

# EÓLICA MARINA EN ESPAÑA

PREGUNTAS FRECUENTES  
JULIO 2024



<b>1</b>	<b>CUESTIONES GENERALES.....</b>	<b>3</b>
1.1	¿Cuáles son las diferentes tecnologías de eólica marina? .....	3
1.1.1	<i>Cimentación Fija</i> .....	3
1.1.2	<i>Eólica Marina Flotante</i> .....	7
1.2	¿Cuáles son las principales ventajas de la eólica marina flotante? .....	10
1.3	¿Qué elementos componen un parque eólico marino? .....	14
1.4	¿Qué se está haciendo en el resto de Europa? .....	16
<b>2</b>	<b>IMPACTO ECONÓMICO .....</b>	<b>18</b>
2.1	¿Es cara la eólica marina? .....	18
2.2	¿Qué beneficios económicos supone el desarrollo de la eólica marina para España? .....	22
2.3	¿Qué otros sectores se verán favorecidos por el desarrollo de tecnologías energéticas marinas? .....	26
<b>3</b>	<b>IMPACTO AMBIENTAL .....</b>	<b>28</b>
3.1	¿Qué tipo de estudios ambientales son realizados para un parque eólico marino? .....	28
3.2	¿Cuáles son los impactos de la eólica marina sobre la biodiversidad y el patrimonio cultural? .....	30
3.3	¿Qué opinan las organizaciones ecologistas de la eólica marina? .....	31
3.4	¿Cuál es el impacto paisajístico de la eólica marina? .....	34
<b>4</b>	<b>INTERACCIONES CON OTROS USOS DEL MAR .....</b>	<b>37</b>
4.1	La Eólica Marina En Los Planes De Ordenación Del Espacio Marítimo .....	37
4.2	Desarrollo de los Proyectos de Eólica Marina .....	40
4.3	Interacciones de los parques eólicos marinos con la actividad pesquera .....	42
4.3.1	<i>Distintas Afecciones para Distintas Artes de Pesca</i> .....	43
4.3.2	<i>Impacto de la Eólica Marina en la Pesca en España</i> .....	46
4.3.3	<i>Experiencia Internacional</i> .....	47

4.3.4	<i>Efecto Reserva</i> .....	48
4.4	¿Qué beneficios económicos supondrían las instalaciones de energía eólica sobre las comunidades locales? .....	49
4.5	¿Cuáles son las interacciones existentes entre la eólica marina y la acuicultura?.....	51
4.6	¿Cómo afectan los parques eólicos a la navegación marítima?.....	53

# 1 CUESTIONES GENERALES

## 1.1 ¿CUÁLES SON LAS DIFERENTES TECNOLOGÍAS DE EÓLICA MARINA?

La eólica marina es una energía renovable que utiliza el potencial del viento de alta mar para la generación de electricidad. La tecnología eólica marina está experimentando un considerable desarrollo, avanzando hasta su plena madurez tecnológica, por lo que presenta un elevado potencial para ayudar a conseguir los objetivos de transición energética europeos y nacionales.

Los aerogeneradores marinos operan de manera similar a sus homólogos terrestres, siendo las diferencias más notables entre ambas tecnologías la adaptación de los diseños *offshore* al entorno marino y la naturaleza de la estructura de soporte que eleva a las máquinas por encima del nivel del mar.

Sin embargo, la principal diferencia de la eólica marina respecto a la terrestre son las estructuras de soporte. A partir de ellas, pueden distinguirse dos tecnologías marinas: cimentación fija (*bottom fixed*) y estructuras flotantes (*floating offshore*).

La utilización de un tipo estructura u otra depende de diversos factores como son las propiedades del fondo marino y, especialmente, la profundidad del emplazamiento. Aunque, hasta la fecha, la mayor parte de los parques eólicos marinos comerciales en servicio se basan en las tipologías de cimentación fija, los primeros proyectos de eólica flotante comienzan a ser una realidad y se espera una gran expansión de los mismos en los próximos años a medida que la tecnología vaya evolucionando y reduciendo costes.

---

### 1.1.1 CIMENTACIÓN FIJA

Las estructuras de cimentación fija han sido la primera tecnología en desarrollarse. Las cimentaciones de los aerogeneradores están montadas sobre el fondo marino, lo que supone que sea una tecnología adecuada para profundidades de hasta 50-60 m. No obstante, en ubicaciones que se encuentran profundidades mayores, se vuelven inviables por los elevados costes económicos y las dificultades técnicas para su instalación y operación.

En la actualidad, en la industria se utilizan los siguientes tipos cimentaciones fijas (Figura 1), según la profundidad de instalación:

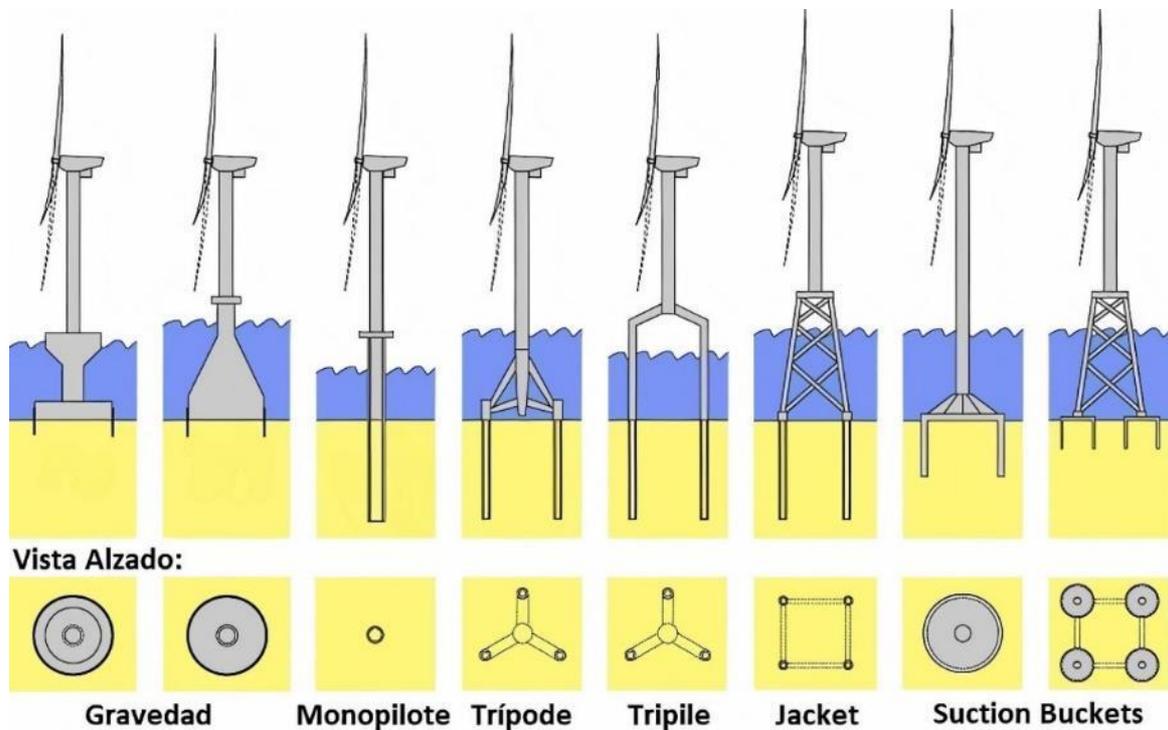


Figura 1: Tecnologías de Cimentación Fija (Adaptado de Staubach & Witchmann, 2020).

1. **Apoyo por gravedad.** Esta tipología de cimentación está basada en los mismos principios que la cimentación de aerogeneradores terrestres, donde el peso de la estructura y el lastre sostienen la torre y la turbina, por lo que no es necesario llevar a cabo ninguna perforación o martilleo en el fondo marino. Habitualmente se utilizan en emplazamientos con profundidades menores a 20 m, aunque se encarecen excesivamente a partir de los 10 m.
2. **Monopilote.** Estructura tubular de acero fijada al fondo marino a través de una perforación. Este tipo de estructura es la predominante actualmente para cimentación fija, siendo estructuras económicas para profundidades de entre 10 y 25 metros y con terrenos de menor capacidad portante que en el caso de las cimentaciones de gravedad.
3. **Trípode.** Estructura anclada al fondo marino mediante tres pilotes de acero y, aunque es más costosa que la de cimentación por gravedad, se considera más apropiada para el soporte de turbinas de 4-5 MW. La estructura, similar a las utilizadas en la industria del petróleo y gas, consta de una columna central, refuerzos diagonales y tres mangas de apoyo. Las tres patas del trípode dotan a la estructura de buena rigidez y estabilidad contra el vuelco, lo que hace que sea más conveniente en aguas más profundas que los monopilotes, pudiendo ser instalada entre los 20 y 50 m (Figura 2).



*Figura 2: Cimentación fija trípode (Fuente: Power Technologies).*

- 4. Tripile.** Esta cimentación es una mejora del diseño del monopilote. Consta de tres pilares de acero, los cuales son conectados por encima del agua por una pieza de transición, sobre la cual se monta la torre del aerogenerador (Figura 3).



*Figura 3: Aerogeneradores con cimentación fija tripile (Fuente: Fabian Bimmer/Reuters).*

- 5. Jacket.** Concepto similar a la cimentación por gravedad, aunque requiere estructuras de soporte y sujeción más complejas. Actualmente tiene un elevado coste de fabricación, pero con un amplio margen de reducción de costes a través del aprovechamiento de las economías de escala. El concepto de *jacket* es heredado de la industria del petróleo y gas, donde se han utilizado para apoyar equipos de perforación a profundidades de más de 100 m de profundidad (Figura 4).



Figura 4: Cimentación fija tipo Jacket para el parque eólico marino de Wikinger, Alemania (Fuente: Iberdrola).

- 6. Suction Buckets.** Los *buckets*, sistemas de succión a presión que se fijan al suelo marino, lo que supone una instalación sencilla, rápida y más económica que la del resto de sistemas de cimentación fija al no requerir ningún tipo de perforación. Además, permite reducir el impacto medioambiental durante la fase de instalación (Figura 5).

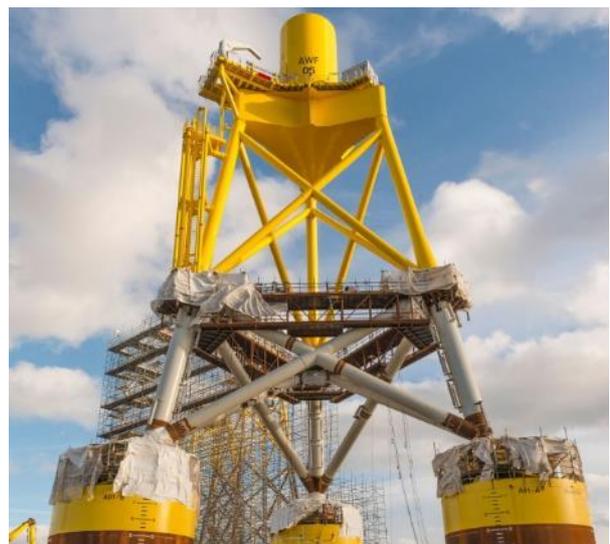


Figura 5: Cimentación fija con suction buckets (Fuente: Smulders).

### 1.1.2 EÓLICA MARINA FLOTANTE

Las estructuras flotantes suponen una gran oportunidad para la eólica marina al abrir la puerta a emplazamientos con mayores profundidades, los cuales son inaccesibles para la tecnología de cimentación fija, esto supone una importante ventaja dado que el 80% del recurso marino en Europa se encuentra situado en aguas a más de 60 m de profundidad<sup>1</sup>. Asimismo, el desarrollo de la tecnología marina flotante permitirá reducir los costes y riesgos actualmente relacionados con la construcción, instalación, operación y desmantelamiento de la eólica de cimentación fija.

Por las características de nuestra costa, la tecnología eólica marina más adecuada es la **flotante**. Esta tecnología cuenta con numerosos proyectos demostrativos y los primeros parques comerciales ya se encuentran en desarrollo. La eólica marina flotante se ha desarrollado gracias a la capacidad y conocimiento de nuestra industria, especialmente en aquellas zonas donde la industria está enfocada al mar.

En los parques eólicos marinos de tecnología flotante, los aerogeneradores cuentan con una plataforma flotante anclada al fondo marino por unas catenarias o tensores. Existen numerosos conceptos de plataforma flotante en desarrollo, principalmente en Europa, EE. UU. y Japón. Dentro de ellos, **España ocupa una posición principal al ser uno de los países con mayor número de tecnologías desarrolladas** (9 de 34 a principios de 2021). Estos conceptos pueden ser agrupados en categorías atendiendo al diseño de la estructura flotante y del sistema de amarre (Figura 6):



Figura 6: Tecnologías de plataformas de eólica marina flotante (Fuente: WindPower, 2019).

<sup>1</sup> WindEurope (2017), *Floating Offshore Wind. Vision Statement*.

- 1. Spar (Spar Buoy).** La estructura flotante *spar* consiste en un cilindro lastrado para mantener el centro de gravedad del aerogenerador por debajo del centro de flotación, de forma que se consigue su estabilidad. El aerogenerador es mantenido en su posición por una catenaria o tirante que lo ancla al fondo marino. Esta plataforma presenta una solución de diseño muy sencilla y estable. El primer parque eólico marino flotante del mundo, Hywind Escocia, utilizó *spar* como estructura de sustentación para los 5 aerogeneradores de la instalación.



Figura 7: Estructura semi-sumergible transportada hasta el parque eólico marino de Kincardine (Fuente: Navantia).

- 2. Semi-sumergible.** Estas plataformas consisten en un número de columnas de grandes dimensiones conectadas entre ellas, las cuales proporcionan estabilidad hidrostática (Figura 7). La estructura se mantiene en su posición por una o más catenarias o tirantes que lo anclan al fondo mar. Varios de los primeros proyectos comerciales de eólica marina flotante están optando por esta tecnología para las plataformas de los aerogeneradores. Este es el caso de WindFloat Atlantic (25 MW), y de Kinkardine (48 MW). La mayor parte de las plataformas semi-sumergibles utilizadas en ambos proyectos fueron construidas en puertos españoles y arrastradas hasta su ubicación final (Figura 8).



Figura 8: Aerogenerador con plataforma semi-sumergible, proyecto WindFloat (Fuente: Vestas).

- 3. TLP (Tensión-Leg Platform).** Las estructuras TLP consisten en una columna central y brazos conectados a tensores que aseguran la cimentación a los anclajes. Estas estructuras consiguen la estabilidad estática a través de un sistema de tensión vertical (líneas de anclaje). Este sistema de anclaje aventaja a las líneas de catenarias a medida que se realizan instalaciones en aguas más profundas al tener menor huella y requerir menos líneas para alcanzar la tensión necesaria, reduciendo de esta manera los costes de la instalación.
- 4. Barge.** Estructura flotante de gran tamaño que permite conseguir estabilidad mediante la distribución de la flotabilidad.
- 5. Soluciones multiplataforma.** Dentro de esta categoría se incluyen aquellas plataformas que combinan varias de las tecnologías anteriormente nombradas.

