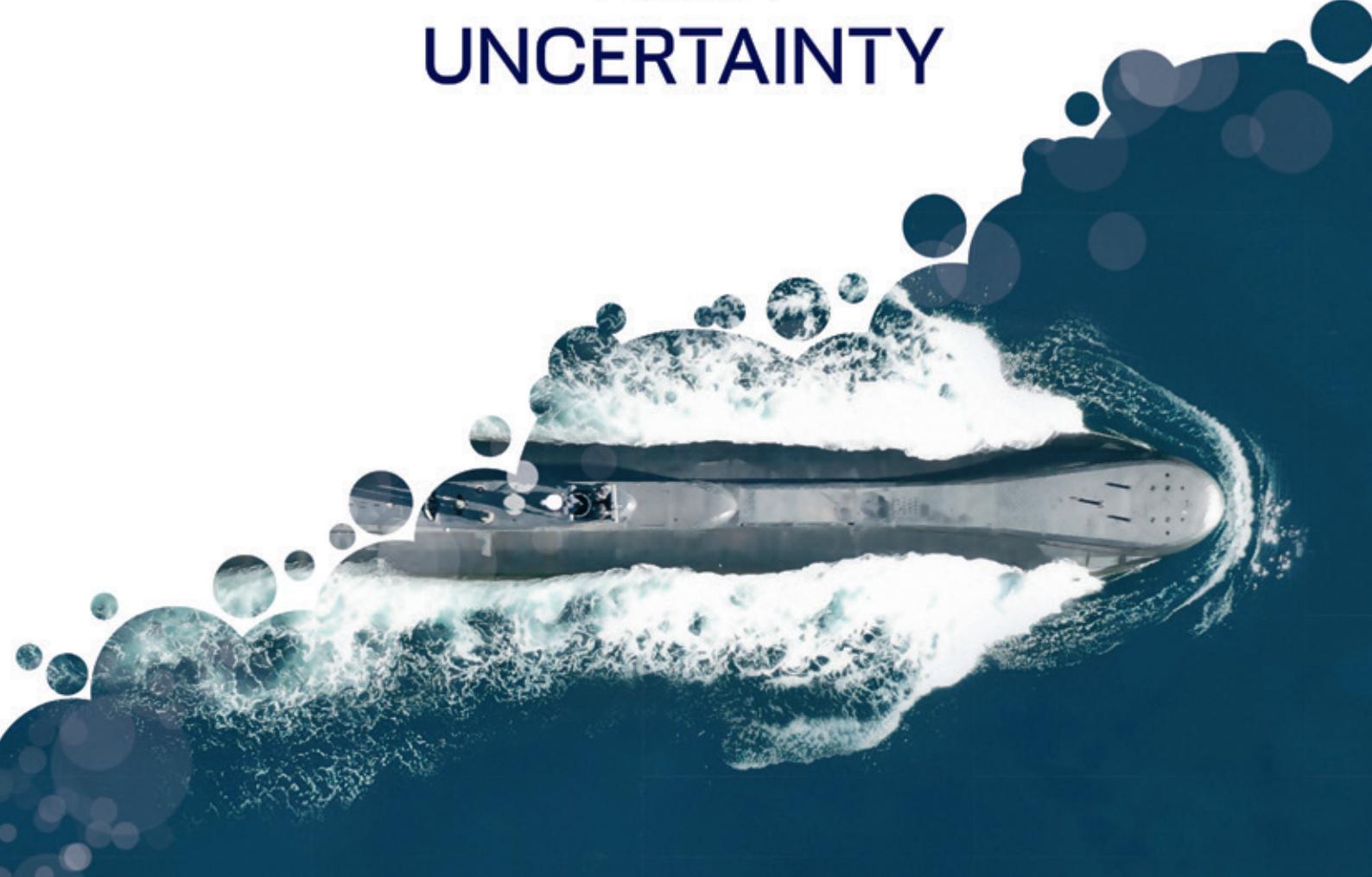


We ensure that  
**systems work  
better.**

[www.vulkan.com](http://www.vulkan.com)



# TURN UNCERTAINTY



## INTO CONFIDENCE

**For the naval domain, this is more than a moment of change.** It's a time for transformation. Never have the decisions it faces been so complex. Nor their consequences ever mattered more. As a trusted voice of the industry, we help decision-makers throughout the maritime world to make purposeful and assured choices. From selection of an appropriate assurance approach, regulatory compliance, next generation fuels, vessel and operational optimization, to in-depth advice and insight, explore our solutions.



Learn more at:  
[www.dnv.com/navy](http://www.dnv.com/navy)

# Redacción

Nº 1042 · FEBRERO · 2025

Revista editada por la Asociación de Ingenieros Navales y Oceánicos de España.  
Fundada en 1929 por Aureo Fernández Ávila, I.N.

## PRESIDENTE DE AINE Y DE LA COMISIÓN DE LA REVISTA

Diego Fernández Casado, I.N.

## VOCALES DE LA COMISIÓN DE LA REVISTA

Francisco Pérez Villalonga, Dr. I.N.  
Jesús Valle Cabezas, Dr. I.N.  
Luis Guerrero Gómez, Dr. I.N.  
Raúl Villa Caro, Dr. I.N.

## REDACCIÓN

Verónica Abad Soto, I.N. (Redactora Jefe)

## PUBLICIDAD

David Sánchez Rosado  
Tel: 682 120 545  
comercial@ingenierosnavales.com  
revista@sectormaritimo.es

## ADMINISTRACIÓN

Noemí Cezón López

## DIRECCIÓN

Castelló, 66 - 28001 Madrid  
Tels.: 915 751 024 / 915 771 678  
e-mail: revista@sectormaritimo.es  
www.sectormaritimo.es

## DISEÑO Y MAQUETACIÓN

DiseñoPar Publicidad S.L.U.  
parpubli@parpubli.com  
www.parpubli.com

## IMPRESIÓN

Imedisa Material de Oficina, S.L.  
Tel: 914861606

## SUSCRIPCIÓN ANUAL

### SUBSCRIPTION FEE (2024):

Electrónica general 90,00 €  
Electrónica estudiantes 45,00 €  
Papel + electrónica 110,00 €  
(sólo España)

SUSCRÍBETE AQUÍ:  
[sectormaritimo.es](http://sectormaritimo.es)



SCAN ME

AÑO XCIV • N.º 1042  
febrero 2025  
Publicación mensual  
ISSN: 0020-1073  
Depósito Legal: M 51 - 1958  
REVISTA DEL SECTOR MARÍTIMO



## NOTAS:

No se devuelven los originales. La Revista de Ingeniería Naval es una publicación plural, por lo que no necesariamente comparte las opiniones vertidas por sus colaboradores en los artículos, trabajos, cartas y colaboraciones publicados, ni se identifica con ellos, y sin que esta Revista, por su publicación, se haga en ningún caso responsable de aquellas opiniones. Los firmantes de los artículos, trabajos, cartas y colaboraciones publicados son autores independientes y los únicos responsables de sus contenidos. Se permite la reproducción de nuestros artículos indicando su procedencia, pero no la distribución de la revista por ningún tipo de medio (electrónico y/o físico).

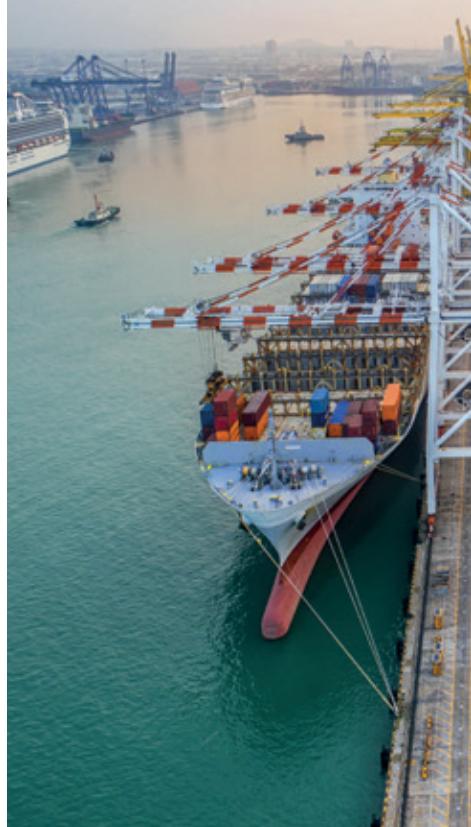
## CONSEJO TÉCNICO ASESOR

D. Francisco de Bartolomé Guijosa  
D. Manuel Carlier de Lavalle  
D. Rafael Gutiérrez Fraile  
D. José María de Juan-García Aguado  
D. Nandi Lorensu Jaesuria  
D. Miguel Ángel Palencia Herrero  
D. Mariano Pérez Sobrino  
D. Jesús Valle Cabezas

## 91. artículo técnico

“Sailing towards a green horizon: how simulation shapes the future of sustainable shipping”, por J. Oliveira

“El código de embarcaciones navales: seguridad y operatividad”, por R. García-Llave; D. J. Coronil Huertas; S. Pavón Quintana



## 118. conectados

## 123. construcción naval

## 129. actualidad

## 146. in memoriam

## 147. coyuntura del sector naval

“Régimen turbulento en el sector marítimo”, por J-E. Pérez García



## 161. guía de empresas

## 120 conectados

La mujer en la ingeniería naval





# 147

## coyuntura

Régimen turbulento  
en el sector marítimo



# 121

## conectados

Sesión AINE/COIN - EPEF:  
“Diseño de yates”



# 123

## construcción naval

Astilleros de Murueta  
construirá un buque  
salmonero de última  
generación garantizado  
por PYMAR

## Editorial

### Avances y desafíos pendientes hacia un transporte marítimo más sostenible en la UE

EMSA y la Agencia Europea del Medio Ambiente acaban de publicar la segunda edición del informe titulado “Hacia un transporte marítimo más sostenible en la UE: avances y desafíos pendientes”, del que se extrae que las emisiones de dióxido de carbono del transporte marítimo han aumentado anualmente desde 2015 en la UE (excepto en 2020), alcanzando 137,5 Mt en 2022 (+ 8,5% con respecto al año anterior). Las emisiones de metano (otro de los gases de efecto invernadero) procedentes del transporte marítimo, se han duplicado entre 2018 y 2023, constituyendo el 26% de las emisiones totales de metano del sector del transporte en 2022. Por contra, las emisiones de óxido de azufre han disminuido en aproximadamente un 70% desde 2014, principalmente, apunta el informe, a la introducción de las zonas de control de emisiones en el norte de Europa. Recordemos, que la SECA mediterránea entregará en vigor el 1 de mayo de 2025 y se repita este efecto positivo en esta región también. Las emisiones de óxidos de nitrógeno han aumentado de manera notable en el período 2015 - 2023, en media el 10% en toda la UE (presenta índices de penetración bajos, ya que las zonas de control de estas emisiones entraron en vigor en 2021 y su aplicación se restringe a buques nuevos).

El informe analiza también el impacto de la contaminación acuática, a través de vertidos de sustancias peligrosas, principalmente de petróleo y derivados, y también a través de descargas operacionales, como las de aguas residuales o aquellas derivadas de la operación de los sistemas de depuración de los gases de escape. En 2023 la media de posibles incidentes de contaminación detectados por el servicio CleanSeaNet de la EMSA aumentó en más del 58% en comparación con 2022. Este aumento puede deberse en parte debido a las mejoras en la resolución, que permiten una mejor detección de posibles incidentes de contaminación de pequeño a mediano tamaño (es decir, posibles vertidos de petróleo de menos de 15 km<sup>2</sup>). De ellos, el 62% eran menores de 2 km<sup>2</sup> y el 87% menores de 7 km<sup>2</sup>. Esto indica que el uso más generalizado de imágenes de mayor resolución espacial procedentes de satélites privados ha mejorado la capacidad de identificar posibles vertidos de tamaño más pequeño. En este informe también encontramos un apartado dedicado al impacto del ruido submarino irradiado (URN) por los buques también ha sido incluido en este informe. Las zonas que actualmente tienen los valores de presión acústica más elevados en Europa son áreas del canal de la Mancha, el estrecho de Gibraltar, partes del mar Adriático, el estrecho de los Dardanelos y algunas regiones del mar Báltico. Los valores más bajos se registran en la parte noroccidental del océano Atlántico nororiental, en particular en torno al estrecho de Dinamarca, el mar de Irminger y la parte meridional del mar Mediterráneo. Los buques tanque y los buques de carga son los principales responsables del URN, especialmente a bajas frecuencias. Sin embargo, la contribución de tipos específicos de buques varía según las regiones y las bandas de frecuencia.

El informe refleja la urgente necesidad de que el sector del transporte marítimo redoble sus esfuerzos para reducir su huella de carbono, la contaminación del agua y acelerar hacia combustibles más limpios y prácticas sostenibles en puertos y el transporte marítimo, todo ello con ayuda de la innovación, las nuevas tecnologías y una mejor gestión.

Bilbao Exhibition Centre  
**19-21 marzo 2025**



# WORLD MARITIME WEEK

**Innovation, Knowledge & Networking**

**SINAVAL**  
Construcción Naval Internacional

**eurofishing**  
Industria Pesquera Internacional

**future port bilbao**

**MARINE ENERGY week**

Partners principales

Foro Marítimo Vasco  
Euskadiko Itsas Klusterra

Cluster Energía  
BASQUE ENERGY CLUSTER



**Uniport Bilbao**  
Port Community

Partner institucional

GRUPO  
**SPRI** TALDEA  
EUSKO JAURLARITZA  
GOBIERNO VASCO  
CONSEJERÍA DE MARÍTIMO Y  
DEPORTE  
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA  
Y EMPLEO  
CONSEJERÍA DE MEDIO  
AMBIENTE Y  
DEPORTE

Organizador

**BEC!** BILBAO EXHIBITION CENTRE

# Sailing towards a green horizon: how simulation shapes the future of sustainable shipping



Juan Oliveira,  
Siemens DI SW

Trabajo presentado en el 63º Congreso Internacional de  
Ingeniería Naval e Industria Marítima, celebrado en Madrid  
de 24-26 de abril de 2024

## ÍNDICE

### Abstract / Resumen

Presente y futuro de la construcción naval

Alternativas de la transición energética

La ingeniería de sistemas basada en modelos y la simulación

Integrando la simulación para conseguir una innovación sostenible

Herramientas de simulación hacia la sostenibilidad

Las sociedades de clasificación como líderes de la transformación digital del sector

Ejemplo práctico: evaluación mediante simulación de sistemas de la integración de una celda de combustible de óxido sólido (SOFC) con un reformador de metano para propulsar un buque de carga

Condiciones del mar y resistencia al avance

Hélice

Motor eléctrico y transmisión

Pila de combustible de óxido sólido (SOFC)

Reformador de  $\text{CH}_4$

Reformador  $\text{CH}_4$  y suministro de vapor

Suministro de aire

Administración del agua

Resultados globales de la simulación

Reformador externo

Pila de combustible de óxido sólido (SOFC)

Intercambios de calor y gestión térmica

Consumo y producción de agua

Conclusiones

Referencias

### Resumen

La Organización Marítima Internacional (OMI) ha establecido objetivos ambiciosos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en la industria marítima, con el objetivo de lograr una reducción del cien por cien para 2050. En respuesta a estas regulaciones, nuestra industria se enfrenta a desafíos impulsados por la necesidad de la

sostenibilidad y el cumplimiento de estos estándares ambientales. En medio de la incertidumbre sobre las futuras fuentes de combustible, la simulación integrada emerge como una herramienta crucial. La simulación ayuda en el diseño de buques para operar a largo plazo, optimizando los diseños y mitigando los riesgos asociados a los sistemas de propulsión. Facilita el análisis de costes y beneficios para el retrofit de los bu-

ques en operación y la adopción de nuevas tecnologías. Al predecir fallos y evaluar diversos escenarios, incluyendo los diferentes combustibles y las alternativas para los sistemas de propulsión, la simulación sirve de guía para la toma de decisiones informadas para constructores y armadores. Permite explorar opciones como el GNL, el hidrógeno e incluso la energía nuclear, enfatizando la importancia de la sostenibilidad y eficiencia en los futuros diseños. La simulación, integrada con otras herramientas digitales, agiliza el proceso de diseño y apoya la transición de la industria hacia la sostenibilidad. Con la simulación, la industria puede navegar por la complejidad de las nuevas tecnologías, optimizar los diseños de sus buques y construir flotas adecuadas para un futuro más verde.

## Abstract

The International Maritime Organization (IMO) has set ambitious targets for reducing greenhouse gas emissions in the maritime industry, aiming for a 100 percent reduction by 2050. In response to these regulations, our industry faces challenges driven by the need for sustainability and compliance with environmental standards. Amidst uncertainty about future fuel sources, integrated simulation emerges as a crucial tool. It aids in designing vessels for long-term service, optimizing designs, and mitigating risks associated with propulsion systems. Simulation facilitates cost-benefit analysis for retrofitting existing ships and adopting new technologies. By predicting failures and assessing various scenarios, including alternative fuels and propulsion systems, simulation guides informed decision-making for shipbuilders and owners. It enables the exploration of options like LNG, hydrogen, and even nuclear power, emphasizing the importance of sustainability and efficiency in future ship designs. Simulation, integrated with other digital tools, streamlines the ship design process, and supports the industry's

transition towards sustainability. With simulation, marine companies can navigate the complexities of new technologies, optimize ship designs, and build fleets fit for a greener future.

## Presente y futuro de la construcción naval

El sector naval está inmerso en un periodo de transformación. Hay cuatro tendencias clave que marcan esta transformación y definen el presente y el futuro del sector: la conectividad, el ajuste de costes, la alta tecnología y, sobre todo, la sostenibilidad, impulsada por las estrictas regulaciones de la Organización Marítima Internacional (IMO, por sus siglas en inglés) en su objetivo de alcanzar la descarbonización del sector para el año 2050. La presión para reducir las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera ha dado lugar a una carrera por encontrar combustibles más limpios o alternativas en los sistemas de propulsión. Los diferentes actores del sector han encontrado un gran aliado para superar la dificultad de analizar y probar cada una de estas nuevas soluciones: la simulación integrada aplicada a los procesos de diseño y fabricación naval, que permite optimizar los diseños, reducir costes y tiempos, predecir el rendimiento y explorar innovaciones de manera eficaz facilitando así la construcción de buques más eficientes.

La primera de las cuatro tendencias claves que están transformando la industria es la conectividad. Esta conectividad es clave para garantizar que la información entre astilleros, ingenierías y empresas colaboradoras fluya de tal manera que garantice la máxima eficiencia en la construcción naval. Y también es crucial una vez que el buque está en operación. La conectividad entre el buque y su base de operaciones en tierra permite que los armadores puedan conocer en tiempo real cómo está operando el bu-

que y el rendimiento de este, y así ajustar las paradas de mantenimiento en puerto para que el buque esté fuera de operación el menor tiempo posible. La conectividad entre el buque y las autoridades portuarias agiliza el intercambio de información y asegura así el funcionamiento fluido de las operaciones marítimas. Otro grado de conectividad es la que asegura la conexión de los marineros con sus seres queridos en tierra, mejorando así su bienestar y su salud mental mientras pasan largos períodos alejados de sus familias y amigos en alta mar.

La búsqueda del ahorro en costes es también una tendencia significativa en el sector. El 90% del comercio mundial viaja en barco. Pero las diferentes crisis que atraviesa el sector periódicamente, como las crisis financieras, del petróleo o más recientemente la crisis provocada por la pandemia de la Covid-19, hacen que este comercio se contraiga, bajando los fletes marítimos y poniendo contra las cuerdas financieras a los armadores, obligados a buscar buques más rentables en su operación, es decir, con un menor coste de su ciclo de vida y con la mayor disponibilidad operativa. Al mismo tiempo, el mercado de nuevas construcciones de los buques más afectados por las crisis, como por ejemplo portacontenedores, graneleros o buques de apoyo al offshore, se ve reducido, aumentando así la competición entre los astilleros por conseguir el coste más bajo de construcción de los pocos nuevos contratos en juego.

También la alta tecnología es uno de los factores transformadores de la industria. Por un lado, la demanda de embarcaciones de alto valor añadido y multiusos está en aumento. No sólo en el sector militar, en donde las marinas de todo el mundo se ocupan a menudo de operaciones distintas de la guerra (MOOTW, por sus siglas en inglés), prestando ayuda humanitaria y cuidados médicos de

emergencia ante desastres naturales o estableciéndose como base de helicópteros ante evacuaciones o transportando víveres. En el otro extremo del espectro se encuentran los grandes yates y cruceros, que cada vez más van más allá de los destinos tradicionales, como el Mediterráneo o el Caribe, para viajar a lugares extremos como el Ártico o la Antártida, lo que exige que puedan navegar bajo muy distintas condiciones. Todos estos casos tienen algo en común, el aumento de la complejidad del diseño y construcción de estos buques debido a los equipos y sistemas de alta tecnología embarcados, lo que redunda en más sensores, más cables y mayor automatización y control.

Un ejemplo extremo de esta alta tecnología son los buques autónomos. Durante las próximas décadas muchos de los buques que naveguen nuestros mares lo harán manejados de forma remota o totalmente autónoma. Seguramente no aquellos que lo hagan en aguas internacionales, en donde siempre tendrá que haber una pequeña tripulación a bordo como marcan los reglamentos internacionales, además de para poder solucionar cualquier problema que ocurra en medio del océano. Pero seguramente sí en el transporte de cabotaje o en aguas interiores, o también en labores de investigación, patrullaje o de lucha contra la contaminación. Los buques autónomos reducirán los costes de operación en los que la tripulación representa hasta una tercera parte del total y mitigarán la escasez de mano de obra del sector ante la falta actual de marineros.

