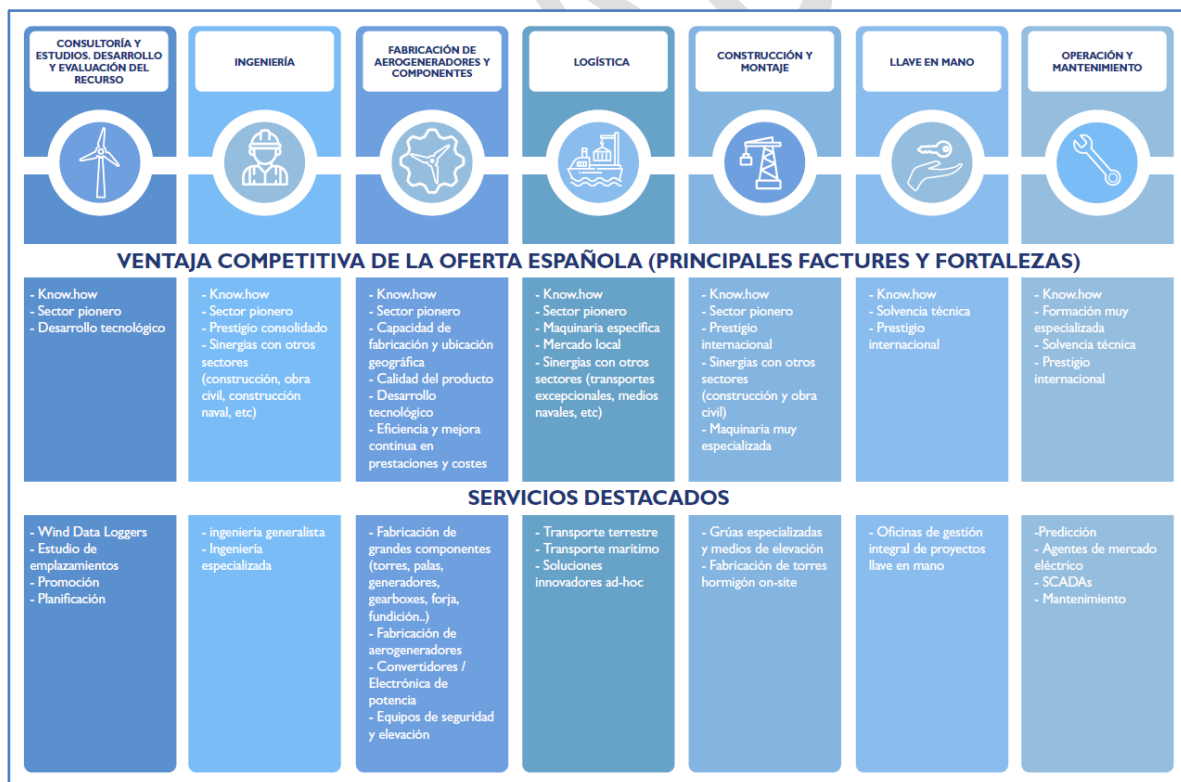
Las medidas de impulso a la eólica marina generarán por tanto beneficios directos sobre estos sectores estratégicos, tradicionalmente sometidos a fuertes oscilaciones de mercado. Adicionalmente, se identifican oportunidades específicas en el contexto de dos sectores clave: el propio sector eólico, y 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. 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 en el ámbito de la energía eólica²⁷. 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 indicador²⁸.

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.

FIGURA 41: Cadena de Valor de la industria eólica (Fuente: Agenda Sectorial de la Industria Eólica)



