

Modelo de colaboración público-privada para abordar el reto de descarbonización del sector de la construcción naval en España

Anabel Araujo, Miguel Ballesteros, Andrea Caballero, Antonio Preckler i Mario Quero
PYMAR

1. Introducció

Los compromisos de la Unión Europea en materia de emisiones suponen un desafío para la competitividad global de las empresas europeas.

La industria naval no es ajena a ello. La reducción de la huella de carbono afecta a todas las empresas de la cadena de valor que acompañan al ciclo de vida del buque y de artefactos flotantes que se diseñan, construyen y reparan en España.

En ese sentido, las empresas de la cadena de valor de la industria naval necesitan abordar una profunda transformación en sus procesos y productos, de manera alineada con las nuevas tecnologías. Para que esta transformación sea efectiva, es necesaria la colaboración entre las empresas de la cadena de valor bajo un mismo marco de actuación.

PYMAR es la sociedad que integra a los principales astilleros privados españoles. A lo largo de cerca de cuatro décadas, PYMAR ha realizado una labor de promoción y coordinación de iniciativas para la defensa de los intereses de la industria naval y de sus instrumentos clave,

colaborando en la consecución y buen fin de las operaciones de construcción, transformación y reparación naval de los astilleros privados españoles.

La sociedad es una pieza fundamental en la colaboración público-privada de la industria naval. A través de herramientas como el Fondo de Garantías Navales (FGN), se han otorgado garantías para la construcción, reparación y transformación naval para más de 800 buques por un importe de más de 14.000 millones de euros.

Adicionalmente, PYMAR ha ampliado el ámbito de utilización de su Fondo de Garantías Navales, un instrumento clave de financiación para el ámbito naval, que se extiende a empresas de toda la cadena de valor para proyectos de construcción tanto de buques como de artefactos flotantes relacionados con la eólica marina.

PYMAR apoya el futuro de la industria naval desde la diversificación hacia nuevos segmentos de negocio como las energías renovables marinas, la digitalización, la sostenibilidad y la capacitación y formación de los profesionales. En particular, ha venido trabajando durante los últimos años en identificar los desafíos a los

que se enfrenta la industria naval en materia de descarbonización, y en ampliar instrumentos de financiación para las empresas del sector.

Bajo este objetivo, PYMAR ha colaborado con diversos agentes de la industria naval y tecnológica para conceptualizar y estructurar proyectos encaminados a abordar la transformación de la cadena de valor. Fruto de todo ello, se han promovido 17 proyectos primarios integrados en el proyecto tractor INNOCODIS, financiado con fondos *NextGen* a través del PERTE Naval, que se han estructurado en proyectos de digitalización, sostenibilidad y diversificación hacia las energías renovables marinas.

La sostenibilidad de la industria naval privada en España requiere de una acción coordinada de la cadena de valor que permita establecer proyectos en colaboración para la transformación de procesos y productos, así como de instrumentos de financiación eficientes que permitan a las empresas mejorar su competitividad y cumplir con las políticas europeas en materia de sostenibilidad medioambiental.

2. La industria naval española y su contexto

La industria naval española está integrada por una amplia cadena de valor que contribuye de forma significativa en la actividad económica y al empleo en aquellas áreas en las que desarrolla su actividad.

Agrupar actividades de construcción, transformación y reparación de buques y artefactos flotantes, donde la industria naval española ha desarrollado una alta capacidad en la fabricación de buques complejos de gran valor añadido y sofisticación tecnológica, fomentando el desarrollo de la industria auxiliar complementaria que da soporte a dichas actividades.

El fuerte efecto tractor de estas actividades sobre el tejido industrial convierte a la industria naval española en un sector estratégico para la recuperación y el fortalecimiento industrial. La industria naval exporta cerca del 90% de su producción, genera alrededor de 10.000 millones de euros de aportación económica y más de

75.000 empleos. Por cada empleo mantenido de forma directa por los astilleros, se generan tres puestos de trabajo en el conjunto de la economía española. Estas cifras se concentran principalmente en aquellas comunidades autónomas donde la industria naval tiene una presencia muy relevante en su tejido industrial, como Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco, Islas Baleares o Canarias.

Además, destaca por su papel clave en la creación y desarrollo de nuevo conocimiento (I+D+i) y en la utilización del ya existente, contribuyendo al correcto desarrollo de una economía más innovadora. Así, por cada euro que los astilleros españoles gastan en I+D+i, se invierten alrededor de 1,8 euros en actividades innovadoras en el conjunto de la economía nacional.

A nivel internacional, la industria naval española es una de las principales potencias en términos de contratación de buques, particularmente en segmentos de alta complejidad y valor añadido, como buques para la eólica marina, los grandes buques pesqueros, los requeridos para la investigación oceanográfica o los buques para el transporte de pasajeros. A modo de ejemplo, durante el año 2023 la industria naval española se situó como la primera potencia mundial en contratación de ferris, así como la segunda potencia mundial y primera de la Unión Europea en buques de investigación oceanográfica.

Figura 1. Distribución de la contratación en España por tipo de buque.



Fuente. Informe de Actividad de PYMAR. (2023)

En definitiva, el tejido industrial naval en España es un pilar estratégico en la economía, con un papel destacado por su capacidad de innovación y sostenibilidad.

En un contexto internacional muy marcado por la competencia asiática y las exigentes políticas europeas en materia medioambiental y climática, la industria naval española afronta una serie de retos para fortalecer su capacidad competitiva a nivel internacional.

Seguidamente, se describe el contexto en el que se desenvuelve el sector naval en lo que respecta al cumplimiento de los compromisos y normativas adoptados en materia medioambiental y climática por los diferentes organismos.

2.1 El marco internacional

2.1.1 La Organización Marítima Internacional (OMI)

La OMI es el organismo responsable de la seguridad en el mar, la protección del medio marino y la prevención de la contaminación causada por la explotación de los buques y artefactos flotantes.