Sin embargo, la tendencia más significativa y urgente en el sector marítimo es la sostenibilidad, alimentada por las estrictas regulaciones de la IMO en su objetivo de alcanzar la descarbonización del sector para el año 2050. Hoy en día, según la Organización Marítima Internacional, el comercio marítimo es

responsible del 3% de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera de origen humano. En plena crisis climática, la necesidad de controlar el calentamiento global y construir un futuro sostenible es una emergencia. Por ello, la IMO introdujo en 2018 su estrategia contra los gases de efecto invernadero buscando su reducción al 50% de los gases emitidos en 2008 para 2050. Pero en 2023, esta estrategia fue revisada para intentar alcanzar el objetivo de la total descarbonización del sector a mitad de siglo.

## Alternativas de la transición energética

La única manera de alcanzar este objetivo es haciendo la transición del uso de combustibles fósiles altamente contaminantes utilizados ampliamente en la industria a alternativas limpias, explorando nuevas posibilidades en términos de sistemas de propulsión y fuentes de energía. Hoy en día se están aplicando una amplia variedad de alternativas, cada una con sus pros y sus contras. Durante los últimos años, el gas natural licuado (LNG, por sus siglas en inglés) ha sido introducido y ampliamente utilizado.

Es una opción más limpia que los combustibles fósiles tradicionales como el diésel y el fueloil ya que reduce considerablemente las emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>x</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y partículas a la atmósfera, pero sigue siendo un combustible fósil no renovable y emite dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) al quemarse. Aunque el LNG es fácilmente accesible y su red de distribución está muy madura, requiere de instalaciones y equipos específicos para su manipulación y almacenamiento. En resumen, el gas natural licuado puede actuar como un combustible de transición, pero debe ser gradualmente abandonado en favor de soluciones renovables.

La energía nuclear es una de las alternativas más extremas. Utilizada en cientos de buques de superficie y submarinos militares durante los últimos 70 años, su aplicación en buques civiles es muy limitada. Las ventajas de la propulsión nuclear se centran en su autonomía y alcance casi ilimitados, ya que no necesitan repostar combustible, la total eliminación de emisiones de gases de efecto invernadero, su mayor potencia y velocidad frente a alternativas convencionales y su fiabilidad y estabilidad energética. Pero en su contra juegan sus altos costes de construcción y mantenimiento, las regulaciones y limitaciones internacionales de operación, que limitan sus rutas y, sobre todo, los riesgos de seguridad y la preocupación de la contaminación del medio ambiente tanto en un caso de fallo o accidente del reactor como en la gestión de los residuos nucleares generados por el buque, así como su negativa percepción pública.

Entre las fuentes renovables destacan los biocombustibles como los producidos de aceites vegetales, desechos orgánicos y algas. Su producción renovable y su reducción de la emisión de gases de efecto invernadero son su mayor baza, pero su disponibilidad a gran escala es limitada y en un futuro pueden competir por las grandes áreas de cultivo frente a la producción de alimentos. Otra de las alternativas más prometedoras es el hidrógeno. Este puede producirse de forma sostenible a través de la electrólisis del agua mediante energías renovables. El producto de su combustión es solo vapor de agua, totalmente libre de emisiones contaminantes y gases de efecto invernadero. Pero hoy en día es una alternativa muy costosa ya que la infraestructura para su producción, almacenamiento y distribución aún está en desarrollo.

Independientemente de la solución elegida para los nuevos buques, cualquiera de ellas

exige el cumplimiento de numerosos requisitos y de la instalación de más sistemas, sensores y equipos especializados, aumentando cada vez más la complejidad del diseño y la construcción naval. Sin mencionar la colosal tarea de sustituir en los más de cien mil barcos que hay en activo en el mundo hoy en día sus propulsiones por soluciones sostenibles. Por desgracia, actualmente la ingeniería naval está basada en un enfoque tradicional en el que los diferentes equipos de diseño trabajan separados en silos desconectados, dificultando el trabajo en equipo y la cohesión y mejora de los diseños. Necesitamos un nuevo enfoque que pueda superar toda esa complejidad y facilite diseñar barcos más sostenibles, permitiendo que nos enfoquemos en diferentes áreas como la optimización del diseño, la detección de fallos en etapas tempranas y el análisis de coste-beneficio. La solución pasa por integrar la simulación junto con la ingeniería de sistemas basada en modelos (MBSE, por sus siglas en inglés) en la fase de diseño del buque.

## La ingeniería de sistemas basada en modelos y la simulación

La ingeniería de sistemas basada en modelos y la simulación se alejan del proceso actual basado en la espiral de diseño, en donde se sigue un enfoque sistemático a través de secuencias iterativas de las tareas de diseño e ingeniería, aumentando el grado de complejidad con cada secuencia a medida que evoluciona la definición del diseño y disminuye el número de sus posibilidades hasta alcanzar el diseño final en el centro de la espiral. Utilizada durante los últimos 60 años, la espiral se ha demostrado como un proceso ineficiente, compuesta de pasos separados, cada uno de los cuales involucra a un equipo diferente que se centra en un aspecto específico del diseño y rendimiento del buque, resultando a menudo en cuellos

de botella y silos de datos e impidiendo así la colaboración.

Hoy en día los equipos de ingeniería están sustituyendo la espiral de diseño por la ingeniería de sistemas basada en modelos. En lugar de utilizar como base documentos y planos, la ingeniería de sistemas basada en modelos pone en el centro del proceso un completo gemelo digital formado por modelos digitales que capturan todas las características y relaciones del sistema y que funcionan como el medio principal de intercambio de información dentro del proyecto. Los modelos digitales pueden abarcar desde la arquitectura general del buque hasta los detalles específicos de cada uno de sus componentes. Estos modelos permiten a los equipos de desarrollo visualizar, analizar y simular el sistema en su totalidad, lo que facilita la identificación y resolución de problemas antes de la fabricación. Además, la ingeniería de sistemas basada en modelos promueve la colaboración entre diferentes disciplinas y equipos, ya que los modelos digitales actúan como la fuente central de información a la que todos pueden acceder y modificar, manteniendo la coherencia y la integridad del diseño a lo largo de todo el ciclo de vida del buque, desde la fase conceptual, hasta la operación y el mantenimiento.

El complemento a la ingeniería de sistemas basada en modelos es la simulación, que permite una comprensión más clara de cómo funcionan los diferentes sistemas o subsistemas. La simulación utiliza modelos digitales y algoritmos matemáticos para replicar el comportamiento, el rendimiento y las características de un sistema o equipos en diversas condiciones, permitiendo a los diseñadores e ingenieros analizar y predecir cómo se comportará un producto en escenarios del mundo real sin construir ni probar prototipos físicamente. De esta forma obtendremos valiosa información sobre la integri-

dad estructural, la dinámica de fluidos o el comportamiento térmico de nuestros sistemas y equipos. Esto nos permite optimizar los diseños, identificar problemas potenciales y tomar decisiones informadas ya desde las primeras etapas del proceso de diseño. La unión de la ingeniería de sistemas basada en modelos y la simulación mejora el proceso de ingeniería de sistemas, agilizando la trazabilidad de los requisitos y mejorando la comunicación para las partes interesadas.

### **Integrando la simulación para conseguir una innovación sostenible**

Sin embargo, si queremos sacar el máximo rendimiento a la simulación, debemos integrarla con el resto de nuestras herramientas y procesos digitales. Para diseñar y construir un buque hay que tener en cuenta también factores como el astillero, los suministradores, armadores, las sociedades de clasificación y las instituciones reguladoras. Todos estos factores se traducen en una inmensa cantidad de datos. Datos que deben ser almacenados y gestionados en una plataforma digital que permita la completa integración, colaboración y confianza, que funcione como una única fuente de verdad durante todo el proceso de diseño y construcción y que sirva para alimentar la simulación. De esta manera podremos simular cada sistema, subsistema y la interoperabilidad entre cada componente del barco hasta alcanzar un enfoque holístico que nos permita predecir el rendimiento del sistema completo, el buque, en cualquier momento durante la etapa de diseño. Además, este enfoque holístico habilita el paso de la simulación a la exploración del diseño, mediante la cual podemos evaluar múltiples escenarios, diferentes alternativas y conceptos para encontrar la solución óptima.

Aplicada al análisis de la propulsión del buque, la exploración del diseño no tiene que

estar centrada tan solo en el funcionamiento del sistema, sino también puede hacerlo en otros aspectos como su rendimiento o su coste, y determinar así la mejor solución que cumpla con los requisitos en términos de emisiones y mejore la eficiencia del buque. Gracias a la exploración del diseño podemos anticipar y corregir posibles fallos, como vibraciones, cavitación, erosiones o golpes de ariete. Históricamente, estos problemas se descubrían durante la operación del buque, requiriendo modificaciones una vez puesto en servicio. Ahora, al simular las condiciones operativas en una fase temprana del diseño, podemos resolver estos problemas antes de que se produzcan. También se puede aplicar la exploración del diseño al análisis de costes y beneficios, simulando diferentes escenarios y comparando los costes de inversión con los beneficios operativos, de tal forma que los armadores puedan evaluar cuál es la mejor tecnología para nuevas construcciones o modernizaciones para cumplir con los requisitos regulatorios o si el coste supera excesivamente los beneficios, optar quizás por desmantelar los barcos en operación en lugar de modernizarlos.

### **Herramientas de simulación hacia la sostenibilidad**

La simulación de sistemas mecatrónicos o simulación 1D unida a la simulación de dinámica computacional de fluidos (CFD, por sus siglas en inglés) son herramientas esenciales cuando utilizamos la simulación para alcanzar soluciones innovadoras en nuestros diseños. La simulación de sistemas mecatrónicos permite, mediante bibliotecas validadas que contienen componentes predefinidos para diferentes dominios físicos, modelar, analizar el comportamiento y predecir el rendimiento de los sistemas propulsivos completos combinando sus componentes mecánicos, hidráulicos, neumáticos, eléctricos, electrónicos y de software en un

modelo de sistema completo integral y esquemático. Gracias a esto podemos realizar pruebas y análisis de rendimiento antes de construir el sistema físico, lo que nos permite detectar y corregir posibles problemas o deficiencias en el diseño.

La simulación de dinámica computacional de fluidos analiza el comportamiento de los fluidos tanto estáticos como dinámicos mediante el uso de las leyes fundamentales de la mecánica que rigen las ecuaciones de Navier-Stokes utilizadas para describir la temperatura, presión, velocidad y densidad de un fluido en movimiento, convirtiendo un problema físico en un modelo matemático. La simulación CFD reemplaza así a los métodos experimentales y analíticos por herramientas de software, aunque su precisión depende de la fidelidad del modelo, las aproximaciones y supuestos utilizados, la validación experimental y los recursos informáticos disponibles. Caracterizando las incertidumbres y errores en la simulación CFD podemos utilizarla como una herramienta eficaz en el diseño de nuestros buques y equipos.

### Las sociedades de clasificación como líderes de la transformación digital del sector

La transición hacia la simulación y la digitalización va a requerir un esfuerzo conjunto de diferentes organizaciones entre las que se encuentran los astilleros, los suministradores, los armadores o las sociedades de clasificación. Organizaciones que se encuentran a menudo aisladas entre ellas, aislamiento que perjudica que el intercambio de información entre ellas sea eficiente y exitoso. Las sociedades de clasificación jugarán aquí un papel trascendental como líderes en esa transición. Los viejos planos de aprobación basados en archivos de dibujo son incapaces de lidiar con los desafíos y requisitos de hoy en día. La creación de un formato estandarizado de intercambio de datos que imple-

mente la simulación integrada romperá el aislamiento entre las organizaciones y llevará a la industria naval a una nueva era.

### Ejemplo práctico: evaluación mediante simulación de sistemas de la integración de una celda de combustible de óxido sólido (SOFC) con un reformador de metano para propulsar un buque de carga

Las pilas de combustible de óxido sólido (SOFC) y los reformadores de gas natural o metano ( $\text{CH}_4$ ) pueden utilizarse en un barco para generar energía de forma eficiente y limpia. Es cierto que hay unos desafíos que superar, como las consideraciones de costes, los requisitos de infraestructura y los avances tecnológicos. Pero a medida que la tecnología evoluciona, estos desafíos pueden abordarse, haciendo que los sistemas de celdas de combustible sean más viables para aplicaciones en el sector naval, y el caso del uso de una celda de combustible de óxido sólido con un reformador de  $\text{CH}_4$  en un barco podría generar beneficios significativos:

- Las SOFC son conocidas por su alta eficiencia a la hora de convertir combustible en electricidad, hasta valores del 60%, significativamente por encima de los motores de combustión tradicionales.
- Las SOFC producen electricidad mediante un proceso electroquímico, que es inherentemente más limpio que la generación de energía basada en combustión, lo que resulta en menores emisiones contaminantes de  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$  y partículas.
- Al combinarse con un reformador de  $\text{CH}_4$ , que produce hidrógeno a partir de metano, las SOFC funcionan con hidrógeno, un combustible limpio que solo genera vapor de agua como subproducto cuando se usa en la celda de combustible, lo que ayuda a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con

los sistemas tradicionales basados en combustibles fósiles.

- Las SOFC funcionan con una gran variedad de combustibles, incluidos hidrógeno, metanol, gas natural y otros hidrocarburos. El uso de un reformador de CH<sub>4</sub> permite la extracción de hidrógeno del metano, proporcionando flexibilidad al combustible y adaptabilidad a diferentes fuentes de combustible.
- Las pilas de combustible funcionan de forma silenciosa en comparación con los motores tradicionales, lo que contribuye a un ambiente más silencioso y confortable a bordo, algo realmente importante en buques de pasaje, buques de investigación oceanográfica y buques de guerra, donde la reducción del ruido es una prioridad.
- Los SOFC tienen menos piezas móviles en comparación con los motores tradicionales, lo que resulta en menores requisitos de

mantenimiento y vidas operativas más largas, generando ahorros de costes durante la vida útil del sistema.

- Las SOFC se pueden configurar para cogenерación, produciendo simultáneamente electricidad y calor. El calor residual generado durante el proceso electroquímico se puede utilizar para diversas aplicaciones a bordo, como la calefacción y la desalinización de agua. También se puede utilizar para calentar los reformadores de CH<sub>4</sub> que consumen calor al generar el hidrógeno. En esta configuración, la eficiencia del sistema puede alcanzar fácilmente el 90%.
- La alta densidad energética y la eficiencia de las SOFC pueden contribuir a aumentar el alcance y la autonomía de los barcos, haciéndolos adecuados para viajes de larga distancia sin necesidad de reabastecerse de combustible frecuentemente.

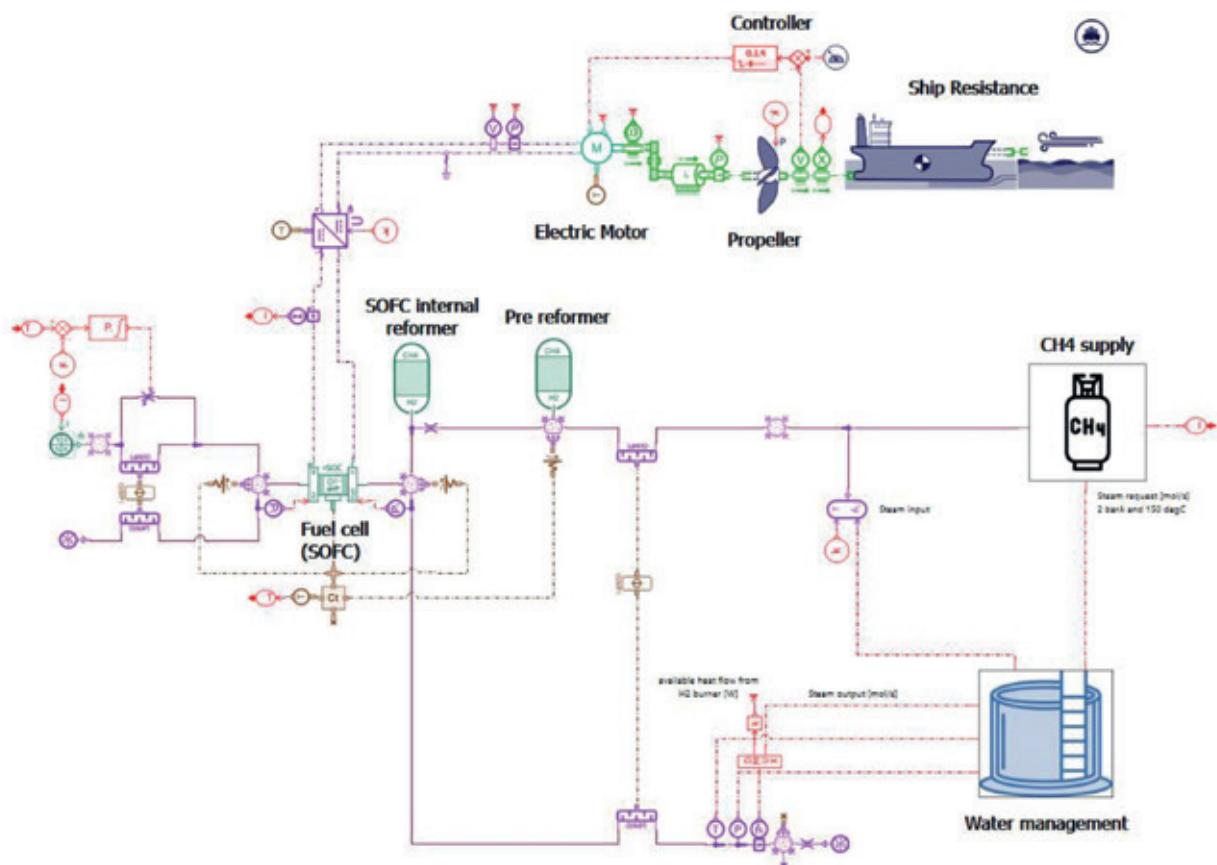


Figura 1.1. Modelo de un buque de carga generado en Simcenter Amesim

Mediante la herramienta de simulación de sistemas Simcenter Amesim hemos construido un modelo de un buque de carga impulsado por una SOFC combinada con un reformador de CH<sub>4</sub>. Gracias a este modelo, podemos simular el comportamiento del barco y su sistema de propulsión considerando diferentes rutas marítimas y condiciones del mar.

Esto nos ayuda, por ejemplo, a evaluar el consumo de combustible del barco y la cantidad de CO<sub>2</sub> que generará. También podemos predecir y comprender mejor las interacciones

entre los componentes del sistema. Por último, las simulaciones se utilizan para evaluar opciones de diseño que ayuden a reducir el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub>.

## Condiciones del mar y resistencia al avance

El uso de Simcenter Amesim permite definir las condiciones de navegación, incluida la ruta marítima basada en las posiciones GPS, pero también la salinidad y temperatura variables del agua, la velocidad y dirección del viento, la altura y el período de las olas

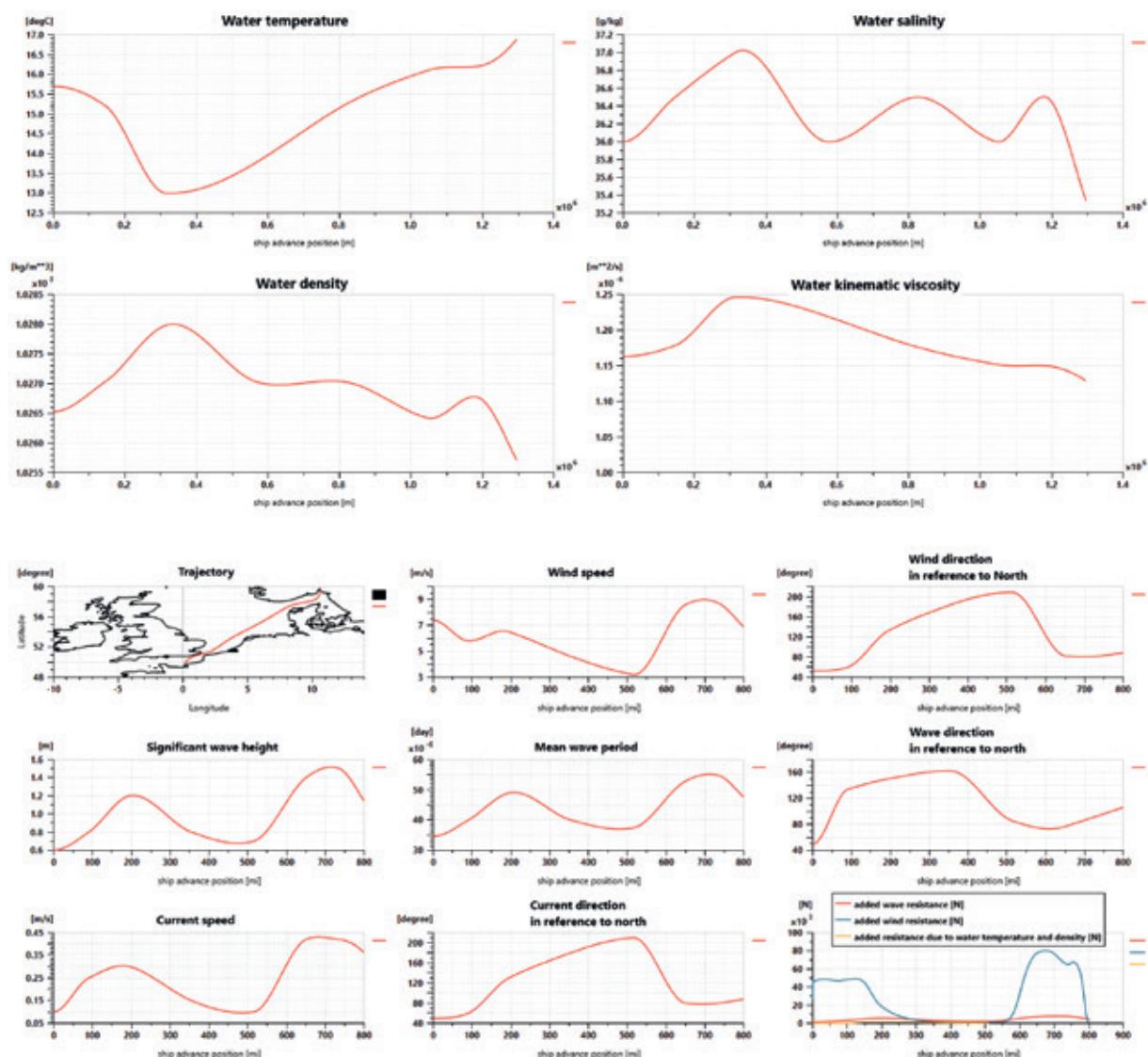


Figura 1.2. Condiciones de navegación

o la velocidad y dirección de la corriente del agua. En este ejemplo la ruta marítima se define según un viaje desde Oslo (Noruega) a Le Havre (Francia). Las condiciones de navegación se definen como se muestra en la siguiente imagen. El barco desplaza 8 000 toneladas, mide 75 metros de eslora y 9 metros de manga y necesita de casi 4 días para realizar el viaje.