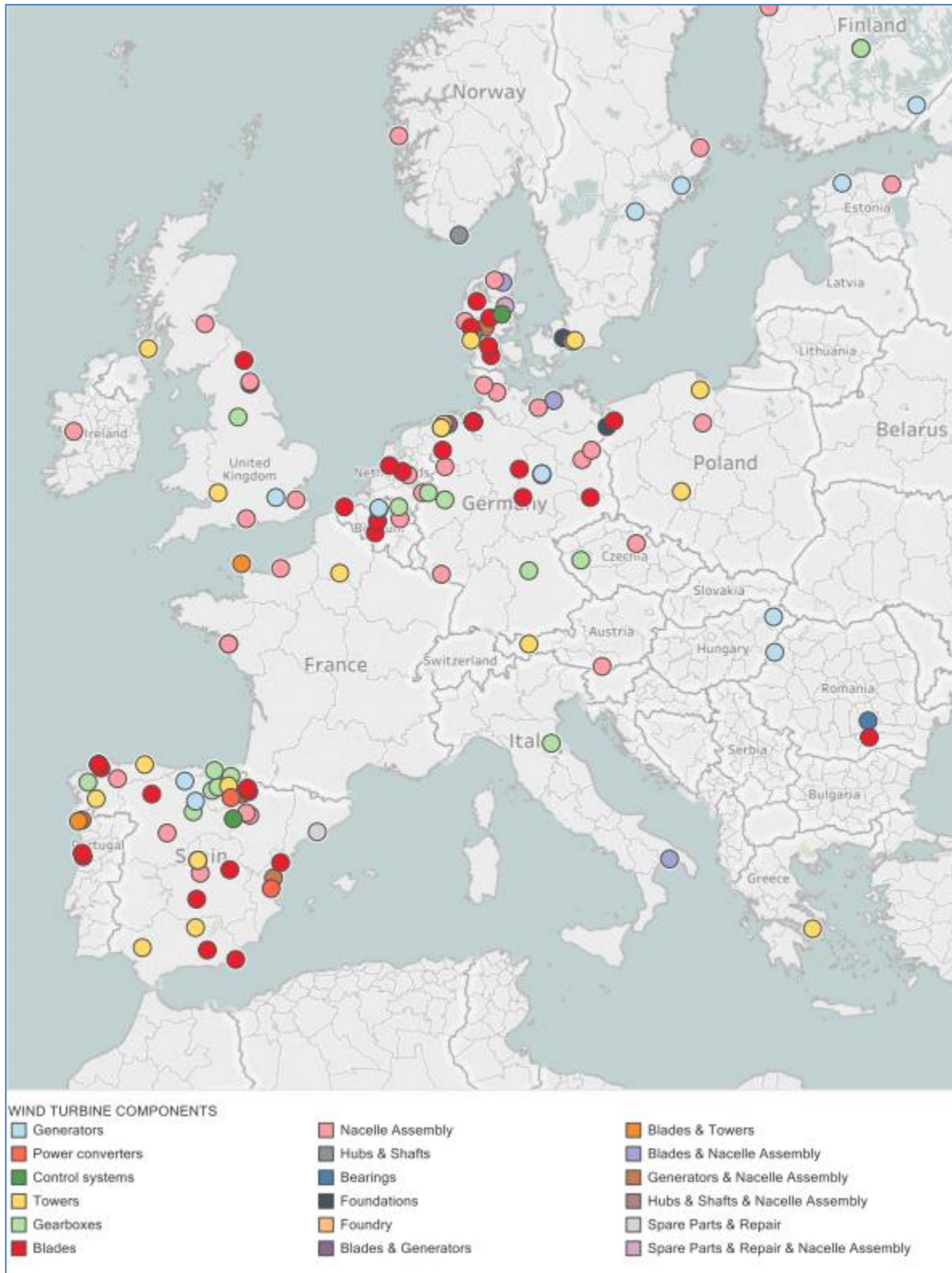
²⁷ Wind Energy Technology Market Report – JRC (EUR 29922 EN)

²⁸ Anuario Eólico 2020 (AEE)



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 42: Instalaciones de fabricación de componentes de energía eólica en Europa (Fuente: JRC)





➤ 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.



➤ 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 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 submarino.
- 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.



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 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 43: Mapa de infraestructuras de I+D+i en España relacionados con las energías renovables marinas.

Fuente: MITECO



Este conjunto de instalaciones de referencia están formados por las siguientes:



1. **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 reproduciendo las condiciones que se pueden dar hasta 1.000 metros de profundidad.
2. **Infraestructuras Integradas Costeras para Experimentación y Simulación / Integrated Coastal Infrastructures for Experimentation and Modelling (iCIEM) (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 instrumentalizados 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 Petrolí).

3. **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

4. **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 Armintza.

5. **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.

6. **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.

7. 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.



4. 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:



Establecerse como **el polo europeo de referencia desarrollo tecnológico y de I+D 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 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 procura su **compatibilidad ambiental**, sino que contribuye a un **mejor conocimiento del medio marino, su estado de conservación y las posibles interacciones y afecciones de los distintos usos y actividades**. Este despliegue permitirá aplicar las mejores prácticas aprendidas, que contribuirán a un menor impacto ambiental que garantice 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 en el ámbito de la energía eólica marina, 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.**

Adicionalmente a lo anterior, cabe destacar el desarrollo de proyectos que ayudan a hacer más viable la actividad de generación de energía marina. En este sentido, el proyecto europeo Watereye²⁹ en el que están participando empresas e instituciones españolas, tiene una importancia muy elevada a la hora de reducir los costes del mantenimiento de este tipo de instalaciones.

²⁹ <http://watereye-project.eu>



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 de 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.

- 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 y seguimiento ambiental

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.**



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, el último Informe del Sistema Mundial de Observación Oceánica (GOOS) ha identificado el impacto que la pandemia del COVID-19 en 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.

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.** 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 tanto de cara a la ejecución de los planes de vigilancia ambiental asociados a la autorización de estas infraestructuras renovables marinas, aportando información que permita mejorar el conocimiento de sus potenciales impactos así como los potenciales impactos de otras actividades y usos en el entorno marino, 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.**