La organización ha desarrollado convenios que

son de suma importancia para la regulación del sector marítimo a nivel mundial, como el Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques, MARPOL.

A través del Convenio MARPOL, la OMI establece la normativa a implementar en fases como el diseño, la operación o el mantenimiento de los buques, con el objetivo de prevenir y minimizar la contaminación del medio marino, lo que ha resultado en una disminución significativa de la misma en las últimas décadas.

Concretamente, en el Anexo VI del Convenio se tratan cuatro segmentos fundamentales para la transición ecológica entre lo que se encuentran la reducción de emisiones contaminantes, la eficiencia energética y la descarbonización de la actividad.

En particular, sobre la reducción de emisiones de gases contaminantes figuran:

1. La emisión de óxidos de azufre (SOx)
2. La emisión de óxidos de nitrógeno (NOx)
3. La emisión de gases de efecto invernadero (GEI).
4. La emisión de material particulado generado por los buques.

Para frenar la emisión de estos gases, la organización ha establecido un límite máximo de emisiones de ciertos contaminantes para determinadas zonas geográficas de navegación, una tendencia que se reforzará en 2025 con la inclusión del mar Mediterráneo como una nueva Área de Control de Emisiones (ECA), que se sumará a otras como la del mar Báltico o la del mar del Norte.

Bajo estos nuevos requisitos medioambientales, la demanda de buques para los armadores que operan en las actuales o futuras zonas ECA es mucho más exigente en cuanto a requisitos

técnicos, y la industria naval está desarrollando nuevas tecnologías y combustibles de menor huella ambiental, entre los que destacan los de bajo contenido en azufre, motores que limitan la formación de óxidos nitrosos y tecnologías para eliminar la emisión contaminante antes de ser expulsado a la atmósfera como los SCR (*Selective Catalytic Reduction*) o los depuradores de gases (*scrubbers*).

Asimismo, la eficiencia energética se considera uno de los factores clave para lograr los actuales objetivos de sostenibilidad climática y medioambiental existentes en el sector marítimo. La OMI, en ese sentido, ha implementado, durante los últimos años, nuevas normativas para la gestión de la eficiencia energética en los buques de nueva construcción y en los existentes, entre los que destacan diferentes índices, planes e indicadores que se detallan más abajo:

Figura 2. Índices, planes e indicadores de la OMI.

Plan de Gestión de la Eficiencia Energética del Buque (SEEMP)	El Índice de Diseño de Eficiencia Energética (EEDI)	El Índice de Eficiencia Energética para Buques Existentes (EEXI)	Sistema de recolección de datos (DCS)	Indicador de Intensidad carbónica (CII)
Que resulta de aplicación tanto a buques nuevos como existentes, y que busca mejorar la eficiencia energética a bordo	Para buques de nueva construcción que requieren un nivel de eficiencia energética mínimo	Compara la eficiencia energética de los buques existentes con un nivel de referencia para buques de las mismas características.	Todos los barcos de más de 5000GT tienen que informar de sus emisiones de CO ₂	Sistema de valoración el cual irá endureciendo la puntuación y requerirá acciones de mejora si no se logra alcanzar el CII prescrito

Fuente: Informe de Actividad de PYMAR. (2023)

2.1.2 Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Figura 3. Objetivos de Desarrollo Sostenible.



Fuente: www.un.org

En línea con la transformación normativa que aborda la industria naval, en septiembre de 2015 los líderes de las principales potencias

mundiales adoptaron un conjunto de objetivos globales para, entre otros aspectos, erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible.

Así, cada Objetivo, enmarcado y desarrollado, tiene metas específicas contempladas que deben alcanzarse en 2030.

De entre esos Objetivos contemplados, los que inciden de forma directa o indirecta sobre la industria naval son:

1. **Objetivo 9:** industria, innovación e infraestructura, que busca reducir la brecha digital y promover industrias sostenibles mediante implementaciones en la cadena de valor y

fomentando la formación del personal involucrado.

2. **Objetivo 12:** producción y consumo responsable, que busca satisfacer las necesidades de consumo creando cadenas de producción más eficientes y reduciendo el desperdicio de alimentos.
3. **Objetivo 13:** acción por el clima, que busca adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos mediante la adopción de prácticas constructivas y operativas eficientes que reduzcan el consumo de combustible y las emisiones de gases de efecto invernadero.
4. **Objetivo 14:** vida submarina, que busca conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y sus recursos marinos.

2.2 El marco europeo

La Comisión Europea adoptó un conjunto de propuestas para adaptar políticas en materias sobre el clima, la energía, el transporte y la fiscalidad, con el objetivo de reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero. Convertir a Europa en el primer continente climáticamente neutro del mundo es un compromiso vinculante en virtud de la legislación comunitaria contemplada sobre el clima.

Figura 4. Representación ejes European Green Deal.



Fuente: Comisión Europea

Para superar estos retos, el Pacto Verde Europeo se propone transformar la Unión Europea en una economía moderna, eficiente en el uso de los recursos y materias primas y competitiva, trabajando sobre tres pilares fundamentales:

1. Conseguir cero emisiones netas de gases de efecto invernadero en 2050.
2. Un crecimiento económico que esté disociado del uso de recursos.
3. Transformar la UE en una sociedad equitativa y próspera, con una economía moderna, eficiente en el uso de los recursos y las materias primas y competitiva.

Enmarcado en el Pacto Verde Europeo se encuentra el paquete legislativo *Fit for 55* u "Objetivo 55", una serie de iniciativas para cumplir con los requisitos de la legislación europea sobre el clima con objeto de disminuir las emisiones netas de gases de efecto invernadero de Europa en, al menos, un 55% sobre los niveles de 1990 de aquí a 2030.