El modelo del barco en Simcenter Amesim predice el movimiento longitudinal del barco, considerando su masa y la resistencia al avance, teniendo en cuenta la densidad y viscosidad variables del agua, el viento y las olas.

## Hélice

El modelo de la hélice se utiliza para calcular el empuje y el par. Durante nuestras simulaciones, seleccionamos el modelo de hélice de la serie B de Wageningen propuesto por Simcenter Amesim utilizando como entradas el diámetro de la hélice (6 metros), la relación del área de la pala AE/AO (0,57 – AE: área de la pala expandida de la hélice, AO: área del disco de la hélice) y el número de palas (4). Suponemos el paso de la hélice constante (3,5 m).

## Motor eléctrico y transmisión

La hélice está impulsada por un motor eléctrico de 1,2 MW. Su par máximo continuo es de 15 000 N.m. Su eficiencia se fija en el 90%. El modelo del motor eléctrico de Simcenter Amesim es tabulado. Utilizamos una herramienta integrada, Electric Motor Tables Creator, para generar automáticamente los mapas del modelo a partir de unos pocos datos de entrada.

Utilizamos un controlador PID para definir la solicitud de par del motor con el fin de obtener la mejor coincidencia entre la velocidad del barco y la velocidad objetivo. Un convertidor CC/CC integrado entre la pila de combustible de óxido sólido y el motor mantiene el voltaje del motor a 800 V. Entre la hélice y el motor se integra una transmisión con una relación establecida en 12 para adaptar la velocidad y el par entre los 2 subsistemas.

## Pila de combustible de óxido sólido (SOFC)

La pila de combustible de óxido sólido (SOFC) es un dispositivo electroquímico que genera electricidad utilizando la reacción electroquímica entre el oxígeno del aire y

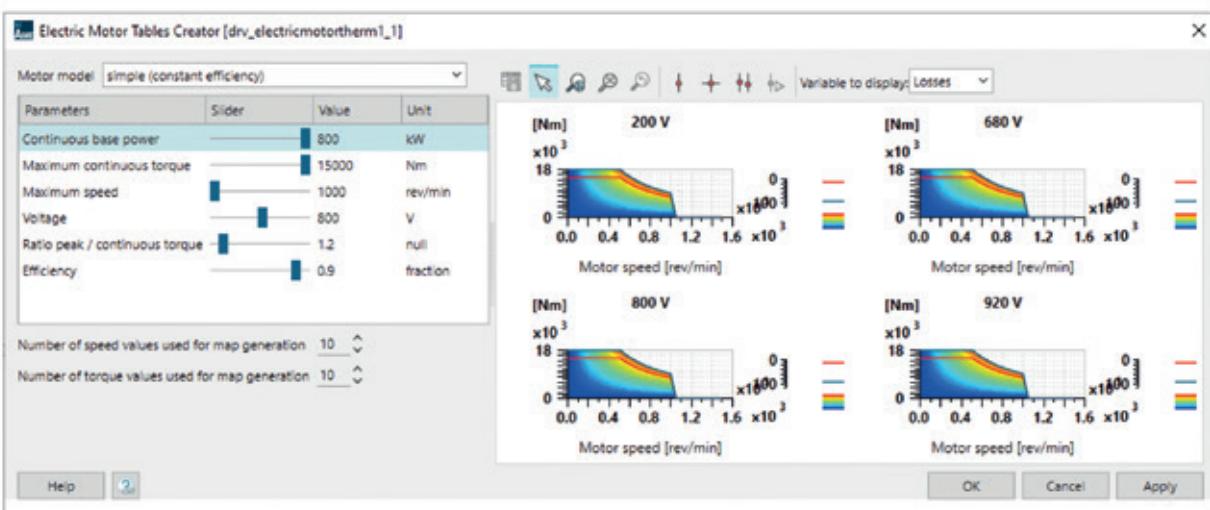


Figura 1.3. Interfaz del módulo Motor Tables Creator de Simcenter Amesim

un combustible, normalmente hidrógeno o gas natural. A diferencia de las pilas de combustible tradicionales, las SOFC funcionan a altas temperaturas (normalmente entre 500 y 1 000 °C), lo que permite una conversión eficiente de una amplia gama de combustibles en electricidad. Son conocidas por su alta eficiencia, bajas emisiones y versatilidad en las fuentes de combustible, lo que las hace adecuadas para diversas aplicaciones, incluida la generación de energía y el transporte marítimo.

En nuestro modelo electroquímico, el hidrógeno se extrae del CH<sub>4</sub> mediante un proceso de reformado (con un prerreformador externo y un reformado interno que se produce dentro de la pila de combustible). En consecuencia, el ánodo SOFC se alimenta con una mezcla de gas que incluye H<sub>2</sub>, pero también CH<sub>4</sub>, CO, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O (en forma de vapor).

El modelo de pila de combustible de óxido sólido de Simcenter Amesim predice el voltaje de la pila de combustible utilizando las ecuaciones electroquímicas de Butler Volmer, considerando las pérdidas de activación, óhmicas y de concentración. Capta el impacto de las condiciones operativas como la temperatura, la presión y la concentración de reactivos.

Además, como el monóxido de carbono está presente en el combustible, también puede sufrir oxidación electroquímica en el ánodo, lo que contribuye a la reacción general de la celda. Las pérdidas de calor de la pila de combustible se predicen considerando el potencial termo neutro, lo que permite evaluar el comportamiento térmico transitorio de la SOFC.

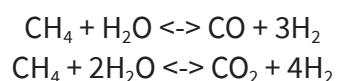
En nuestro modelo, la SOFC está formada por 1 500 celdas con un área activa de 1 000 cm<sup>2</sup> para cada una de ellas. Está dimensionada para entregar una potencia eléctrica

de hasta 1,2 MW. Hay que tener en cuenta que se considera una pila global equivalente, que probablemente estaría formada por 4 pilas individuales de 300 kW en la configuración real.

## Reformador de CH<sub>4</sub>

En nuestro sistema utilizamos un reformador CH<sub>4</sub> para producir hidrógeno a partir de metano, a través de un proceso llamado Reformado de Metano con Vapor (SMR). Alimentamos la cámara de reformado con metano y vapor (H<sub>2</sub>O). La relación vapor/carbono (relación entre moles de vapor y moles de metano) es un parámetro clave para la eficiencia de la reacción y suele oscilar entre 1:1 y 3:1. En nuestro modelo, la relación vapor/carbono se establece en 2,5:1.

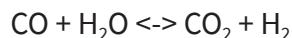
Dentro de la cámara del reformador, el metano y el vapor se calientan y pasan sobre el lecho del catalizador, que generalmente contiene níquel. Este catalizador facilita la reacción, especialmente a temperaturas más bajas. Las principales reacciones químicas implicadas son:



Estas reacciones son endotérmicas, lo que significa que requieren calor. La mezcla de metano y vapor se calienta a altas temperaturas (normalmente entre 700 °C y 1 000 °C) para impulsar estas reacciones. Además de la producción de hidrógeno, también se forma monóxido de carbono (CO) como subproducto de la reacción. La presencia de CO es indeseable en muchas aplicaciones debido a su toxicidad y su potencial para envenenar los catalizadores.

Por lo tanto, generalmente se emplean pasos adicionales para cambiar el equilibrio hacia una mayor producción de hidrógeno

y menos CO. En nuestro modelo, también se considera una reacción moderadamente exotérmica de cambio de agua-gas:



Como las reacciones de reformado son globalmente endotérmicas (lo que significa que absorben calor), para mantener las temperaturas de reacción requeridas, suministramos calor al reformador, ya sea a través de calentadores externos o quemando una porción del hidrógeno o metano producido.

En el modelo de reformador CH<sub>4</sub> de Simcenter Amesim es posible activar la reacción de combustión de metano para simular una reacción autotérmica. Sin embargo, en nuestro modelo de barco, preferimos considerar que el reformador utiliza las pérdidas de calor de la SOFC para mantener su temperatura en el rango requerido.

En nuestro modelo, para maximizar la eficiencia y el rendimiento general del sistema, combinamos 2 reactores reformadores. El primero, externo a la SOFC, extrae la mayor cantidad de H<sub>2</sub> del CH<sub>4</sub>. A continuación, un reformador interno integrado con el ánodo de la SOFC puede refinar aún más el flujo de combustible para maximizar el contenido de hidrógeno y consumir casi por completo el metano.

### Reformador CH<sub>4</sub> y suministro de vapor

La cantidad de metano que debemos suministrar al reformador depende de la cantidad de hidrógeno que debemos proporcionar a la SOFC para realizar las reacciones electroquímicas. En nuestro modelo, el caudal de metano que alimenta el reformador se define a partir de la corriente eléctrica entregada por la celda de combustible considerando una utilización de combustible objetivo del 75%.

El caudal de vapor entregado al reformador se calcula a partir del caudal de metano y la relación vapor-carbono. Suponemos que la mezcla de metano y vapor está a 150°C antes de llegar a un intercambiador de calor utilizado para extraer calor de la mezcla de gases que sale del ánodo de SOFC. De esa manera, la mezcla de metano y vapor se precalienta antes de llegar al reformador, mejorando la eficiencia global del reformador.

### Suministro de aire

En cuanto al metano y al vapor, la cantidad de aire que llega al sistema en el lado del cátodo de la SOFC se predice a partir de la corriente eléctrica suministrada por la pila de combustible, basándose en una relación estequiométrica de 1,5 para el oxígeno. Aun así, para reducir las pérdidas de calor y mejorar la eficiencia global del sistema, se integra un intercambiador de calor en el sistema de suministro de aire para calentar el flujo de aire antes de suministrarlo al cátodo de la SOFC.

Esto se puede hacer extrayendo calor del flujo de aire proveniente de la salida del cátodo. Sin embargo, en algunas condiciones, especialmente para demandas de alta energía, la temperatura del sistema podría exceder el valor máximo esperado establecido en 950°C. Para evitar esta situación, se integra un sistema de derivación con una válvula controlada. Esto hace posible reducir la temperatura de la pila de combustible suministrando aire fresco en lugar de aire caliente a la SOFC.

### Administración del agua

Definimos la arquitectura de nuestro sistema para extraer calor de algunos componentes y entregarlo a otros con el objetivo de mejorar la eficiencia general del sistema. Otro punto de interés es la gestión del agua.

De hecho, por un lado, el reformador consume agua con su reacción de reformado con vapor. Y, por otro lado, las reacciones electroquímicas de la SOFC están produciendo agua.

Así, para dotar al sistema de autonomía hidrálica, recuperamos el agua rechazada en la salida de la SOFC, la almacenamos y la utilizamos para alimentar el reactor reformador.

## Resultados globales de la simulación

Simular el viaje de 4 días de Oslo a Le Havre es muy rápido (unos segundos en un portátil básico). Eso nos permite realizar muchas simulaciones fácilmente para evaluar diferentes escenarios o varias opciones de diseño.

Respecto a nuestro caso, primero podemos validar que el tren motriz y su control permiten navegar a la velocidad esperada.

También podemos obtener fácilmente los siguientes resultados al final de la simulación:

- Distancia del viaje: 700 millas náuticas
- Duración del viaje: 330 564 s (3 días, 19 horas, 49 minutos y 24 segundos)
- Consumo de CH<sub>4</sub>: 6,13 t
- Consumo de CH<sub>4</sub> por milla náutica: 8,77 kg/nmi
- Emisiones de CO<sub>2</sub>: 15,1 t
- Emisiones de CO<sub>2</sub> por milla náutica: 21,6 kg/nmi
- Eficiencia global del sistema (desde el tanque de CH<sub>4</sub> hasta la hélice, basado en CH<sub>4</sub> HHV): 42%

## Reformador externo

El modelo de barco puede predecir la temperatura, la presión, el equilibrio térmico y los caudales máscicos promedio del reformador externo.

Evolucionan dinámicamente durante el viaje, dependiendo de la cantidad de hidrógeno que debe producir la SOFC. Las reacciones químicas endotérmicas requieren hasta 540 kW de calor. La temperatura de la mezcla de gases dentro del reactor se mantiene entre 700°C y 920°C, lo que permite que las reacciones químicas se produzcan correctamente.

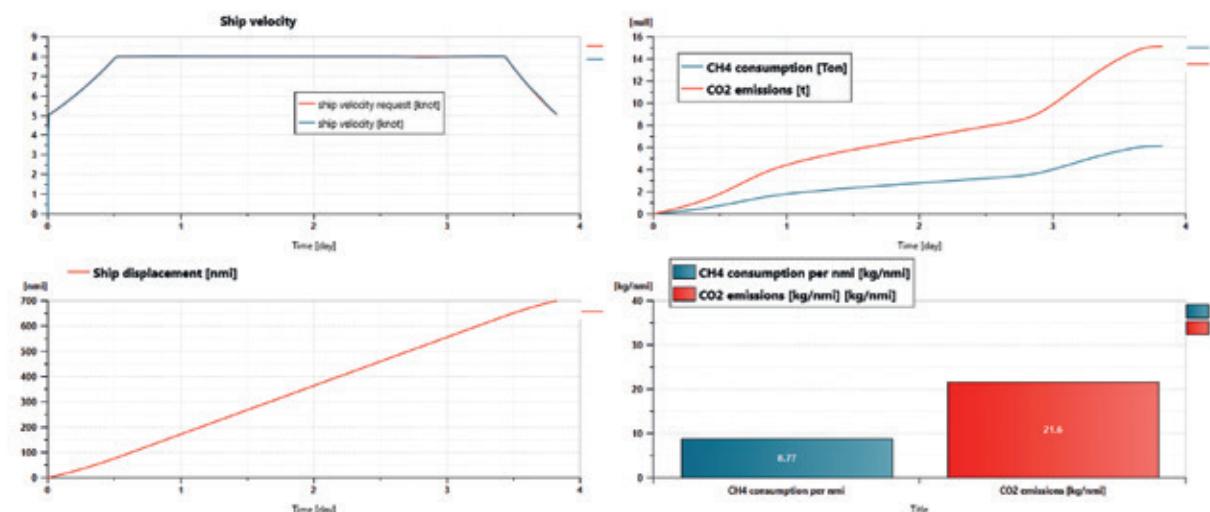


Figura 1.4. Resultados de la simulación: velocidad, desplazamiento, consumo y emisiones de CO<sub>2</sub>

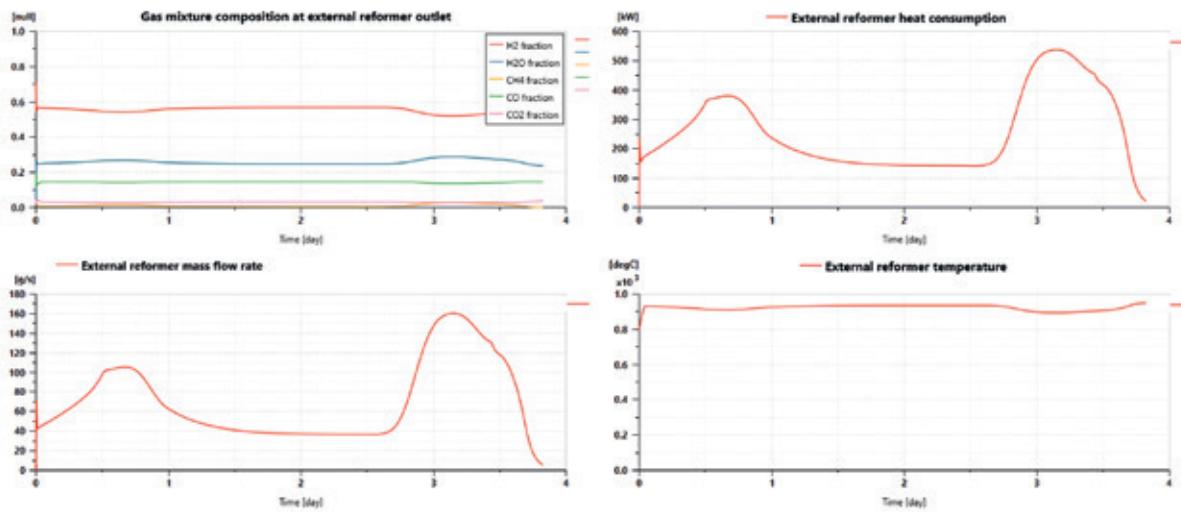


Figura 1.5. Resultados de la simulación: simulación del reformador externo

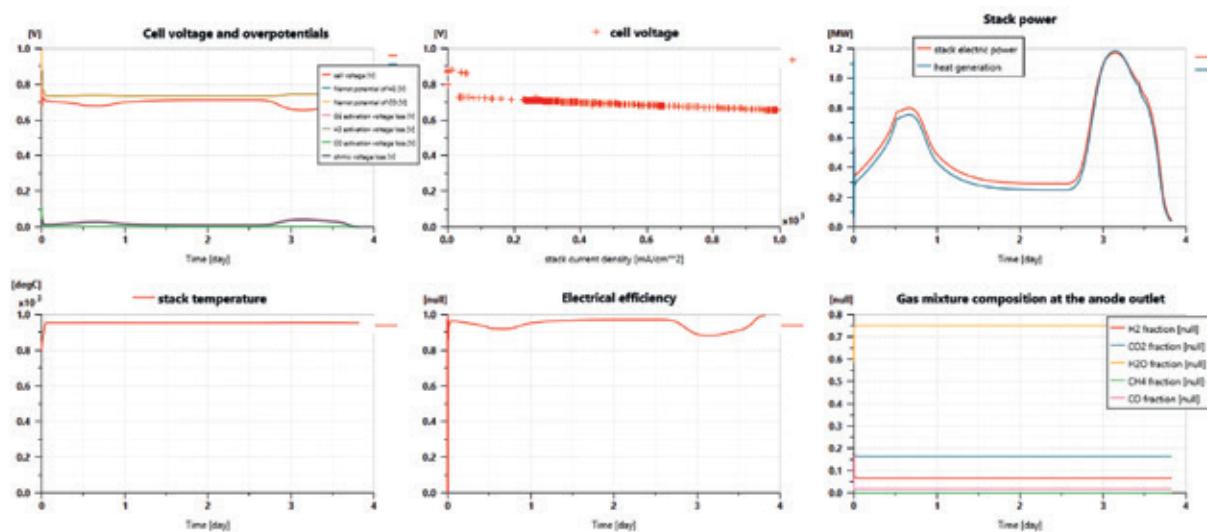


Figura 1.6. Resultados de la simulación: pila SOFC

Las simulaciones también pueden predecir la composición de la mezcla de gases a la salida de la cámara de gas. Por lo tanto, podemos comprobar que:

- Entregamos el exceso de agua al reactor durante todo el viaje: la concentración de vapor se mantiene cercana al 25%.
- La parte más importante del metano se consume para producir hidrógeno. La concentración de  $\text{CH}_4$  se mantiene entre el 1% y el 3%.

- La mezcla de gases está compuesta principalmente de hidrógeno con una composición normalmente entre 53% y 56%.
- El CO y el  $\text{CO}_2$  son los subproductos de la reacción con una concentración de CO que puede alcanzar más del 14%.