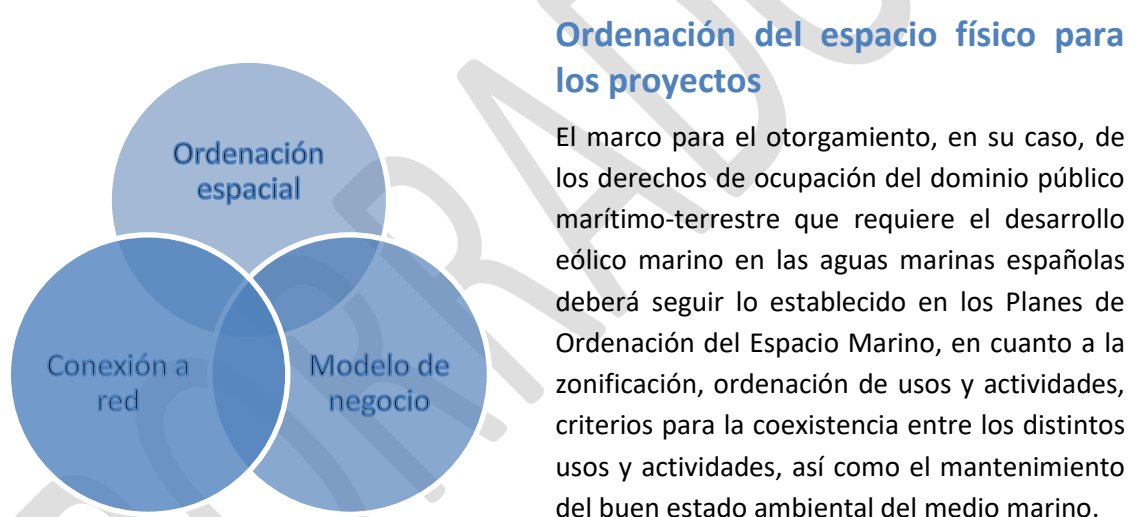


4.4 Marco para el despliegue de la eólica marina flotante y las energías del mar

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. 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.

FIGURA 44: Elementos principales para el despliegue de las energías renovables marinas en España.



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 la red eléctrica en tierra**, 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.



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:**

	Objetivos Hoja de Ruta	Referencias 2030
Eólica marina flotante	1– 3 GW	5 – 30 GW flotante a nivel global ³⁰ 7 GW flotante a nivel europeo ³¹ 60 GW (fijo y flotante) a nivel europeo ³²
Energías del mar	40 – 60 MW	10 GW a nivel global ³³ 1 GW a nivel europeo ³⁴

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 al menos el 5% de los objetivos fijados a nivel europeo para 2030.

³⁰ IRENA. 'Future of Wind'. October 2019

³¹ WindEurope. 'Offshore Wind in Europe'. February/2021

³² Comisión Europea. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_20_2096

³³ IRENA. Analysis for Upcoming Report. May/2020.

³⁴ Comisión Europea. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_20_2096



5. Líneas de acción y medidas

Líneas de acción	
1. 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.	Marco ‘plug & play’ para la sustitución de prototipos experimentales en plataformas de ensayos de energías renovables marinas.
MEDIDA 1.3.	Programas de desarrollo tecnológico.
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.
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.	Coordinación del marco de acceso y conexión y nuevos modelos de gestión de las redes eléctricas.
MEDIDA 3.3.	Marco para el impulso de la inversión en eólica marina y energías del mar.
MEDIDA 3.4.	Adecuación del marco administrativo.
MEDIDA 3.5.	Desarrollo temprano del despliegue de la eólica marina en Islas Canarias.
MEDIDA 3.6.	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 3.7.	Guía de directrices ambientales y de la biodiversidad sobre la implantación de energías renovables en el medio marino.
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.



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.

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:

Implementación de nuevas plataformas de ensayos para prototipos y proyectos precomerciales de eólica marina y de energías del mar, incluyendo las ubicadas en emplazamientos marinos con aguas profundas, así como el refuerzo de las existentes en función de las necesidades.

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.

MEDIDA 1.2: Marco ‘plug & play’ para la sustitución de prototipos experimentales en las plataformas de ensayos de energías renovables marinas.

Objetivo:

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.

MEDIDA 1.3: Programas de desarrollo tecnológico.

Objetivos:

Desarrollo tecnológico de instalaciones precomerciales y prototipos eólicos marinos, 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.

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



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.

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

Objetivo:

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.

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.

Objetivo:

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.

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, 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.

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.

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

Objetivo:

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.

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.

MEDIDA 2.6: Contribución a la Transición justa.

Objetivo:

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 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 e industriales en la costa, fundamentado en el desarrollo de instalaciones de generación de energía mediante eólica marina y energías del mar, que contribuyan 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.

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 offshore y onshore.

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 22GW 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.



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

Objetivo:

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 marinos y costeros.

Descripción:

Se propone, de la mano del sector, el impulso de campañas y actuaciones de información y concienciación social sobre las fuentes de energía renovable en el entorno marino, que permita mejorar la comprensión por parte de los distintos agentes de los parques eólicos marinos y de las instalaciones de energías del mar, buscando sinergias con otros sectores y elementos que compatibilicen, en lo posible, otras actividades marítimas en el espacio marítimo.

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.



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.

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

Objetivo:

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 marítimo 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 Planes de Ordenación del Espacio Marino (POEM, ver Anexo IV)) contemplarán 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, 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: Coordinación del marco de acceso y conexión y nuevos modelos de gestión de las redes eléctricas.

Objetivo:

Proporcionar un marco coherente que permita la conexión a la red y 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 tendrá 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, los marcos que impulsen la inversión.

Adicionalmente, se desarrollarán los modelos para la gestión de las redes marinas, definiendo responsabilidades y obligaciones claras entre los agentes implicados, que optimicen las inversiones en infraestructuras.

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

MEDIDA 3.3: Marco para el impulso de la inversión en eólica marina y energías del mar

Objetivos:

Favorecer el desarrollo de instalaciones renovables marinas mediante mecanismos que aporten visibilidad y certidumbre a las inversiones, compatibles con las Directivas 2019/944 sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad y 2018/2011/UE relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.