En concreto, el paquete *Fit for 55* se compone

de más de una decena de reglamentos y directivas entre los que se destacan aquellos que tienen una relación más estrecha con la industria marítima y la eólica *offshore* en varias vertientes diferenciadas:

1. El Régimen para el Comercio de Derechos de Emisión de gases de efecto invernadero de la Unión (EU ETS): tiene por objetivo impulsar la descarbonización y se implementa mediante la obligación de entregar derechos de emisión por cada tonelada de gases de efecto invernadero emitida por un buque. Mediante esta directiva, además de fomentar la descarbonización previamente comentada, se registra un importante impacto económico en términos de recaudación para la UE.
2. El Reglamento 2023/1805 para el uso de combustibles renovables y pobres en carbono en el transporte marítimo (*FuelEU* Marítimo), fomentando su consumo y el desarrollo de infraestructuras para albergar este tipo de combustibles en los puertos europeos.
 - a. Entre otros aspectos, el reglamento tiene como fin promover el uso de fuentes alternativas sostenibles en el transporte marítimo, fijando una sanción en función de la intensidad de carbono del combustible utilizado.
 - b. Además, se promueve la llamada *shore connection*, para posibilitar que el transporte marítimo pueda conectarse a la corriente eléctrica de tierra durante sus periodos en puerto de los buques a partir de 2030, evitando la emisión de contaminantes.

Paralelamente, también se estimulan las energías renovables y el ahorro de energía, ya que el acuerdo establece el objetivo vinculante de la UE en materia de energías renovables para 2030 en un mínimo del 42,5% frente al objetivo

anterior del 32%, lo que implicará casi duplicar el porcentaje actual de energías renovables en la Unión Europea.

La reducción de la huella de carbono afecta a todas las empresas que componen la cadena de valor del sector naval y que afrontan la necesidad de abordar una profunda transformación estructural en sus procesos y productos, de manera alineada con las nuevas tecnologías disponibles.

3. Los desafíos de la industria naval

Los compromisos en materia de disminución de emisiones a los que la Unión Europea se ha comprometido suponen un reto para las empresas europeas que persiguen, además de su cumplimiento, mantener su competitividad a nivel global.

A este respecto, las empresas que integran la cadena de valor de la industria naval tienen la necesidad de abordar una profunda transformación estructural en sus procesos y productos, de manera alineada con las nuevas tecnologías disponibles.

Sin embargo, para que esta transformación sea efectiva es necesario contar con la colaboración entre todas las empresas traccionadas por la industria naval, articulándose bajo un marco de actuación común.

Uno de los principales desafíos que afronta la industria naval es la necesidad de desarrollo e implantación de nuevas soluciones tecnológicas que permitan alcanzar la neutralidad en carbono tanto de los procesos asociados a su actividad como de los nuevos buques que se construyen y flota mundial existente.

En lo que respecta a la descarbonización de los buques, el desafío implica el desarrollo de

tecnologías que actualmente se encuentran en fase precomercial y que, consecuentemente, carecen de la probada viabilidad técnica.

A pesar de ello, la industria naval está planteando soluciones duales que mejoran la huella ambiental y climática de los nuevos buques, con opciones que contemplan la futura integración de soluciones para la propulsión por hidrógeno verde o combustibles de origen renovable, con el objetivo único de convertir a la industria naval en líder y referente de la descarbonización del transporte a nivel global.

En particular, la industria naval española ha venido construyendo buques que incorporaban soluciones de propulsión híbridas y duales, con diferentes alternativas de capacidad para la integración futura de combustibles de origen no fósil. Concretamente, a finales del año 2023, el 40% de las unidades en construcción en España contaban con la capacidad para incorporar combustibles o tecnologías de menor impacto ambiental.

4. La descarbonización de la industria naval en España

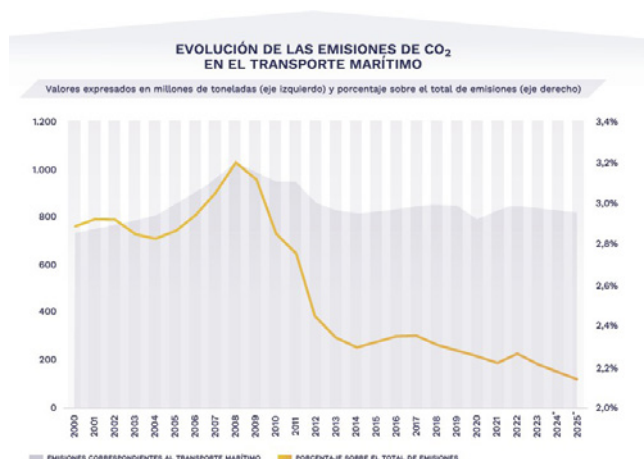
La descarbonización del transporte marítimo ha ocupado una posición relevante desde principios del siglo XX.

En 2013, se estima que el transporte marítimo internacional generó aproximadamente el 2,2% de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) a nivel mundial, si bien, en términos de emisiones por tonelada-milla transporta, se trata del modo de transporte más eficiente.

A pesar de ello y ante el aumento del tráfico marítimo, los organismos internacionales implicados consideraron la necesidad de adoptar un enfoque mundial que permitiese continuar

mejorando su eficiencia energética y un control real de las emisiones.

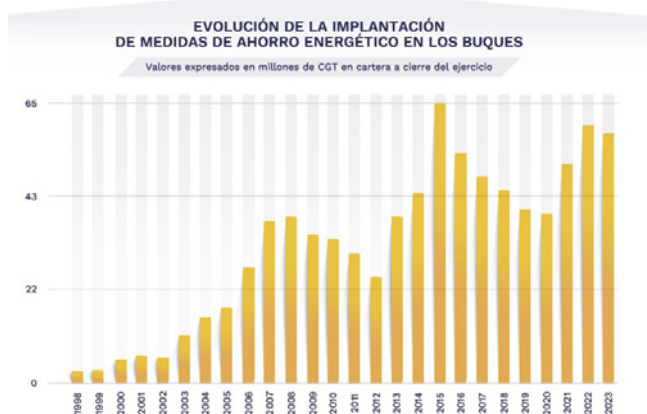
Figura 5. Evolución de las emisiones de CO₂ en el transporte marítimo.