A pesar de que se ha desarrollado con posterioridad a las de cimentación fija, **la eólica flotante cuenta actualmente con numerosos proyectos demostradores y los primeros parques comerciales se encuentran ya en progreso.** Entre otros ejemplos:

- **Hywind**, Escocia. Puesto en servicio en 2017, tiene una potencia instalada de 30 MW con 5 aerogeneradores (Figura 9).
- **WindFloat Atlantic**, Portugal. De 25 MW, ha sido el primer parque comercial flotante en el país. Se encuentra en operación desde 2019.
- **Kincardine**, Escocia. Puesto en servicio en 2021, cuenta con 48 MW de potencia instalada.
- **Hywind Tampen**, Noruega. Se espera que sea puesto en servicio a finales de 2022. Con una potencia instalada de 88 MW, servirá para proveer de energía eléctrica a las plataformas petrolíferas noruegas de Snorre y Gullfaks.



*Figura 9: Parque eólico marino flotante Hywind Escocia (Fuente: Equinor. Michael Wachucik).*

Por último, y como se ha mencionado en párrafos anteriores, España tiene una base lo suficientemente buena para liderar el desarrollo de esta tecnología dadas sus actuales capacidades industriales de energía eólica, su posición geográfica estratégica, su competitividad, y sus centros de investigación. En la Figura 10 muestra diferentes tecnologías de eólica marina que se están desarrollando en España.

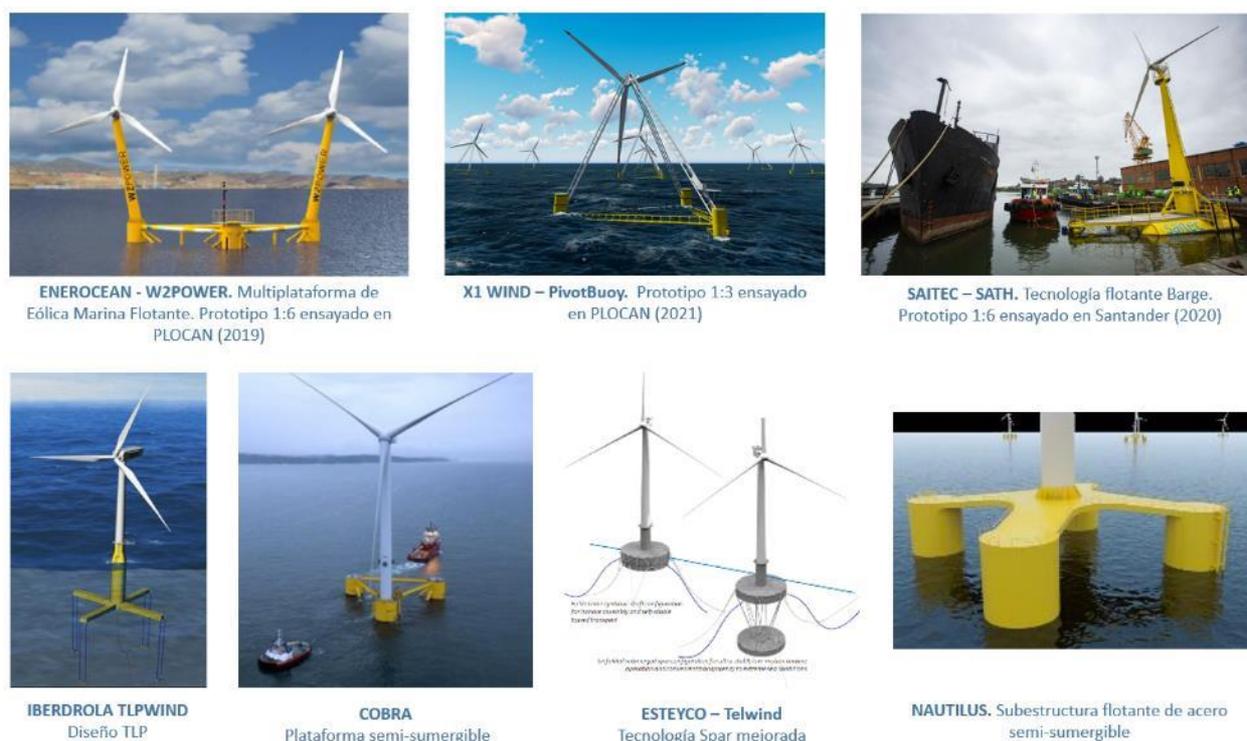


Figura 10: Tecnologías de eólica marina flotante desarrolladas en España (Fuente: AEE).

## 1.2 ¿CUÁLES SON LAS PRINCIPALES VENTAJAS DE LA EÓLICA MARINA FLOTANTE?

La eólica marina es una energía renovable que utiliza el potencial del viento de alta mar. Además de los beneficios propios de cualquier energía renovable, y respecto a la eólica marina de cimentación fija y el resto de las tecnologías renovables terrestres, las principales ventajas de la eólica marina flotante incluyen:

- 1. El recurso eólico existente en el mar es superior que en tierra firme, en términos de velocidad media y regularidad. Esto supone mayor potencia y factor de capacidad.**

Al igual que en el caso de cimentación fija, la eólica marina flotante permite la utilización de aerogeneradores de mayor potencia (8 MW y superior, frente a los aerogeneradores de hasta

4-5 MW instalados en tierra). Asimismo, **la eólica marina tiene un factor de capacidad superior al resto de tecnologías renovables terrestres** (24% para eólica terrestre y 18% para solar fotovoltaica), siendo necesario tener en cuenta también que el factor de capacidad de ambas tecnologías marinas irá incrementándose con los años (Figura 11).

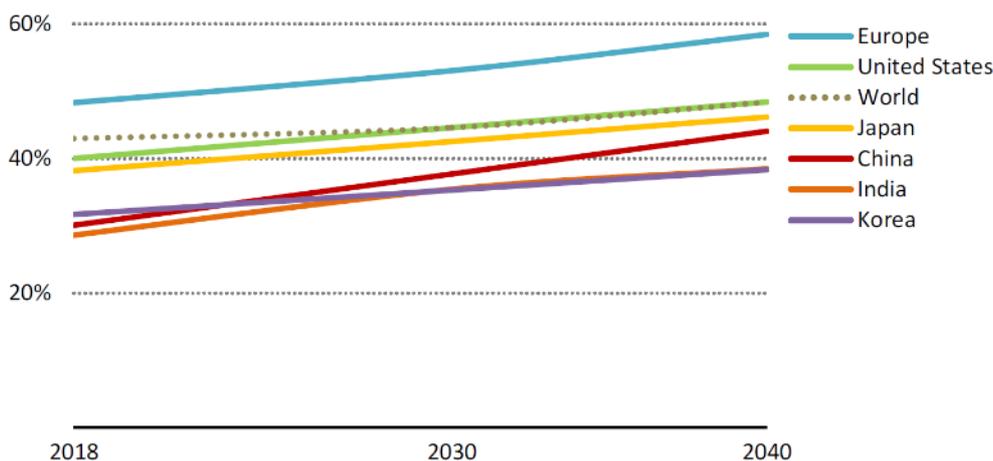


Figura 11: Previsión de la evolución del factor de capacidad de la eólica marina (IEA,2019).

En comparación con la tecnología de cimentación fija, la flotante implica mayores factores de capacidad al tener disponible un recurso eólico más intenso y de mayor constancia. Por ejemplo, en el caso de *Hywind*, parque eólico marino de tecnología flotante en Escocia, el factor de capacidad en 2020 fue de 57,1% (54% en sus dos primeros años de operación)<sup>2</sup>. Esto representa un gran incremento comparado con los resultados obtenidos por la eólica marina de cimentación fija de Reino Unido, la cual tiene un factor de capacidad de aproximadamente 40%, datos que se representan en la Figura 12.

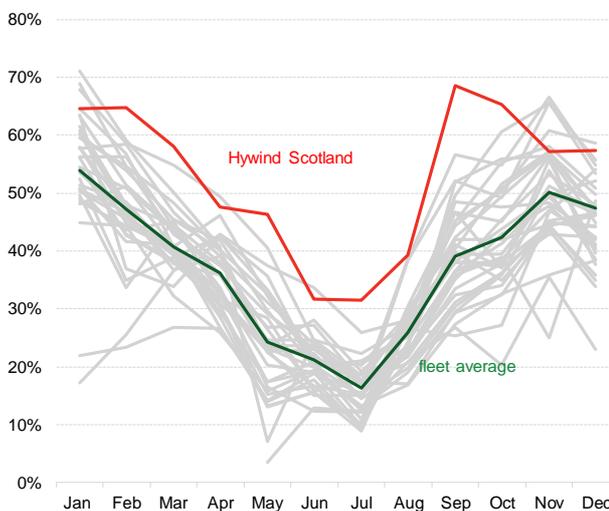


Figura 12: Factor de capacidad de Hywind Escocia, flotante (línea roja), comparado con la media proyectos de cimentación fija en Reino Unido, línea verde (Fuente: BloombergNEF, 2018).

<sup>2</sup> Tisheva, P. (23 Marzo 2021), *Hywind Scotland floating wind farm boast of 57.1% capacity factor*. RenewablesNow

## **2. Instalación en Aguas Profundas**

La eólica marina de tecnología flotante permite la instalación de los aerogeneradores en aguas profundas, en las cuales no es viable la cimentación fija, lo cual supone una importante ventaja dado que el 80% del recurso eólico marino en Europa se encuentra localizado en aguas de más de 60 m de profundidad, siendo la flotante también adecuada para profundidades menores. Asimismo, a medida que se desarrolle la tecnología y la cadena de suministro de eólica marina flotante, será posible aumentar la profundidad a la que es económicamente viable. La instalación de los aerogeneradores a mayores profundidades y distancia de la costa permitirá el acceso a un recurso eólico más abundante y constante, y mejorar su interacción con otras actividades como la pesca, la navegación costera y el turismo.

## **3. Fondos marinos**

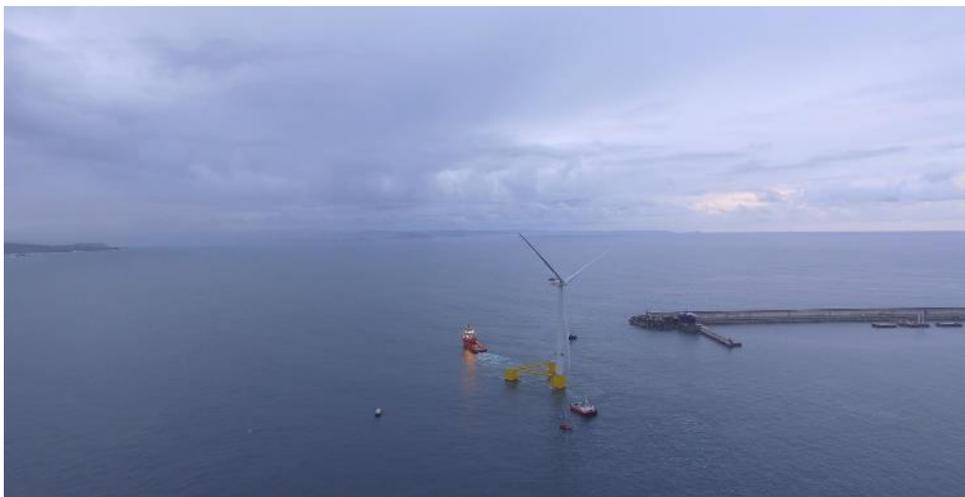
La eólica marina flotante es apta para fondos marinos donde no es viable la instalación de tecnología de cimentación fija.

## **4. Área Requerida**

La energía eólica marina, gracias a su mayor densidad energética, permite reducir la superficie necesaria para la generación de energía con respecto a las energías renovables terrestres.

## **5. Construcción e Instalación**

La tecnología flotante proporciona facilidad y flexibilidad en su despliegue, dado que las estructuras flotantes pueden ser fabricados y ensamblados en los puertos y astilleros para ser remolcadas a su localización. Esto, además de minimizar el impacto ambiental en su construcción y permitir reducir los costes de instalación, supone un impacto económico positivo para el sector naval y las comunidades costeras locales (Figura 13 y Figura 14).



*Figura 13: Aerogenerador del parque eólico WindFloat siendo remolcado hasta su ubicación final (Fuente: Vestas).*



*Figura 14: Aerogenerador del parque eólico WindFloat siendo remolcado desde el puerto de Ferrol, donde fue construido (Fuente: Vestas).*

Además, las plataformas flotantes permiten el acceso a diversas capacidades industriales, al poder fabricar las estructuras tanto de acero como de hormigón, dependiendo de su disponibilidad local.

## 6. Sinergias con otros sectores

Los conceptos principales de la eólica marina flotante son bien conocidos en otras industrias de mayor madurez tecnológica, como es el caso del sector petrolífero y gasista.

**El desarrollo de la eólica flotante en España debe aprovechar las ventajas que aporta la apertura de nuevos emplazamientos más alejados de la costa, los cuales presentan factores de capacidad elevados que pueden superar las 4.000 horas equivalentes, y que permiten una disminución sustancial del impacto ambiental y visual respecto a antiguos proyectos de cimentación fija desarrollados hace más de una década.**

### 1.3 ¿QUÉ ELEMENTOS COMPONEN UN PARQUE EÓLICO MARINO?

Un parque eólico marino está compuesto de múltiples aerogeneradores de plataforma flotante. Estos se componen a su vez de distintos elementos, tal como se muestra en la Figura 15.

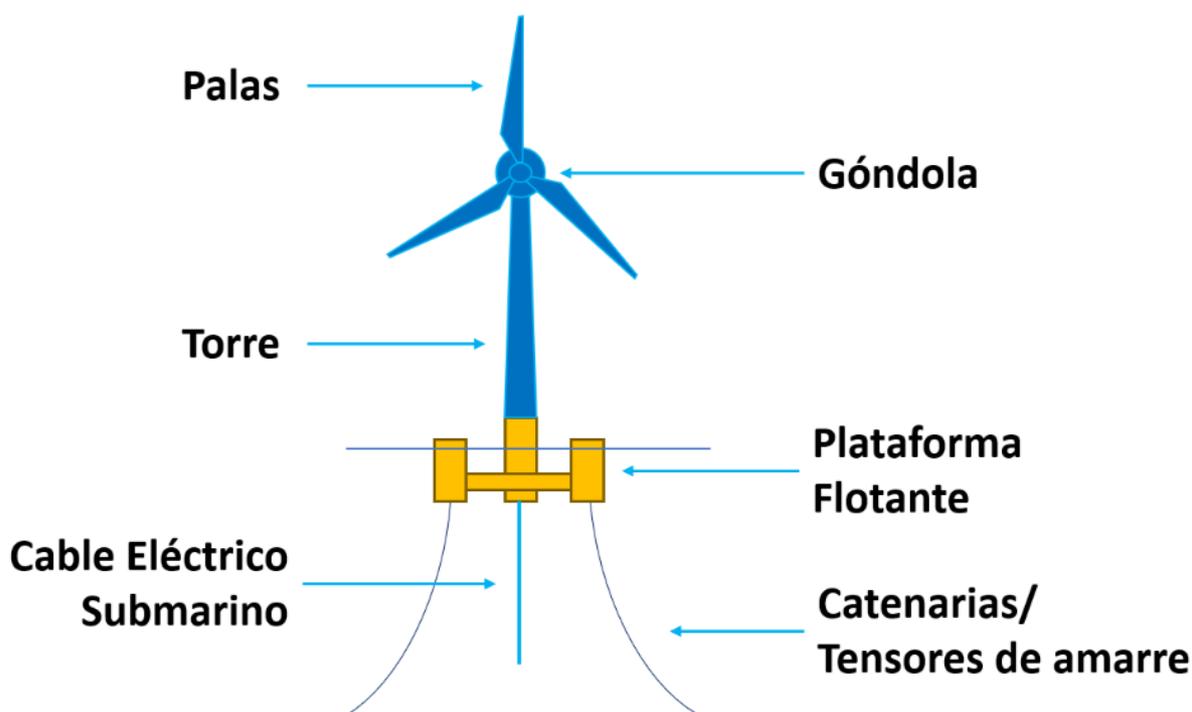


Figura 15: Componentes de un aerogenerador marino con plataforma flotante (Fuente: AEE).