Descripción:

Desarrollo de marcos que aporten visibilidad en el medio y largo plazo e impulsen la viabilidad de los proyectos de eólica marina y otras energías del mar, mediante instrumentos como la concurrencia 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 a los derechos de acceso y conexión al sistema eléctrico.

MEDIDA 3.4: Adecuación del marco administrativo.

Objetivos:

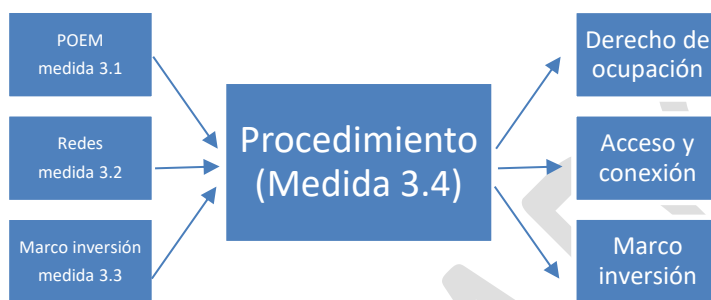
Adecuar el marco para la autorización y desarrollo de proyectos de energías renovables marinas de modo que proporcione certidumbre y sea coherente.

Descripción:

Adecuación del procedimiento de tramitación administrativa para 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.



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 en los POEM [medida 3.1] que minimice la afectación ambiental y maximice la compatibilidad con otros usos y actividades, la planificación y normativa eléctrica [medida 3.2] y el establecimiento del marco de impulso a la inversión [medida 3.3], 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, en su caso.



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 para investigación. 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 los plazos identificados en el desarrollo de proyectos de energía eólica marina en nuestro entorno, si bien los plazos concretos dependerán, entre otras cuestiones, de la caracterización previa que se haya realizado del entorno marino y de la capacidad de coordinar y alinear toda la cadena de valor para un desarrollo ágil.

Figura 45: Cronograma para el desarrollo de los Parques Eólicos Marinos en España





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

- La fase de concurrencia será convocada por la administración, teniendo en cuenta los criterios ambientales, de zonificación y energéticos.
- La evaluación de impacto ambiental específica tendrá lugar por el promotor posteriormente a la fase de concurrencia.
- 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.
- Protección y compatibilidad con los valores naturales del entorno marino y costero, así como el seguimiento y la monitorización del entorno.
- Mejora continua en el proceso de tramitación administrativa avanzando hacia la simplicidad, la digitalización y carácter integrado de los procedimientos.

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: 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 recurso eólico marino estimándose que los futuros parques eólicos marinos en el archipiélago canario puedan 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 1.1 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 1.12 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 sobrecostos energéticos que son especialmente elevados en las islas Canarias.

MEDIDA 3.6: 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.

Objetivo:

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

Objetivo:

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.

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 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.



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), las recomendaciones sobre el estudio y valoración de impactos sobre ciertos componentes de la biodiversidad, 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.

BORRADOR



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.

MEDIDA 4.1: Seguimiento, cooperación intersectorial y evaluación.

Objetivo:

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 y la acuicultura, 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 la década 2020-2030.

Objetivo:

Revisión de los retos y oportunidades que presentan la Eólica Marina y las Energías del Mar, actualizando las medidas necesarias para impulsar el despliegue efectivo de la Eólica Marina y de las Energías del Mar.

Descripción:

La Hoja de Ruta actualizará 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.



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.

A. 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:



1. Innovation Fund

El *Innovation Fund*³⁵ 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 finaliza 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 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.

³⁵ https://ec.europa.eu/clima/politicas/innovation-fund_es .1ª convocatoria:
<https://ec.europa.eu/inea/en/innovation-fund/calls-proposal>



2. Horizon 2020 y Horizon Europe

*Horizon 2020*³⁶ 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). Los términos concretos de *Horizon Europe* aún se encuentran en fase de negociación y está previsto que las primeras convocatorias se lancen a inicios de 2021.

³⁶ *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



3. Pacto Verde Europeo (European Green Deal)³⁷

La convocatoria European Green Deal está enmarcada dentro del programa Horizon 2020, y actualmente se encuentra en su fase última de preparación. La convocatoria se compondrá 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”.

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 y e innovación relacionada con el European Green Deal. La nueva convocatoria se publicó el pasado 22 de septiembre de 2020, de manera que los proyectos podrán 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.

4. 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 se prevé para el último trimestre de 2020.

Este mecanismo tendrá dos finalidades: por un lado, apoyará 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 podrán 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 contribuirá 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.

³⁷ https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/strategy/european-green-deal/call_en



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 podrán 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 harán llegar los recursos financieros a los proyectos será mediante convocatorias directamente organizadas por la Comisión o por alguna de sus agencias. El mecanismo más probable para la asignación será 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.

5. InvestEU³⁸

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.

6. Fondo de Transición Justa³⁹

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.

³⁸https://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

³⁹[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)



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.

7. Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) ⁴⁰

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.

8. 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.

⁴⁰ https://ec.europa.eu/regional_policy/es/funding/erdf/



9. Fondo Europeo para Inversiones Estratégicas (FEIE) ⁴¹

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*.

10. Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (Next Generation EU) ⁴²

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.

⁴¹ https://ec.europa.eu/commission/priorities/jobs-growth-and-investment/investment-plan-europe-juncker-plan/european-fund-strategic-investments-efsi_es

⁴² <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



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.

11. 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/>

	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 evitadas2) Grado de innovación3) Madurez del proyecto4) Escalabilidad5) 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:<ul style="list-style-type: none">○ La transición a una economía baja en carbono○ La protección del medio ambiente○ La acción climática.• Actualmente es área prioritaria: "<i>Construyendo un futuro bajo en carbono y climáticamente resiliente</i>".	80.000 M€. El programa 2018-2020 destina 3.400 M€ al clima.	Varios	Varios



	Descripción y características	Dotación	Tipo de ayudas	Convocatorias
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	11 áreas, entre ellas: <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
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 transnacionales orientados al mercado.	287M€ de H2020 + 800M€ de países parte	---	Varios



B. INSTRUMENTOS NACIONALES

1. 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.

2. 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](#).

2.1. 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 CIEN⁴³:** 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:

⁴³ <https://www.cdti.es/index.asp?MP=100&MS=802&MN=2>



- 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 Cervera⁴⁴: 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 Innovación**⁴⁵: 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.

2.2. Compra pública innovadora⁴⁶

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.

2.3. INNVIERTE⁴⁷

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

⁴⁴<https://www.cdti.es/index.asp?MP=100&MS=881&MN=2>

⁴⁵ https://www.cdti.es/index.asp?MP=100&MS=902&MN=2&TR=C&IDR=2902&r=1252*783

⁴⁶<https://www.cdti.es/index.asp?MP=100&MS=882&MN=2>

⁴⁷<https://www.cdti.es/index.asp?MP=100&MS=819&MN=2>



2.4. Ayudas a la innovación⁴⁸

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.

BORRADOR

⁴⁸<https://www.cdti.es/index.asp?MP=100&MS=812&MN=2>



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

3.1. Ayudas a la inversión en instalaciones de generación de energía eléctrica con fuentes de energía renovable, susceptibles de ser cofinanciadas con fondos comunitarios FEDER⁴⁹

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.

⁴⁹<https://www.idae.es>

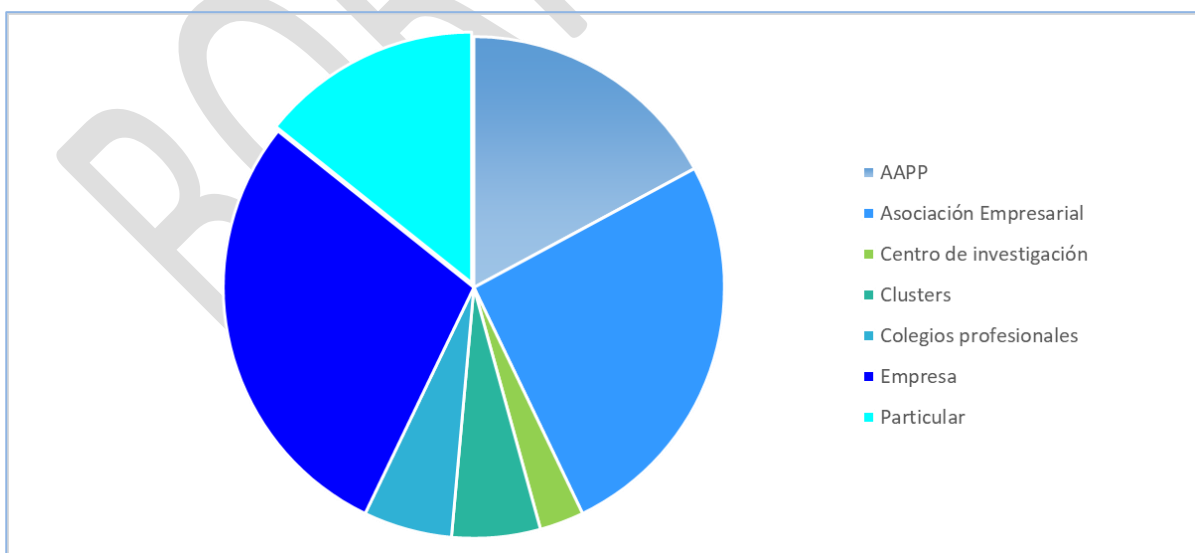


Anexo II. Contribuciones recibidas en la consulta pública previa de la Hoja de Ruta para el Desarrollo de la Eólica Marina y las Energías del Mar en España.

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. 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.