Fuente: Informe de Actividad de PYMAR (2023)

De este modo, el sector marítimo internacional ha ido reduciendo su contribución a problemas tan presentes e importantes como el calentamiento global gracias a las mejoras tecnológicas introducidas por la industria naval, principalmente a través de las mejoras en la eficiencia energética de los nuevos buques construidos y la adecuación de los ya existentes. No obstante, para lograr alcanzar la neutralidad en carbono del transporte marítimo será necesario llevar a cabo acciones adicionales para las que aún no existe una hoja de ruta concreta.

Figura 6 Evolución de la implantación de medidas de ahorro energético en los buques.



Fuente: Informe de Actividad de PYMAR(2023)

5. Propuesta de valor para la industria naval española

El 21 de julio de 2020, el Consejo Europeo acordó crear un instrumento excepcional de recuperación temporal que afectaba al futuro de los 27 estados miembros, el *NextGenerationEU*. Mediante este instrumento, se autorizaba a la Comisión Europea a emitir hasta 750.000 millones de euros de deuda en nombre de la Unión para la recuperación de los daños sufridos sobre la economía y la industria durante la pandemia del COVID-19.

Ligado con estos fondos, a nivel nacional surgió el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia de la economía española (PRTR) aprobado por el Gobierno el 25 de marzo de 2021. Avanzar hacia una España más verde, más digital, más cohesionada desde el punto de vista social y territorial y más igualitaria, fueron los cuatro objetivos transversales que se plantearon dentro de la agenda de inversiones y reformas estructurales propuesta en el PRTR. Un plan orientado a lograr un crecimiento sostenible e inclusivo mediante una estrategia consistente y coordinada a nivel nacional.

Para garantizar la eficacia del plan y asegurar la eficiencia en el desarrollo de los futuros proyectos, los distintos ministerios lanzaron un Anuncio Público de Presentación de Manifestaciones de Interés para el Programa de Impulso de proyectos tractores de Competitividad y Sostenibilidad Industrial (en adelante, Mdl) publicado por la Secretaría General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa del entonces Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (en adelante, el MINCOTUR) en el marco del PRTR.

Estas consultas tenían por objetivo sondear los posibles ámbitos de actuación y contribuyeron a aportar una visión más amplia y plural para que el diseño de las líneas pudiera considerar la diversidad y características de los posibles proyectos, logrando que las inversiones y ayudas del Plan se adecuasen a las necesidades del tejido empresarial y de los ciudadanos.

La Mdl liderada desde PYMAR junto con otras empresas relevantes de la cadena de valor de la industria naval, contó con la participación de más de 65 empresas, 15 astilleros, 20 centros tecnológicos y universidades y 7 socios tecnológicos. En ella se plantearon las conclusiones más relevantes identificadas y evidenciaba la necesidad de la constitución de un Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica de la industria naval, esto es, un PERTE NAVAL.

Figura 7. Cadena del sector naval.



Fuente: Informe PwC "Impacto socioeconómico de la industria naval en España" (2023)

En concreto, se expusieron las principales líneas de actuación para el pretendido PERTE NAVAL alineadas con los objetivos de la Componente 12 del Plan de Recuperación que recogía la Política Industrial España 2030 con el objetivo de impulsar la modernización y la productividad del ecosistema español de industria y servicios. Dichas líneas de actuación fueron las siguientes:

- Capacitación y formación de profesionales para asegurar el empleo de calidad, la igualdad de género y la adaptación de los trabajadores a las nuevas tecnologías y formas de trabajar.
- Diseño y desarrollo de plataformas de la cadena de suministros para integrar mediante tecnologías de uso común a los astilleros, suministradores, industria colaboradora y pymes del sector.
- Automatización de procesos productivos para maximizar la productividad de las operaciones.
- Automatización de procesos de negocio para la creación de economías de escala.

- Promover nuevos productos y servicios verdes y digitales, para aumentar la propuesta de valor de los astilleros españoles.
- Producto y factoría sostenible: economía circular, eficiencia energética y energías renovables.
- Diversificación de la actividad hacia las energías renovables marinas.

Como conclusión, la Mdl presentada justificó la necesidad de que la industria naval naval contase con una línea de ayuda específica dentro del Plan de Recuperación,

Transformación y Resiliencia de la economía española, siendo fundamental para mantener su competitividad a medio y largo plazo. De esta forma, el PERTE NAVAL supondría una importante contribución a la autonomía estratégica de España y de Europa, imprescindible para poder lograr el objetivo de transición digital y verde de la Unión Europea. Adicionalmente promovería la interconexión tecnológica con otras industrias a través de la colaboración de toda la cadena de valor que comparten, como, por ejemplo, el de la industria eólica marina.

Figura 8. Diversificación hacia la renovable marina.



Fuente: Informe PwC "Impacto socioeconómico de la industria naval en España" (2023)

El 28 de julio de 2022 el MITECO publicó la Orden ICT/739/2022, de 28 de julio, por la que se establecían las bases reguladoras para la concesión de ayudas a actuaciones de integración y transformación de la cadena de valor industrial del sector naval, dentro del PERTE NAVAL y bajo el marco del PRTR.

En dichas bases se recogieron los cuatro bloques estratégicos esenciales para conseguir la transformación de la cadena de valor de la industria naval:

1 Digitalización: impulso a la transformación del sector naval apoyando la necesaria transición digital del mismo, por medio del apoyo a los proyectos de investigación, desarrollo e innovación en digitalización de la cadena de valor industrial del sector naval.

2.Sostenibilidad: apoyo hacia la transición ecológica del sector naval mediante proyectos de investigación, desarrollo e innovación, inversiones en mejoras medioambientales o de eficiencia energética, que contribuyan a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, a la circularidad de sus actividades, a la reducción de residuos y contaminación y a la mejora de la eficiencia energética.