### Pila de combustible de óxido sólido (SOFC)

El voltaje de la celda generalmente permanece cerca de 0,7 V. Se predice a partir del

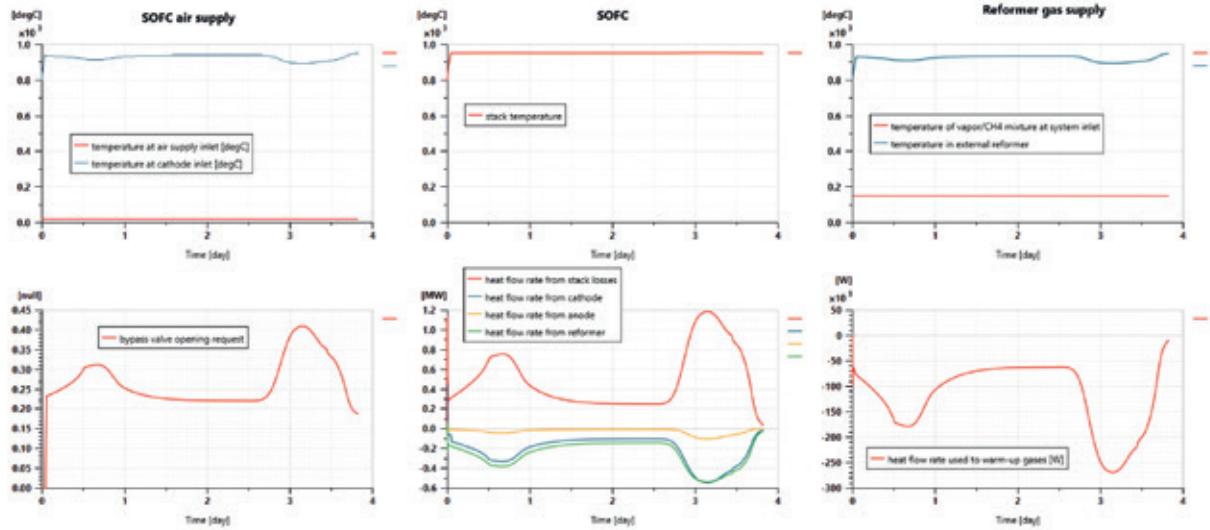


Figura 1.7. Resultados de la simulación: gestión térmica

potencial de Nernst de las reacciones con  $H_2$  y CO y las caídas de tensión por activación y pérdidas óhmicas. Los potenciales de Nernst operativos son bastante bajos en comparación con los potenciales de Nernst en condiciones estándar, ya que se ven afectados por la alta temperatura de la SOFC. En cuanto a las pérdidas por activación, las relacionadas con el  $O_2$  son las predominantes.

La potencia eléctrica entregada por la pila puede alcanzar casi 1,2 MW. El calor generado por las pérdidas tiene el mismo orden de magnitud. En ese contexto, La eficiencia termodinámica de la SOFC se mantiene ligeramente por encima del 50%. La temperatura de la pila de combustible se mantiene cerca a los 950°C.

Debido a las reacciones de la pila de combustible y al proceso de reformado interno, el contenido de metano es cercano al 0% en la salida del ánodo mientras que la mezcla de gases todavía contiene algo de exceso de hidrógeno (alrededor del 7%). El contenido de CO se acerca al 2%. Sería necesario un reactor adicional para reducirlo. La concentración de  $CO_2$  es cercana al 16% y la concentración de vapor de agua es cercana al 75%. Por el lado del cátodo también se suministra aire en exceso. La concentración de oxígeno a la salida es cercana al 8%.

ción de vapor de agua es cercana al 75%. Por el lado del cátodo también se suministra aire en exceso. La concentración de oxígeno a la salida es cercana al 8%.

### Intercambios de calor y gestión térmica

El modelo de nuestro sistema puede ayudar a comprender mejor las tasas de flujo de calor, los intercambios de calor y los transitorios térmicos en el sistema de pila de combustible. De hecho, esto es crucial para mantener la SOFC y el reformador en el rango de temperatura adecuado para operar de manera eficiente. Las pérdidas de energía también pueden recuperarse potencialmente para mejorar la eficiencia general del sistema.

Como se muestra en la siguiente imagen, el intercambiador de calor entre el flujo de aire que va a la celda de combustible (initialmente a temperatura ambiente) y el flujo de aire que sale de la celda de combustible (a una temperatura cercana a la de la pila) ayuda a suministrar gases calientes a la SOFC (a una temperatura superior a 900°C). También podemos ver que la válvula

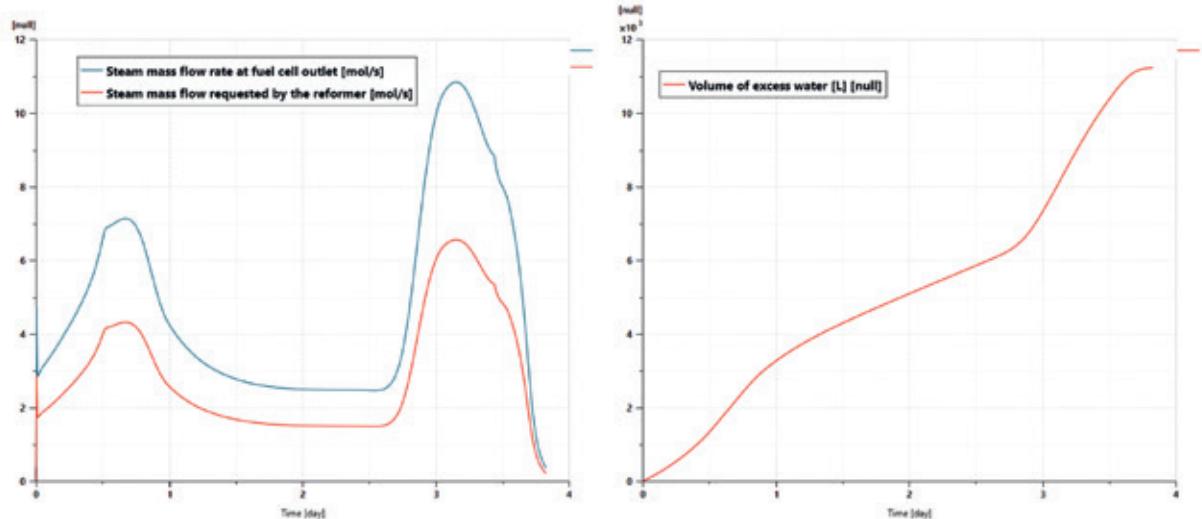


Figura 1.8. Resultados de la simulación: consumo y producción de agua

la de derivación se acciona para controlar la temperatura de la SOFC y mantenerla a una temperatura inferior o cercana a los 950°C. En cuanto al aire, la mezcla de vapor y metano se calienta antes de alimentar el reformador, extrayendo algo de calor del flujo de gas que sale del ánodo de la pila de combustible. De esta forma, la mezcla de gases puede llegar al reactor a una temperatura cercana a los 900°C.

### Consumo y producción de agua

Durante la simulación se evalúa la cantidad de agua suministrada al reformador y el contenido de agua en la mezcla de gases que sale de la SOFC. Como se muestra en la siguiente imagen, la cantidad de agua que se suministra al reformador siempre está por debajo de la cantidad de vapor que se puede recuperar en la salida de la SOFC.

Esto significa que el sistema no necesita ningún suministro de agua externo. Es posible recuperar agua de la SOFC, por ejemplo, después de la condensación, y utilizar esta agua para alimentar el reformador. Parte del agua sobrante podría incluso destinarse a otros usos, por ejemplo, para la generación de agua potable o para los sanitarios

### Conclusiones

Gracias a Simcenter Amesim hemos podido modelar un buque de carga propulsado por una pila de combustible de óxido sólido combinada con un reformador de CH4. Con dicho modelo, hemos podido capturar no sólo el comportamiento de los diferentes subsistemas sino también la forma en que interactúan entre sí. Esto nos permite validar los conceptos, el tamaño de los subsistemas, la gestión térmica de los componentes y predecir el rendimiento, el consumo de combustible y las emisiones de CO<sub>2</sub> de dicha solución de tren motriz. Como las simulaciones se pueden realizar muy rápidamente, el modelo se puede utilizar para evaluar otras variantes de diseño, así como muchos escenarios relacionados con la ruta marítima o las condiciones de navegación.

En un siguiente paso, Simcenter Amesim también permite añadir más física al modelo para mejorar el nivel de precisión de la simulación, o diseñar con más detalle los subsistemas del barco, como el equilibrio SOFC de la planta o la gestión térmica. También podemos integrar componentes adicionales como un quemador para quemar el exceso de hidrógeno que sale del ánodo de la SOFC.

El calor que se genera mediante esta combustión podría valorizarse para mejorar aún más la eficiencia del sistema. Mediante Simcenter Amesim también podemos evaluar estrategias más detalladas para los controles de componentes como válvulas, bombas y compresores, e incluso utilizar un acoplamiento entre el modelo del sistema físico y los controladores lógicos programables (PLC) durante la puesta en marcha previa del proyecto.

## Referencias

[1] Dejan Radosavljevic and Marta Sambaer (2023). Environmental regulations rocking the maritime industry.

- [2] Dale Tutt and Jan van Os. Drivers of the Marine Industry.
- [3] Dejan Radosavljevic and Jan van Os (2023). New IMO standards are driving design change in the marine industry.
- [4] Philipp Mucha (2023). Set sail for your transformative journey into a green marine future.
- [5] Dejan Radosavljevic and Jan van Os (2023). The Need for Integrated Simulation in Ship Design.
- [6] Dejan Radosavljevic and Jan van Os (2023). Integrating Simulation into Sustainable Ship Design.
- [7] Siemens Digital Industries Software. What is Model Based Systems Engineering?
- [8] Siemens Digital Industries Software. Simulación de sistemas mecatrónicos (CAE 1D).
- [9] Siemens Digital Industries Software. CFD Simulation.
- [10] Using system simulation to evaluate the integration of a Solid Oxide Fuel Cell (SOFC) with a methane reformer to power a cargo ship. Siemens Digital Industries Software.

# El código de embarcaciones navales: seguridad y operatividad



Ruth  
García-Llave<sup>1</sup>



Daniel J.  
Coronil Huertas<sup>2</sup>



Santiago  
Pavón Quintana<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Departamento de Ciencias y Técnicas de la Navegación y Construcciones Navales Escuela de Ingeniería Marina, Náutica y Radioelectrónica  
Universidad de Cádiz

Trabajo presentado en el 63º Congreso Internacional de Ingeniería Naval e Industria Marítima, celebrado en Madrid de 24-26 de abril de 2024

## ÍNDICE

### Abstract / Resumen

### 1. Introducción

### 2. Normas de seguridad basadas en objetivos

### 3. El Código de Buques Navales (NSC)

- 3.1. Filosofía y ámbito de aplicación del código
- 3.2. Estructura y contenido del Código
- 3.3. Gestión del Código
- 3.4. Sistema de certificación

### 4. El Código de Embarcaciones Navales (NBC)

### 5. Conclusiones

### 6. Referencias

## Resumen

El diseño de los buques de guerra se ha desarrollado tradicionalmente en atención a unos fines concretos en períodos de hostilidad, pero a su vez, debía garantizar unas condiciones básicas de seguridad cuando operasen en tiempo de paz. La particularidad de este tipo de naves es que se encuentran excluidos del ámbito de aplicación de las principales normas internacionales en materia de seguridad marítima y prevención del contaminación aplicables a los buques civiles. En 2019, la Asociación Internacional de Seguridad Naval desarrolló, a instancia de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN), el Código de Buques Navales. Como complemento al mismo, se ha publicado en el año 2021 el Código de Embarcaciones Navales cuyo ámbito de aplicación son las embarcaciones militares de eslora de hasta veinticuatro metros.

Al igual que su antecesor, en él se establece un marco internacional para la gestión de la seguridad mediante el uso de normas basadas en objetivos y fundamentadas en las disposiciones de la Organización Marítima Internacional en materia de seguridad ma-

rítima sin menoscabar los requisitos operativos de este tipo de embarcaciones.

El presente trabajo pretende exponer los objetivos y la estructura básica del Código de Embarcaciones Navales, los mecanismos previstos para su aplicación efectiva y la regulación complementaria al mismo para obtener una visión general de la normativa internacional en materia de seguridad en el ámbito de la marina de guerra.

## Abstract

The design of warships has traditionally been developed for specific purposes in periods of hostility, but at the same time, they had to guarantee basic safety conditions when operating in peacetime. The particularity of such ships is that they are excluded from the scope of application of the main international maritime safety and pollution prevention rules applicable to civilian ships. In 2019, the International Naval Safety Association developed, at the request of the North Atlantic Treaty Organization (NATO), the Naval Ship Code.

As a complement to this, the Naval Boat Code was published in 2021, the scope of application of which is military vessels up to 24 metres length.

Like its predecessor, it establishes an international framework for safety management by goal-based standards based on the International Maritime Organization's provisions on maritime safety without undermining the operational requirements of this type of vessel.

This paper aims to explain the philosophy based on risk, the objective, and the basic structure of the Naval Boat Code, as well as the complementary regulations to it, to provide an overview of the international regulations on safety in the field of the navy.

## 1. Introducción

Hablar de seguridad marítima, es sin duda, referirse al Convenio para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS). Esta norma, auspiciada actualmente por la Organización Marítima Internacional (OMI), constituye el cuerpo normativo básico bajo el cual se regulan los buques comerciales en este ámbito. La versión vigente es el fruto del trabajo iniciado a primeros del siglo XX con el SOLAS de 1914 y que en sus sucesivas versiones han ido desarrollando las disposiciones técnicas en materia de seguridad conforme a los avances tecnológicos de la época y aplicados a la navegación marítima.

Si bien, el espectro normativo internacional en materia de seguridad de los buques comerciales es amplísimo, no sucede igual en el ámbito de la marina de guerra. Tradicionalmente, el diseño, y, por ende, la seguridad de este tipo de buques se ha desarrollado conforme a la normativa de los Estados a los que iban a prestar servicio.

Básicamente, estas normas trasladaban las prescripciones técnicas aplicables a los buques comerciales, principalmente en lo relativo al diseño estructural, mientras que en el aspecto de la seguridad se venía manteniendo las normas y las orientaciones internas basadas en la experiencia adquirida por las Administración navales correspondiente [1]. Ejemplo de ello podemos citar las Normas de Ingeniería Naval (NES) del Reino Unido, la Norma de Diseño Estructural (DMEM 10) del Departamento de Defensa de Canadá o la Normativa Naval Alemana (BV) publicada por la Oficina Federal de Tecnología y Adquisiciones de Defensa.

A principios de la década de los veinte las Sociedades de Clasificación se lanzaron a la carrera para ofrecer a las armadas una alternativa a la práctica tradicional mediante la adaptación del proceso de clasificación establecido en la

industria de los buques mercantes a la marina de guerra [2]. Esta sinergia con la marina civil proporcionaba soluciones tecnológicas consolidadas y permitía desarrollar otras nuevas de carácter específico con una reducción de los costes de adquisición, desarrollo y mantenimiento [3].

Básicamente la participación de las Sociedades en el diseño de los buques de guerra se plasma en un Programa de construcción estructurados en cinco fases: pre-contrato, en la que la Armada asesorada por la Sociedad de Clasificación fijará el objetivo perseguido, el nivel de exigencia y las reglas o estándares que deberán ser satisfechas; fase de diseño; fase de construcción, en la que la Sociedad inspeccionará la fabricación del casco, la estructura e instalación del equipos de propulsión; fase de pruebas y entrega del buque, y por último, la fase del buque en servicio en la Sociedad llevará a cabo, durante toda la vida útil del buque, inspecciones periódicas para certificar el mantenimiento de la Clasificación o Certificado de Clase [4].

Así, la American Bureau of Shipping (ABS) trabajó desde 1998 con la Armada estadounidense para desarrollar las Reglas para Buques Navales (ABS), cuyas primeras directrices estuvieron disponibles a mediados de 2004 [5]; la Det Norske Veritas (DNV) publicó el mismo año las Reglas para Embarcaciones Navales de Superficie; en la misma línea, la Germanischer Lloyd (GL) elaboró las Reglas GL [6] sobre Tecnología de Buques Navales y el Registro Italiano Naval (RINA) elaboró en 2003 las Reglas RINA para la Clasificación de Buques Navales. No obstante, fue la Lloyd's Register (LR) quien desarrolló en 1998 las Normas LR constituyendo el primer conjunto de reglas navales del mundo para el diseño, la construcción y la clasificación de buques de guerra y enmarcadas en la misma línea que las normas de clasificación de buques comerciales [7].

Paralelo a los enfoques desarrollados por las Sociedades de Clasificación de forma individual y con el objetivo de coordinar los esfuerzos en este ámbito, en el año 2000 se creó la Asociación de Clasificación de Buques Navales (NSCA) homóloga a la Asociación Internacional de Sociedades de Clasificación (IACS) pero circunscrita al ámbito militar cuyos principales objetivos eran [8]:

- a. Promover estándares de seguridad;
- b. Promover medidas de protección del medio ambiente;
- c. Promover y desarrollar estándares armónizados e interoperativos; y,
- d. Apoyar la investigación y el desarrollo (I+D) de los estándares y medidas promovidas.

Posteriormente, en el año 2002 y con el fin de unificar las norma sobre seguridad y clasificación los buques de guerra, la Asociación se puso en contacto con el Grupo de Capacidad Naval de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN). El resultado fue la creación de un Grupo de Expertos formados por especialistas de las Armadas de Alemania, Australia, Canadá, España, Francia, Italia, Noruega, Países Bajos, Reino Unido, Sudáfrica y Suecia, así como de las Sociedades de Clasificación que habían indicado el proceso, es decir, ABS, BV, DNV-GL, HRS, LR, PRS, RINA y TL.

En las primeras reuniones se acordó la creación de un Código de Buques Navales (en adelante, Código) con un enfoque basado en riesgos y que tomase como referencia las prescripciones técnicas SOLAS al objeto de proporcionar el equilibrio necesario entre la claridad de la norma y su eficacia [9].

Para su desarrollo se partió de las diferencias existentes entre los buques navales y los buques comerciales como pueden ser el número de tripulantes, la tipología de las

emergencias en las que se pueden ver involucrado o la propia funcionalidad del mismo, todo ello para poder detectar aquellas áreas en las que el enfoque civil no era aplicable y, por tanto, centrar los esfuerzos en desarrollar normas de diseño, construcción y equipamiento bajo criterios y estándares de seguridad específicos.

Los trabajos para la elaboración del primer borrador del Código se extendieron durante los cinco años siguientes hasta que en 2009 alcanzara su primera publicación [10]. Al objeto de garantizar una continua actualización del mismo se creó la Asociación Internacional de Seguridad Naval (INSA) constituida por las Asociaciones de Clasificación que componían la NSCA y representantes de diferentes Armadas.

Actualmente está formada por las Armadas pertenecientes a Australia, Canadá, Dinamarca, Francia, Italia, Holanda, Noruega, Reino Unido, Singapur, Sudafricana y Suecia y siete Sociedades de Clasificación (ABS, Bureau Veritas, DNV-GL, LR, PRS, RINA y TL) y aunque se encuentra vinculada a la OTAN a efectos de publicación del Código, es independiente y se encuentra abierta a las Armadas y Sociedades de Clasificación no pertenecientes, previa aprobación de sus miembros.

En lo que respecta al Código, se encuentra publicado como ANEP 77 (Allied Naval Engineering Publication) y desde 2021 en la edición H. Cada año se revisan formalmente dos de los capítulos de manera que cada capítulo se examina cada seis años garantizando su plena actualidad.

## 2. Normas de seguridad basadas en objetivos

El Código de Buques Navales adopta el formato de norma basada en objetivos (GBS) y

toma como referencia para su desarrollo los principios básicos establecidos por OMI.

El enfoque basado en objetivos difiere del sistema tradicional de normas de carácter prescriptivo en que el primero no determina los medios para lograr su observancia, sino que establece los objetivos que deben alcanzarse permitiendo así formas alternativas para su cumplimiento, mientras que el segundo, se limita a determinar las acciones que han de llevarse a cabo para dar cumplimiento a lo establecido [11]. Las GBS se constituyen en este sentido como "reglas para las reglas".

En este sentido, la OMI determina que los principios básicos que debe regir las GBS son [12]:

- a. Deben ser normas amplias y generales de seguridad, medio ambiente y/o protección que los buques deben cumplir durante su ciclo de vida;
- b. Deben determinar el nivel exigido que deben alcanzar los requisitos aplicados por las Sociedades de Clasificación, Organizaciones reconocidas, Administraciones y la propia OMI;
- c. Deben ser claras, demostrables, verificables, duraderas, aplicables y alcanzables, independientemente del diseño y la tecnología del buque; y,
- d. Deben ser lo suficientemente específicas para no conlleven a interpretaciones divergentes.

La elección de este tipo de normas para el desarrollo del Código se debe a la necesidad de una norma flexible y adaptable a los avances en la industria marítima en la que los objetivos sean amplios y globales respecto a los cuales se pueda verificar la seguridad de los buques durante la fase de diseño, construcción y explotación para que posteriormente las Sociedades de Clasificación puedan

desarrollar normas prescriptivas en implementarlas a nivel mundial [13].

De la experiencia puede afirmarse que los motivos que han propiciado la utilización de GBS son los siguientes [14]:

- a. Un incremento en la complejidad de los sistemas;
- b. El vertiginoso avance de la tecnología; y,
- c. El desconocimiento de todos los riesgos asociados a dichas tecnologías.

En cuanto a la estructura básica de este tipo de normas, la OMI determina que deberán estar estructuradas en niveles de seguridad, concretamente a efectos de los buques comerciales deben ser cinco [15]:

Nivel I. Objetivos: Se establecen los objetivos que deben cumplirse para construir y operar buques seguros y respetuosos con el medio ambiente.