Como cualquier aerogenerador, los instalados en un parque eólico marino constan de una góndola, dentro de la cual se encuentra el tren de transmisión y otros elementos y sistemas; palas, y la torre. En vez de cimentación, estos aerogeneradores cuentan con una estructura flotante, la cual contiene la plataforma de trabajo que permite acceder al interior de la torre y la zona de desembarco. Esta estructura flotante está amarrada al fondo marino por medio de catenarias o tensores, dependiendo de la tecnología utilizada. Por último, la energía producida por el aerogenerador es transportada hasta la subestación transformadora del parque eólico a través de cables eléctricos submarinos.

El número de aerogeneradores que componen un parque eólico marino depende de la potencia total del parque. Actualmente, los proyectos marinos llevados a cabo en Europa tienen una potencia que va desde los 200 MW hasta capacidades superiores a los 1.000 MW, con una tendencia a instalar mayores potencias debido a los beneficios de las economías de escala y a la evolución tecnológica, siendo los últimos diseños de aerogeneradores de hasta 15 MW. La instalación de aerogeneradores

de mayor tamaño y potencia también permite disminuir la ocupación de territorio de los parques eólicos marinos.

Todos los aerogeneradores están conectados con la subestación del parque eólico por medio de una red interior de cables submarinos. Con el objetivo de optimizar el cable utilizado, las máquinas están interconectadas en serie en grupos de varias unidades, de forma que se transporte la energía en ternas comunes de cables hasta la subestación (Figura 16)



*Figura 16: Disposición de un parque eólico marino, en la cual se aprecia la subestación en primer plano y la disposición en filas de los aerogeneradores<sup>3</sup>.*

Una vez en la subestación transformadora del parque eólico marino, la tensión es elevada para minimizar las pérdidas en el transporte de la electricidad hasta tierra firme, donde conectará con una subestación eléctrica terrestre y, a continuación, con la red eléctrica. Este recorrido se muestra en la Figura 17. Posteriormente, la energía es conducida por la red eléctrica hasta los centros de consumo.

---

<sup>3</sup> REVE (4 Junio 2020), *Vattenfall gives green light to world's largest offshore wind energy project*. Recuperado el 23 de febrero de: <https://www.ewind.es/2020/06/04/vattenfall-gives-green-light-to-worlds-largest-offshore-wind-energy-project/75006>

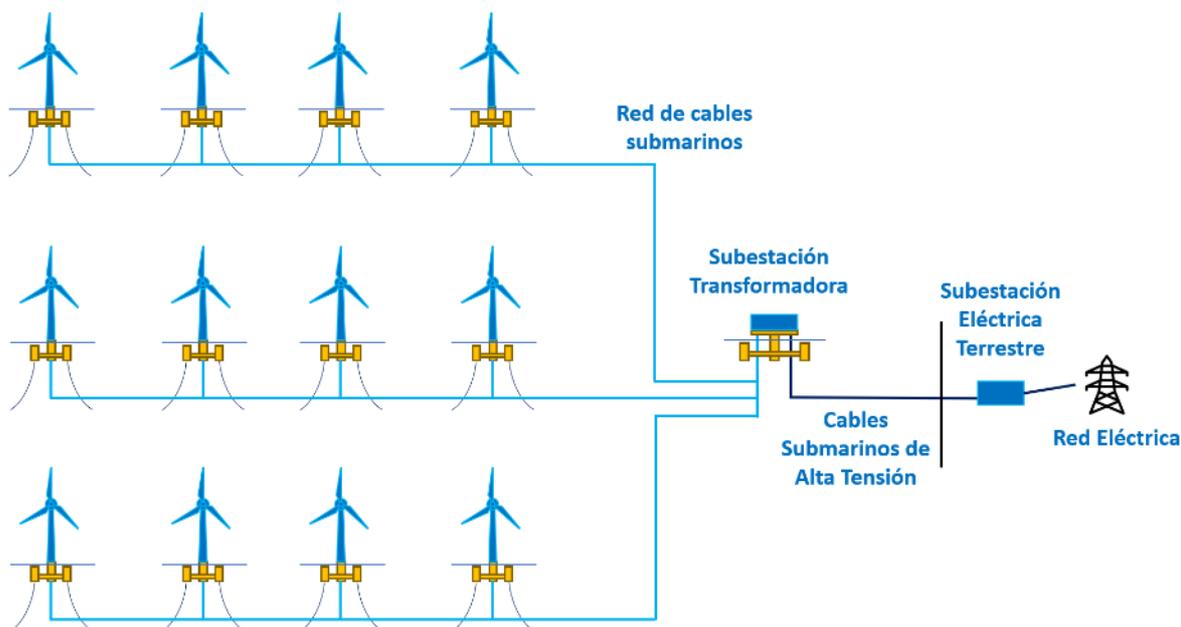


Figura 17: Conexión de un parque eólico a la red eléctrica (Fuente AEE).

## 1.4 ¿QUÉ SE ESTÁ HACIENDO EN EL RESTO DE EUROPA?

La Unión Europea ha realizado una apuesta ambiciosa por la incorporación de la eólica marina dentro de su estrategia de descarbonización para 2050. El **Plan Estratégico Europeo en Tecnologías Energéticas (SETPlan)** adoptó como objetivo estratégico consolidar el liderazgo global de la UE en energía eólica marina, y, a finales de 2020, **la Comisión Europea aprobaba la Estrategia Europea de Energías Renovables Marinas, estableciendo objetivos de más de 60 GW en 2030 y de 300 GW en 2050.**

Como referencia, Italia, el país con menores objetivos en eólica marina, plantea 900 MW de offshore a 2030, con unas condiciones de viento muy inferiores a las de España. Esto supone más de un 6% de sus objetivos de eólica terrestre. En Alemania los objetivos de eólica marina suponen un 22% respecto a los de eólica terrestre. En España, la recientemente aprobada **Hoja de Ruta para el desarrollo de la Eólica Marina y de las Energías del Mar en España** ha establecido el objetivo de instalar a nivel nacional entre 1 y 3 GW de eólica marina<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2021), *Hoja de Ruta para el desarrollo de la Eólica Marina y de las Energías del Mar en España*.

En 2021, había 25 GW de potencia instalada en Europa, con 2,9 GW instalados en 2020 a pesar de la pandemia. Entre los países que más han capacidad poseen se encuentran Reino Unido, Francia, Dinamarca, Países Bajos, Alemania y Bélgica (Figura 18).

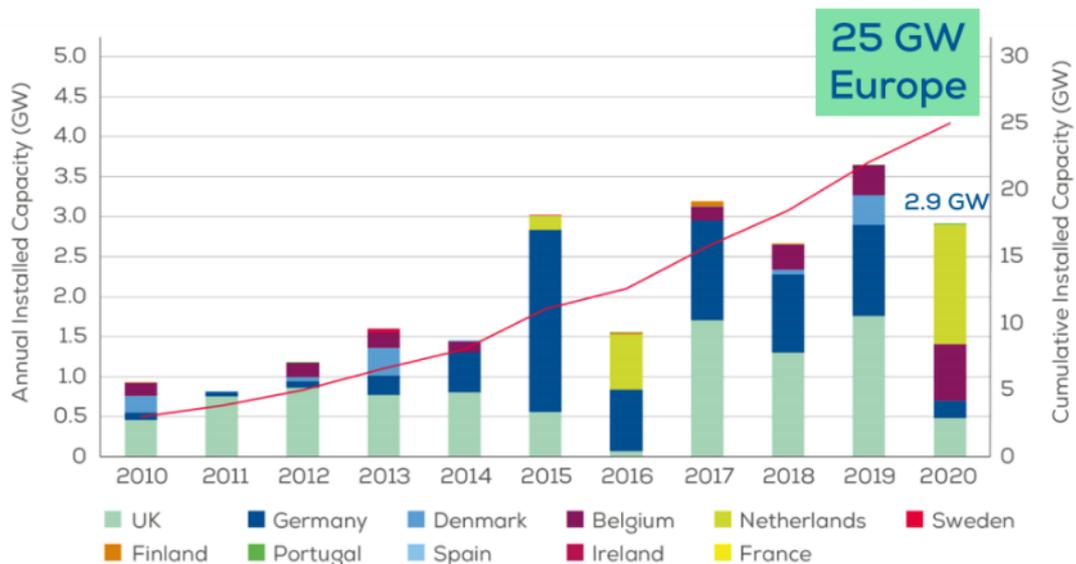


Figura 18: Potencia Instalada en Europa (MW), por país y año (Fuente: WindEurope).

En su mayoría, estos parques eólicos marinos son de cimentación fija, pero ya hay numerosos países que cuentan con parques eólicos marinos flotantes, como es el caso de Reino Unido (78 MW), Portugal (25 MW) y Noruega (3,6 MW), o que están desarrollándolos y los pondrán en servicio en los próximos años, como Francia (113,5 MW) y Noruega (88 MW).

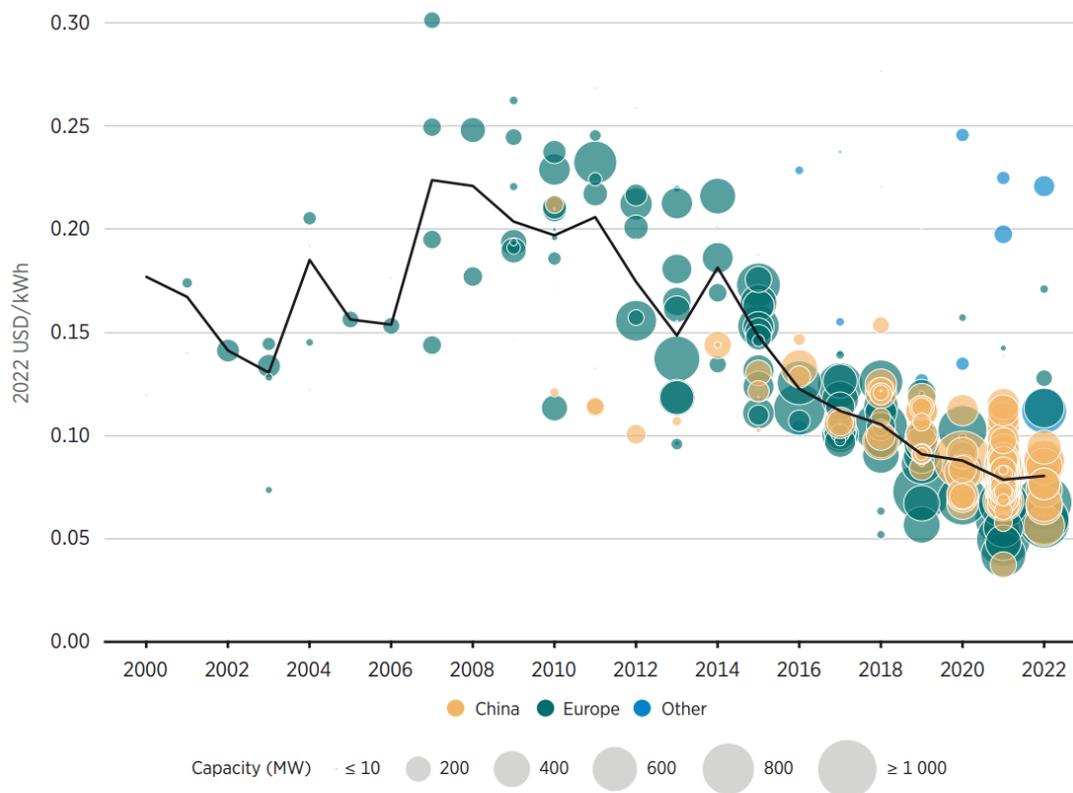
## 2 IMPACTO ECONÓMICO

### 2.1 ¿ES CARA LA EÓLICA MARINA?

Aunque actualmente la eólica marina pueda resultar menos competitiva que otras tecnologías de generación eléctrica, el desarrollo que ha experimentado recientemente supone que en unos años vaya a resultar más rentable que algunas de las tecnologías que hoy en día forman parte del mix de generación nacional. La situación presente de la tecnología de eólica flotante ya permite hoy en día la instalación de grandes parques comerciales.

Para intuir la evolución que experimentará la eólica marina flotante, se puede tomar como referencia la **cimentación fija**, tecnología que ha experimentado un avance impresionante desde la instalación de los primeros parques. Los esfuerzos en I+D+i enfocados a la reducción de costes, basados en turbinas eólicas de mayor tamaño y mejor aprovechamiento del viento, así como la optimización de las tecnologías implicadas y de sus procesos productivos, han permitido reducir radicalmente su LCOE.

Así, en las últimas subastas europeas, la eólica marina de cimentación fija ha conseguido reducciones muy significativas de precios, de hasta un 70% en tan sólo 5 años, pasando en las subastas de 150 €/MWh en 2014 a 44 €/MWh en 2019. Las mejoras tecnológicas y la creciente madurez de la industria resultan en una disminución de un 59% en el coste de la energía eólica marina en el periodo 2010 a 2022. Sólo en 2021, este coste bajó un 13%, estabilizándose o creciendo ligeramente en 2022 a 2024, en consonancia con el comportamiento del mercado de materias primas.



Source: (IRENA, 2023b).

Figura 19: Evolución coste ponderado de la energía eólica marina en USD/kWh (Fuente: IRENA 2022).

Los nuevos proyectos desarrollados en Europa han permitido un ahorro de costes de inversión y de mantenimiento todavía mayor, consiguiendo además factores de capacidad superiores al 50% en muchos emplazamientos.

Esto ha permitido que, en determinadas circunstancias, el LCOE de la eólica marina ya sea competitivo en algunos mercados europeos con el resto de tecnologías del mix energético, como es el caso de Alemania y Países Bajos, en los que se han otorgado proyectos sin necesidad de soporte adicional por parte del Estado (“zero-subsidy” o “merchant projects”), lo que supone una anticipación respecto a las predicciones más optimistas realizadas años atrás.

Según los análisis de la Agencia Internacional de la Energía (IEA), el desarrollo de la tecnología de cimentación fija permitirá alcanzar reducciones de un 40% adicional del LCOE para 2030, hasta valores entre 30-40 €/MWh, y del 60% para 2040 (Figura 20).