3.Diversificación: incentivo para la colaboración de actores pertenecientes a distintos sectores, como el de construcción, transformación, reparación naval y el de las energías renovables marinas, y subsectores como la eólica marina, la energía de las corrientes y de las olas, la producción de hidrógeno renovable en alta mar, etc. Con este bloque se impulsaba la transición ecológica mediante el apoyo a proyectos de investigación, desarrollo e innovación, inversiones en mejoras medioambientales o de eficiencia energética, que contribuyan a la incorporación del sector al desarrollo de las energías renovables.

4. Formación: integración de toda la cadena de valor del sector naval a través de su compromiso con la formación y el reciclaje profesional.

En línea de este marco regulador y como continuidad al proceso iniciado, desde PYMAR se traccionó el conjunto de la cadena de valor con el objetivo de fomentar los siguientes aspectos clave:

- La digitalización de los procesos industriales y de los productos para la mejora de la productividad y sostenibilidad.
- La colaboración de empresas de distintos sectores industriales que contribuyeran a diversificar la cadena de valor de la industria naval hacia las energías renovables marinas.
- La modernización del tejido industrial, creando y consolidando empleo de calidad.

Así, en estrecha colaboración con diferentes tecnólogos y centros de investigación, se exploraron tecnologías en diferentes grados de madurez con el objetivo de analizar sus potenciales casos de uso junto con las diferentes empresas de la cadena de valor de la industria naval. A partir de este proceso se conceptualizaron un total de 33 proyectos primarios con la participación de 69 empresas que fueron estructurados bajo un mismo **Proyecto Tractor** en las diferentes líneas de ayuda y bloques de actuación.

Específicamente, desde PYMAR se traccionaron 17 proyectos primarios con la implicación de 42 entidades de la cadena de valor de la industria naval española, con un presupuesto financiable de 75,5 millones de euros. Siguiendo la distribución de bloques exigida por la convocatoria, se propusieron 6 proyectos primarios de diversificación, 3 de digitalización y 8 de sostenibilidad, abarcando a toda la cadena de valor del sector y fomentando la sinergia entre

los diversos agentes implicados en la transformación de este.

Uno de los principales requerimientos recogidos en la convocatoria del PERTE NAVAL, fue la necesidad de constitución de garantías por parte de las entidades beneficiarias de ayudas para cada proyecto primario y tipo de ayuda recibida. Con el objetivo de posibilitar y facilitar el desarrollo y ejecución de los proyectos primarios incluidos en el Proyecto Tractor, PYMAR constituyó el Fondo de Coberturas a Garantías Emitidas para Proyectos del PERTE Naval (FONDPERTE), un nuevo fondo de garantías a disposición de las entidades participantes en el PERTE Naval para contra garantizar la emisión de las garantías requeridas.

Adicionalmente, y como medida de apoyo a la diversificación hacia las energías renovable marinas, PYMAR amplió el ámbito de utilización de su Fondo de Garantías Navales, un instrumento clave de financiación para el naval, que se extiende a empresas de toda la cadena de valor para proyectos de construcción tanto de buques como de artefactos flotantes.

Con esta iniciativa, PYMAR ofrece garantías para la ejecución de proyectos de construcción, modernización, reparación y transformación tanto de buques como de todo tipo de artefactos flotantes, entre ellos, las plataformas utilizadas en proyectos de energías renovables marinas, así como para la fabricación de componentes y prestación de los servicios necesarios en todas estas operaciones. Estas garantías se extienden también a la cobertura de la financiación requerida por los armadores para contratar sus construcciones con astilleros y empresas privadas de la cadena de valor.

6. Proyecto de estudio de viabilidad de la descarbonización en la industria naval

Uno de los principales desafíos que afronta la industria naval es la descarbonización de su actividad y de sus productos. Desafíos para los que, en el caso de los buques y el transporte marítimo, la tecnología aún no ha propuesto soluciones que cuenten con suficiente grado de madurez para su implantación. Desde PYMAR, en colaboración con empresas y centros tecnológicos de primer nivel, se planteó el abordar el problema dentro de la oportunidad que brindaba el PERTE NAVAL.

PYMAR, en colaboración con empresas y tecnológicos expertos en sostenibilidad, plantearon abordar el reto de la descarbonización a través de un proyecto primario consistente en un estudio de viabilidad a nivel sectorial que involucró a un número representativo de los principales astilleros nacionales, permitiendo así alcanzar resultados desde una perspectiva excepcionalmente amplia y que cubriera el interés y las necesidades de los principales actores de la industria naval.

El proyecto, actualmente en ejecución, analiza un gran espectro de alternativas tecnológicas para alcanzar la neutralidad climática, pero también contempla la extensa casuística e idiosincrasia que existe en los astilleros nacionales, en su cadena de valor y en los distintos buques construidos, transformados y reparados a nivel nacional, tanto durante su construcción como en su ciclo de vida.

El proyecto trata de conocer la situación actual en cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de los astilleros, de sus procesos y de los productos incluidos en su ciclo de vida, para realizar un estudio analítico cuyo

resultado facilite el proceso de toma de decisiones y el desarrollo de una estrategia de sostenibilidad, que posicione a los astilleros como referentes en el camino a la descarbonización y uso responsable de los recursos.

Está siendo, por tanto, fundamental la amplia participación de los astilleros nacionales para que puedan plantearse objetivos en diferentes proyectos de desarrollo y de innovación, tanto en procesos como en los productos que producen y abordan.

El objetivo general del estudio es evaluar y analizar la viabilidad del desarrollo y aplicación de tecnologías que permitan alcanzar la neutralidad de las emisiones de carbono en todo el ciclo de vida de los buques, desde su proceso de construcción en el astillero hasta completar su vida útil. Se aborda por tanto la actividad productiva propia de los astilleros, así como el ciclo de vida de los buques una vez construidos. Dado el carácter amplio del objetivo de descarbonización, se estudia la viabilidad de llevar a cabo proyectos de desarrollo para la transformación de la industria naval nacional en su conjunto, que se implementarán en una hoja de ruta que se definirá en el presente estudio.