Han participado 36 entidades y/o particulares, la mayor parte de ellas son empresas (con un total de 10), asociaciones empresariales (9) y Clusters (2). Adicionalmente han participado seis (6) Administraciones Públicas y organismos autonómicos, 1 centro de investigación, 1 fundación, 5 particulares y 2 colegios profesionales, como se muestra en la siguiente gráfica:

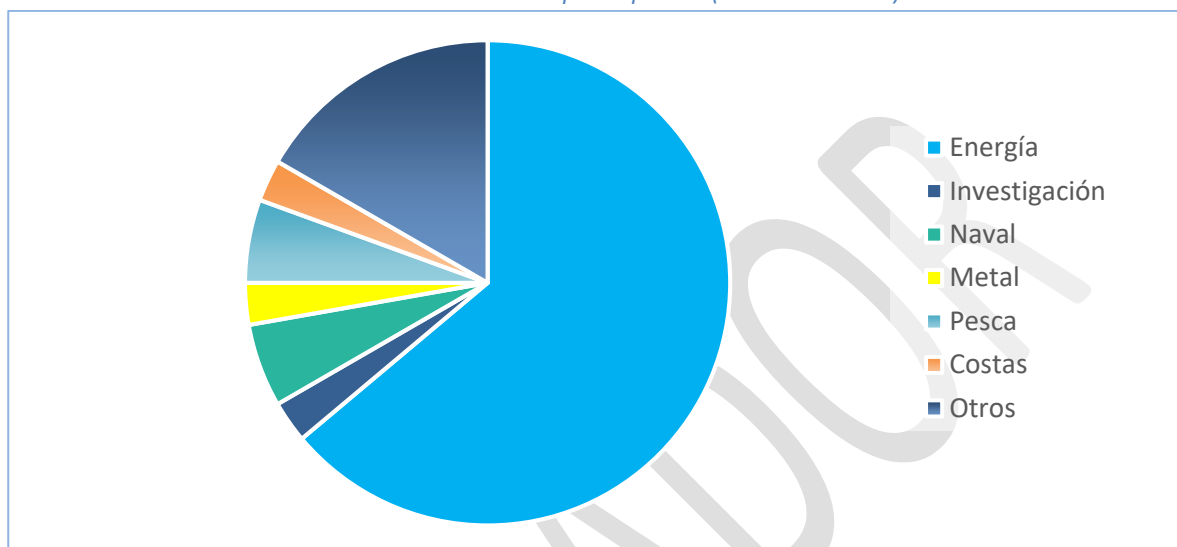
FIGURA 46: Tipología por participantes (Fuente: MITECO)





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 y algunas concretamente al sector naval, costas y pesca. El término «Otros» hace referencia a Administraciones Públicas no vinculadas a los sectores anteriores y aportaciones particulares.

FIGURA 47: *Ámbito de los participantes (Fuente: MITECO)*



A continuación, se exponen las preguntas formuladas sobre el contenido, así como las barreras y las medidas para el despliegue de la Eólica Marina y de las Energías del Mar de la consulta pública previa:

1. ¿Qué aspectos considera que debería abordar la hoja de ruta para el desarrollo de la eólica marina y las energías del mar en España?
2. ¿Qué papel puede desempeñar España en el desarrollo global y europeo del potencial de las distintas formas de energías marinas? ¿En qué etapas de la cadena de valor puede aportar más o salir más reforzado el ámbito industrial y tecnológico español?
3. ¿Cuáles considera que son las barreras económicas, regulatorias o de otra índole que dificulten el despliegue de la eólica marina y las energías del mar en España?
4. En cuanto al marco regulatorio para la autorización de instalaciones, ¿Está de acuerdo con las directrices básicas mencionadas en el planteamiento para la adecuación del marco regulatorio? ¿Qué otras cuestiones considerarían prioritarias?
5. ¿Qué instrumentos propondría para facilitar una tramitación ágil de las instalaciones de eólica marina y energías del mar, que pueda tener en cuenta adecuadamente las perspectivas de todos los sectores interesados?



6. ¿Considera conveniente modificar los procedimientos establecidos en 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? En caso afirmativo ¿Cuáles podrían ser las directrices básicas de dicho procedimiento?
7. ¿Qué mecanismos plantearía para una adecuada interacción entre el desarrollo y el acceso a las redes eléctricas con el desarrollo de la generación renovable marina?
8. En los potenciales mecanismos de concurrencia para la asignación de áreas para el desarrollo de eólica marina, ¿Qué criterios objetivos y contrastables considera que se deberían utilizar?
9. ¿Qué otras interacciones con marcos normativos o instrumentos de planificación debería tener en cuenta esta Hoja de Ruta?
10. ¿Cómo se podrían fomentar el desarrollo de nuevas tecnologías, la validación de nuevos conceptos tecnológicos asociados y la construcción de proyectos innovadores en eólica marina y a las energías del mar?
11. ¿Qué aspectos transversales, es decir, sociales, medioambientales y de equidad deben considerarse? ¿Qué papel puede tener el desarrollo de la eólica marina y de las energías del mar para favorecer la transición justa, así como la participación activa de la ciudadanía y el conjunto de sectores en el sector eléctrico, y cómo puede aprovecharse este potencial?