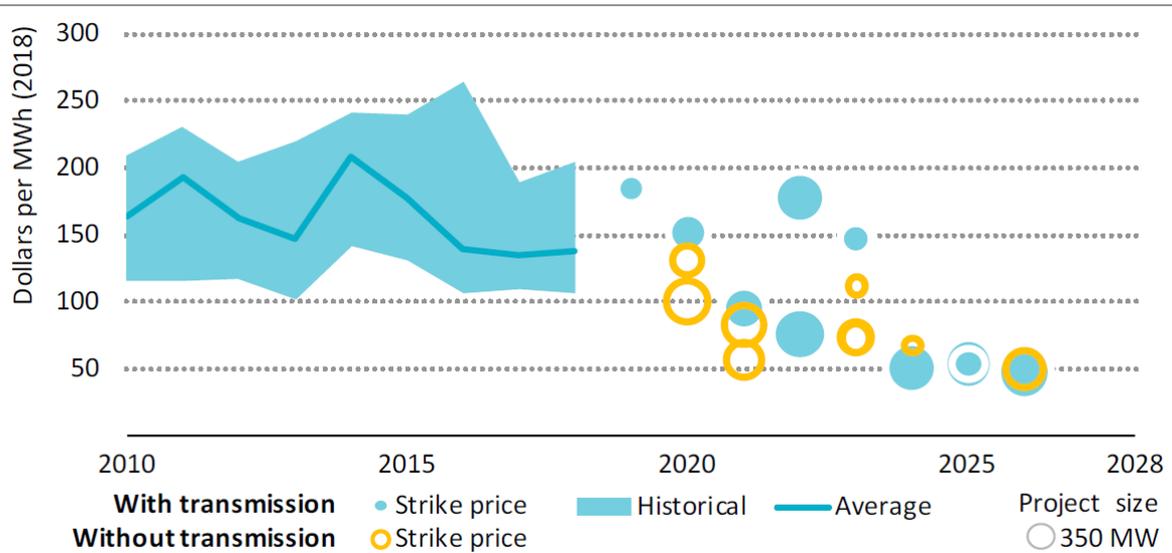


Figura 20: Evolución del LCOE y precios de adjudicación en subastas europeas (Fuente: IEA<sup>5</sup>).

Una de las claves de esta reducción de costes en Europa ha sido la economía de escala, en referencia al incremento progresivo de la potencia adjudicada, así como la selección de emplazamientos idóneos (elevada disponibilidad de recurso eólico, buenas condiciones geofísicas, etc.) y el aseguramiento del punto de conexión, eliminando del proyecto de esta forma los costes asociados al acceso a red.

En el caso de la **eólica marina flotante**, se espera que siga un camino paralelo a la de cimentación fija, reduciendo su LCOE un 66% en los próximos años<sup>6</sup>, disminuyendo los costes hasta llegar a los 40 €/MWh. Esta reducción puede ser incluso más pronunciada, dependiendo del volumen de proyectos, según la curva de experiencia de proyectos comerciales (Figura 21), siempre y cuando se proporcione la visibilidad adecuada en términos de volumen e industrialización.

<sup>5</sup> IEA (2019), *Offshore Wind Outlook 2019*.

<sup>6</sup> InnoEnergy (2020), *La región ibérica como un hub para el Desarrollo tecnológico y el liderazgo en el campo de la eólica marina flotante*.

**Targets:**

Pre-commercial:  
€180 - 240/MWh

First commercial array:  
€80 -100/MWh

Commercial:  
€40 – 60/MWh

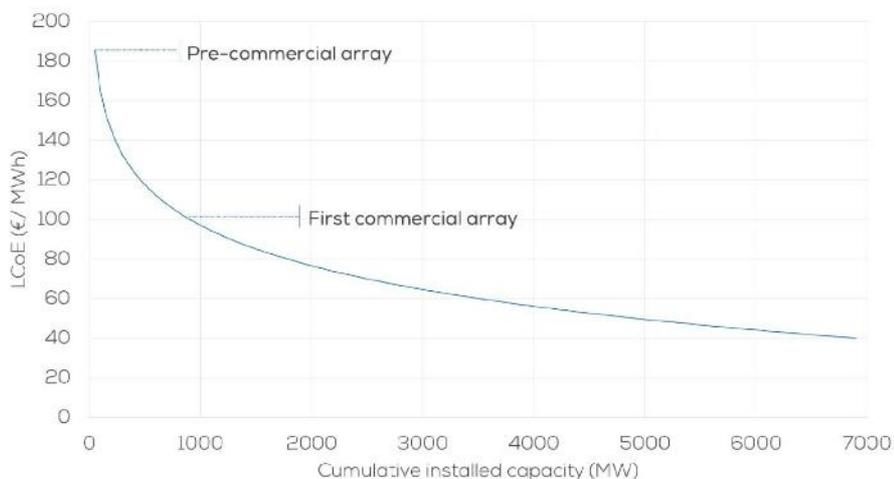


Figura 21: Reducción de costes (LCOE) de la eólica flotante en función de la potencia instalada acumulada (Fuente: WindEurope, 2019).

Los primeros proyectos comerciales que se están desarrollando en la actualidad (80-100 €/MWh) ya serían viables económicamente en ámbitos geográficos como Canarias, al ser inferiores a los costes de la generación eléctrica convencional.

## 2.2 ¿QUÉ BENEFICIOS ECONÓMICOS SUPONE EL DESARROLLO DE LA EÓLICA MARINA PARA ESPAÑA?

La promoción de la actividad tecnológica e industrial de la energía eólica marina flotante en España contribuirá a la mitigación de los efectos del cambio climático a través del desarrollo de una energía limpia y conllevará un impacto macroeconómico positivo a la región, derivado de la creación de empleo cualificado, aumento de las exportaciones y crecimiento del PIB nacional.

**España dispone ya de una capacidad industrial muy significativa, con una cadena de valor que compite en la exportación de componentes y servicios para los parques eólicos marinos del norte de Europa. Muchas de estas empresas nacionales ya se encuentran involucradas en proyectos de eólica marina desarrollados en el extranjero.** De las 13 plataformas flotantes que se han instalado a día de hoy en el mundo, 11 han sido fabricadas por empresas españolas.

La cadena de valor de la eólica marina se muestra en la Figura 22, la cuál es detallada para España en la Figura 23.

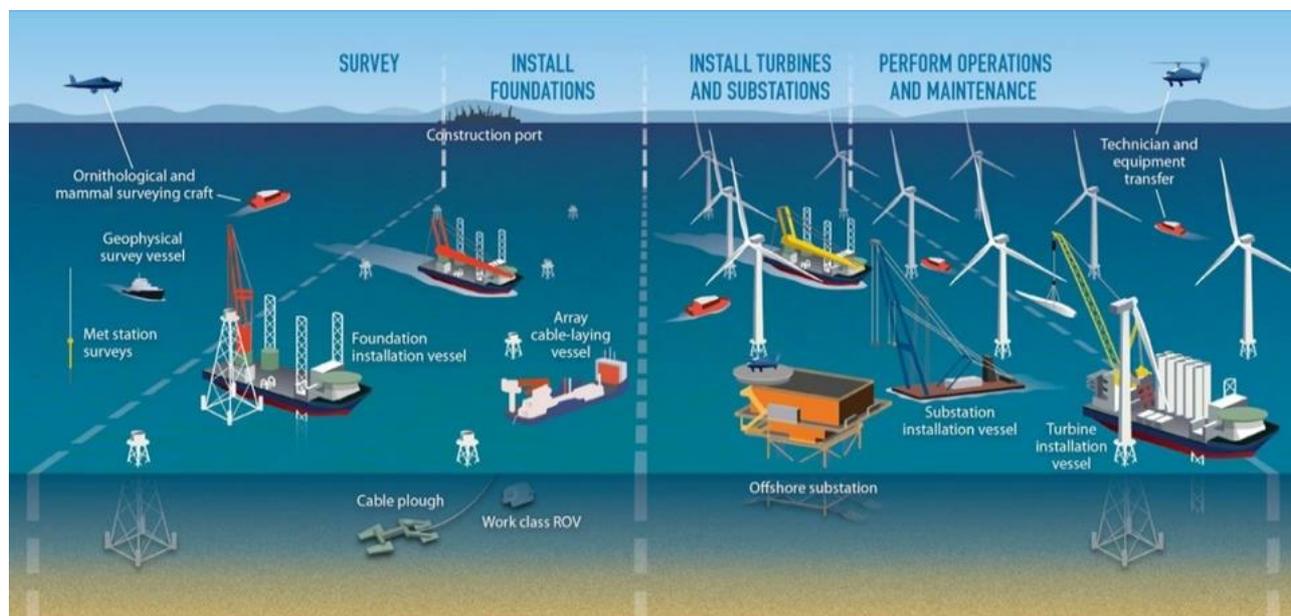


Figura 22: Cadena de valor del sector de la eólica marina.

Asimismo, España es líder en I+D+i y en desarrollo tecnológico de eólica marina, siendo el país que cuenta con un mayor número de patentes de soluciones flotantes en la actualidad. España cuenta con una red de centros de investigación, universidades y plataformas de ensayo que llevan más de 15 años desarrollando estudios y tecnologías ya aplicados a proyectos internacionales y que, con el desarrollo de la eólica marina en España, darán aún mayor impulso al sector nacional industrial y de

investigación. El conjunto de Infraestructuras Científicas y Técnicas Singulares ICTS-MARHIS constituye una red de centros de investigación en tecnologías marinas única en el mundo.

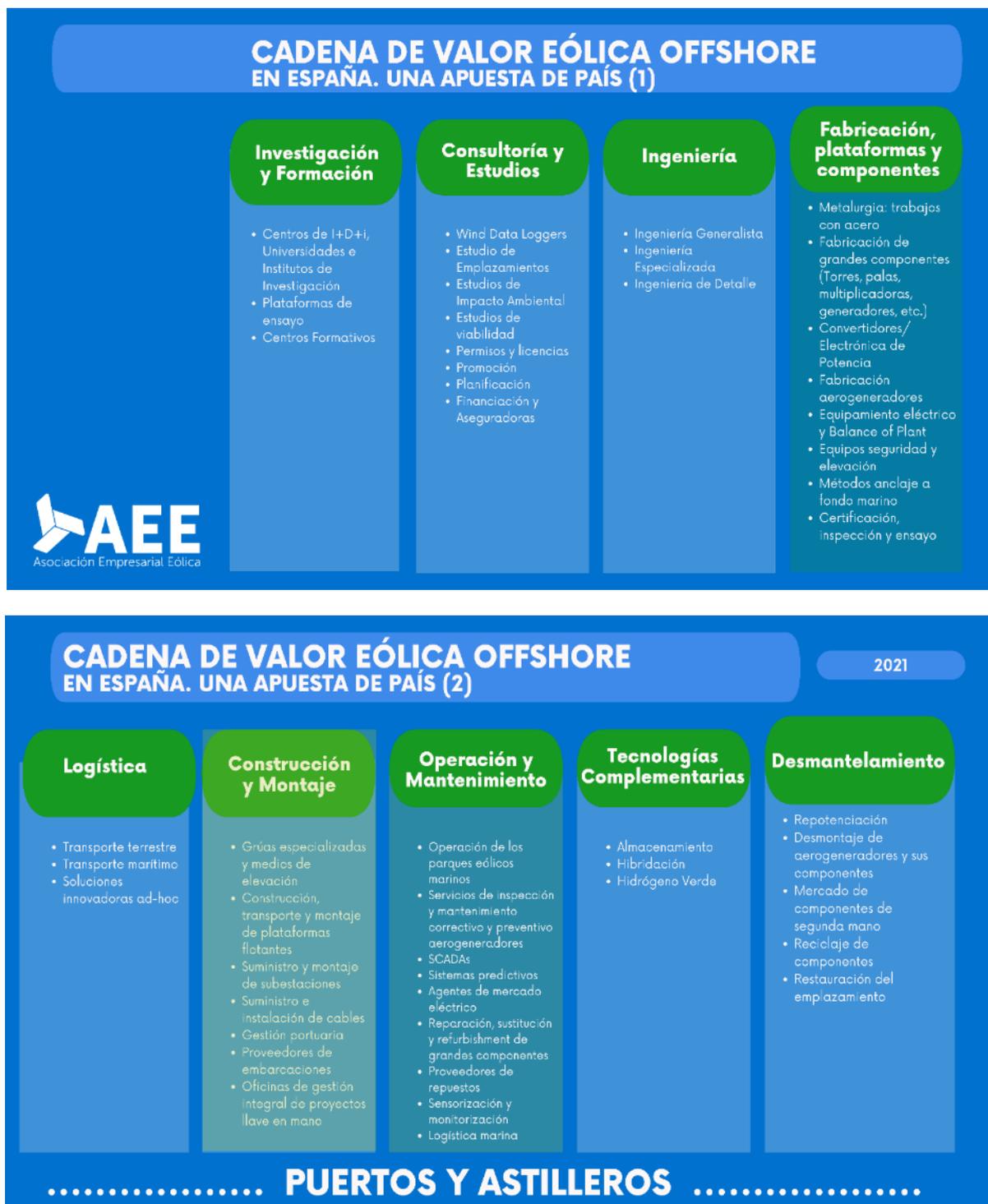


Figura 23: Cadena de valor de la eólica marina presente en España (Fuente: AEE).

Por último, España dispone de una potente red de puertos como polos de articulación de la actividad industrial asociada a los parques eólicos marinos, que puede mejorar sus capacidades y generar mayor actividad económica.

Por todo ello, **España tiene la oportunidad de convertirse en un hub industrial y de desarrollo tecnológico en eólica marina**, especialmente de tecnología flotante, lo que supondrá un crecimiento en las actividades económicas relacionadas.

Para ser capaces de aprovechar esta situación de liderazgo, asegurar el cumplimiento de objetivos y mantener la competitividad de las empresas españolas, es esencial desarrollar un mercado local en eólica marina flotante en el corto plazo, con un tamaño razonable para que genere un efecto tractor sobre la economía y la industria de las regiones costeras.

En este sentido, se han estudiado para España dos escenarios de impacto de la eólica marina flotante a nivel nacional a los que puede enfrentarse en el futuro en base a la apuesta que se haga por la tecnología en los próximos años<sup>7</sup>. En el primer escenario, de bajo impacto, donde sólo se instalarían 11 GW, la contribución al PIB de la eólica marina flotante alcanzaría los 4.681 M€ en 2050, suponiendo 24.688 empleos directos y 18.981 empleos indirectos.

Mientras tanto, en el segundo escenario, en el cual la eólica marina tenga un alto impacto y se instalen 22 GW (coincidente con las estimaciones de WindEurope para España), la contribución anual al PIB alcanzaría los 7.752 M€ en 2050, suponiendo 43.998 empleos directos y 33.828 empleos indirectos (Figura 24).

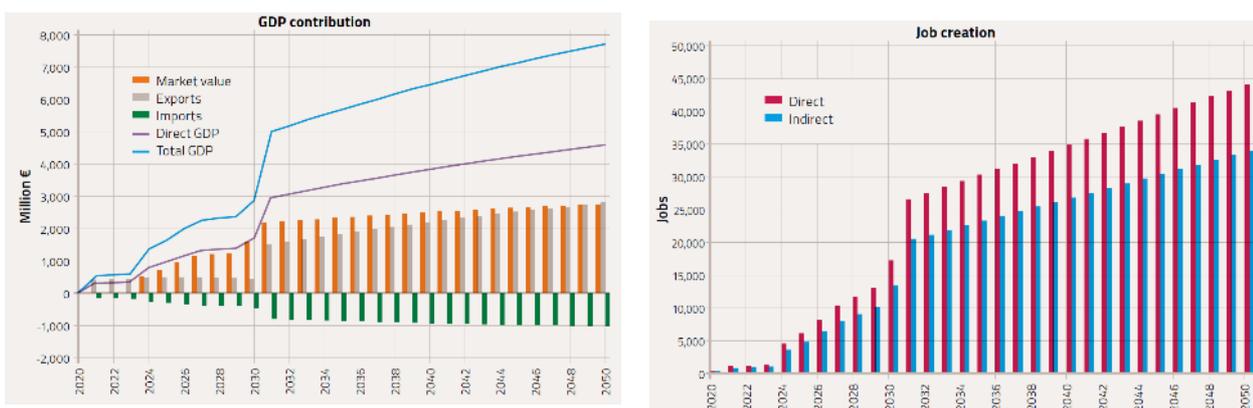


Figura 24: Análisis del impacto macroeconómico. Contribución al PIB en el escenario de alto impacto de la eólica marina (izquierda) y creación de empleo en el escenario de alto impacto de la eólica marina (derecha) (Fuente: EIR InnoEnergy, 2020).