Como parte del objetivo general de este proyecto se derivan los siguientes objetivos específicos:

- Estudiar y cuantificar el impacto climático actual de la actividad de los astilleros nacionales en sus procesos de construcción, transformación y reparación.
- Estudiar los factores que determinan la huella de carbono de las principales tipologías de buques que se construyen, transforman y reparan a nivel nacional.
- Estudiar el potencial para la introducción en astilleros nacionales de nuevos materiales,

desarrollos tecnológicos y procesos para la fabricación, transformación y reparación de buques.

- Estudiar la introducción de alternativas tecnológicas que mejoren la eficiencia y reduzcan las emisiones de GEI durante el ciclo de vida del buque.
- Realizar un estudio de oportunidades, amenazas, fortalezas y debilidades de las soluciones tecnológicas y desarrollos que se identifiquen para los astilleros y para los buques.
- Definir y analizar la viabilidad de una estructura de proyectos de desarrollo e innovación que permitan lograr la neutralidad climática del sector naval nacional. El estudio acotará el alcance, la planificación, el coste y las capacidades técnicas necesarias para cada proyecto.
- Determinar una hoja de ruta de implementación de los proyectos que facilite la toma de decisiones para la transformación de los procesos de astillero, de su cadena de valor y de las fases de diseño, construcción y operación de buques.

El alcance del estudio es especialmente relevante al abordar el análisis de todos los procesos y actividades que permiten conocer o estimar las emisiones de GEI, en toda la cadena de valor, definiendo los alcances 1, 2 y 3 respecto a los astilleros.

Figura 9. Definición de alcances del proyecto.



Fuente: Memoria proyecto primario PERTE Naval

De esta manera se tratarán los siguientes segmentos dentro del estudio:

- Procesos propios de astilleros nacionales, emisiones de GEI directas o **alcance 1**
- Emisiones de GEI indirectas de astilleros o **alcance 2**
- Otras emisiones indirectas de GEI o **alcance 3**, agrupadas de la siguiente forma:
 - **Upstream** o estudio de la cadena de suministro naval. Emisiones de GEI de los proveedores de los astilleros.
 - **Downstream** o estudio del uso de los productos de los astilleros. Emisiones de GEI durante el uso y fin uso de los barcos y buques fabricados en los astilleros.

El proyecto identificará y determinará un conjunto de alternativas tecnológicas que puedan ser aplicadas a la industria naval, reconocidas para que su actividad sea neutra en carbono (construcción, mantenimiento o reparación), proponiendo alternativas viables desde una perspectiva sectorial, pero abordando la casuística y necesidades de los distintos actores que participan en la cadena de valor.

En definitiva, se aborda un estudio de viabilidad técnica para determinar si la industria cuenta con el conocimiento, los recursos, la tecnología y el impulso necesario para lograr la neutralidad de carbono desde los procesos del astillero hasta la finalización del ciclo de vida del buque.

En base a esto, el estudio se plantea bajo las siguientes fases de desarrollo:

1. Análisis preliminar en el que se determine la situación actual del sector naval y las demandas que cubrirá. Así como conocer el impacto climático de las actividades desarrolladas en los astilleros, concretamente la actividad de fabricación.
 - Análisis preliminar del entorno naval

- Análisis del impacto climático de la cadena de valor de los astilleros

2. Estudio de las alternativas que se identifiquen para determinar la factibilidad de los cambios propuestos para la construcción de un buque neutro en carbono.
 - Estudio de viabilidad técnica y económica de los astilleros neutros en carbono.
3. Investigación de mercado.
4. Planificación de las operaciones
5. Revisión y análisis de datos y decisión

Los resultados esperados de este trabajo ofrecerán argumentos de gran calado sobre la contribución de la actividad de los astilleros, construcción de buques principalmente, en la descarbonización del sector naval y del transporte marítimo. En concreto, se plantea la consecución de los siguientes resultados:

1. Diagnóstico sobre la descarbonización del sector naval: presente y futuro.
2. Análisis preliminar del sector naval y estudio de viabilidad técnico-económico relacionado con la neutralidad climática.
 - Resumen ejecutivo del análisis preliminar y elaboración de un DAFO y un PESTEL.
3. Estudio de viabilidad de las acciones para la descarbonización del sector naval para:
 - La evaluación potencial de las acciones de descarbonización de las actividades desarrolladas en los astilleros.
 - La descarbonización de la cadena de valor de los astilleros.
 - El diseño y construcción de un buque neutro en carbono.
 - La descarbonización de buque durante su explotación y hasta su desmantelamiento.
4. Estudio de viabilidad económica y operativa

de las acciones de descarbonización del sector naval:

- Matriz de oportunidades.
- Identificación y definición de las acciones de descarbonización prioritarias o factibles de ejecución en el un futuro.
- Desarrollo de un cronograma de implantación, cuantificación de recursos y elaboración de un presupuesto de ejecución.

De esta manera, los astilleros podrán fundamentar su relación como suministradores de buques sostenibles, colaborando de la cadena de suministro climáticamente neutra del transporte marítimo.

7. Proyectos de sostenibilidad y eficiencia energética de procesos en la industria naval

En línea con la estrategia de descarbonización de la industria naval española y su cadena de valor, durante el proceso de articulación de diferentes proyectos primarios promovidos por PYMAR dentro del marco del PERTE Naval, se conceptualizaron diferentes proyectos de sostenibilidad y eficiencia energética para alcanzar procesos productivos más eficientes y sostenibles dentro de los propios astilleros.