Anexo III. 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 – 1.3: España como ubicación de referencia para el I+D+i en tecnologías renovables marinas	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	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 3.2 Marco de acceso y conexión	Medida 1.3 Adaptación de redes eléctricas para la integración de renovables
Medida 3.3 Marco para el impulso de la inversión	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 3.4 Adecuación del marco administrativo	Medida 1.18 Revisión y simplificación de procedimientos administrativos
Medida 3.5 Desarrollo temprano del despliegue de la eólica marina en Islas Canarias	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	MEDIDA 3.1: Definición y aprobación en los POEM de la zonificación para el desarrollo de parques eólicos marinos. MEDIDA 3.6: Consideración del despliegue de las Renovables Marinas en las “planificaciones de desarrollo de la red de transporte de energía eléctrica”.
4.2 Nuevo enfoque para la energía renovable marina y la infraestructura de red	MEDIDA 3.2: 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	
○ marco regulador específico para proyectos innovadores: en islas, proyectos híbridos y de producción de hidrógeno en el mar	MEDIDA 3.5: Desarrollo temprano del despliegue de la eólica marina en Islas Canarias
○ 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	MEDIDA 3.4: Adecuación del marco administrativo. MEDIDA 3.3: Marco para el impulso de la inversión en eólica marina y energías del mar
○ Sistemas de apoyo específico energías renovables marinas	MEDIDA 1.1: Desarrollo y refuerzo de plataformas de ensayos MEDIDA 1.2: Marco ‘plug & play’ para la sustitución de prototipos experimentales en plataformas de ensayos de energías renovables marinas MEDIDA 1.3: Programas de desarrollo tecnológico MEDIDA 3.4: Adecuación del marco administrativo.
4.4 Movilizar la inversión del sector privado en energías renovables marinas: el papel de los fondos de la UE	Anexo I
4.5 Centrar la investigación y la innovación en el apoyo a proyectos de energías renovables marinas	MEDIDA 1.1: Desarrollo y refuerzo de plataformas de ensayos MEDIDA 1.2.: Marco ‘plug & play’ para la sustitución de prototipos experimentales en plataformas de ensayos de energías renovables marinas MEDIDA 1.3.: Programas de desarrollo tecnológico



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
<p>4.6 Una cadena de suministro y valor más sólida en toda Europa</p> <ul style="list-style-type: none">o cadena de suministro de energías renovables marinas debe ser capaz de aumentar su capacidad	<p>MEDIDA 2.1: Evaluación de la infraestructura portuaria de cara a la construcción y montaje o exportación de componentes asociados a instalaciones renovables marinas.</p> <p>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.</p>
<ul style="list-style-type: none">o Foro sectorial de energía renovables marinas	<p>MEDIDA 2.3: Hub de colaboración público-privada y privada-privada para el desarrollo de las energías renovables marinas.</p>
<ul style="list-style-type: none">o 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	<p>MEDIDA 2.6: Contribución transición justa.</p>
<ul style="list-style-type: none">o programas de educación y formación dirigidos al sector de las energías renovables marinas “skills challenge”	<p>MEDIDA 2.5: Capacitación, formación y cualificación profesional en el sector de las energías renovables marinas.</p>
<ul style="list-style-type: none">o Economía Circular “a circular economy approach”	<p>MEDIDA 2.7: Economía circular: impulso del ecodiseño y cadena de valor en torno al fin de vida útil.</p>
<ul style="list-style-type: none">o Industria de la UE y mercados mundiales	<p>MEDIDA 2.4: Refuerzo del posicionamiento de España en el contexto internacional.</p>
<ul style="list-style-type: none">o Colaboración internacional para ayudar a crear un entorno favorable para el desarrollo de energía renovable marinao UE debe adoptar un enfoque más firme para promover sus intereses a través de la política comercial.	<p>MEDIDA 2.3: Hub de colaboración público-privada y privada-privada para el desarrollo de las energías renovables marinas.</p> <p>MEDIDA 2.4: Refuerzo del posicionamiento de España en el contexto internacional.</p>



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”.

A. 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:

- a. las zonas de acuicultura;
- b. las zonas de pesca;
- c. 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;
- d. las rutas de transporte marítimo y el tráfico marítimo;
- e. las zonas de vertido en el mar;
- f. 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;
- g. 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;
- h. las zonas de extracción de materias primas;
- i. la investigación científica;
- j. los tendidos de cables y de tuberías submarinos;
- k. las actividades turísticas, recreativas, culturales y deportivas;
- l. el patrimonio cultural submarino;
- m. 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:

- n. La ampliación de las zonas de servicio portuario;
- o. Las zonas de extracción de agua y evacuación de salmueras en desaladoras;
- p. Las zonas destinadas a almacenamiento de CO₂;
- q. 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, subdividas 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 (**Error! No se encuentra el origen de la referencia.** 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 128º 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 128º 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.**

Las previsiones de estos planes no serán de aplicación en los espacios marinos protegidos que estén contemplados en el Anexo I de los POEM, que se regulan por su normativa específica de gestión al objeto de garantizar la conservación de los valores naturales por los que han sido declaradas.

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 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 ve 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.

B. 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.
- Consideración de la perspectiva de género en el proceso de planificación
- Diversificación económica, entendiéndola clave para la sostenibilidad económica de los sectores marítimos
- 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.



C. ORDENACIÓN DEL ESPACIO MARÍTIMO

1. 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.



2. 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.

3. 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.



D. 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.

1. 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.

2. 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 evaluación 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.

3. 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.



Anexo V. Índice de figuras.