Nivel II. Requisitos funcionales: estos son los requisitos que deben cumplirse para alcanzar los objetivos enumerados en el Nivel I. Estos deberán abarcar todas las áreas necesarias para cumplir el objetivo, abordar todos los peligros relevantes, proporcionar los criterios para el cumplimiento del objetivo, es decir, los criterios con los que se justifican o verifican los reglamentos y normas mediante el nivel III (Verificación de la conformidad), ser independientes de la realización técnica para dejar espacio al desarrollo tecnológico posterior y, describir claramente qué función debe lograrse.

Nivel III. Verificación de cumplimiento: en este nivel se proporciona los instrumentos necesarios para demostrar y comprobar que las normas y reglamentaciones asociadas se ajustan a los objetivos y requisitos funcionales. El proceso de verificación debe centrarse en la conformidad con los requisitos funcionales.

Nivel IV. Reglas y directrices: en él se incluyen las normas nacionales e internacionales, que comprenden requisitos detallados elaborados por la OMI, las Administraciones nacionales o las Sociedades de Clasificación. Nivel V. Prácticas y normas industriales: se aborda normas de carácter industrial, códigos de seguridad, normas de calidad para la construcción naval, así como para la explotación de buques, el mantenimiento, la formación y la dotación de personal.

### 3. El código de buques navales (NSC)

#### 3.1. Filosofía y ámbito de aplicación del Código

El objetivo del Código de Buques Navales [16] es proporcionar una normativa internacional basada en objetivos respecto a la cual una Administración naval puede certificar que un buque, objetivamente es seguro para operar de acuerdo con la política de seguridad de la Armada. El propio Código define su objetivo como: “un marco internacionalmente aceptado para la seguridad de los buques de superficie basados en los Convenios y Resoluciones de la OMI y derivados de ellos, que abarque la mayoría de los buques explotados por las Armadas”.

En cuanto al objetivo general de seguridad para un buque naval es que debe estar proyectado, construido y se mantenido durante toda su vida útil de modo que, cuando se utilicen adecuadamente, se cumplan que:

- a. En las condiciones de utilización definidas, el buque pueda utilizarse con seguridad y evitar lesiones a las personas que se encuentren a bordo; y,
- b. En todos los casos previsibles de avería, aunque el buque quede con capacidad restringida, deberá mantener la disponibilidad de los dispositivos y equipos esenciales de seguridad para las personas que se encuentren a bordo.

Para ello, el Código toma como base las disposiciones de los diferentes Convenios internacionales en materia de seguridad y articula una serie de objetivos y requisitos de rendimiento en atención a los posibles daños rutinarios y previsibles asociados al uso operacional del buque en tiempos de paz, excluyendo aquellos daños infligidos en condiciones de amenaza extrema o cuando participe en operaciones de combate.

En los supuestos en los que el buque necesite operar bajo estos escenarios, debe ser la Administración naval quien determine los criterios adicionales que aplicar.

Asimismo, queda excluido en el Código la regulación asociada a:

- a. La seguridad relacionada con el uso de plantas de propulsión nuclear;
- b. La seguridad en el transporte a granel de combustible de bajo punto de inflamación;
- c. Los aspectos asociados con el sistema de combate o de armas de un buque;
- d. Las competencias necesarias para operar un buque de forma segura;
- e. Los aspectos de salud y seguridad en el lugar de trabajo;
- f. Las condiciones de vida;
- g. Las operaciones con aeronaves;
- h. Los niveles de dotación; y,
- i. La protección del medio ambiente.

Con relación al ámbito de aplicación, el Código es una norma no vinculante y está dirigida a todos los buques navales de superficie no nucleares, guardacostas y otros buques explotados por un Gobierno siempre que no tengan fines comerciales.

### 3.2. Estructura y contenido del Código

Actualmente el Código, en la versión H, se encuentra estructurado en tres partes:

Parte 1. “Requisitos del Código del Buque Naval”: especifica los requisitos obligatorios en materia de seguridad que debe cumplir el buque y se divide en capítulos (0-XI), cada uno de los cuales aborda un área funcional específica. En el nivel más alto, el Nivel 0, se definen los “Objetivos Generales” (OG’s) de seguridad para el buque. En el Nivel 1, cada capítulo se determina un objetivo para cada área específica del buque. El Nivel 2 establece un conjunto de “Objetivos Funcionales” (FO’s) para cada área específica. Y, por último, el Nivel 3 determina los Requisitos de Rendimiento (PR’s) con mayor nivel de detalle y describe las cuestiones que deben abordarse para cumplir los Objetivos Generales del Código.

Parte 2. “Soluciones”: El nivel 4 proporciona posibles soluciones INSA al Código de Buques Navales para satisfacer los requisitos de la Parte 1. Estas soluciones no son obligatorias y pueden ser sustituidas por otras soluciones acordadas por la Administración Naval, por ejemplo, normas, reglas de clase, etc., que se consideren apropiadas para el buque y siempre que se justifique que cumplen los objetivos funcionales y los requisitos de rendimiento establecidos en la Parte 1. El Plan de Normas enumera todas las normas pertinentes utilizadas en cada proyecto y establece el vínculo entre la Parte 1 y la solución seleccionada.

Parte 3: “Justificación y Orientaciones”: Nivel 5, proporciona las directrices y justificaciones de INSA sobre el Código de Buques Navales y tiene carácter meramente informativo.

Como se puede apreciar, la estructura basada en cinco niveles se corresponde a la establecida por OMI en la elaboración de las GBS. El aumento de la anchura del triángulo a medida que avanzamos hacia su base indica un mayor nivel de detalle en las especificaciones y las diagonales verticales representan cada área específica del buque [17].

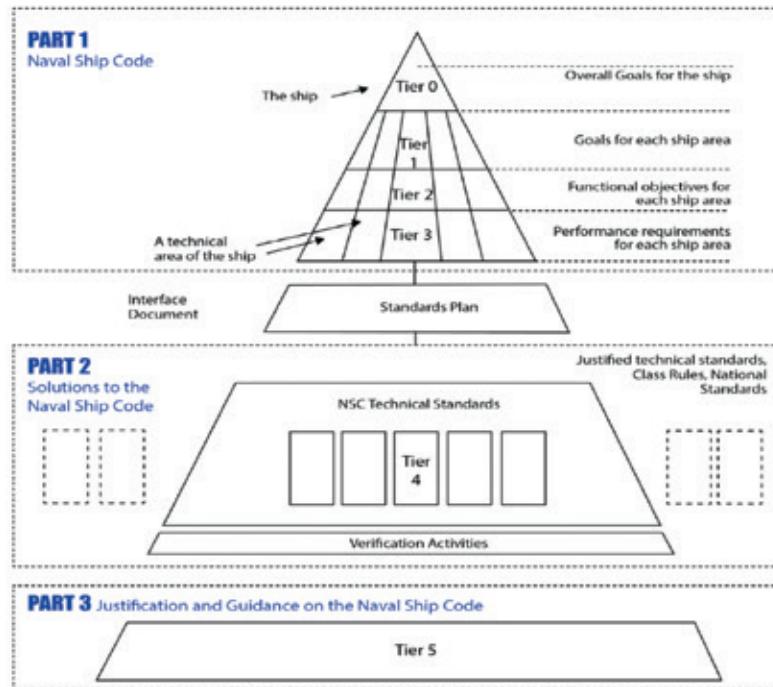


Figura 3.2. Disposición estructural del Código de Buques Navales

### 3.3. Gestión del Código

Para que un Estado pueda hacer efectivo el Código de Buques Navales es preciso que haya establecido previamente:

- Una política de seguridad aprobada por la Armada;
- Un sistema de gestión de la seguridad; y,
- Un protocolo de verificación y renovación de los certificados.

La Administración naval, por su parte, será competente, entre otros cometidos, de:

- La aplicación e implantación del Código;
- La implantación de un sistema de verificación de la construcción y equipamiento del buque a través de revisiones, pruebas e inspección que permitan confirmar el cumplimiento del Código;
- La aplicación de las disposiciones relativas al mantenimiento de inspecciones periódicas que garanticen cumplimiento del

Código a lo largo de la vida útil del buque y los objetivos de seguridad; y,

- La implantación y mantenimiento de los procedimientos para la delegación, designación y auditoría de las Sociedades de Clasificación que desempeñen funciones en nombre de la Administración naval.

### 3.4. Sistema de certificación

El sistema de certificación fijado por el Código de Buques Navales para acreditar su cumplimiento se fundamenta en la emisión de tres documentos previos antes de la expedición del Certificado Naval de Seguridad del Buque: la Declaración del Concepto de Operaciones (ConOpS), el Plan de Normas y el Expediente Técnico. La ConOpS define la función o misión del buque, las áreas operativas y las características del buque (dimensiones, desplazamiento, velocidad, capacidad de recuperación, área operativa, descripción de la tripulación, límites

operativos medioambientales, sistemas de propulsión, contraincendios, equipos de comunicaciones y navegación, etc.). Esta es la información principal para la certificación del buque y se utiliza para evaluar el buque según la Parte 1 del Código. La Parte 2 se aplicará para determinar las soluciones acordadas para satisfacer la Parte 1.

El Plan de Normas se compone de un listado de normas técnicas y cuyo objetivo es poder verificar que el buque cumple con los objetivos generales, funcionales y con los requisitos de rendimiento verificados por la Administración naval o la Sociedad de Clasificación correspondiente y dentro de los parámetros establecidos con base a la ConOpS. Las Normas pueden recoger diversas fuentes, incluyendo las Soluciones indicadas en la Parte 2 del Código. El Expediente Técnico del Buque contiene la información relativa a cómo se han aplicado los requisitos del Código para el diseño y la construcción del buque. Se mantendrá durante toda la vida útil del buque para garantizar que los documentos clave están disponibles para su consulta cuando sea necesario. En el Expediente Técnico se incluirá la siguiente documentación:

- a. La ConOpS;
- b. El Plan de Normas;
- c. La justificación de que las Soluciones seleccionadas cumplen con los Requisitos de Rendimiento;
- d. Los detalles de diseños y disposiciones alternativas;
- e. El Certificado de Seguridad del Buque Naval (NSSC);
- f. La documentación de verificación incluyendo planes aprobados, análisis, pruebas, certificación de componentes y registros de inspecciones.

Finalizado el procedimiento de verificación, se extiende el Certificado de Seguridad Naval del Buque (NSSC) que acreditará que el

buque cumple con los objetivos del Código de Buques Navales.

En el NSSC se hará referencia a las funciones y características especificadas en la ConOpS, así como a las normas técnicas enumeradas en el Plan de Normas y al Expediente Técnico del Buque. Al diferencia de lo que ocurre en el sistema de certificación, refrendo y renovación de los certificados emitidos a los buques comerciales en los que la periodicidad viene predeterminada en el Convenio o el Código correspondiente, los intervalos en los que se renovará el NSSC serán establecidos a juicio de la Administración naval.

Para finalizar, aquellas embarcaciones que cumplen con las disposiciones el Código se le expedirá el Certificado de Embarcaciones Navales. En cuanto a la competencia para su emisión, en este caso son tres las Organizaciones implicadas:

- a. El armador, que, como norma general en estos casos, es la Armada de cada país, quien será responsable de garantizar que el diseño, la selección de materiales y equipos, la construcción y el funcionamiento y mantenimiento en servicio del buque se llevan a cabo de acuerdo con las normas acordadas con la Administración naval en la ConOpS. Cuando la verificación de conformidad y la expedición del certificado no corran a cargo de la Administración naval, el propietario, previa aprobación de la Administración, asignará esta tarea a una Sociedad de Clasificación;
- b. La Administración naval será competente para establecer las disposiciones necesarias para garantizar la seguridad de los buques de guerra, así como delegar en una Organización reconocida, adecuada y autorizada a tal fin, la verificación del cumplimiento y la expedición del certificado conforme a la función del buque, la filosofía de funcionamiento y mantenimiento, las condiciones

- medioambientales, la capacidad de supervivencia y las normas principales establecidas en la ConOpS; y,
- c. La Sociedad de Clasificación autorizada por la Administración naval quien será la encargada de la verificación de cumplimiento y de llevar a cabo la certificación.

#### 4. El código de embarcaciones navales (NBC)

Como complemento al Código de Buques Navales, la INSA ha desarrollado y publicado en el año 2021 el Código de Embarcaciones Navales aplicable a embarcaciones militares de eslora inferior a 24 metros, y/o no más que 12 pasajeros o presten un servicio en el que no se transporta ni carga ni pasajeros con independencia si operan en el mar o en aguas interiores.

Este Código presenta la misma estructura que el Código de Buques Navales y se ha elaborado tomando como referencia el “Grey Boat Code” de 2019 de la Lloyd’s Register que a su vez se elaboró con base al “Small Commercial Vessel and Pilot Boat Code” y “The Workboat Code” del Reino Unido [18]. Al igual que su antecesor, el NBC establece un marco internacional para la gestión de la seguridad mediante el usos de normas basadas en objetivos y fundamentadas en las disposiciones IMO de seguridad marítima sin menoscabar los requisitos operativos de este tipo de embarcaciones.

No obstante, se tiene en consideración que este tipo de embarcaciones no siempre pueden cumplir íntegramente con las normas de seguridad establecidas para los buques comerciales debido a la naturaleza de sus operaciones. Por ello, se introduce un margen de incumplimiento en el que se pueden permitir variaciones siempre que exista circunstancias atenuantes debidamente justificadas. El proceso de acordar tales variaciones debe ser llevado a cabo conjuntamente

por el Armador y la Administración Naval. El Código adopta un enfoque holístico de la seguridad de este tipo de embarcaciones, que incluye tanto las estructuras, maquinaria, propulsión y estabilidad como lo referente al sistema contra incendios, los dispositivos de salvamento, las comunicaciones, sistemas de navegación y la protección del personal.

Al igual que ocurre con los buques navales, cada embarcación deberá ir provista de una Declaración del Concepto de Operaciones (ConOpS) en la que se defina, entre otros, información referente al propietario; a la Administración naval; las funciones principales y secundarias de la misma; el área operativa y filosofía de funcionamiento.

El desarrollo normativo en materia de seguridad marítima tiene un marcado carácter internacional y se encuentra ampliamente regulado en lo que a buques comerciales se refiere mientras que en el ámbito militar su regulación se ha venido manteniendo a lo largo del tiempo circunscrito al ámbito estatal. En este orden de ideas, el Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS) es por excelencia la norma en materia de seguridad que regula todas las esferas del buque comercial quedando excluido de su ámbito de aplicación los buques de guerra. Han sido las Sociedades de Clasificación las primeras en desarrollar normas aplicables a los buques pertenecientes a la marina de guerra al objeto de garantizar unos estándares tanto en la fase de construcción como a lo largo de toda su vida útil mediante un enfoque de seguridad acorde con la naturaleza de las operaciones a desempeñar.

#### 5. Conclusiones

El Código de Buques Navales se configura como un conjunto de normas no vinculantes basadas en objetivos y cuya referencia prescriptiva son los principales Convenios

Internacionales de la Organización Marítima Internacional. Su principal característica es que en él se establecen objetivos de seguridad de naturaleza holística que deben alcanzarse sin especificar los medios para lograrlos proporcionando un margen de adaptación a las nuevas tecnologías.

Asimismo, la determinación de objetivos generales de seguridad y requisitos de rendimiento solo se establecen en atención a los posibles daños rutinarios y previsibles asociados al uso operacional del buque en tiempos de paz.

Actualmente, el Código está siendo aplicado por los países miembros de INSA en las nuevas construcciones de buques navales y se espera que progresivamente los países no pertenecientes adopten tales disposiciones. En lo que a la INSA se refiere, continúa trabajando en el desarrollo de las normas que trasladan la filosofía del MARPOL a los buques navales; la garantía de la seguridad de los programas informáticos; el estudio de la forma en que los buques de guerra pueden cumplir la normativa sobre seguridad de regreso a puerto; la publicación de guías o códigos independientes; o la incorporación de nuevas normas a las reglas de los buques de guerra de las Sociedades de Clasificación.

Con relación al Código de Embarcaciones Navales cabe concluir que sigue los pasos del Código de Buques Navales en cuanto a la filosofía de la gestión de la seguridad en consonancia con las características que presentan este tipo de embarcaciones en cuanto a su construcción y operatividad. Y, que no existe literatura alguna, ni científica ni institucional, sobre el Código de Embarcaciones Navales por lo que se puede deducir que todos aquellos pasos que se siguen con respecto a la regulación de los buques navales son extrapolables a las embarcaciones.

## 6. Referencias

- [1] ISSC. (2006). Naval Ship Design. <https://www.researchgate.net/publication/265286913>.
- [2] Martínez Simón, L. (2002). Clasificación de buques de guerra: Seguridad y Disponibilidad. Revista Ingeniería Naval.
- [3] De la Puente Basallote, M. J. Gómez Gómez, F. (2020). Buques con Clase. Revista General de Marina 279: 997-1016.
- [4] Letelier Montenegro, J. (2003). Clasificación de Buques Militares. Revista de Marina. <https://revista-marina.cl/autor/letelier-montenegro-jaime#>.
- [5] Eccles, T. J. Delpizzo, R. Ashe, G. Albrecht, S. (2010). The US Navy/ABS Service Life Assessment Program. International Maritime Conference 2010: Maritime Industry-Challenges, Opportunities, and Imperatives, Sídney, Australia.
- [6] Det Norske Veritas-Germanisher Lloyd (DNV-GL). Rules for Classification. Naval Vessels.
- [7] Lloyd's Register of Shipping Rules and Regulations for the Classification of Naval Ships. (2002).
- [8] Riola Rodríguez, M. Pérez Villalonga, F.J. (2008). Ship Code una nueva normativa internacional para buques de guerra. Revista General de Marina 254:791-802.
- [9] UK MoD. (2004). "Naval Ship Safety and Classification". Brief for NG/6.
- [10] Ridgley, G. (2005). Development of a NATO Naval Ship Code. RINA Safety Regulations and Naval Classification II.
- [11] Hoppe, H. (2005). Goal-based Standards-New Approach to the International Regulation of Ship Construction, WMU Journal of Maritime Affairs 4 (2):169-180.
- [12] IMO. (2005). Goal-based new ship construction standards. MSC 78/6/2 (Bahamas, Greece, IACS) y IMO (2005): Report of the Maritime Safety Committee on its eightieth session. MSC 80/24.
- [13] Breinholt C. Hensel, W. Perez de Lucas A. Sames P.C. Skjong R. Strang T., Vassalsos D. (2007). Risk based ship and ship system design and their approval. RINA Intl. Conf. on Developments in Classification and International Regulation, London, UK.
- [14] Fransbergen, R. James, P. McKay, J. (2016). Cost effective naval safety with goal-based regulation. The Naval Ship and Submarine Codes.
- [15] IMO. (2019). MSC.1/Circ.1394/Rev.2. Generic Guidelines for Developing IMO Goal-Based Standards.
- [16] NATO. (2021). ANEP 77 The Naval Ship Code, Edn H Version 2.
- [17] Delpizzo, R. D. (2017). An Introduction to NATO Standard ANEP (Allied Naval Engineering Publication) 77 and Its Application to Naval Ships. Ship Science & Technology 11(21):75-88
- [18] Lloyd's Register. (2019). Grey Boat Code. A Code of Practice for the Safety Assurance of Small Boats in Government Service.

# Representación institucional durante el acto de inauguración de la Expedición virtual Jorge Juan: el legado de un marino científico en el Museo Naval de Madrid



De izda. a dcha.: Antonio Crucelaegui, director de la ETSIN; Pilar Tejo Mora-Granados, decana del Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos; Diego Fernández Casado, presidente de la Asociación de Ingenieros Navales y Oceánicos de España; y, Rodrigo Pérez Fernández, decano territorial en Madrid del Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos.

Acceso a la Expedición virtual escaneando este QR:



La “Exposición Virtual Jorge Juan. El legado de un marino científico”, es una plataforma digital innovadora diseñada para preservar y difundir el legado de Jorge Juan, marino e ingeniero español del siglo XVIII, que se puede visitar en la web del Museo Naval de Madrid.

La plataforma fue presentada en la sala de Expediciones Científicas del Museo Naval de Madrid por su director, el capitán de navío Juan Escrigas Rodríguez; Antonio Crucelaegui, director de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales (ETSIN) de la Uni-

versidad Politécnica de Madrid, y Sol de la Quadra-Salcedo, arquitecta y directora del proyecto.

La iniciativa tiene su origen en la exposición conmemorativa del 250 aniversario del fallecimiento del marino organizada en el Museo Naval de Madrid a finales de 2023 y comisariada por José María Moreno Martín y Blanca Sazatornil Pinedo. En ella, a través de 120 obras, se recorrieron los principales hitos de la vida del marino y sus contribuciones más destacadas a la historia de la ciencia del siglo XVIII.

## Componente educativo

Durante la inauguración del acto, el director del Museo Naval de Madrid puso de relieve el aspecto educativo de esta plataforma, además de su utilidad como repositorio y base de consulta. “Con esta herramienta, damos un paso más allá en nuestra misión de conectar el pasado con el presente. Es un proyecto que no sólo asegura la conservación digital de nuestras exposiciones, sino que las transforma en recursos educativos dinámicos y accesibles”, destacó. Además, el capitán de navío Escrigas subrayó que, entre los objetivos de la iniciativa, está el atraer al público más joven, generar en él “una conexión emocional con nuestra historia” y despertar sentimientos y valores. “Queremos que quienes accedan a esta plataforma sientan orgullo por la historia naval española y por figuras como Jorge Juan, que representan el esfuerzo, la innovación y la excelencia”, agregó.