Estos proyectos, actualmente en ejecución, tienen como principal objetivo la reducción de la huella de carbono, la optimización del uso de recursos y la mejora de la sostenibilidad en la cadena de valor, mediante la implementación de tecnologías avanzadas y procesos más eficientes en la construcción, reparación y mantenimiento de embarcaciones.

Uno de los enfoques principales es la incorporación de energías renovables, como la instalación de paneles solares y sistemas de generación eólica en las propias instalaciones, lo

cual permitirá a los astilleros reducir significativamente su dependencia de fuentes fósiles y su impacto ambiental. Además, se plantean acciones como la modernización de grúas y maquinaria, mejorando su eficiencia energética mediante la incorporación de variadores y sustituyendo luminarias por sistemas LED. También se proyecta instalar grúas torre para los movimientos de cargas más ligeras, lo que optimizará el consumo energético de estas operaciones.

En cuanto al tratamiento y gestión de residuos, se planteó desarrollar nuevas tecnologías para su cuantificación y reutilización, con alternativas para la recuperación de metales y el tratamiento de aguas residuales. Estas soluciones también incluyen sistemas de ósmosis inversa para purificar el agua, que luego podrá reutilizarse en distintos procesos del propio astillero, reduciendo el vertido de contaminantes y maximizando el reciclaje de recursos.

Otros proyectos se enfocan en la reducción de emisiones contaminantes y en la gestión de partículas y ruidos producidos durante las actividades en los astilleros, especialmente en áreas cercanas a zonas urbanas. Para abordar la contaminación acústica y atmosférica, se prevé el uso de barreras de contención de partículas y sistemas de reducción de ruido que van más allá los requisitos normativos actuales, proporcionando un entorno de trabajo más saludable y menos impactante para la comunidad cercana.

Con estos proyectos, la industria naval española aspira a posicionarse como referente en sostenibilidad y a contribuir al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), como la acción climática, la innovación industrial y la conservación de los ecosistemas marinos. Al integrar energías renovables y tecnologías de

eficiencia energética, la industria no solo fortalece su competitividad, sino que también impulsa un cambio estructural hacia una producción más respetuosa con el medioambiente y resiliente en el largo plazo.

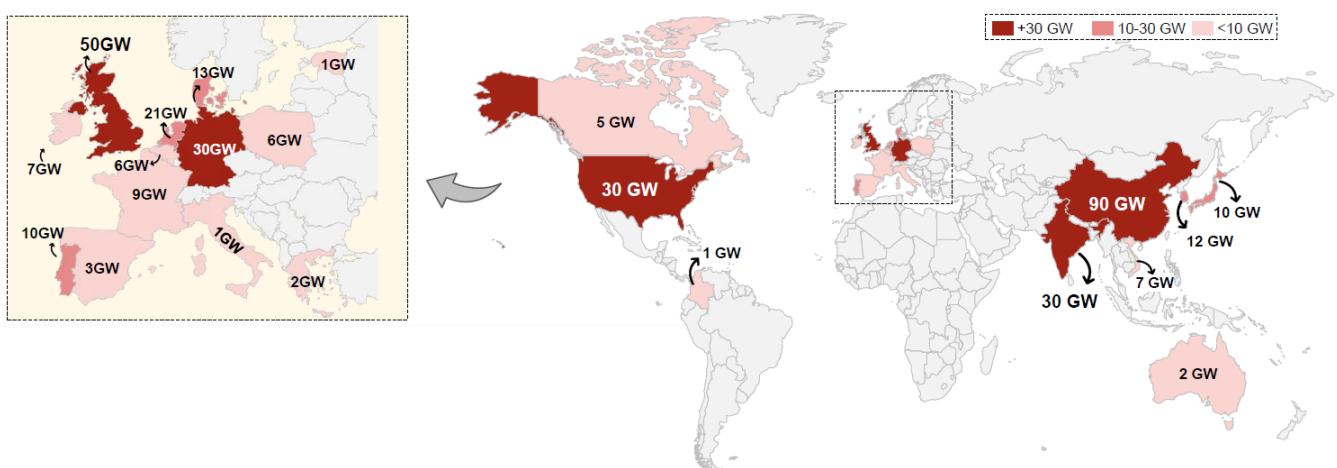
8. Proyecto de desarrollo de la industria eólica *offshore*

La energía eólica *offshore* constituye una fuente de energía limpia e ilimitada, presentando una enorme proyección de crecimiento y desa-

rollo durante los próximos años al contar con importantes ventajas en términos de eficiencia e impacto frente a otras alternativas renovables.

Con una capacidad mundial instalada de 76 GW, repartida entre un total de 329 campos eólicos marinos y más de 13.800 turbinas, la energía eólica generada en el mar representa el 0,4% de la producción energética mundial, un porcentaje que se prevé llegue a alcanzar el 9% en el año 2050.

Figura 10. Objetivos de potencia instalada en eólica offshore a nivel internacional en 2030 (GW) Fuente: Informe PwC "Impacto socioeconómico de la industria naval en España" (2023)



De entre las tecnologías disponibles, la cimentación fija ha sido la primera en desarrollarse, resultando una solución adecuada para profundidades reducidas, lo que suele involucrar generalmente una menor distancia a la costa y su consiguiente impacto. A este tipo corresponden el 95% de los campos eólicos marinos activos registrados hasta la fecha a nivel global.

En los últimos años, el desarrollo tecnológico de nuevas soluciones flotantes está permitiendo la instalación de campos eólicos en lugares de cada vez mayor profundidad, ampliando las posibilidades de instalación de estas fuentes

de generación de energía. Así, la eólica marina flotante permite la instalación de los aerogeneradores en aguas en las cuales no es viable la cimentación fija, lo cual supone una importante ventaja para regiones como la europea, en la que el 80% del recurso eólico se encuentra localizado en aguas de más de 60 metros de profundidad.

El desarrollo de la industria eólica *offshore* flotante se orienta actualmente hacia soluciones innovadoras de cimentación para aerogeneradores marinos de alta potencia, con el objetivo de crear tecnologías que se adapten a las com-

plejas demandas del entorno marino y que resulten competitivas frente a los sistemas convencionales de cimentación fija.