<sup>7</sup> InnoEnergy (2020), *La región ibérica como un hub para el Desarrollo tecnológico y el liderazgo en el campo de la eólica marina flotante*.

Es importante remarcar que el **empleo generado será trabajo cualificado y de calidad**. Asimismo, en muchas ocasiones, podrán ser ocupados por trabajadores provenientes de las industrias del petróleo y gas por la similitud con la tecnología eólica marina, ayudando de esta manera a la transición energética que se llevará a cabo en los próximos años.

Por último, con el objetivo de dar una visión de los beneficios económicos y sociales que supondrá para la región y el país la instalación de un parque eólico, y no presentarlos únicamente a nivel macroeconómico, se muestran a continuación las conclusiones de un estudio realizado por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria considerando la instalación de un parque eólico de 200 MW en las Islas Canarias<sup>8</sup>. Los resultados mostrados son los agregados en los 28 años de vida del parque eólico, que incluye las fases de desarrollo, operación y desmantelamiento.

### **CASO DE ESTUDIO: PARQUE EÓLICO FLOTANTE EN CANARIAS DE 200 MW. APORTACIÓN PIB Y EMPLEO A 28 AÑOS**

En este caso de estudio se cuantifica la contribución económica en PIB y la necesidad de empleo de los proyectos de eólica marina.

#### **Contribución al PIB**

Como referencia, la contribución al PIB de un proyecto de eólica flotante del entorno de los 200 MW quedaría repartida en:

<b>FABRICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN</b> (en 5 años):	605 M€
<b>OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</b> (en 20 años):	218 M€
<b>DESMANTELAMIENTO</b> (en 3 años):	134 M€

#### **Necesidades de Empleo**

Las necesidades de empleo, contabilizando empleo directo, indirecto e inducido, para un parque de 200 MW:

<b>FABRICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN</b> (en 5 años):	2.701
<b>OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</b> (en 20 años):	205
<b>DESMANTELAMIENTO</b> (en 3 años):	627

<sup>8</sup> Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (2018), *Economic effects of a 200 MW offshore floating wind farm in the Canary Islands*.

## 2.3 ¿QUÉ OTROS SECTORES SE VERÁN FAVORECIDOS POR EL DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS ENERGÉTICAS MARINAS?

El desarrollo de la eólica marina supondrá un impulso al sector eólico importantes sinergias con otros sectores estratégicos de nuestra economía:

- Construcción naval y astilleros
- Ingeniería civil y consultoría
- Industria de la construcción. Grandes infraestructuras, metálicas y de hormigón
- Industria marítima auxiliar
- Gestión portuaria
- Universidades e Institutos de Investigación
- Equipamiento eléctrico

Para estos sectores, 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. Varios astilleros nacionales ya han participado en la construcción de las estructuras flotantes para algunos de los proyectos de eólica marina flotante más importantes desarrollados hasta el momento, como es el caso del puerto de Ferrol en la construcción de las plataformas flotantes para el proyecto de WindFloat en Portugal (Figura 25).



Figura 25: Puerto de Ferrol, donde se construyeron las plataformas flotantes para el proyecto WindFloat (Fuente:Vestas).

Resulta particularmente relevante la posibilidad de reconvertir infraestructuras portuarias para la fabricación y montaje de componentes de eólica marina, dado que los puertos son piezas centrales para el desarrollo de la eólica marina al jugar un papel central en la cadena de suministro local, en la logística y como infraestructuras de soporte.

En la actualidad, el grueso de la fabricación de torres, palas o góndolas de los parques eólicos marinos de todo el mundo, por sus elevadas dimensiones, se concentran en zonas costeras para facilitar la logística a los emplazamientos o puertos de pre-montaje. De esta manera, **los puertos y astilleros nacionales pueden constituirse como centros de construcción y operación de instalaciones de energía eólica marina para la realización del pre-montaje de las estructuras flotantes, atraque de los barcos instaladores y transporte de turbinas y otros elementos de los parques eólicos marinos** (Figura 26). Asimismo, tendrán un rol prominente en la producción y distribución de hidrógeno renovable y almacenamiento energético.



Figura 26: Construcción de una plataforma flotante en el Astillero de Fene, Ferrol<sup>9</sup>.

Por otro lado, el sector del metal basa la recuperación de su actividad y sus proyecciones de futuro en el desarrollo de la eólica *offshore*, la cual es una de sus principales apuestas, de manera que invertirán grandes sumas con el objetivo de mejorar su competitividad y poder adaptarse a esta tecnología<sup>10</sup>.

---

<sup>9</sup> Navantia (7 mayo 2021), *Navantia entrega la quinta plataforma flotante para el parque eólico de Kincardine*.

<sup>10</sup> ASIME (2020), *Offshore*. Recuperado el 27 de Noviembre de 2021: <https://asime.es/sector/offshore/>

## 3 IMPACTO AMBIENTAL

### 3.1 ¿QUÉ TIPO DE ESTUDIOS AMBIENTALES SON REALIZADOS PARA UN PARQUE EÓLICO MARINO?

Antes de proceder a la construcción y operación de un parque eólico marino, es necesario realizar extensos y detallados estudios de impacto ambiental para conseguir la **Declaración de Impacto Ambiental** (DIA) favorable.

Esta **Evaluación de Impacto Ambiental** de los parques eólicos marinos en España debe seguir el procedimiento ordinario y ser revisada tanto por el órgano ambiental, la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, como por el órgano sustantivo para su tramitación administrativa, la Dirección General de Política Energética y Minas. Ambas direcciones generales, las cuales forman parte de la estructura del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD), tendrán que aprobar dicha evaluación para que sea emitida la DIA favorable.



*Figura 27: Transporte de un aerogenerador marino para el proyecto de WindFloat Atlantic (Fuente: EDPr).*

Si bien la Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental lo establece como de carácter potestativo, dadas las especiales características de estos estudios en el medio marino en lo relativo a su complejidad, duración y costes asociados, así como la escasa experiencia previa en la evaluación de proyectos de eólica marina en España, se propone que estos estudios ambientales se lleven a cabo en dos fases:

1. La primera consiste en realizar un **Documento de Alcance de Estudio de Impacto Ambiental**, en el cual se incluya el probable impacto del proyecto sobre el medio ambiente, y un análisis preliminar de los efectos previsibles sobre los factores ambientales derivados del proyecto ante riesgos de accidentes graves o de catástrofes. Además, se deben incluir las alternativas consideradas, sus potenciales impactos, y un diagnóstico territorial y del medio ambiente afectado por el proyecto. Entre otros aspectos, se debe incluir:
  - Evaluación preliminar de repercusiones en los espacios Red Natura 2000.
  - Análisis preliminar de la compatibilidad con las estrategias marinas de la demarcación marina correspondiente.
  - Evaluación preliminar de las afecciones sobre los objetivos ambientales derivados de la Directiva Marco del Agua sobre las masas de agua y zonas protegidas.
  - Identificación preliminar de los efectos sinérgicos y acumulativos con otros parques eólicos existentes o autorizados en el entorno.
  - Propuestas de medidas preventivas y correctoras.
2. En la segunda fase, se elaboran los estudios ambientales necesarios para obtener la **Declaración de Impacto Ambiental (DIA)** favorable. Para ello, se caracteriza el estado inicial del medio en la zona el proyecto, basado en la realización de trabajos y estudios, la realización de un Inventario Ambiental, estudios específicos adicionales y en la identificación de los condicionantes territoriales.

Las campañas e investigaciones que se llevan a cabo en esta fase son:

1. Caracterización de hábitat y comunidades
2. Estudio anual de macrofauna marina (cetáceos, tortugas y avifauna)
3. Estudio del ruido submarino
4. Estudio de los recursos pesqueros, acuicultura y marisqueo
5. Caracterización masas de agua
6. Caracterización de sedimento
7. Caracterización hidrodinámica
8. Estudio de la afección de los campos electromagnéticos (CEMS). Parte marina
9. Estudio arqueológico
10. Estudio del impacto socioeconómico

El estudio de impacto ambiental es un procedimiento largo, pudiendo prolongarse varios años, y complejo, cuyo objetivo es identificar y evitar o minimizar los impactos medioambientales negativos que puede acarrear un proyecto de un parque eólico marino. Este estudio es sometido a un proceso de información pública, en el cual se pueden presentar alegaciones y comentarios al mismo, y, finalmente, debe conseguir la aprobación de distintos organismos.

La regulación española y los procedimientos establecidos en la Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental son lo suficientemente exigentes y garantistas para asegurar que la instalación de parques eólicos marinos se realiza en zonas viables desde el punto de vista medioambiental, y que no presentan afecciones significativas sobre los ecosistemas marinos.

Al igual que ocurre con el desarrollo de otras tecnologías renovables, la Administración dispone de los instrumentos necesarios para rechazar cualquier proyecto de eólica marina que no cumpla con los requisitos medioambientales exigidos.

### 3.2 ¿CUÁLES SON LOS IMPACTOS DE LA EÓLICA MARINA SOBRE LA BIODIVERSIDAD Y EL PATRIMONIO CULTURAL?

Los extensos estudios ambientales y las investigaciones realizadas por los promotores durante el desarrollo de un parque eólico para la obtención de la Declaración de Impacto Ambiental permitirán a las Administraciones obtener una gran cantidad de datos y valiosa información sobre el fondo marino y las condiciones hidrológicas de estas áreas, de forma que ésta pueda ser utilizada para ampliar o actualizar la base de datos de patrimonio cultural y mejorar nuestro conocimiento sobre el estado hidrológico de las aguas nacionales<sup>11</sup>. Así, **la eólica marina permitirá obtener un mejor conocimiento del patrimonio cultural marino y la biodiversidad** de las áreas donde se implante

Estos estudios y la recopilación de datos pueden continuar durante la fase de explotación de los parques eólicos, al poder usarse los aerogeneradores como observatorios marinos que sean herramientas para mejorar el conocimiento del medio marino, de la evolución de su estado, y del impacto real sobre este del desarrollo de energías renovables, así como de otros usos y actividades.

Entre otras actuaciones, las instalaciones de eólica marina permitirán:

- Monitorizar las principales variables meteorológicas marinas, el contenido en calor y el nivel del mar para llevar a cabo un seguimiento del cambio climático;
- Implementar servicios en tiempo real a través de alerta temprana de peligros oceánicos, y previsiones meteorológicas y marinas;
- Realizar el seguimiento y monitorización de la biodiversidad marina y la avifauna.

En cuanto **al impacto acústico**, los estudios llevados a cabo por BOEM (Bureau of Ocean Energy Management del Departamento de Interior), organismo público de los Estados Unidos, concluyeron que la contaminación acústica ambiental generada por un parque eólico marino era indetectable desde tierra, a 500m de distancia. A distancias de 50m desde el aerogenerador, los niveles de ruido

---

<sup>11</sup> Global Aqua Survey (2020), *Offshore wind farm development and underwater cultural heritage investigation*.

quedaban ocultos por el ruido ambiente. En cuanto a la contaminación acústica submarina, el estudio concluye que los niveles de ruido en las proximidades del aerogenerador eran inferiores a los umbrales de seguridad definidos para las diferentes especies marinas (umbrales TTS y PTS definidos por el National Marine Fisheries Service – NMFS. Marine) y que el riesgo de causar daño a los peces y mamíferos era insignificante<sup>12</sup>.

Aunque es necesario ampliar los estudios y una documentación más profunda del impacto acústico que pueden tener los aerogeneradores en el ambiente marino, este impacto es reducido y se pueden plantear medidas para su mitigación.

### 3.3 ¿QUÉ OPINAN LAS ORGANIZACIONES ECOLOGISTAS DE LA EÓLICA MARINA?

Múltiples asociaciones y organizaciones ecologistas no sólo aprueban la eólica marina, sino que la promueven al considerarla una de las tecnologías de generación eléctrica más ecológicas y cuidadosas con el medio ambiente.

De esta manera, en Europa se formó la *Offshore Coalition* entre 21 organizaciones como Siemens Gamesa, WindEurope y Orsted, y organizaciones ecologistas y ONG como Wildlife Trust, NABU, BirdLife International y WWF. El objetivo de esta coalición es **alinear el desarrollo de la eólica marina con la protección de los ecosistemas, apoyándose en una planificación colaborativa y comprensiva, y logrando de esta manera un despliegue sostenible de la tecnología offshore**.<sup>13</sup>

Greenpeace, ONG medioambiental con presencia a nivel mundial, ha mostrado reiteradamente a lo largo de los años su apoyo a esta tecnología<sup>1415</sup>. Ya en su informe *“Energía Eólica Marina en Europa”* afirmaban que los daños producidos a los ecosistemas por los parques eólicos marinos son inapreciables si los comparamos con una planta eléctrica convencional y que la eólica marina podía convertirse en el pilar del sistema europeo de suministro eléctrico.

En esta misma línea, Greenpeace UK en su reciente publicación, *“A Green Recovery. How we Get There”*, suscribe la importancia de esta tecnología, presentando como la primera prioridad política el conseguir que la eólica marina sea la columna vertebral del sistema eléctrico de Reino Unido con

---

<sup>12</sup> BOEM (2019), *Field Observations During Wind Turbine Operations at the Block Island Wind Farm, Rhode Island*.

<sup>13</sup> Offshore Coalition (2021), *Offshore Coalition for Energy and Nature*.

<sup>14</sup> Greenpeace (2020), *Darle la vuelta al Sistema*.

<sup>15</sup> Greenpeace (2005), *Renovables 2050. Un informe sobre el potencial de las energías renovables en la España peninsular*.

al menos 40 GW instalados en el país para 2030. Entre las medidas que proponen en dicho informe destaca:

*“Dar prioridad a la eólica marina como uso del espacio marítimo, por delante de la extracción de combustibles fósiles y de arenas, y de la pesca, y requerir al Estado designar sustancialmente más espacio marítimo para la energía eólica de la propuesta actualmente.”<sup>16</sup>*

La voluntad del sector eólico es avanzar hacia la coexistencia de los parques eólicos con las actividades pesqueras y otros usos del mar.

El apoyo de Greenpeace a la eólica marina se ha mostrado también en Italia, donde ha sido una de las organizaciones firmantes del *“Manifiesto para el desarrollo de la energía eólica marina en Italia, de conformidad con la protección del medio ambiente y el paisaje”*, junto con Legambiente (asociación ambientalista italiana), ENAV (Asociación Eólica Italiana) y Kyoto Club. En dicho manifiesto exponen su interés a la difusión de la eólica marina, pidiendo la revisión significativamente al alza de los objetivos del PNIEC italiano en esta tecnología, actualmente en 900 MW para 2030<sup>17</sup>.