Por su parte, el director de la ETSIN puso el acento también en la vertiente tecnológica, educativa y gratuita de la plataforma. “El objetivo principal de esta exposición virtual es la transmisión de conocimiento, de cultura, de valores, a la población en general, pero, sobre todo, a los más jóvenes, para captar talento y vocaciones para nuestros estudios y profesiones, para enriquecer, engrandecer y portar con orgullo la antorcha de la ingeniería naval española, con el apoyo de sus principales referentes, como es el caso del sabio español Jorge Juan”, subrayó.

## Plataforma educativa

Antonio Crucelaegui enfatizó, asimismo, la colaboración transversal entre instituciones académicas, culturales y tecnológicas que ha hecho posible este proyecto. Agradeció la colaboración tanto de la Armada como de las 13 organizaciones, organismos nacionales e internacionales que han cedido

los derechos de uso de los documentos y de “los patrocinadores que han hecho posible, con su aportación económica, a través de las cátedras universidad-empresa, la financiación requerida: el Centro Tecnológico Soemar, el Clúster Marítimo Español, Navantia y la Fundación Marqués de Suanzes”.

A su vez, la directora del proyecto explicó cómo la plataforma combina la tecnología de vanguardia con un enfoque educativo centrado en la interactividad, al tiempo que desgranó los entresijos de la transformación de una exposición física en una experiencia digital inmersiva, uno de los aspectos más innovadores del proyecto. “Esta herramienta es más que un repositorio digital. Es una puerta al conocimiento, diseñada para que los niños y jóvenes aprendan mientras juegan. Jorge Juan fue un pionero en su época, y queremos que este proyecto sea una inspiración para las nuevas generaciones”, afirmó De la Quadra-Salcedo.

La plataforma incluye elementos como vitrinas virtuales, paneles interactivos, mapas y recursos educativos. Además, ofrece acceso a documentos históricos digitalizados, lo que facilita la investigación y el aprendizaje. “Internet, como en su día lo fue el océano para los exploradores, es un terreno vasto y desconocido. Con esta iniciativa, enseñamos a las nuevas generaciones a navegar por la red con valores y sentido crítico”, expuso De la Quadra-Salcedo.

Entre las características destacadas de la herramienta, se encuentran recursos interactivos diseñados específicamente para colegios, como juegos educativos y actividades que simulan las aventuras científicas de Jorge Juan. Según la directora del proyecto, estos recursos permiten que los estudiantes experimenten de manera práctica y visual la historia, la ciencia y los valores asociados a la figura de Jorge Juan.

# La mujer en la ingeniería naval



Aquí podrás ver el vídeo de esta Jornada:



Con motivo de la celebración del Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia 2025, y enmarcado en los actos celebrados por la UPM, tuvo lugar en la ETSI Navales de Madrid, este acto dirigido al público general y en concreto a estudiantes de FP/Bachillerato.

El acto contó con una conferencia impartida por Rodrigo Pérez Fernández, decano territorial en Madrid del Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos y profesor de la ETSIN, quien hizo un recorrido por la historia de la mujer en la ingeniería naval.

Posteriormente, tuvo lugar una mesa redonda en la que participaron tres destacadas ingenieras navales, cada una representante de una generación distinta y con trayectorias profesionales diversas:

- Pilar Tejo Mora-Granados. Socia Directora de Teirlog Ingeniería y Decana del Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos.
- Cristina Mateos Fernández de Betoño. Ingeniera en Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica en Isdefe.
- Patricia Martín González. Principal Solution Architect en Siemens Digital Industries Software.



Las ponentes compartieron sus experiencias, tanto durante su formación académica como en su desarrollo laboral. Para cerrar la jornada, se abrió un espacio de debate interactivo con el público.

# Sesión AINE/COIN - EPEF: “Diseño de yates”



En la tarde del martes 18 de febrero, tuvo lugar la primera de las conferencias que la Delegación Territorial en Galicia del Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos y de la Asociación de Ingenieros Navales y Oceánicos, tiene previsto organizar a lo largo de 2025, en colaboración con la Escuela Politécnica de Enxeñaría de Ferrol (EPEF).

En esta ocasión la temática a abordar fue el “Diseño de Yates” y fue impartida por el ingeniero naval Juan Alba Fernández, diseñador especializado en embarcaciones profesionales de alta velocidad y el diseño de exteriores. En esta conferencia se habló sobre las principales áreas que intervienen actualmente en el diseño de un yate - arquitectura e ingeniería naval, diseño de exteriores y diseño de interiores - y sobre el amplio rango de embarcaciones que abarcan habitualmente el término yate, que va desde pequeñas embarcaciones de producción en serie, hasta barcos de gran eslora, tratando brevemente las diferencias normativas y de producción entre grandes y pequeños yates. Con una sala

llena de estudiantes y profesionales del sector naval, nuestro decano territorial en Galicia, Jorge Dahl de Sobrino, inauguró esta conferencia, acompañado por el director de la EPEF Vicente Díaz Casás.

Antes de que el ponente iniciase su charla, se hizo entrega de la condecoración al ingeniero naval Pablo Fariñas Alvariño, como reconocimiento a su 25 aniversario de la Promoción 1999. Estas condecoraciones, junto con la Promoción 1950 y entrega de insignias a los nuevos/as colegiados/s, se entregaron en julio de 2024 con motivo de la celebración de la Festividad de la Virgen del Carmen en un acto que se organizó en Madrid para los que acudieron a recogerlas en esa fecha.



# Filipinas y el Pacífico

## La construcción naval, la navegación y la metalurgia

1575 - 1850



[WWW.INGENIEROSNAVALES.COM/TIENDA/](http://WWW.INGENIEROSNAVALES.COM/TIENDA/)



FONDO EDITORIAL DE INGENIERÍA NAVAL  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS NAVALES Y OCEÁNICOS



# Astilleros de Murueta construirá un buque salmonero de última generación garantizado por PYMAR

Astilleros de Murueta construirá un buque salmonero de última generación garantizado por PYMAR. El nuevo buque será para el grupo noruego Frøy, especializado en la industria acuícola.

Se trata de un buque para el transporte y tratamiento de peces vivos (live fish carrier) de 4.500 m<sup>3</sup> de capacidad de carga, que será diseñado y construido para cumplir los más altos estándares en términos de seguridad a bordo y sostenibilidad en el transporte, tratamiento y manipulación del salmón. Tendrá el número C-335 del astillero y su entrega está prevista en el segundo semestre de 2027. Su diseño ha sido llevado a cabo por la compañía noruega Salt Ship Design en estrecha colaboración con Frøy, quienes han utilizado sus años de experiencia y conocimiento para desarrollar un buque que cumpla estándares futuros.

Para la consecución de este contrato, Astilleros de Murueta contará con financiación y garantías de ICO, Cesce, el Instituto Vasco de Finanzas, Banco Sabadell, EBN y PYMAR.

La participación de PYMAR en la operación se materializará mediante el otorgamiento de garantías a través del Fondo de Garantías Navales, instrumento en el que participan, junto a los astilleros privados españoles, entre otros, el Ministerio de Industria y Comercio y el Gobierno del País Vasco.

La operación ha contado con el asesoramiento de los despachos de abogados Hogan Lovells, Watson Farley & Williams y Penningtons Manches Cooper.

## Características del buque

Este buque salmonero de nueva generación tendrá 87,7 metros de eslora y 20,6 metros de manga, estando clasificado por la sociedad de clasificación Det Norske Veritas.

Contará con tecnología de vanguardia diseñada para garantizar la calidad y el bienestar del pescado vivo durante su transporte, tratamiento y manipulación a bordo, y optimizando su eficiencia operativa. El buque estará equipado con sistemas capaces de

separar automáticamente los peces según su tamaño, una planta de ósmosis inversa para la generación de agua dulce utilizada en el tratamiento del salmón, así como con equipos de desinfección, filtración y refrigeración del agua utilizada.

El buque dispondrá de una propulsión azimutal bajo un sistema de generación de potencia diésel-eléctrico, con sistema de baterías capaces de suministrar energía en sus estancias en puerto, en las fases de manio-

bra o en el arranque de grandes consumidores. La hibridación de la planta de potencia, unido a novedosos sistemas de distribución y gestión de la energía a bordo, permitirán reducir el consumo de combustible, las emisiones de gases a la atmósfera y los ruidos y vibraciones generados, medidas de mejora de la sostenibilidad que serán cumplimentadas por un catalizador de gases de escape, además de recuperadores de calor residual para su aprovechamiento en otros sistemas, como la calefacción.

## Armón construirá los dos nuevos fast ferries 100% eléctricos de Baleària



Baleària presentó durante la pasada edición de Fitur el primer corredor verde entre España y Marruecos, que será operado por dos fast ferries 100% eléctricos de cero emisiones. La naviera unirá las ciudades de Tarifa y Tánger con estos dos barcos gemelos.

Baleària resultó, en diciembre pasado, adjudicataria del concurso de la Autoridad Portuaria Bahía de Algeciras (APBA) para gestionar la línea Tarifa-Tánger Ville los próximos 15 años. La APBA primó los criterios técnicos y medioambientales para la adjudicación de la primera línea verde intercontinental.

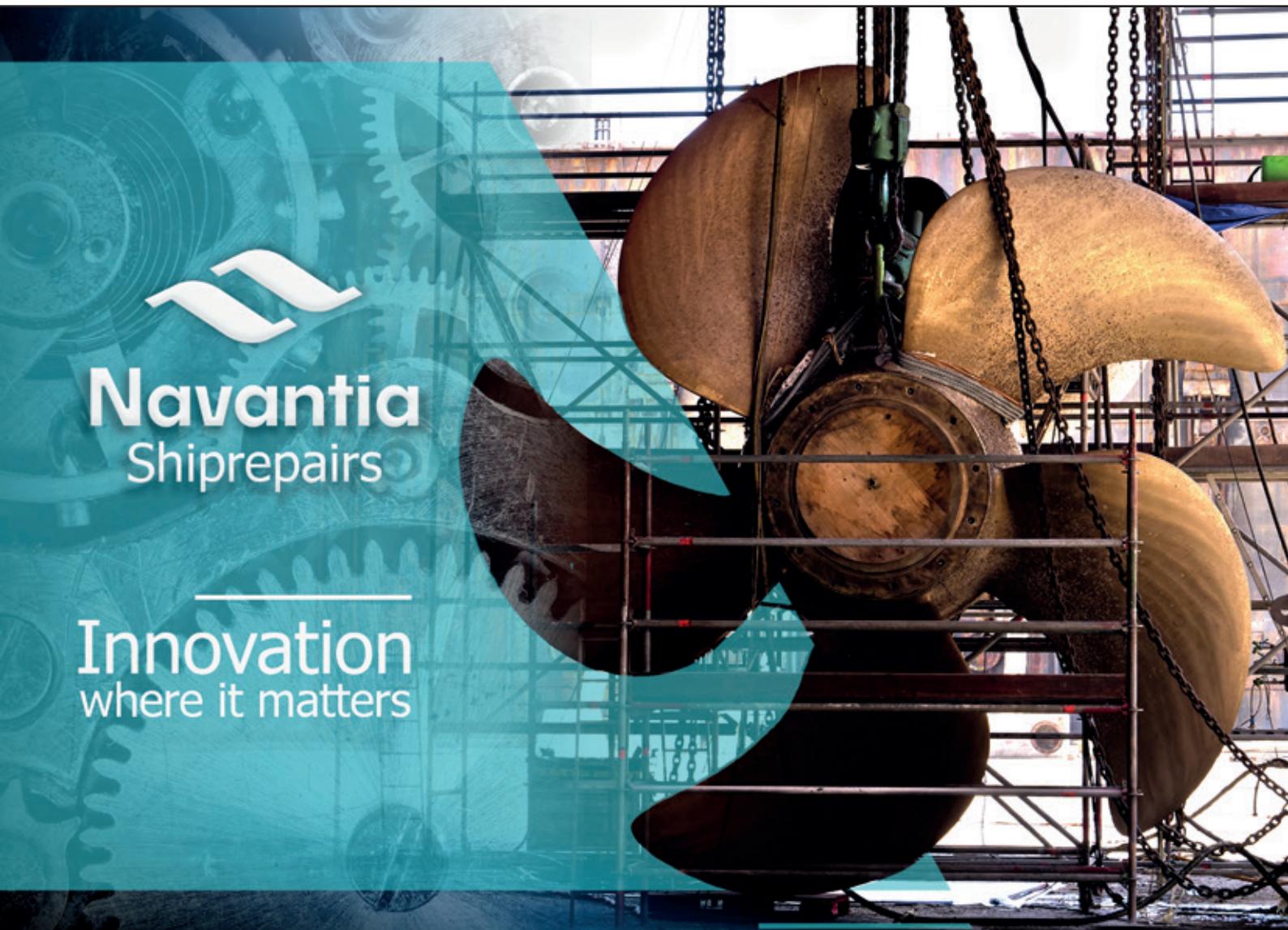
Estos dos catamaranes gemelos se construirán en Astilleros Armón de Gijón durante los próximos dos años y medio. Cada barco tendrá una potencia eléctrica de 16 MW, gracias a cuatro propulsores eléctricos alimentados por baterías, cuya capacidad de 11.500 kWh les permitirán realizar toda la travesía (18 millas) con propulsión eléctrica y sin emisiones. Cada barco contará también con cuatro generadores de apoyo de combustión diésel, con una capacidad total de 11.200 kW, para posibles contingencias.

La recarga completa de las baterías de los fast ferries deberá realizarse durante la escala de una hora en cada uno de los puertos. Para ello se instalarán en ambos puertos unas baterías de 8 MWh brutos cada una, que se sumarán al suministro eléctrico en tierra (de 5 MW en Tarifa y 8MW en Tánger). La carga se realizará a través de dos innovadores brazos robóticos autónomos instalados en cada puerto, que se conectarán al barco a través de la conexión OPS (Onshore Power System) del

mismo. “Este novedoso sistema nos permitirá recargar las baterías necesarias para la ruta en solo 40 minutos”, ha destacado Utor. Entre las instalaciones a bordo y en tierra, la capacidad total de las baterías será de 39 MWh brutos (equivalente a unos 765 coches eléctricos). Utor destacó que se trata de “un proyecto público-privado, con naviera, astillero y financiador españoles, que además cuenta con la participación de empresas nacionales e internacionales de referencia en los campos de la ingeniería y la energía, como Cotenaval, Endesa, Amendis e Incat Crowther”.

El diseño de los barcos de Baleària es similar a sus dos fast ferries a gas natural *Eleanor*

*Roosevelt* y *Margarita Salas* (construidos también en Armón), pero optimizado para los puertos de Tarifa y Tánger Ville. Así, tendrán 25 metros de manga, capacidad para 804 pasajeros y 225 coches, y una velocidad máxima de 26 nudos. Además de unos interiores amplios y luminosos y equipados con numerosos servicios, el confort de los pasajeros estará garantizado también por mediante un sistema T-Foil que amortigua el movimiento vertical. Por otra parte, los catamaranes tendrán una gran maniobrabilidad gracias a los alerones de puente, dos hélices de proa y cuatro timones. Además, contarán con dos rampas en popa de gran capacidad para optimizar las operativas y las maniobras en los puertos.



# Salvamento Marítimo presenta sus nuevas salvamares:

*Salvamar Fénix* en su base de Jávea y *Salvamar Naos* en su base de Ibiza



Foto presentación  
*Salvamar Fénix*

El director de Salvamento Marítimo, José Luis García Lena presentó a finales de enero en Jávea (Alicante) la *Salvamar Fénix*, embarcación de nueva construcción incorporada a finales de 2024 a su base en Jávea, en sustitución de la veterana *Salvamar Diphda*. Pocos días después de la presentación de la *Salvamar Fénix*, el director general de la Marina Mercante y presidente de Salvamento Marítimo, Gustavo Santana, presentaba en Ibiza la *Salvamar Naos*, embarcación de nueva construcción incorporada a finales de 2024 a su base en Ibiza, en sustitución de la veterana *Salvamar Acrux*.

Ambas salvamares han sido construidas en los astilleros de Auxiliar Naval del Principado y ha supuesto una inversión de 2,6 M€ cada una. Estas embarcaciones entraron en servicio a finales de 2024. Cada una cuenta con 2 motores MAN de 1.400 cv. Pesa 39 t y tiene una capacidad de tiro, durante los remolques, de 6 toneladas. Incorpora sistemas DP y Jet Anchor, así como una sonda de barrido lateral en 3D con alcance de hasta 1.200 metros.

## Características técnicas de ambas salvamares

Eslora	21,50 m
Manga	5,5 m
Autonomía	400 millas náuticas
Velocidad	28 kn

Cuenta también con un equipo de comunicaciones por satélite Inmarsat fleet one. Asimismo, aporta mejoras, como una distribución más eficiente y un acceso mejorado a la cámara de máquinas, optimizando la capacidad de acometer mantenimientos programados, al tiempo que se ha mejorado la visibilidad desde el puente de 360°, bajando el frontal protector del cableado en la zona del marinero para mejor visualización, lo que mejora notablemente las capacidades de búsqueda.

Las salvamares son las unidades más versátiles de la flota de Salvamento Marítimo por su alta velocidad, gran maniobrabilidad y poco calado, apropiadas para actuar en circunstancias en que la rapidez de respuesta juega un papel fundamental. Gracias a su rápida respuesta y versatilidad, las salvamares intervienen en la mayoría de las emergencias atendidas por Salvamento Marítimo.

Alcanzan velocidades superiores a los 38 nudos y están construidas en aluminio y con borda baja, lo que las hace apropiadas para recoger naufragos del agua, además de dar remolques y asistencias. Salvamento Marítimo cuenta en su flota con un total de 57 embarcaciones de este tipo distribuidas por toda la costa española.

En 2024, los Centro de Coordinación de Salvamento ubicados en la Comunidad Valenciana (CCS Valencia y CCS Castellón) coordinaron el rescate, asistencia o búsqueda de 1.688 personas -lo que supone un 1% menos que el año anterior-, en las 878 actuaciones marítimas atendidas.

En la provincia Marítima de Alicante, Salvamento Marítimo atendió en 2024 un total de 422 emergencias. Se asistió un total de 1.341 personas y rescató con sus propios medios a 305 personas.

El 50% de las personas asistidas han sido en emergencias relacionadas con embarcaciones de recreo y el 25% en emergencias de embarcaciones precarias y/o sobrecargadas.

El dispositivo de Salvamento Marítimo en Baleares consta de 6 embarcaciones de tipo salvamar, un buque remolcador y un helicóptero, que se coordinan desde el CCS de Palma. Este dispositivo está dimensionado para acometer las necesidades de todo el archipiélago.



Si bien, se realiza un seguimiento constante de la actividad en toda España para valorar permanentemente la adecuación de los medios. El dispositivo en Baleares cuenta además con tres embarcaciones conveniadas con Cruz Roja, de 8 metros de eslora cada una.

También hay que tener en cuenta que, debido a la proximidad con la Península, las unidades aéreas y marítimas situadas en la zona de Levante pueden desplazarse para atender determinadas emergencias en Baleares si fuera necesario.

## Freire Shipyard entrega el nuevo buque de apoyo al mantenimiento de Briggs Marine



El astillero español C.N.P. FREIRE, S.A. acaba de entregar un nuevo buque de apoyo al mantenimiento a la empresa británica Briggs Marine, tras la adjudicación del contrato en diciembre de 2022. El buque, diseñado por Cintranaval en colaboración con el departamento de diseño de Freire Shipyard, ha sido concebido para apoyar los contratos de Briggs Marine con el Gobierno del Reino Unido, así como con parques eólicos marinos y puertos comerciales. Con una eslora

de 40 metros y propulsión diesel-eléctrica DP-2, su función principal será la inspección, mantenimiento y sustitución de ayudas a la navegación (AtoN) y amarres costeros pesados, tanto en el Reino Unido como en el extranjero. Además, llevará a cabo operaciones de reconocimiento, buceo y ROV, así como operaciones de apoyo a proyectos y mantenimiento en alta mar.

Entre sus características se incluyen una moon-pool, una estructura en A desmontable, un sistema de amarre de 4 puntos, una grúa con compensación activa del oleaje y una oficina especializada en proyectos de reconocimiento.

El buque también está equipado con una escalera desmontable para el abordaje de buques de transferencia de tripulación (CTV) para proyectos de energía renovable.

## Eficiencia y flexibilidad para operaciones marítimas

El sistema de propulsión diésel-eléctrica DP-2 maximiza la eficiencia en aguas del Reino Unido y del norte de Europa. El buque ofrece alojamiento de alta calidad para 6 tripulantes y 10 miembros del proyecto, lo que permite operar las 24 horas del día. Briggs Marine ha dado prioridad a la comodidad de la tripulación solicitando la incorporación de medidas de reducción del ruido para que su tripulación y el personal del proyecto descansen bien.

El buque combina flexibilidad y funcionalidad, con capacidades de buceo, reconocimiento y apoyo a proyectos, sin comprometer su propósito principal. Su diseño innovador lo convierte en una herramienta clave para satisfacer las necesidades actuales y futuras de Briggs Marine.