En este contexto, dentro del PERTE Naval se articularon proyectos, actualmente en ejecución, para incentivar el diseño y adaptación de cimentaciones flotantes modulares, estandarizadas y de menor peso, que mantengan la estabilidad y que sean compatibles con las capacidades de las infraestructuras constructivas de los astilleros existentes, facilitando así su fabricación, transporte e instalación en distintos emplazamientos marítimos.

El camino hacia la competitividad económica de la energía eólica marina flotante se apoya, en gran medida, en la industrialización de los procesos de fabricación y en la producción en masa de los flotadores, piezas esenciales de los aerogeneradores. Las plataformas flotantes se desarrollan para optimizar la relación calidad-precio, minimizando costos y maximizando el rendimiento de los aerogeneradores en una variedad de entornos.

La industrialización de cada una de las tecnologías de cimentación flotante propuestas implica crear procesos de fabricación centralizados, generalmente en grandes astilleros o puertos, donde se concentren la producción y ensamblaje de las distintas partes. Estos centros de producción, en los que se utilizan equipos y capacidades logísticas especializadas, aprovechan las economías de escala, reduciendo significativamente el costo unitario y permitiendo un mayor control de calidad, planificación y logística.

Además, la centralización permite que empresas de la industria naval, diseñadores, proveedores de componentes y servicios auxiliares (como cajas de engranajes, palas, góndolas

y cables) operen en un entorno colaborativo y especializado, facilitando una producción eficiente y flexible a medida que las demandas y requisitos específicos evolucionan. Esto es fundamental, ya que las grandes instalaciones de fabricación y las capacidades centralizadas requieren inversiones considerables que solo pueden ser sostenibles mediante una producción en volumen, lo que además permite distribuir el costo de inversión en un número mayor de unidades.

La estandarización de componentes y procesos, que a menudo varían considerablemente entre diferentes diseños de cimentación, también se vuelve esencial para la eficiencia en la producción, ya que permite la especialización de la mano de obra y los procedimientos, aumentando la productividad y reduciendo errores.

Figura 11. Cadena de valor del sector naval y de la energía eólica.



Fuente: Ministerio de Industria y Turismo

Otro aspecto central es el desarrollo de tecnologías de mantenimiento optimizadas para estas cimentaciones flotantes, especialmente en lo referente a operaciones de gran correctivo que suelen ser costosas y complejas en alta mar. Las nuevas soluciones de mantenimiento, apoyadas en tecnologías acoplables específicas y operables desde el propio emplazamiento del aerogenerador, permiten realizar reparaciones sin necesidad de recurrir a costosas estructuras de soporte, como las plataformas Jack-up. Estas tecnologías incluyen sistemas de grúas *add-on* que facilitan el mantenimiento y, a su vez, reducen el tiempo de inactividad del aerogenerador, mejorando así la eficiencia y rentabilidad de la instalación. La posibilidad de realizar mantenimiento de manera rápida y económica es vital para el desarrollo de la industria, ya que reduce considerablemente los costos de operación y contribuye a que la energía producida sea más competitiva.

En este sentido, en términos de logística y cadena de suministro, la industria *offshore* flotan-

te requiere una organización muy sofisticada que garantice la integración eficiente de todos los elementos del proceso productivo. La coordinación entre diseño, fabricación y logística es crucial para lograr una producción en masa con estándares de calidad elevados. La implementación de estrategias avanzadas de gestión de riesgos y activos, junto con sistemas de garantía de calidad robustos, asegura que tanto los productos como los procesos cumplan con las expectativas de fiabilidad y eficiencia. Para facilitar la estandarización y coordinación entre los distintos actores, también es necesario establecer interfaces y colaboraciones efectivas entre empresas de la industria naval, laboratorios de ensayo y otros socios involucrados en el desarrollo de tecnologías de cimentación *offshore*.

El fomento de una industria *offshore* flotante competitiva y tecnológicamente avanzada requiere de un marco de colaboración público-privada y apoyo a la investigación que impulse las capacidades de producción indus-

trial y fomente la creación de infraestructuras adecuadas, como instalaciones portuarias especializadas y nuevos tipos de embarcaciones marítimas. Asimismo, España, como país con una posición destacada en el sector de la energía eólica marina, tiene la oportunidad de liderar el desarrollo de plantas de producción móvil, cuyas instalaciones y equipos puedan ser reutilizados en otros proyectos internacionales. Este enfoque permite adaptarse a las demandas de diferentes mercados y fortalece la competitividad de la industria eólica flotante a nivel global.

Los proyectos primarios coordinados por PYMAR en el Proyecto Tractor tienen como principal objetivo el incentivar la diversificación de la industria naval hacia la industria eólica *offshore* flotante para convertirla en una industria madura y eficiente, basada en tres pilares:

- Producción en masa y estandarización de plataformas flotantes.
- Incorporación de soluciones avanzadas para el mantenimiento de los aerogeneradores.
- Organización logística integrada que optimice cada fase del proceso.

Estos esfuerzos están encaminados a hacer de la energía eólica marina flotante una opción viable, competitiva y sostenible frente a otras fuentes de energía, con el objetivo de consolidar una cadena de suministro robusta y un marco de producción adaptado a las demandas del futuro energético global.

Referencias bibliográficas

PERTE para la industria naval. (s/f). Gob.es.

Portal de Ayudas del Ministerio de Industria y Turismo - Index. (s/f). Gob.es.

International Maritime Organization. (n.d.). <https://www.imo.org/>

Comisión Europea. (n.d.). www.commission.europa.eu

Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia Gobierno de España. (n.d.-b). <https://www.planderecuperacion.gob.es/>

Informe de Actividad de la Industria Naval 2023. PYMAR.

Clarksons Research. (n.d). <https://www.clarksons.net/>