Amigos de la Tierra (*Friends of the Earth*), red internacional de organizaciones medioambientales, apoya el despliegue de la eólica marina y ha pedido repetidas veces una mayor ambición para su desarrollo<sup>18</sup>.

En Australia, país donde todavía no existe eólica marina, esta organización ha realizado una propuesta del marco legislativo que requiere el país para permitir el despliegue de esta tecnología, y ha reiterado en numerosas ocasiones la necesidad y urgencia de que esta legislación sea aprobada<sup>19</sup>. *Friends of the Earth Australia* incluso está recogiendo firmas para pedir al Gobierno acelerar la creación de este marco legislativo que permita la aprobación y subsecuente construcción de parques eólicos marinos (Figura 28), destacando principalmente los



Figura 28: Recogida de firmas por Friends of the Earth Australia para la creación de un marco legislativo que permita el desarrollo de la eólica

<sup>16</sup> Greenpeace UK (2020), *A Green Recovery. How we Get There*.

<sup>17</sup> ANEV, Greenpeace, LEGAMBIENTE y Kioto Club (2020), *Manifiesto per lo sviluppo dell'eolico offshore in Italia, nel rispetto della tutela ambientale e paesaggistica*.

<sup>18</sup> Friends of the Earth (2017), *More investment for offshore wind welcomed*.

<sup>19</sup> Friends of Earth Australia (2019), *Making Australia a leader in Offshore Wind, Climate Action, Jobs*.

beneficios ambientales y sociales (creación de empleo local) de esta tecnología<sup>20</sup>.

Por su parte, Oceana, la mayor organización internacional centrada exclusivamente en la conservación de los océanos, la protección de los ecosistemas y las especies amenazadas también ve como positivo el desarrollo de la eólica marina, habiendo pedido en numerosas ocasiones que España siguiese el paso de países más avanzados en esta tecnología como Dinamarca<sup>21-22</sup>. De esta manera, han reclamado el apoyo al impulso de la eólica marina, llegando a pedir la instalación en España de un mínimo de 1.000 MW de eólica marina.

Tal como expone la WWF (*World Wildlife Fund*), ONG que tiene como objetivo la preservación del medioambiente y la reducción del impacto humano en el medio ambiente, en su informe de 2014 “*Environmental Impacts of Offshore Wind Power Production in the North Sea. A Literature Overview*” (Figura 29) afirmaba:

*“[...] con una planificación y unas medidas de mitigación adecuadas es posible construir parques eólicos marinos sin afectar al medio ambiente.”*<sup>23</sup>

Estas conclusiones, son especialmente positivas teniendo en cuenta que fueron realizadas sobre parques eólicos marinos de cimentación fija, mientras que los proyectados para España, de tecnología flotante, podrían tener aún menos impacto sobre el medio ambiente. Asimismo, se han hecho grandes avances en la reducción de los impactos de las instalaciones eólicas sobre su medio ambiente.

Es decir, las organizaciones ecologistas generalmente se posicionan a favor de la eólica marina, siempre que se planifique y estudie su impacto ambiental, lo cual se cumple en España gracias a los complejos y exhaustivos Estudios de Impacto Ambiental que deben ser elaborados y aprobados en cada proyecto.

Por su parte, otras organizaciones internacionales como NREL, del Departamento de Energía de Estados Unidos (U.S. Department of Energy) tienen entre sus objetivos el impulso de la eólica marina a través de interacciones positivas de esta tecnología con el medio ambiente<sup>24</sup>.

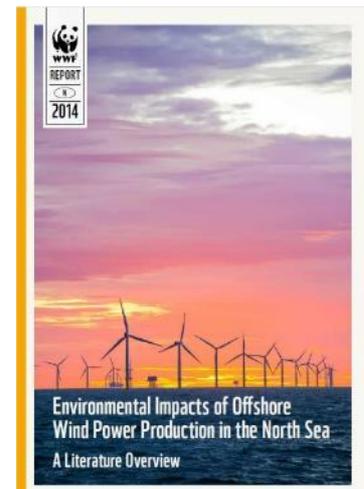


Figura 29: Informe WWF, Impactos Medioambientales de la Producción de Eólica Marina en el Mar del Norte.

---

<sup>20</sup> Friends of Earth Australia (2021), *TAKE ACTION: Time To Get A Move On With Offshore Wind*.

<sup>21</sup> Oceana (2011), *Oceana applauds offshore wind energy advances in Spain and Portugal*.

<sup>22</sup> Oceana (2015), *Offshore Energy by the Numbers. An Economic Analysis of Offshore Drilling and Wind Energy in the Atlantic*.

<sup>23</sup> WWF (2014), *Environmental Impacts of Offshore Wind Power Production in the North Sea. A Literature Overview*.

<sup>24</sup> NREL (2019), *Wind Energy and Wildlife Share Future in the Skies and Seas*.

### 3.4 ¿CUÁL ES EL IMPACTO PAISAJÍSTICO DE LA EÓLICA MARINA?

El potencial impacto visual de los parques eólicos marinos en las zonas costeras se ha convertido en una de las principales preocupaciones relacionadas con esta tecnología. El conflicto surge por el miedo de la población a los impactos visuales que pueden tener estos desarrollos energéticos y las posibles restricciones que pueden conllevar en el uso de ciertas áreas marinas.

Sin embargo, **las grandes distancias desde la costa a las cuales se construyen los parques eólicos marinos suponen que el impacto visual de los mismos sea muy limitado y pueda verse reducido con una correcta planificación** (Figura 30). Las zonas definidas en los borradores de los POEM para el desarrollo de la eólica marina en la Península se encuentran a una media de 15,6 km de la costa.



Figura 30: Ejemplo del impacto visual de 121 aerogeneradores a 13 km (8 millas) de la costa (Fuente: Nik Hennessy / Macroworks).

Así, diversos estudios internacionales muestran que, aunque los parques eólicos marinos puedan llegar a tener un efecto en el turismo, éste es reducido y puede mitigarse con una correcta planificación<sup>25</sup>. Algunos de estos ejemplos:

- Estudio sobre la eólica marina en Reino Unido y su relación con la economía del turismo<sup>26</sup>, en el cual se concluye que:

---

<sup>25</sup>Scottish Government (2008), *The Economic Impacts of Wind Farms on Scottish tourism*.

<sup>26</sup> Cleary, S. (2020), [Offshore Wind Farm Construction and Tourism](#).

*“Los estudios recientes realizados para Scottish Power Renewables evaluaron las evidencias empíricas en la relación entre la construcción de parques eólicos marinos y el sector turístico local en Inglaterra. Este estudio concluyó que la construcción de parques eólicos marinos no tiene un impacto en la economía turística local.”*

- Estudio sobre el potencial impacto económico de los parques eólicos y su infraestructura asociado en el sector turístico de Gales<sup>27</sup>:

*“[...] el análisis realizado en este estudio ha mostrado que, por lo general, es muy improbable que el desarrollo de parques eólicos marinos afecte a las áreas clave para el turismo y los activos para visitantes en Gales.”*

- Encuesta a turistas en Quebec: La mayoría de los turistas no cree que el hecho de encontrarse con plantas eólicas sea algo decisivo para elegir el lugar de destino turístico <sup>28</sup>.

De hecho, en ciertos parques eólicos marinos de Estados Unidos y Dinamarca se organizan visitas turísticas, en las que se permite a los visitantes acercarse a los aerogeneradores (Figura 31).



Figura 31: Visita turística al Parque Eólico Marino de Block Island, en Estados Unidos (Fuente: The Block Island Ferry)

---

<sup>27</sup> Regeneris Consulting Ltd (2014), *Study into the Potential Economic Impact of Wind Farms and Associated Grid Infrastructure on the Welsh Tourism Sector*.

<sup>28</sup> Fortin, M.J. et al. (2017), *Impact des paysages éoliens sur l'expérience touristique*.

Este interés por la energía eólica marina puede ser comprobado también en España, en el único aerogenerador instalado hasta la fecha en el mar en las instalaciones de PLOCAN (Figura 32). Las observaciones y comentarios que se reciben respecto a este aerogenerador, cercano y muy visible desde la costa, no están relacionadas con su impacto paisajístico, sino al contrario, con el hecho de que no siempre se le puede ver en funcionamiento por la ausencia de viento.



*Figura 32: Proyecto ELISA de ESTEYCO, instalado en PLOCAN (Fuente: La Provincia. Autora: Yaiza Socorro).*

Algunas medidas que se pueden implementar para reducir las posibles objeciones locales incluyen la posibilidad de permitir la navegación a través del parque eólico para las embarcaciones recreacionales, o diseñar parques eólicos marinos multifunción, combinándolos con otras actividades como pueden ser las turísticas.

## 4 INTERACCIONES CON OTROS USOS DEL MAR

### 4.1 LA EÓLICA MARINA EN LOS PLANES DE ORDENACIÓN DEL ESPACIO MARÍTIMO

Una de las mayores preocupaciones del sector pesquero respecto a la eólica marina es la ocupación que supondrán los parques eólicos en el espacio marítimo. Sin embargo, ¿Cuánto va a representar realmente el desarrollo de la eólica en España?

En primer lugar, las aguas sobre las que España tiene soberanía se extienden hasta una distancia de 200 millas náuticas desde la costa nacional, en lo que se ha denominado **Demarcaciones Marinas**, que son constituidas por el mar territorial (desde la costa hasta una distancia de 12 millas náuticas), la Zona Económica Exclusiva (ZEE, desde el límite exterior del mar territorial español hasta una distancia de 200 millas náuticas desde la costa), y la plataforma continental. Las Demarcaciones Marinas son el espacio marino sobre el cual se desarrollan las Estrategias Marinas y los Planes de Ordenación del Espacio Marino (POEM).

La **Ordenación del espacio marítimo (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. 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.

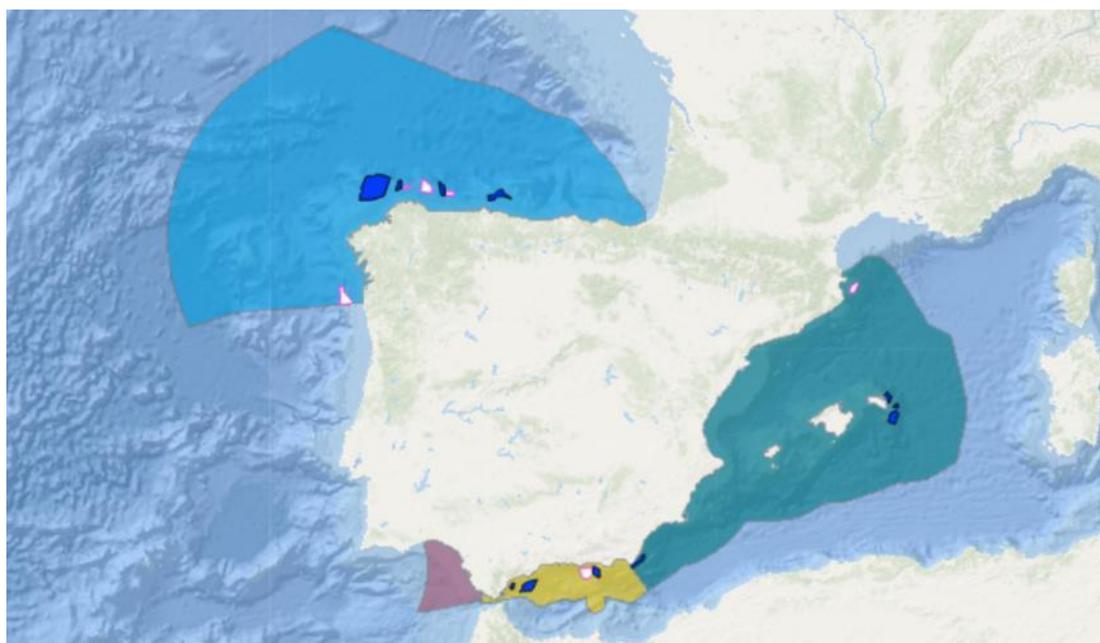


Figura 33: Zonas eólicas de uso prioritario, ZUPER (en rosa), y de alto potencial, ZAPER (en azul oscuro), dentro de las cuatro Demarcaciones Marinas peninsulares (Fuente: INFOMAR).

Así, los **POEM** limitarán las zonas de las Demarcaciones Marinas donde los parques eólicos marinos podrán ser desarrollados. Fuera de estas, no se podrán construir proyectos eólicos. Estas áreas marcadas en los POEM donde tendrán que ubicarse los parques eólicos se han dividido en zonas de uso prioritario (**ZUPER**) y zonas de alto potencial (**ZAPER**). En la Figura 33 se muestran tanto las zonas ZUPER, en rosa, como las ZAPER, en azul oscuro, dentro de las Demarcaciones Marinas peninsulares.

**La suma de las superficies de ambos tipos de zonas para eólica marina, únicas áreas donde va a ser posible desarrollar parques eólicos marinos, representa el 0,7% del área total de las Demarcaciones Marinas (DM) españolas.** Esta información se detalla en la Tabla 1, siendo la columna de Offshore la suma de las áreas ZUPER y ZAPER.

*Tabla 1: Análisis de la ocupación de las zonas de eólica marina dentro de las Demarcaciones Marinas.*

DM	DM (km2)	ZUPER (km2)	ZAPER (km2)	Offshore (km2)	Offshore /DM (%)
NOR	314.924	1.260	3.195	4.455	1,4%
LEBA	232.961	250	921	1.171	0,5%
ESAL	24.991	604	995	1.599	6,4%
CAN	486.168	201	526	727	0,1%
SUD	14.086	0	0	0	0,0%
<b>TOTAL</b>	<b>1.073.130</b>	<b>2.315</b>	<b>5.636</b>	<b>7.951</b>	<b>0,7%</b>

En segundo lugar, es necesario tener en cuenta que **los aerogeneradores no ocuparán la totalidad de las áreas definidas para eólica marina.**

La distribución de los aerogeneradores dentro de un parque eólico marino depende de cada proyecto, pero existen unos criterios de diseño generales aplicables a todos los parques eólicos: es necesario mantener una distancia mínima entre máquinas de al menos 7 diámetros en la dirección dominante del viento (aproximadamente 1,5 km), y de al menos 4,5 diámetros en la dirección no dominante (aproximadamente 1 km). Es decir, para la misma potencia instalada, a mayor tamaño del aerogenerador:

- Menor número de aerogeneradores requeridos
- Mayor separación entre ellos

A esto hay que sumar que es necesario adaptarse al fondo marino y que puede ser necesario dejar franjas para el paso de embarcaciones y espacios entre parques eólicos para que no se afecten mutuamente al rendimiento. Esto conlleva que se obtiene para la eólica marina una densidad energética en las ZUPER/ZAPER de aproximadamente **3 MW/ km<sup>2</sup>**.

Por otro lado, el objetivo a 2030 planteado en la Hoja de Ruta para la Eólica Marina publicada a finales de 2021 es de 3 GW de eólica marina<sup>29</sup>. Teniendo en cuenta la densidad energética resultado del párrafo anterior, supone que se requieran aproximadamente **1.000 km<sup>2</sup>**, área que representa el **43,2% del área total de las ZUPER (donde se priorizará el desarrollo de la eólica marina) y el 12,6% de la suma de las áreas donde podrán ubicarse los parques eólicos marinos según los POEM (Offshore = ZUPER+ZAPER)**. Además, dicha superficie supone únicamente el 0,09% del área total de las Demarcaciones Marinas. Este análisis de muestra resumido en la Tabla 2.