## Suardiaz Group presenta el *RS Alegranza*, su nuevo barco Sub Sea

Suardiaz Group, a través de su división Suardiaz Energy, ha celebrado con éxito el bautismo de su nuevo barco, *RS Alegranza*, en las instalaciones del astillero Astander, ubicado en Cantabria. Este evento marca un importante hito en el proceso de transformación del barco, diseñado para responder a la demanda de servicios Offshore.

Durante la ceremonia estuvieron presentes responsables de Fugro, empresa líder mundial en geodatos y futuro fletador del buque, así como responsables de Suardiaz y Astander.

Los asistentes presenciaron el tradicional bautizo del barco con una botella de champán estrellada contra su casco, por la madri-

na Saskia Maria ten Hoope, como símbolo de buenos augurios para su navegación.

A partir de ahora, se llevarán a cabo pruebas de aceptación en puerto y pruebas de mar para verificar el cumplimiento con los más altos estándares de posicionamiento dinámico offshore (IMCA) realizando un FMEA DP 2 y pruebas de station keeping, antes de comenzar sus operaciones en el mar del Norte.



# El secretario general de transportes aéreo y marítimo presenta su estrategia marítima para impulsar la sostenibilidad y competitividad del sector



El secretario general de Transportes Aéreo y Marítimo del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, Benito Núñez Quintanilla, presentó el pasado 20 de febrero, en un desayuno organizado por el Clúster Marítimo Español (CME), las principales iniciativas gubernamentales para fortalecer el sector marítimo en España.

Antes de dar comienzo la presentación del secretario general ante los socios del CME, su presidente, Javier Garat, recordó los retos y desafíos del transporte marítimo, poniendo en valor además que es el medio de transporte más eficiente por tonelada y milla transportada. Durante la presentación del invitado, Garat aprovechó además para esbozar las reivindicaciones del sector ante las Administraciones Públicas. En primer lugar, solicitó una estrategia conjunta y apoyo financiero para afrontar la transición energética sin perder competitividad. También enfatizó la necesidad de una política global y coordinada de transporte marítimo, tomando decisiones en el marco de la OMI para evitar regulaciones nacionales y europeas que puedan per-

judicar la competitividad. Asimismo, pidió la adaptación de la normativa laboral y de prevención de riesgos a la realidad del sector, junto con medidas para reducir el coste de los combustibles renovables. También reclamó apoyo para modernizar la flota española, fortalecer los

puertos y fomentar la formación y empleo en el sector marítimo, destacando la importancia de una campaña de comunicación sostenida. Además, insistió en la reducción de la burocracia y el respaldo financiero como elementos clave para mejorar la competitividad del sector. Finalmente, reiteró la necesidad de una estrategia española de economía azul y solicitó un Pacto de Estado para que todos los partidos políticos consideren la economía azul como un sector estratégico nacional. Así mismo, solicitó mayor coordinación entre los distintos ministerios con competencias en el ámbito marítimo.

## Estrategia Marítima

Durante su intervención, Núñez Quintanilla destacó la Estrategia Marítima de España, una hoja de ruta que tiene como objetivos clave garantizar la competitividad del sector, impulsar su sostenibilidad y fomentar la innovación tecnológica. Esta estrategia refuerza la independencia geopolítica del país, asegura el suministro de bienes esenciales y contribuye a la descarbonización del

transporte marítimo. Asimismo, se subrayó el papel del sector en la generación de empleo, la formación de profesionales y el desarrollo industrial.

Entre las principales iniciativas del Ministerio presentadas, destacan las siguientes:

- Reformas legislativas: Actualización del Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante y de la Ley de Navegación Marítima. Se incorporarán regulaciones para buques autónomos y ciberseguridad, además de la creación del Registro Especial de Buques y Embarcaciones de Recreo de uso comercial.
- Orden de avales para la renovación de la flota: Se destinarán hasta 1.000 millones de euros para la modernización del sector, fomentando la construcción y transforma-

ción de buques con criterios medioambientales más eficientes.

- Plan Nacional para la Descarbonización del Transporte Marítimo: Implementación de corredores marítimos verdes, fomento de buques con menor huella de carbono e impulso de energías alternativas para reducir las emisiones del sector.
- Participación en el Régimen de Comercio de Emisiones (ETS): España gestionará la asignación de derechos de emisión de más de 3.000 buques, consolidándose como un actor clave en la integración del transporte marítimo en la transición ecológica.
- Fomento de las profesiones marítimas: Aprobación de ayudas directas para la formación y renovación generacional de marinos españoles, con el objetivo de garantizar profesionales cualificados para el futuro del sector.



## Proteja las entradas de tuberías

Utilice los sellos Roxtec para aplicaciones con tuberías y proteja a las personas y los activos contra factores de riesgo como fuego, agua y gas. Asegúrese de mantener las clasificaciones contra fuego en la cubierta y en mamparas una vez instaladas las tuberías de acero, cobre, plástico y fibra de vidrio. En caso de incendio, evite que las llamas se propaguen al utilizar nuestros sellos para tuberías de plástico. En caso de tuberías metálicas utilice Roxtec SPM™ que le permitirá realizar el sellado sin necesidad de ninguna soldadura.

- Instalación simple y segura
- Asegure una barrera eficiente contra incendio
- Garantice la estanqueidad incluso en caso de incendio
- Reduzca el peso total del barco
- Evite todo el trabajo de soldadura

[roxtec.com/es](http://roxtec.com/es)

 Roxtec

# El puerto de Algeciras acoge el primer suministro de GNL en fondeo del país



El puerto de Algeciras fue escenario, a mediados del pasado mes de enero, del primer suministro de Gas Natural Licuado (GNL) en fondeo realizado en España. Así, el buque *New Frontier 1* operado por Shell iniciaba la operación de suministro de GNL al buque *Atlantic Narval*, asfaltero de 169 m de eslora procedente de Sudáfrica y que navegaba con destino Turquía. La operación se realizó sin más novedad en el Fondeadero B de la Bahía de Algeciras. La operación es un nuevo hito en el desarrollo de la estrategia de transición energética del país. Para ello, la Autoridad Portuaria de Algeciras está integrada en el proyecto CORE LNGas hive para el impulso de la utilización del Gas Natural

Licuado. El Puerto de Algeciras realizó su primer suministro de GNL en atraque en 2012 mediante la modalidad de bunkering Truck to Ship, mientras que en 2023 se completó el primer suministro con gabarra a los barcos atracados en el muelle.

## Suministro récord

Por otro lado, a primeros de año el puerto de Algeciras era escenario de su suministro récord de Gas Natural Licuado (GNL). Así, la barcaza *New Frontier 1* operada por Shell suministraba en fondeo 6.150 metros cúbicos de GNL al *MSC Thais*, con capacidad para 15.600 teus. El portacontenedor procedía de Valencia y su siguiente escala era el puerto de Jebel Ali, en Emiratos Árabes. Este suministro duplica en volumen al realizado en el muelle de Isla Verde Exterior hace ahora un año por Península al crucero *Icon of the Seas*, lo que supone un récord en el suministro de GNL en el puerto de Algeciras.

## Por qué el metanol y el GNL dominan en los buques portacontenedores de doble combustible, por ahora

**Autor:** Selwyn Parker. **Traducción:** Rafael Gutiérrez Fraile con ayuda de MS CoPilot

En 2024, Xpress Feeders añadió Eco Maestro, su primer buque feeder de doble combustible capaz de operar con metanol verde (fuente: Xpress Feeders).

Los pedidos de nuevas construcciones con combustibles alternativos alcanzaron niveles récord en 2024, con los buques portacon-

tenedores representando más de la mitad del tonelaje, liderados por los buques de doble combustible de metanol y GNL.

A medida que las nuevas regulaciones de la UE e internacionales imponen estándares más estrictos de emisiones de CO<sub>2</sub> y gases de efecto invernadero (GEI) en el transporte de

contenedores, los propietarios han acelerado las inversiones en nuevas construcciones con motores de doble combustible capaces de quemar metanol o GNL.

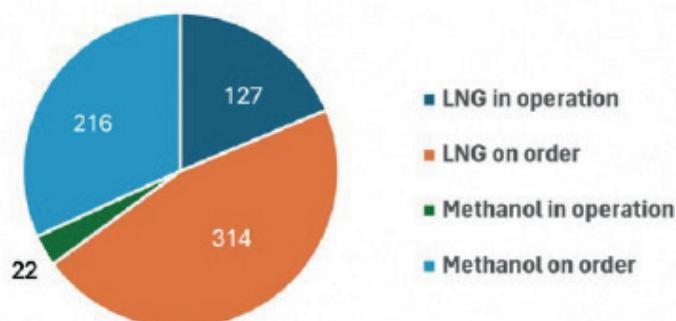
A finales de noviembre, los pedidos de tonelaje con capacidad de combustible alternativo durante el año (55,7M Mcgt) habían superado los niveles récord de 2022 (47,2M Mcgt) en un 18%, con el sector de buques portacontenedores representando más de la mitad del tonelaje, según el Monitor Mundial de Astilleros de Clarksons.

“Las regulaciones de emisiones del transporte marítimo de la UE se intensificarán en enero de 2025, con la proporción de emisiones de transporte aplicables cubiertas por el ETS de la UE aumentando del 40% al 70% y el FuelEU Maritime entrando en vigor”, dijo Clarksons.

Cuando se trata de seleccionar combustibles alternativos en el sector de líneas regulares, el GNL y el metanol han surgido como las opciones claras. Hay 127 buques portacontenedores de doble combustible para GNL en operación y otros 314 en cartera de pedidos o en construcción, mientras que hay 22 buques portacontenedores de doble combustible para metanol navegando y otros 216 en cartera de pedidos.

Uno de los grandes creyentes en el GNL es la naviera CMA CGM de Francia. Al informar sobre sus resultados del tercer trimestre de 2024, CMA CGM dijo que había comprometido 18.000 millones de dólares para encargar 131 buques capaces de funcionar con energía de bajo carbono (biometano, biometanol y combustibles sintéticos). Los barcos estarán operativos para 2028; 12 de estos nuevos buques, impulsados por gas licuado (GNL, biometano, e-metano), se unieron a la flota en el tercer trimestre de 2024.

### LNG and methanol dual fuel containerships in the global fleet



En mayo, Dalian Shipbuilding de China comenzó la construcción del primero de 12 buques de 15.000 teu para CMA CGM que queman metanol, para los cuales Wärtsilä suministrará los motores, mientras que en un acuerdo de 3.060 millones de dólares, el grupo naviero francés también ha encargado cuatro buques portacontenedores de 23.000 teu que funcionarán con GNL. Aunque no todo se debe al combustible, CMA CGM estima que los nuevos barcos superarán el Índice de Diseño de Eficiencia Energética (EEDI) de la OMI en un 60%. También contarán con grandes hélices y timones de alta eficiencia. Según CMA CGM, en comparación con los barcos impulsados por fuel oil, el buque portacontenedores impulsado por gas natural reduce las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 20%, las de NOx en hasta un 85% y las emisiones de partículas y azufre en un 99%.

A principios de diciembre, Maersk completó acuerdos con tres astilleros para 20 buques portacontenedores, todos ellos listos para combustibles convencionales y GNL, que se entregarán entre 2028 y 2030. Un pedido de gran volumen comoquiera que se mire, estos nuevos buques variarán en tamaño entre 9.000 y 17.000 teu para una capacidad combinada de aproximadamente 300.000 teu. Mientras tanto, Maersk ha finalizado el fletamiento de una gama de buques que queman metanol y GNL, con una capacidad total de 500,000 teu. Maersk también

está evaluando la economía de las conversiones de doble combustible. Noviembre marcó el regreso del Maersk Halifax al tráfico transpacífico, tras una innovadora conversión de 88 días que aumentó su capacidad y lo convirtió en un buque de doble combustible para metanol. Realizada en el astillero Zhoushan Xinya de China, la rápida renovación del buque de clase Hong Kong, de 15.690 teu, demostró la viabilidad de convertir los buques existentes impulsados por diésel para el uso de combustibles alternativos. Como explica Leonardo Sonzio, jefe de gestión de flota y tecnología de Maersk, MAN Energy Solutions (MAN ES) convirtió el motor de dos tiempos mientras se instalaron nuevos tanques de combustible, una sala de preparación de combustible y sistemas de suministro de combustible. El barco también se alargó 15 m hasta 368 m de eslora, aumentando su capacidad a 15.690 teu. Maersk está persiguiendo un objetivo de emisiones netas cero para 2040 y ha pasado mucho tiempo explorando el potencial de las conversiones, para las cuales Maersk Halifax es un banco de pruebas. “En el próximo año, aprenderemos de esta primera conversión de un gran buque”, señala Sonzio. “Las conversiones de buques existentes pueden ser una alternativa importante a las nuevas construcciones en nuestra transición de combustibles fósiles a combustibles de bajas emisiones.”

El armador estadounidense Matson ha optado por el GNL para sus tres nuevos buques portacontenedores de clase Aloha, de 3.600 teu, destinados a sus servicios de Hawái y China-Long Beach Express. Con entrega prevista para 2026 y 2027, la construcción de estos buques conformes con la Jones Act comenzó en el astillero Hanwha Philly en septiembre. Bajo la dirección del presidente y director ejecutivo Matt Cox, Matson se ha fijado el objetivo de reducir las emisiones de GEI de Alcance Uno en un 40% para 2030. Y como se informó anteriormente en noviembre, Hapag-Lloyd firmó un acuerdo de cons-

trucción naval valorado en 4.000 millones de dólares con dos astilleros chinos para la construcción de 24 buques portacontenedores de doble combustible para GNL que están “preparados para amoníaco”. De estos, 12 nuevas construcciones, cada una con una capacidad de 16.800 teu, serán construidas por el Grupo de Construcción Naval Yangtze Jiang para expandir la capacidad de los servicios actuales. Se han ordenado 12 barcos adicionales, cada uno con una capacidad de 9.200 teu, a New Times Shipbuilding Co para reemplazar unidades más antiguas en la flota de Hapag-Lloyd. Todas las nuevas construcciones estarán equipadas con motores de doble combustible para GNL de bajas emisiones y alta presión. Además, estos buques pueden operar con biometano, lo que puede reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en hasta un 95% en comparación con los sistemas de propulsión convencionales. Hapag-Lloyd recibirá los nuevos buques entre 2027 y 2029.

## Acuerdo sobre combustibles verdes

Aunque persisten las preocupaciones sobre el suministro adecuado de combustibles verdes, se están logrando avances. En noviembre, Hapag-Lloyd se unió a Maersk, su socio de línea a partir de 2025, en la firma de un acuerdo con Goldwind de China para 250.000 toneladas de metanol verde al año. Hapag-Lloyd estima que las entregas, una mezcla de biometanol y e-metanol, reducirán las emisiones de GEI en al menos un 70%. El grupo dice que el contrato “asegurará una proporción significativa de nuestros requisitos de combustibles verdes [y] nos acercará un paso importante a nuestro objetivo de lograr operaciones de flota con cero emisiones netas para 2045.”

CMA CGM firmó un Memorando de Entendimiento (MoU) con [el grupo] Suez para aumentar la producción de biometano en Europa y la transición energética del transporte marítimo. El MoU abarca la producción de hasta 100.000 toneladas de biometano por año para 2030.

## El amoníaco se acerca

Mientras tanto, parece que el amoníaco aún tiene un camino por recorrer. Aunque su alta densidad energética y baja viscosidad lo marcan como una opción viable de combustible dual, actualmente no hay un motor de gran diámetro que funcione con él. Pero eso podría cambiar pronto. A principios de diciembre, MAN ES comenzó las pruebas a gran escala de un motor de dos tiempos alimentado con amoníaco en su centro de investigación de Copenhague. Técnicamente conocido como ME-LGIA (inyección de gas líquido amoníaco), esta última fase sigue a más de 12 meses de pruebas en un motor de un solo cilindro. “Es un hito significativo poder pasar a las pruebas de motores a gran escala”, señala Ole Pyndt Hansen, jefe de investigación y desarrollo de motores de dos tiempos de MAN. Las pruebas continuarán durante 2025.

### “Los dos tiempos ME-GI disfrutaron de un excelente 2024”

Mientras el mercado espera el ME-LGIA, los dos tiempos ME-GI de MAN disfrutaron de un excelente 2024, ya que el auge de la construcción de buques portacontenedores muy grandes no mostró signos de disminuir. En agosto, China's New Times Shipbuilding ordenó 12 de sus motores Mark 10.5 para 12 nuevos buques de 18.000 teu encargados por Eastern Pacific Shipping, con sede en Singapur. En ese momento, Thomas Hansen, jefe de ventas y promoción de motores de dos tiempos de MAN, reveló que el motor se ha especificado para “más de 60 buques portacontenedores muy grandes solo en los últimos dos meses”. Un motor para el futuro, el ME-GI también puede operar con biometano y gas natural sintético, suponiendo que haya un suministro suficiente.

En otro paso adelante para el amoníaco, HD Hyundai Heavy Industries y Lloyd's Register

firmaron en octubre una aprobación en principio para desarrollar el diseño de un buque de 365 m y 15.300 teu impulsado por dos motores de pequeño diámetro que están actualmente disponibles en el mercado. Es un diseño de doble quilla en el que los tanques de combustible de amoníaco están ubicados delante de la sala de máquinas y lejos de la superestructura habitable, como medida de seguridad.

Los expertos en combustibles continúan confiando en que el amoníaco sigue siendo altamente adecuado para motores de combustible dual en el transporte marítimo de largo alcance, pero, como señala Lloyd's Register, la adopción generalizada del amoníaco se ve obstaculizada por la escasez de equipos de suministro (bunkering) adecuados, equipos de manejo seguro y otras instalaciones esenciales.

De manera alentadora, el inversor en energías renovables Copenhagen Infrastructure Partners acaba de firmar un memorando de entendimiento para dos buques de transporte de amoníaco capaces de realizar bunkering de barco a barco. El más grande de estos será el buque de 50.000 m<sup>3</sup> de Færder Tankers, que se botará a finales de 2028. Niels Lindegaard, asesor senior de negocios del inversor, dice que está en conversaciones avanzadas con importantes operadores de transporte marítimo para desarrollar transportadores de amoníaco muy grandes.

Y en otra colaboración con MAN ES, Eastern Pacific también ha acudido a China y Corea del Sur para contratar seis barcos de combustible dual que queman amoníaco: cuatro graneleros Newcastlemax y dos transportadores de amoníaco muy grandes, programados para su entrega a partir de 2026.

Hasta entonces, parece que el metanol y el GNL liderarán la carga hacia las emisiones cero en los buques portacontenedores.

# Schottel suministrará sus equipos al nuevo buque de apoyo multipropósito de la Armada portuguesa



Schottel equipará el nuevo buque de apoyo multipropósito de la Armada portuguesa, que se bautizará como *NRP Dom João II*, con dos EcoPeller SRE 560 y un TransverseThruster STT 3 FP.

El diseño del buque ha corrido a cargo de Damen Shipyards específicamente desarrollado para que lleve a cabo misiones de defensa y seguridad. Además de operaciones de seguridad marítima y apoyo naval, entre sus principales funciones estarán la investigación oceánica, búsqueda y rescate, y ayuda humanitaria en situaciones de emergencia.

El buque se entregará en 2026. Tendrá capacidad de desplegar drones no tripulados y helicópteros.

Para la propulsión principal, Schottel suministrará dos propulsores azimutales EcoPe-

ller tipo SRE 560 de accionamiento eléctrico, con una potencia de entrada de 2.600 kW cada uno. La variante L-Drive reduce significativamente la altura de instalación de los propulsores. Al eliminar la caja de engranajes superior, también se minimizan las pérdidas mecánicas.

Para mejorar la maniobrabilidad y las capacidades de Posicionamiento Dinámico (DP), la nueva embarcación estará equipada con un propulsor transversal Schottel TransverseThruster tipo STT 3 FP de 800 kW.

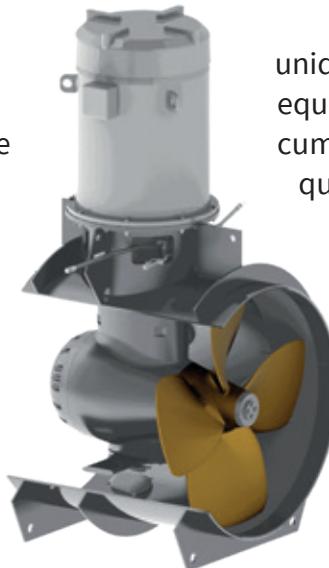
Con esta configuración de propulsión, el buque, de 107 metros de eslora y 20 metros de manga, alcanzará una velocidad libre de 15,5 nudos.

Además, el sistema de propulsión principal ha sido diseñado y probado específicamente

para minimizar el ruido bajo el agua, permitiendo que el buque cumpla con los requisitos de ruido de la clase Silent A de DNV hasta una velocidad de estudio ligero de 10 nudos.

Los dos SRE y el STT estarán equipados con el sistema de monitoreo de sellado Schottel LeaCon, certificado por DNV. Este sistema proporciona protección segura y confiable contra la contaminación del agua de mar causada por el aceite de lubricación. Los sellos separados para el agua de mar y el lado de la caja de engranajes garantizan que tanto el agua de mar entrante como el aceite de engranajes que pudiera escapar se recogen en una cámara intermedia.

Además, LeaCon monitorea el estado de los sellos, lo que permite detectar el desgaste operativo en una fase temprana y evitar mantenimientos no programados. Las



unidades de propulsión Schottel equipadas con el sistema LeaCon cumplen con los más estrictos requisitos ambientales.