FIGURA 1. Contexto internacional de la UE de las energías Renovables Marinas. Fuente: MITECO.....	7
FIGURA 2: Demarcaciones Marinas en España. Fuente: MITECO	12
FIGURA 3. Contexto Nacional de las energías Renovables Marinas. Fuente: MITECO	12
FIGURA 4. Esquema del Procedimiento Ordinario vigente de Tramitación de Instalaciones renovables Marinas de potencia superior a 50 MW. Fuente: MITECO	14
FIGURA 5. Comparativa de los factores de capacidad anuales por tecnología y región en el mundo. Fuente: International Energy Agency -IEA	16
FIGURA 6. Evolución del tamaño medio de los aerogeneradores. Fuente: GE Renewable Energy 2018; IRENA 2019c; 2016b; MHI Vestas 2018.	17
FIGURA 7: Diferentes tecnologías de cimentación fija (a). Monopilote, (b). Apoyo por gravedad. (c) Jackets Fuente: MITECO	18
FIGURA 8: Número acumulado de cimentaciones en Europa a finales de 2020, por distintas tipologías. Fuente: WindEurope. 'Offshore Wind in Europe. Key Trends and Statistics 2020'	19
FIGURA 9: Evolución del LCOE de la eólica marina hasta 2018 junto con precios de adjudicación de subastas europeas a futuros (Fuente: IEA Offshore Wind Outlook 2019).....	20
FIGURA 10: 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	20
FIGURA 11: Evolución del LCOE de la eólica marina 2030-2050 (Fuente: EA Offshore Wind Outlook. IRENA 2019).....	21
FIGURA 12: Potencial de energía eólica marina en las cuencas marinas accesibles a la UE-27. Fuente: JRC	22
FIGURA 13: Mapa global del potencial eólico marino. Fuente: IEA OffShore Wind Outlook 2019	23
FIGURA 14: Tecnologías de eólica flotante: (a) plataforma de apoyo en tensión (TLP), (b) plataforma semi-sumergible y (c) monopilar flotante o “spar”.....	24
FIGURA 15: 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).....	24
FIGURA 16: Reducción del LCOE de la eólica flotante hasta 2030 (Fuente: Floating Offshore Wind Energy - WindEurope)	25



FIGURA 17: Reducción del LCOE de la Eólica Marina flotante en función de la potencia instalada acumulada (Fuente: WindEurope 2019)	26
FIGURA 18. Esquema de Instalación Eólica Marina para producción de hidrógeno renovable. Fuente: MITECO.....	29
FIGURA 19: Nueva potencia eólica terrestre y marina instalada en Europa en 2019. Fuente: AEE - WindEurope 2019.....	30
FIGURA 20: Ranking de países por potencia eólica terrestre acumulada. Fuente: GWEC.....	30
FIGURA 21: Potencial Eólico Marino en la Demarcación Noratlántica.	32
FIGURA 22: Potencial Eólico Marino en la Demarcación Sudatlántica.	32
FIGURA 23: Potencial Eólico Marino en la Demarcación de Estrecho y Alborán.....	32
FIGURA 24: Potencial Eólico Marino en la Demarcación Levantino- Balear.	32
FIGURA 25: Potencial Eólico Marino en la Demarcación Canaria. Fuente MITECO-MITMA (CEDEX-CEPYC, a partir del Atlas Eólico Marino del IDAE).....	33
FIGURA 26: Distribución mundial de las fuentes de energías del mar	34
FIGURA 27: Potencia instalada mundial de las fuentes de energías del mar. Fuente: JRC Ocean Energy Status Report 2018 OES – IRENA 2020.....	35
Figura 28: Distribución por países potencia instalada de energías del mar (excepto amplitud de mareas). Fuente: Elaboración propia	35
FIGURA 29 – Potencial de energía de las olas en España Fuente: MITECO y MITMA (CEDEX-CEPYC), a partir del “Estudio Técnico de Evaluación del Potencial de la Energía de las Olas” del IDAE	36
FIGURA 30 – Dispositivos de olas en función de su ubicación. Fuente: MITECO-IDAE.....	37
FIGURA 32: Esquema de operación del principio de captación de columna de agua oscilante.	38
FIGURA 33: Configuraciones más empleadas en los dispositivos flotantes. Fuente: MITECO	39
FIGURA 35 – 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).....	40
FIGURA 36 -Velocidades máximas de corrientes en la zona del Estrecho. Fuente: Universidad de Cádiz y Agencia Andaluza de la Energía.....	41
FIGURA 37: Configuraciones más empleadas en los dispositivos de energía de las corrientes Fuente: MITECO.....	41
FIGURA 38 – 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).....	42
FIGURA 39. Esquema proceso PRO.....	44



<i>FIGURA 40. Esquema proceso Electro Diálisis Inversa.....</i>	<i>44</i>
<i>FIGURA 41: Cadena de Valor de la industria eólica (Fuente: Agenda Sectorial de la Industria Eólica)</i>	<i>47</i>
<i>Figura 42: Instalaciones de fabricación de componentes de energía eólica en Europa (Fuente: JRC)</i>	<i>48</i>
<i>FIGURA 43: Mapa de infraestructuras de I+D+i en España relacionados con las energías renovables marinas. Fuente: MITECO</i>	<i>51</i>
<i>FIGURA 44: Elementos principales para el despliegue de las energías renovables marinas en España.</i>	<i>61</i>
<i>Figura 45: Cronograma para el desarrollo de los Parques Eólicos Marinos en España</i>	<i>73</i>
<i>FIGURA 46: Tipología por participantes (Fuente: MITECO).....</i>	<i>91</i>
<i>FIGURA 47: Ámbito de los participantes (Fuente: MITECO)</i>	<i>92</i>

BORRADOR