Tabla 2: Análisis de la ocupación de la eólica marina para conseguir el objetivo de capacidad instalada de 3 GW.

Área Total DM	1.073.130 km <sup>2</sup>
Área Offshore (km <sup>2</sup> )	7.951 km <sup>2</sup>
Área ZUPER (km <sup>2</sup> )	2.315 km <sup>2</sup>
Área ZAPER (km <sup>2</sup> )	5.636 km <sup>2</sup>
Offshore/DM (%)	0,7%
Área 3 GW (km <sup>2</sup> )	1.000 km <sup>2</sup>
Área 3 GW/ Offshore (%)	12,6%
Área 3 GW/ DM (%)	0,09%

Por último, es necesario tener en cuenta que, tal como marcan los borradores de los POEM, los proyectos de parques eólicos marinos a desarrollar en estas zonas deberán cumplir, entre otros, con los siguientes criterios:

- i. Los parques eólicos marinos ocuparán el menor espacio marino posible.
- ii. Se procurará **identificar**, siempre que sea posible, **aquellas artes de pesca y/o acuicultura que podrían coexistir con el parque eólico y**, en esos casos, **facilitar dicha coexistencia**.
- iii. Se procurará identificar las tipologías de embarcaciones que podrían **navegar** dentro del campo de explotación comercial, y en esos casos, facilitar dicha posibilidad.
- iv. Se deberá facilitar la necesaria permeabilidad de las ZUPER, para garantizar el tránsito de las embarcaciones, en especial de la flota pesquera que sale a faenar desde distintos puntos del litoral. Si fuera necesario, se establecerán franjas de tránsito adicionales a las ya previstas por la disposición de los polígonos de las ZUPER.

Los trazados de evacuación de la energía eléctrica hasta tierra se diseñarán siguiendo criterios como la ocupación del menor espacio marino disponible, utilización de cableado u otras infraestructuras pre-existentes, y se cuidará la afección en trazado.

<sup>29</sup> Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2021), *Hoja de Ruta para el desarrollo de la Eólica Marina y de las Energías del Mar en España*.

## 4.2 DESARROLLO DE LOS PROYECTOS DE EÓLICA MARINA

El desarrollo de la eólica en España será paulatino. Es decir, a pesar del elevado número de parques eólicos marinos publicitados en la prensa, sólo una pequeña porción llegará a construirse, tras superar un proceso de concurrencia competitiva y una exhaustiva tramitación ambiental que asegurará que estos parques y su efecto sobre el resto de los usos del mar sea el mínimo posible.

Tomando como ejemplo el caso de Canarias, a principios de 2022 habían salido publicados hasta 16 proyectos sumando cerca de 1.500 MW. Sin embargo, la mayor parte de ellos no se llevarán a cabo dado que:

- No todos ellos estarán ubicados dentro de las áreas destinadas a eólica marina que marcará la versión definitiva de los POEM, por lo que no serán considerados.
- Algunos de los proyectos podrían ser descartados durante el proceso de Evaluación Ambiental.
- La potencia actual del sistema eléctrico canaria, sumando las diferentes tecnologías de producción de electricidad, resulta en 3.000 MW. Es decir, es irreal pensar que en la próxima década vaya a aumentar la potencia instalada en un 50%, las islas no podrían absorber ese aumento.
- Muchos de los proyectos publicitados están planificados para ocupar el mismo espacio físico, por lo que será necesario elegir cuál podrá ser el que se desarrolle.

Las dos últimas razones implican que se requerirá un proceso competitivo en las áreas que finalmente se designen en los POEM como aptas para eólica marina para determinar qué proyectos se construirán finalmente. Al final, la previsión es que en Canarias se instalen en los próximos años aproximadamente 310 MW<sup>30</sup>.

Esta situación se replica en toda España. **Muchos de los proyectos anunciados no llegarán a realizarse.**

El proceso de concurrencia competitiva referido en párrafos anteriores tendrá en cuenta los objetivos marcados para la eólica marina, las áreas definidas en los POEM que limitan dónde pueden desarrollarse parques eólicos, y la planificación de la red de transporte. De esta forma, el Gobierno será el encargado de lanzar los procesos de concurrencia competitiva definiendo cuándo se realizan y los hitos de los mismos, para qué áreas dentro de las zonas de los POEM, y la capacidad máxima de los parques eólicos a instalar en ellas.

EL promotor (o promotores) que resulten adjudicados recibirán un contrato por el precio para la venta de electricidad, la reserva del espacio marino y el acceso a la red eléctrica.

---

<sup>30</sup> Gobierno de Canarias (2017), *Estrategia Energética de Canarias 2015-2025. Documento Preliminar*.

Las propuestas no son proyectos ciertos hasta que no superan un concurso gestionado por las Administraciones (Figura 34).

Los proyectos adjudicados en el concurso necesitan posteriormente un **proceso profundo y detallado de autorización**, incluyendo la obtención de la Declaración de Impacto Ambiental favorable (DIA).

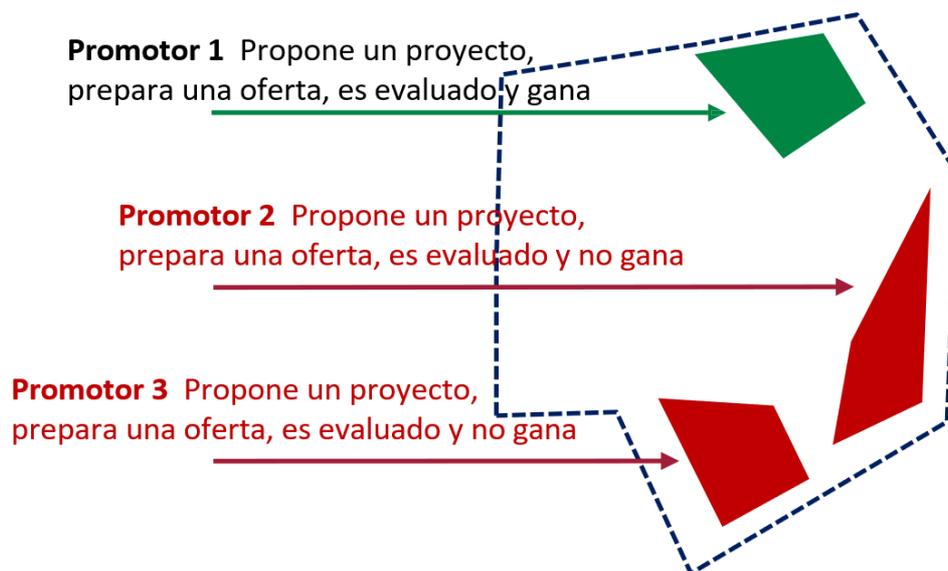


Figura 34: Proceso de concurrencia competitiva enmarcado en un área determinada definida en el POEM (Fuente: AEE).

### 4.3 INTERACCIONES DE LOS PARQUES EÓLICOS MARINOS CON LA ACTIVIDAD PESQUERA

La novedad de la inclusión de la eólica marina en los POEM y su próximo desarrollo en España está siendo visto por diversos sectores como una amenaza, entre los que se encuentra la pesca. En los análisis que se están llevando a cabo se está catalogando a la eólica marina y la pesca como incompatibles, tratando para ello a las distintas artes de pesca como un todo. Sin embargo, esta afirmación es incorrecta, dado que **ambas industrias pueden llegar a coexistir** teniendo en cuenta el arte de pesca utilizada y estudiando proyecto a proyecto las posibles limitaciones o actuaciones a llevar a cabo para que esta cohabitación sea posible (Figura 35). Por otro lado, se están obviando los posibles efectos positivos que puede conllevar la instalación de parques eólicos en el mar, como es el caso del efecto reserva.

En este apartado se presentan las posibilidades de coexistencia entre la actividad pesquera y la eólica marina, así como los beneficios que pueden suponer los parques eólicos marinos para la pesca y las comunidades locales, tal como muestran diversos estudios y experiencias internacionales.



*Figura 35: Coexistencia de pesca pasiva y energía eólica  
(Fuente: Lorelei Stevens).*

#### 4.3.1 DISTINTAS AFECCIONES PARA DISTINTAS ARTES DE PESCA

En primer lugar, al considerar las interacciones de la eólica marina con la actividad pesquera, en primer lugar, es importante tener en cuenta que las zonas reservadas para la eólica marina, por lo general, no interfieren con los caladeros de pesca e, incluso en las ocasiones que sí lo hacen, los parques eólicos ocuparán una superficie muy reducida con respecto al área total del caladero.

La pesca puede ser dividida en diversas artes, siendo la interacción de cada una de ellas con la eólica marina diferente. Las artes de pesca pueden ser clasificadas en activas, aquellas que se desplazan en el medio acuático al encuentro de la especie objeto (e.g. redes de arrastre), y pasivas, aquellas carentes de movimiento, que permanecen fijas, siendo la especie objeto la que va en su encuentro.



*Figura 36: Coexistencia de la pesca con parques eólicos marinos  
(Fuente: WindEurope).*

##### A. INTERACCIONES CON LA PESCA PASIVA Y ARTES MENORES

La pesca pasiva (pesca con palangres y al curricán, por ejemplo), tanto comercial como recreativa, es compatible con los parques eólicos marinos, estudiando en cada caso la longitud máxima del palangre a utilizar y considerando si es o no de superficie.

La pesca con artes menores (enmalle o enredo, anzuelo y de trampa), las cuales son de bajura, están ligadas por lo general a embarcaciones de poca envergadura y a los métodos más artesanales. Estos tipos de pesca suelen llevarse a cabo en aguas someras, por lo que, en la mayor parte de los casos, no se verán afectadas por las zonas eólicas. En los casos en los que sí que exista ese solapamiento, la pesca pasiva y las artes menores de pesca pueden ser compatible con la eólica marina, aunque deberá ser estudiado en cada proyecto. En estos casos, una comunicación activa y temprana permitirá maximizar la coexistencia de ambas actividades.

## B. INTERACCIONES CON LA PESCA ACTIVA

Existen varios tipos de pesca activa (cerco, arrastre y las redes de tiro) y, según el arte de pesca utilizado, su compatibilidad con la generación de energía eólica marina varía (Figura 37). En este aspecto es necesario considerar que los parques eólicos ubicados a menos de 200 m de profundidad no tendrían impacto en las artes de pesca activa, al requerir esta profundidades superiores.

1. **Pesca de Cerco.** Pesca especies cuya costumbre es formar cardúmenes en superficie o a media profundidad mediante la formación de un cerco de red alrededor de ellos. Este tipo de redes no llegan al fondo marino, por lo que no afectarían a los cables submarinos, pero sí podrían afectar a los cables de amarre de las estructuras flotantes.

Su coexistencia con los parques eólicos marinos debería ser estudiado caso a caso, dado que dependería del tamaño de las embarcaciones y redes utilizadas. Además, al ser pesca realizada principalmente en horario nocturno, es importante dotar al parque eólico de una señalización suficiente.



*Figura 37: Pesca en parques eólicos marinos  
(Fuente: West of Morecambe Fisheries Limited).*

2. **Pesca de Arrastre.** Esta pesca se realiza mediante el arrastre de fondo u otras artes que entran en contacto con el fondo oceánico, lo que puede producir daños a los cables y otras infraestructuras submarinas. Por lo tanto, presenta incompatibilidades con los parques eólicos y otras infraestructuras marinas.
3. **Pesca por Redes de Tiro.** Mezcla entre la de cerco y la de arrastre, al no llegar sus redes al fondo marino, podrían coexistir con las instalaciones de los parques eólicos. Además, al no requerir tanta superficie como la pesca de cerco, tendrían menos restricciones de dimensión a la hora de acceder a un parque eólico marino.

Por lo tanto, aunque la eólica marina sí pueda suponer limitaciones a ciertas artes de pesca activa, con la planificación y estudios adecuados pueden minimizarse o compensarse. Asimismo, en ciertos casos, los parques eólicos que supongan la limitación de la pesca pueden convertirse en zonas de cría que beneficien las zonas aledañas donde sí se pueda faenar (efecto reserva). Este hecho se está comprobando en parques europeos, especialmente en Reino Unido, aunque se necesitan más años de investigación para corroborar esta tendencia.

A modo de resumen y con carácter general, dentro de los parques eólicos, los cuales en los casos que sean instalados dentro de caladeros de pesca, ocuparán una superficie mínima de los mismos, **las artes de pesca que no utilicen técnicas que perturben el fondo marino y no entren en conflicto con las cadenas y cables de amarre de las plataformas flotantes, pueden coexistir con los parques eólicos marinos**, siendo de gran importancia el diálogo temprano entre los agentes involucrados.

En la Tabla 1 se muestran las políticas que se están siguiendo en diversos países europeos donde la eólica marina de cimentación fija ya es una realidad. Así, se puede comprobar como la pesca puede coexistir con los parques de eólica marina, dependiendo del arte de pesca utilizada.

*Tabla 1: Resumen de las políticas de pesca en parques eólicos marinos (Fuente: WindEurope).*

	Bélgica	Alemania	Dinamarca	Francia	Países Bajos	Reino Unido
Tránsito	Sí. En zonas de concesión.	Sí. Se definen condiciones.	Sí. Estudio caso a caso.	Sí	Sí. Periodo de evaluación de <24 meses.	Sí
Pesca Pasiva	Sí. En zonas de concesión.	No	Sí. Estudio caso a caso.	Sí	Sí. Periodo de evaluación de <24 meses.	Sí
Pesca de Arrastre	No	No	No	Sí. Estudio caso a caso.	No	Sí

En cualquier caso, existen todavía pocas referencias sobre la interacción entre la pesca y la eólica flotante, la tecnología de mayor potencial en España, por lo que resulta precipitado concluir la exclusión de actividades.

#### 4.3.2 IMPACTO DE LA EÓLICA MARINA EN LA PESCA EN ESPAÑA

Según datos de Secretaría General de Pesca, a 31 de diciembre de 2020 (últimos datos publicados) la flota española estaba compuesta de 8.839 buques, con un arqueo total de 329.571,86 GT. Sólo el 36% de dicho tonelaje de arqueo pertenecía a buques que faenaban en aguas nacionales<sup>31</sup>. Es decir, **la mayor parte de la capacidad de arqueo nacional no se verá en ningún caso afectada por el desarrollo de la eólica marina en España dado que su área de actividad se encuentra fuera de las aguas nacionales.**

De los buques que sí faenan en caladeros nacionales, **el 82% de las embarcaciones se dedican a la pesca con artes menores.** Como se ha tratado en el apartado anterior, esta modalidad de pesca podría **coexistir con la eólica marina en los casos que haya solapamientos entre ambos usos.** Es también necesario recordar que este solapamiento será mínimo dado que este tipo de pesca se lleva a cabo en aguas someras. Sin embargo, la modalidad de arrastre, la cual sí se vería afectada por la eólica marina, sólo representa el 9% de los buques de la flota que faena en caladeros nacionales (el 1,42% sí únicamente se consideran los caladeros del Cantábrico y Noroeste).

Por otro lado, la distancia necesaria entre aerogeneradores (aproximadamente de 1 km), supone que los buques de menor longitud de eslora facilitarán la coexistencia entre ambos usos del mar. Así, según datos de la S.G. de Pesca, del total de buques pesqueros nacionales, el 73% tiene una eslora menor a 12 m, y el 92% menor a 24 m. Del 8% restante, una parte importante de las embarcaciones faenan en aguas internacionales.

Por lo tanto, podemos afirmar que **el impacto de los parques eólicos marinos previstos en España sobre la actividad pesquera es muy reducido,** teniendo en cuenta que:

- La superficie ocupada por las zonas donde podrá desarrollarse la eólica marina representa únicamente el 0,7% de todas las aguas españolas.
- El diseño y la configuración de los parques eólicos marinos son compatibles con la mayoría de las artes de pesca. La coexistencia de actividades es posible, excepto para la pesca de arrastre.
- El número de embarcaciones dedicadas a la pesca de arrastre en España representa únicamente el 9% del total de embarcaciones que faenan en caladeros nacionales.

Por ello, **con un diálogo temprano entre el sector eólico y la pesca se puede lograr la coexistencia de ambos usos del mar.**

---

<sup>31</sup> Secretaría General de Pesca (2021), *La Flota Española. Situación a 31 de diciembre de 2020.*

#### 4.3.3 EXPERIENCIA INTERNACIONAL

La experiencia en otros países ha mostrado que **el diálogo, la comunicación y el establecimiento de reglas claras permiten la coexistencia y cooperación de ambos sectores en el mismo espacio marino**. Algunos ejemplos:

- **Orsted**, empresa eólica, ha trabajado con **Holderness Fishing Industry Group** investigando los efectos del parque eólico marino de Westermost Rough en Reino Unido (Figura 38)<sup>32</sup>.



*Figura 38: Pescadores del Holderness Fishing Industry Group en el parque eólico de Orsted (Fuente: West of Morecambe Fisheries Limited).*

- **Equinor** mantiene un marco de colaboración con el **Gobierno de Escocia** para el desarrollo de estudios de compatibilidad de la eólica marina con las actividades pesqueras. En 2022 se desarrollarán estudios entre Equinor y Marine Scotland en el parque eólico *Hywind*, para analizar la compatibilidad con la pesca mediante nasas y *jigging lines* (Figura 39).

---

<sup>32</sup> Orsted (2020), *Caring for offshore habitats. Collaborating with fishermen globally.*



*Figura 39: Embarcación de investigación en el parque eólico marino Hywind Scotland de Equinor. Los ensayos realizados por Equinor y Marine Scotland ayudarán a promover una pesca segura dentro de los parques eólicos marinos (Fuente: Equinor).*

Asimismo, la instalación de parques eólicos marinos contribuye a la transformación del sector pesquero hacia técnicas más sostenibles e innovadoras como la pesca artesanal, que no genera el impacto ambiental de otras técnicas tan agresivas para el medio marino como la pesca de arrastre. La pesca artesanal sería perfectamente compatible con la producción de eólica marina, con un diálogo y comunicación adecuados.

La pesca sostenible es un método a pequeña escala con beneficios sociales, económicos y medioambientales, que evita la sobreexplotación de los mares, se adecúa al ritmo reproductivo de los peces, respeta los hábitats marinos y garantiza que las personas que dependen de la pesca puedan mantener su medio de vida.

---

#### 4.3.4 EFECTO RESERVA

Como se ha comentado, es importante resaltar que, incluso en aquellas ocasiones donde la instalación de un parque eólico restrinja la actividad pesquera de la zona, esto puede suponer un efecto positivo debido al **efecto reserva** que pueden tener los parques eólicos marinos<sup>3334</sup>.

---

<sup>33</sup> MIT Technology Review (2017), *First Evidence that Offshore Wind Farms are Changing the Oceans*.

<sup>34</sup> Slavik et al. (2018), *The large-scale impact of offshore wind farm structures on pelagic primary productivity in the southern North Sea*. DOI: 10.1007/s10750-018-3653-5

El impacto medioambiental de un parque eólico marino flotante para la fauna y flora marinas son muy reducidos. La restricción de la pesca en estas zonas, con una correcta planificación y diseño, podría conllevar la aparición del efecto reserva y que los parques eólicos puedan ser considerados como **santuarios marinos**<sup>35</sup>, ya que permitirían impulsar la cría y la regeneración de las especies marinas, apoyando así a la pervivencia de la actividad pesquera de zonas aledañas.

Entre los múltiples beneficios del efecto reserva que los parques eólicos marinos podrían implicar se encuentran:

1. Disminución de la mortalidad de las especies provocada por la pesca,
2. Aumento de tamaño y la abundancia de las poblaciones (rebuilding),
3. Aumento del tamaño de las especies y la densidad de individuos reproductores, conllevando un aumento de la capacidad reproductiva de las poblaciones, así como del número de puestas,
4. Recuperación de las características naturales del hábitat, y recuperación de especies de flora y fauna que no son del interés pesquero.

Diversas investigaciones concluyen que la instalación de un parque eólico aumenta la biodiversidad y las poblaciones de peces en la zona, no sólo produciendo una atracción de las especies, sino permitiendo el aumento de su número<sup>36,37</sup>. Además, los beneficios del efecto reserva no se limitarían únicamente al interior de los parques eólicos, dado que la densidad de los individuos también aumentaría fuera de estas. Por tanto, no sólo se beneficiarían los ecosistemas de la instalación de parques eólicos marinos, sino también los pescadores que tendrían acceso a ellos. Sin embargo, se requieren estudios más amplios y profundos para corroborar este efecto.

#### 4.4 ¿QUÉ BENEFICIOS ECONÓMICOS SUPONDRÍAN LAS INSTALACIONES DE ENERGÍA EÓLICA SOBRE LAS COMUNIDADES LOCALES?

A la hora de considerar los impactos socioeconómicos que tiene el despliegue de la eólica marina para una región, es importante considerar las oportunidades y beneficios socioeconómicos que los parques eólicos ofrecen a las comunidades costeras locales.

Hay que destacar algunos casos de éxito en otros países, donde el diálogo y la cooperación entre el sector público y privado se ha traducido en un claro desarrollo industrial en eólica marina. Es el caso,

---

<sup>35</sup> IntelliReefs (2017), *Wind Farm Ecosystem Marine Sanctuary*.

<sup>36</sup> Hammar, L. et al. (2016), *Offshore Wind Power for Marine Conservation*. DOI: 10.4236/ojms.2016.61007

<sup>37</sup> Bray, L., et al. (2015), *Expected Effects of Offshore Wind Farms on Mediterranean Marine Life*. DOI: 10.3390/jmse4010018

por ejemplo, del “*Offshore Wind Sector Deal*”<sup>38</sup> de Reino Unido y del programa “*Offshore Wind Growth Partnership*”, que buscan desarrollar la cadena de suministro nacional<sup>39</sup>.



Figura 40: Navegación dentro de un parque eólico marino (Fuente: World Energy Trade).

En España deberían promoverse iniciativas público-privadas de este tipo que fomenten la coordinación temprana entre agentes implicados y permitan poner en valor los múltiples beneficios que la eólica marina tiene para las comunidades locales.

En primer lugar, las compensaciones económicas durante la construcción han sido soluciones exitosas en diferentes países europeos donde ya se ha desarrollado la eólica marina.

Durante su explotación, los parques eólicos marinos ofrecen importantes oportunidades de empleo para las comunidades costeras y suponen una alternativa para las flotas pesqueras, por ejemplo, en labores de operación y mantenimiento de los parques eólicos marinos, de vigilancia ambiental, etc., especialmente significativas cuando la pesca está restringida o las cuotas de pesca están agotadas.

Es importante remarcar que **el empleo generado será trabajo cualificado y de calidad**. Asimismo, en muchas ocasiones, podrán ser ocupados, además de por trabajadores provenientes del sector

---

<sup>38</sup> Gobierno de Reino Unido (2019), *Industrial Strategy. Offshore Wind Sector Deal*.

<sup>39</sup> Gobierno de Reino Unido (2020), *Offshore wind sector Deal*.

de la pesca, por trabajadores provenientes de las industrias del petróleo y gas por la similitud con la tecnología eólica marina, ayudando de esta manera a la transición energética que se llevará a cabo en los próximos años.

La ocupación del espacio marítimo implica el pago de un canon anual por parte de las empresas promotoras, cuya aplicación a los parques eólicos marinos se podría utilizar para beneficiar a las comunidades locales y a otros usuarios del espacio marítimo, tal como se realiza en otros países. Como ejemplo, en Francia se lleva a cabo una política similar, habiéndose establecido una tasa anual relacionada con el número de megavatios de la instalación (18.605 €/MW instalado). Estos fondos se distribuyen posteriormente entre las comunidades litorales desde las cuales los parques eólicos son visibles (50% de lo recaudado), los comités de pesca y cría marítima (35%), biodiversidad (10%), y otros organismos (5%).

En España el canon anual de ocupación del espacio marítimo constituiría una gran herramienta para repercutir el impacto económico positivo de los parques eólicos marinos sobre las zonas costeras donde son instalados, donde se sumaría al beneficio económico que supondría el empleo generado.

#### 4.5 ¿CUÁLES SON LAS INTERACCIONES EXISTENTES ENTRE LA EÓLICA MARINA Y LA ACUICULTURA?

La acuicultura y la eólica marina no sólo pueden coexistir, sino que existen grandes sinergias y compatibilidades entre ambas tecnologías, tal como comenzó a establecer, entre otros documentos, la “Estrategia Marítima Atlántica” de la Comisión Europea adoptada en 2011. Por ello, la tendencia debería orientarse en promover dicho potencial. Como ejemplo, uno de los grandes retos de la acuicultura es la energización de sus instalaciones, necesidad que podría ser fácilmente satisfecha con la energía generada por los aerogeneradores marinos (Figura 41).



Figura 41: Sinergias entre la eólica marina y la acuicultura  
(Fuente: Aquaculture Magazine).

En esta línea, el informe de la Comisión Europea, “Overview of the Effects of Offshore Windfarms on fisheries and Aquaculture”, reconoce el potencial de la acuicultura y la alguicultura en las zonas con parques eólicos marinos. No obstante, dicho documento recuerda que es necesario investigar más con miras a evaluar su impacto ecológico y su potencial económico.

Por ello, a nivel nacional, varios proyectos se encuentran actualmente estudiando la compatibilidad de ambas tecnologías, como es el caso de:

- **AQUAHUB.** Adjudicado dentro del programa PLEAMAR, su objetivo es el fortalecimiento del trabajo en red del sector de la acuicultura marina española, reforzando su posicionamiento, mejorando la gestión del conocimiento y su compatibilidad con zonas protegidas y áreas naturales, y fomentar y modernizar la dimensión socioeconómica del sector. Dentro de los estudios llevados a cabo, se incluye su compatibilidad con otros usos del mar, como la eólica marina. Los integrantes son APROMAR y ACUIPLUS, y cuenta con la colaboración de AEE, CEPESCA, Cetecima y Tragsa.
- **ACUFLOT.** Adjudicado dentro del programa PLEAMAR, su objetivo es evaluar las oportunidades que ofrecen las aguas españolas para el uso combinado y el desarrollo de explotaciones conjuntas de acuicultura y energía eólica flotante. Sus integrantes son IH Cantabria y APROMAR, y cuenta con el apoyo y colaboración de AEE.

A nivel mundial se han llevado a cabo diversos proyectos e iniciativas, existiendo ya evaluaciones que muestran la viabilidad de una coexistencia entre alguna especie específica -bivalvos, ostras y algas- e instalaciones eólicas. Así, por ejemplo, se llevó a cabo el proyecto MERMAID, que buscaba estudiar plataformas multi propósito, que incluyesen la eólica marina y la acuicultura. Se llevaron ensayos en diferentes localizaciones, llegando a la conclusión de que este tipo de plataformas son factibles y sostenibles.

Sin embargo, para el desarrollo comercial de ambas actividades en conjunción todavía existe la necesidad de crear un marco regulatorio adecuado y plantear casos de negocio de forma que la actividad de la acuicultura en sinergia con la eólica marina pueda alcanzar el nivel comercial.

Una ubicación conjunta de sistemas de acuicultura con parques eólicos marinos podría asegurar la generación de energía renovable al tiempo que aumenta la seguridad alimentaria, y fomentaría el empleo y la producción. Pensando en posibles sinergias, el poder compartir activos, permisos y la O&M de instalaciones, podría permitir ahorros de costes. En otro orden, se podría implementar la acuicultura multitrofica y sostenible (partiendo de pruebas piloto) como un medio para potenciar los efectos ambientales positivos.

## 4.6 ¿CÓMO AFECTAN LOS PARQUES EÓLICOS A LA NAVEGACIÓN MARÍTIMA?

Los parques eólicos marinos pueden coexistir con otras actividades que se desarrollen en el entorno marino, entre ellas la navegación (Figura 42).



*Figura 42: Navegación marítima coexistiendo con parques eólicos.*

En el caso de las rutas de navegación reconocidas internacionalmente, un parque eólico nunca sería construido en ellas, hecho que ya es tenido en cuenta en la Ordenación del Espacio Marítimo. Como criterio general, **se contempla una distancia de seguridad de al menos 500 metros la futura localización de un parque eólico y cualquier ruta marítima cercana.**

Por otro lado, los análisis llevados a cabo por WindEurope muestran que es viable el tránsito de embarcaciones menores dentro del área de un parque eólico, bajo ciertas condiciones, de forma que se permita, por ejemplo, la pesca pasiva.

Asimismo, para minimizar el impacto de un parque eólico marino sobre la navegación, en las fases de diseño de los parques eólicos se llevan a cabo exhaustivos análisis de riesgos en el que participan todos los agentes implicados. En estos análisis se estudia con detalle la ubicación del parque para evitar su afeción sobre rutas existentes. Además, se realiza un estudio caso a caso de los términos y condiciones bajo los cuales se permite el acceso de usuarios externos al área del parque eólico. Adicionalmente, en los parques eólicos se pueden implementar medidas como ayudas a la navegación, balizamiento y señalización, equipar los aerogeneradores con equipos de primeros auxilios o instalar aerogeneradores “aptos para colisiones”. De esta manera se asegura que el tráfico

dentro del parque eólico marino se realice con la mayor seguridad, tanto para las embarcaciones autorizadas como para las instalaciones.

Así, por ejemplo, en el Mar del Norte, zona con alta densidad de tráfico marítimo, países como Dinamarca y Reino Unido permiten la navegación dentro de un parque eólico bajo ciertas condiciones.

Al realizar un proyecto de parque eólico marino se llevan a cabo evaluaciones de las interferencias de las instalaciones sobre la navegación marítima. Este estudio debe realizarse discriminando por tipo y tamaño de embarcaciones, con el objetivo de diferenciar el tráfico de las grandes rutas comerciales, respecto a la navegación de embarcaciones menores.

**La realización de estudios rigurosos de afección a la navegación permite seleccionar ubicaciones viables para la instalación de parques eólicos marinos que no interfieran con las principales rutas comerciales.**

## FAQS EÓLICA MARINA EN ESPAÑA

Este documento ha sido elaborado por la **Asociación Empresarial Eólica (AEE)**.

Para más información:

**AEE**

C/ Sor Angela de la Cruz

Nº 2 – 14 Planta

28020 Madrid

T. 91 7451276

[aeolica@aeolica.org](mailto:aeolica@aeolica.org)

[www.aeolica.org](http://www.aeolica.org)