Para su función en investigación y monitoreo oceánico, el buque estará equipado con laboratorios y alojamiento para personal científico. Además, para proporcionar apoyo naval, contará con una rampa de popa para vehículos submarinos no tripulados (UUVs) y vehículos de superficie no tripulados (USVs), así como con una cubierta de vuelo de 94x11 metros y hangares para vehículos aéreos no tripulados (UAVs).

El *NRP Dom João II* se está construyendo actualmente en los astilleros de Damen Shipyards Group en Galați, Rumania, y su entrega está programada para 2026.

## Wärtsilä realizará el ciclo de vida del ferry *Margarita Salas*

El grupo tecnológico Wärtsilä ha firmado un acuerdo de ciclo de vida de diez años con Baleària. El acuerdo cubre el nuevo catamarán ro-pax de alta velocidad con estructura de aluminio de Baleària, el *Margarita Salas*, que entró en servicio recientemente.

El barco opera con cuatro motores de doble combustible Wärtsilä 31DF, cuatro hidrojets hidráulicos Wärtsilä WXJ y cuenta con dos sistemas de almacenamiento y suministro de combustible Wärtsilä LNGPac. Un barco gemelo, el *Eleanor Roosevelt*, fue entrega-

do anteriormente con el mismo alcance de Wärtsilä. Wärtsilä recibió el pedido para el mantenimiento del *Margarita Salas* en el tercer trimestre de 2024.

El diseño único del buque, que combina hidrojets de alta velocidad con motores de gas de velocidad media, está demostrando ser un gran éxito y representa un nuevo caso de referencia para los transbordadores ro-pax. El acuerdo con Wärtsilä garantizará que se mantengan los valores clave de diseño de alta eficiencia, comodidad inigualable para



el cliente, costos operativos reducidos y sostenibilidad medioambiental.

El acuerdo está diseñado para satisfacer las necesidades y requisitos operativos específicos del buque. Incluye la planificación del mantenimiento, los repuestos y servicios de los mantenimientos programados, soporte operativo y el exclusivo servicio de mantenimiento predictivo digital Expert Insight de Wärtsilä.

“Tras la entrega exitosa de nuestros equipos al nuevo ferry, estamos orgullosos de apoyar

a Baleària para que las operaciones del buque sean lo más eficientes posible durante su ciclo de vida”, comenta Miguel Sánchez, director de ventas para el Sur de Europa y África de Wärtsilä Marine. “Llevamos muchos años trabajando con la industria de los ferries y hemos visto un aumento en el número de ferries atendidos bajo acuerdos a largo plazo, que en la actualidad suman un total de 37. Este acuerdo es el quinto que recibimos de Baleària y esperamos continuar nuestra sólida colaboración en este viaje hacia la descarbonización”.

## El *Correíllo La Palma* obtiene el certificado de cumplimiento de mano de Marina Mercante

El puerto de Santa Cruz de Tenerife acogió el pasado 20 de enero la entrega oficial del Certificado de Cumplimiento al *Correíllo La Palma*, conforme al “Reglamento de Buques y Embarcaciones Históricos y sus Reproducciones Singulares”, documento que establece la normativa que regirá la operación, seguridad y preservación del buque, consolidándose como un destacado recurso cultural y patrimonial de las Islas Canarias.

El evento contó con la presencia de Pedro Suárez, presidente de la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife, y el presidente de la Fundación Canaria Correíllo La Palma, Juan Pedro Morales, quienes subrayaron la importancia de este hito para la historia marítima y cultural del archipiélago además del secretario general de Transportes Aéreos y Marítimos del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, Benito Núñez; el director

general de la Marina Mercante, Gustavo Santana, quien fue el encargado de entregar el Certificado de Cumplimiento al buque histórico; así como el consejero de Cultura del Cabildo de Tenerife, José Carlos Acha; la concejala de Presidencia del Ayuntamiento de Santa Cruz de Tenerife, Purificación Dávila; y el Capitán Marítimo de Tenerife, José Antonio Conde.

El Certificado de Cumplimiento no solo regula las condiciones operativas, de seguridad y medioambientales que garantizarán la correcta preservación del Correíllo La Palma, sino que también abre la puerta a una nueva etapa para el buque, que podrá albergar más actos culturales y eventos a bordo, convirtiéndose en un recurso esencial para la promoción del patrimonio marítimo canario. Este certificado establece también las futuras inspecciones y el régimen de mantenimiento bajo el cual se operará el buque, asegurando su correcta conservación.

Este paso supone, además, un avance importante en el ambicioso proyecto de que el *Correíllo de La Palma* vuelva a navegar una vez cumpla con todos los requisitos necesarios, un proceso que promete devolver al buque su histórica función como emblemático símbolo de la tradición marítima de Canarias. Para Pedro Suárez el Correíllo La Palma “va a ser una herramienta importante en nuestro proyecto de puerto-ciudad porque es una historia viva de la ciudad, que de una u otra manera sirve de vínculo para que los ciudadanos pueda entrar en el puerto sin ningún tipo de cortapisa.”

En esta línea, Juan Pedro Morales subrayó que “para estar hoy aquí celebrando este acto, se ha tenido que recorrer un largo camino en el



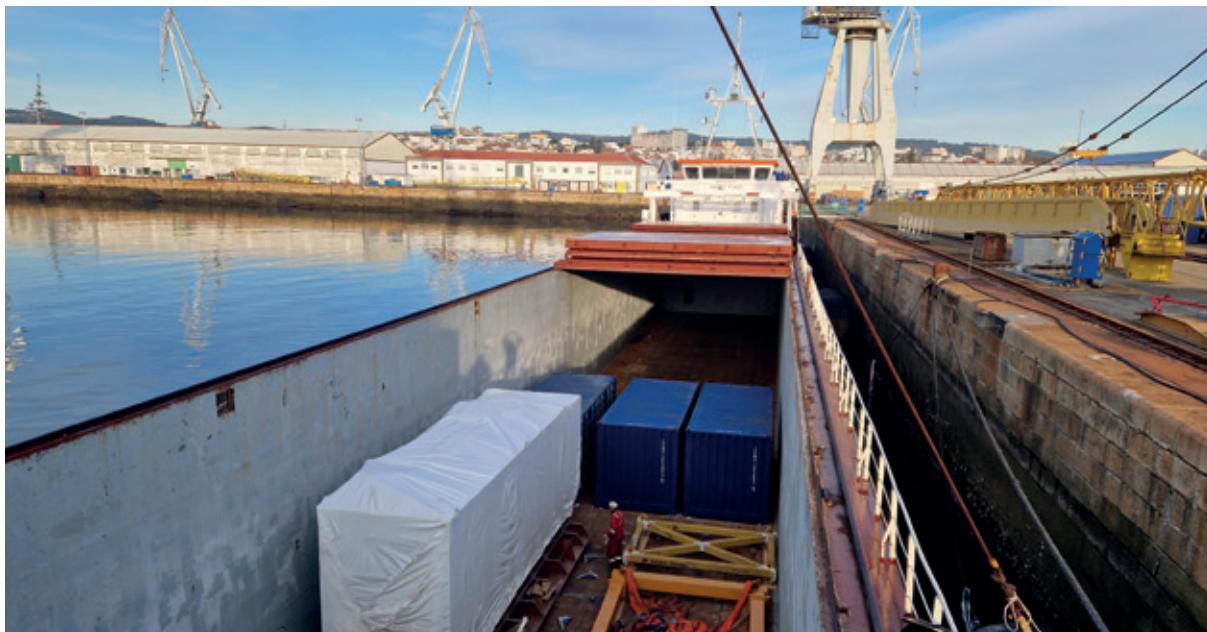
que muchas personas han dedicado tiempo y esfuerzo en pro de la conservación, restauración y puesta en valor del *Correíllo de La Palma*, tan arraigado a la historia marítima de Canarias y de gran valor patrimonial que en sus 113 años ya en las cuadernas, aquí y ahora podemos contemplar y disfrutar iniciando ahora una nueva andadura que nos facilitará el camino hasta su completa restauración.”

Durante el acto, las autoridades presentes resaltaron la trascendencia de este hito para la historia de la navegación en las Islas Canarias, y el valor del Correíllo La Palma como un legado patrimonial vivo, capaz de conectar a las generaciones actuales con la rica tradición marítima del archipiélago.

Concretamente, Benito Núñez destacó que “hoy se sienta el primer paso de un proyecto que acabará consiguiendo que este buque sea un buque en navegación”.

De acuerdo con Gustavo Santana, “tenemos en el puerto los atraques de dos de las compañías de tráfico de pasajeros y de mercancías que han servido a que en la actualidad tengamos en Canarias uno de los mejores sistemas de conexión marítima que puede encontrarse en cualquier archipiélago, pero el precursor fue el Correíllo La Palma, que en aquellos tiempos realizaba esas conexiones entre las diferentes islas, con lo cual se puede ver en el muelle la representación tanto de dónde empezó y dónde nos encontramos ahora en Canarias”.

# El motor eléctrico propulsor de la fragata F110 y su convertidor superan sus pruebas de choque



El pasado 28 de noviembre fueron completadas con éxito las pruebas de choque en barcaza del motor eléctrico y convertidor de frecuencia de la propulsión de la fragata F110. Tras las pruebas de choque completadas en el mes de octubre para el diésel generador, el cuadro eléctrico principal y la purificador de combustible, estas pruebas completan todas las previstas a realizar en barcaza para el sistema propulsor del Programa F110.

Una vez más, las pruebas fueron realizadas en la barcaza Shock Test Vehicle STV02 que la empresa Thornton Tomasetti Defence Ltd (TTDL) utiliza para este tipo de pruebas de choque en las instalaciones de Limehillock (Escocia). El éxito de esta prueba pone de manifiesto la capacidad de Navantia para la cualificación de los equipos del buque fren los más exigentes niveles de supervivencia en combate y ratifica la capacidad de su proveedor Ingeteam para el diseño fabricación de equipamiento eléctrico de propulsión naval, tanto convertidor de fre-

cuencia como motor eléctrico, siendo estos capaces de soportar condiciones externas adversas, manteniendo las condiciones de operación requeridas. El equipo de trabajo incluyó representantes de Navantia y TTDL, así como de Ingeteam, fabricante de los equipos probados. También estuvieron presentes representantes de Defensa, de la Oficina del Programa F110 de la Dirección General Armamento y Material (DGAM) y de la empresa norteamericana Element, que actúa como tercera parte de cara a Defensa, garantizando la correlación entre la prueba desarrollada en Escocia (normativa británica) y la que se desarrollaría en USA (normativa MIL).

Todos los equipos sometidos a las pruebas de choque en barcaza en Escocia han sido transportados por vía marítima y regresado al astillero de Navantia en Ferrol, desde donde serán enviados a sus respectivas fábricas de origen para su reacondicionado y la realización de pruebas de fábrica adicionales.

# Janus contribuye a la modernización de la flota de Armas Trasmediterránea



El Grupo Armas Trasmediterránea continúa con el plan de inversión para la renovación y modernización de su flota, compuesta de 28 buques ferries de los cuales 7 son fast ferries (trimaranes). Cerró el año 2024 con el transporte de 3,3 millones de pasajeros, 1,1 M de vehículos, unos 80.000 animales de compañía, y 4,5 millones de metros lineales de carga, lo que se traduce en el transporte de 8,5 Mt, a través de las 26 conexiones que ofrece entre Canarias, Andalucía y el norte de África.

El Grupo Armas Trasmediterránea y Janus Systems comenzaron a colaborar a fondo en la modernización del grupo naviero con la llegada del nuevo equipo directivo, ya que con anterioridad solo lo había hecho puntualmente en dos buques. En la actualidad, Janus ya ha instalado y homologado el software de seguridad marítima (con el Módulo de Carga moderno del método 3) en una decena de buques, y continúa elaborando el Sistema Janus para otras unidades.

El método 3 del Módulo de Carga, es un software de última generación que ha demostrado ser el más preciso, eficiente, y rentable, y el que utilizan la mayoría de las navieras de los países avanzados. No requiere de oficiales de carga tan adiestrados en el manejo de planos y datos, porque no tienen que introducir ningún dato de los vehículos al estar programados en memoria. Es decir, la carga está programada para evitar que la tripulación cargue a boleo e invierta mucho tiempo en simularla.

Dispone de plantillas fijas predeterminadas con las huellas de los vehículos, donde el usuario solo activa las plazas a ocupar. Se tarda menos de 2 minutos en simular y adecuar la carga de un buque mediano o grande, porque todo el esfuerzo de planificación, medición y cálculo ya la tiene incorporado el software. Es el método más preciso, tanto desde el punto de vista de la rapidez de carga como de la seguridad marítima.

El grupo naviero ha relanzado su compromiso con la movilidad eficiente, la sostenibilidad, y la seguridad marítima, mediante el/la:

- Mantenimiento de la operativa entre Tenerife y El Hierro.
- Mejora de la conexión entre La Palma y Tenerife, con un fast ferry entre Santa Cruz de La Palma y Los Cristianos, servicio que complementa al transporte de mercancías, incluyendo mercancías peligrosas.
- Refuerzo de las conexiones entre Melilla y los puertos de Almería y Motril (Granada), con tres rotaciones semanales de pasajeros y vehículos en la línea Almería-Melilla, y otras tres en la ruta Motril-Melilla.
- Refuerzo de las líneas con más de 3.200 salidas, desde los puertos de Algeciras, Málaga, Motril y Almería, con destino a Ceuta, Melilla, Marruecos, Argelia y viceversa.
- Establecimiento de una línea regular entre Agaete-Puerto de las Nieves (Gran Canaria) y Santa Cruz de Tenerife, mediante un fast ferry de pasajeros y carga rodada.
- Unificación de las operaciones entre la Península y las Canarias, concentrando en el puerto de Cádiz las líneas de carga y pasaje.
- Renovación del compromiso en las exportaciones de frutas (especialmente plátanos) y

hortalizas de Canarias para el mercado peninsular e internacional, fundamentalmente Europa y norte de África.

- Soporte en ayuda humanitaria, con el traslado de migrantes, materiales, cuerpos de bomberos, Guardia Civil y Policía, así como vehículos especializados, maquinaria y materiales, entre otros.
- Nuevo menú novedoso, que da protagonismo al producto canario y de kilómetro cero. Además, se ha ampliado la oferta para personas con intolerancias, que se suman a las opciones de comida halal.
- Introducción de biocombustibles, que se suma al plan de acción para disminuir el impacto medioambiental de su actividad, alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que marca la agenda 2030.
- Modernización del software de seguridad marítima de su flota, mediante software de última generación.

En definitiva, el grupo naviero busca optimizar y renovar la flota, con el objetivo de mejorar el servicio y la disponibilidad para el cliente, así como consolidar la posición de liderazgo principalmente en Canarias, Península-Canarias y sur de España-norte de África.

## Puertos del Estado lanza una nueva convocatoria del Fondo Ports 4.0 para proyectos Pre-Comerciales

Ports 4.0 anuncia una nueva convocatoria para la financiación de Proyectos Pre-Comerciales, con una dotación total de 11.250.000 €. Esta iniciativa, publicada el 21 de diciembre en el Boletín Oficial del Estado (BOE, <https://www.boe.es/boe/>

dias/2024/12/21/pdfs/BOE-B-2024-46840.pdf), forma parte del ambicioso Plan de Fomento del Emprendimiento para la Innovación en el Sector Portuario, gestionado por Puertos del Estado. El plazo de presentación de solicitudes es de tres meses.



La financiación cubrirá hasta un 60% de los costes asociados al componente de innovación del proyecto, con un límite máximo de un millón de euros. El objetivo de estas ayudas es impulsar el desarrollo de nuevos productos, servicios, procesos o la mejora de tecnologías existentes con componentes innovadores aplicables al sector logístico-portuario. Los proyectos deben promover soluciones de progreso mensurables en áreas clave como la eficiencia logística, sostenibilidad ambiental y energética, seguridad, digitalización de procesos y plataformas inteligentes, entre otros.

### ¿Tienes un proyecto innovador?

Las áreas de interés incluyen la eficiencia logística en infraestructuras, operativa o prestación de servicios, sostenibilidad ambiental y energética, seguridad, digitalización de procesos y plataformas inteligentes, y cualquier otro producto, servicio o proceso innovador con impacto en el sector logístico portuario o en el sector náutico o pesquero portuario. El componente innovador de los proyectos debe representar al menos el 50%

del presupuesto total, incluso si este porcentaje supera los límites de financiación establecidos para cada tipo de proyecto.

Para más información y consultas, a través de la siguiente dirección de correo electrónico: [puertos40@idom.com](mailto:puertos40@idom.com).

La presentación de solicitudes se realiza a través de la web oficial: [www.ports40.es](http://www.ports40.es).

Desde el lanzamiento del fondo Puertos 4.0 en 2020, se han financiado ya 131 proyectos innovadores en las tres categorías (Ideas, Proyectos Comerciales y Proyectos Pre-comerciales), por 30 millones de euros. A esto se suma el progreso en la evaluación de las propuestas presentadas en la convocatoria de 28 de diciembre de 2023, para ideas proyectos comerciales, con un presupuesto de 6,75 millones de euros, cuyas resoluciones definitivas se esperan próximamente.

El fondo Puertos 4.0 se consolida como una herramienta clave para el desarrollo del transporte marítimo y la logística portuaria en España, contribuyendo a su competitividad internacional.

# Aprobado el nuevo Plan Nacional de Salvamento Marítimo

El Consejo de Ministros aprobó el pasado 4 de febrero, a propuesta del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, el Plan Nacional de Servicios Especiales de Salvamento de la Vida Humana en la Mar y de la Lucha contra la Contaminación del Medio Marino para el periodo 2025-2027. El nuevo plan recoge una inversión de 162,7 millones de euros para modernizar los medios de Salvamento Marítimo (Sasemar) e impulsar la sostenibilidad.

En concreto, para la renovación de embarcaciones se van a destinar 84,6 M€, a lo que hay que sumar la adquisición de un helicóptero de gran porte con un presupuesto de 27 millones. Es total 111,6 M€ en tres años, entre embarcaciones y el helicóptero.

Este plan, que cuenta con financiación del Banco Europeo de Inversiones, es más ambicioso, ya que en solo tres años contempla una inversión similar a la anterior de la edición en cuatro años: 173,6 millones de euros entre 2021-2024. El objetivo es fortalecer el sistema de respuesta a incidentes y accidentes marítimos, implementar nuevas tecnologías, reforzar la lucha contra el cambio climático y promover la seguridad y la protección de los mares y océanos.

Así, se busca reforzar la lucha contra el cambio climático mediante la prevención de la contaminación atmosférica de los buques y la promoción de la sostenibilidad en el transporte marítimo, contribuir a la conservación de los mares y océanos, optimizar la coordinación con todos los actores involucrados, tanto a nivel nacional como internacional, y promover la conciencia de seguridad y la prevención de la contaminación entre los

usuarios del mar, impulsando la sensibilización y la educación ambiental. Es decir, consolidar el sistema español de salvamento marítimo y lucha contra la contaminación como un referente global en seguridad y protección en el mar.

El Plan Nacional de Salvamento Marítimo 2025-2027 se desarrolla en torno a dos ejes y diez líneas estratégicas alineadas con las principales políticas y disposiciones legales nacionales e internacionales.

## Eje 1: servicio público eficaz y eficiente

El Eje 1 se basa en la incorporación y modernización de medios, mejorar la capacitación profesional, coordinar, avanzar hacia la transformación digital y la innovación.

Contempla, entre otras acciones, la construcción de dos buques remolcadores, dos nuevas patrulleras de salvamento, seis embarcaciones ligeras de acción rápida, un helicóptero, un centro de coordinación en Palma de Mallorca y la incorporación de drones. Las medidas más destacadas de este eje son:

- Licitación de la construcción de dos nuevas patrulleras de Salvamento (Guardamares).
- Construcción de dos remolcadores y consiguiente baja de los dos remolcadores más antiguos de la flota.
- Sustitución de un helicóptero mediano aportado por el operador del servicio aéreo, por la construcción de un nuevo helicóptero de gran porte.
- Renovación de al menos seis embarcaciones de acción rápida (Salvamares) de más

# PLAN NACIONAL DE SALVAMENTO MARÍTIMO 2025-2027

El Plan Nacional es una herramienta de planificación del servicio público de salvamento de la vida humana en la mar y la lucha contra la contaminación marina.



162,7  
millones de euros

presupuesto

## LOS PLANES ANTERIORES



## INCORPORACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE MEDIOS

SERVICIO PÚBLICO  
EFICAZ Y EFICIENTE (ej. 1)

EFICAZ Y EFICIENTE (ej. 1)

modernización de medios

Diagrama circular que enumera los cinco pilares para la sostenibilidad en parques eólicos offshore:

- Innovación, Nuevas capacidades
- Capacitación profesional
- Divulgación medioambiental
- Coordinación y buen gobierno
- Transformación digital

En el centro del círculo se muestra una ilustración de un parque eólico offshore.

Diagram illustrating the relationship between wind energy and marine ecosystems. The central icon is a wind turbine with wavy lines representing water. Four arrows point from the text labels around the circle to the central icon:

- Previsión de la contaminación y seguridad de los parques eólicos offshore
- Mares limpios
- Mejora de la calidad atmosférica
- Divulgación medioambiental

## **IMPULSO A LA SOSTENIBILIDAD DEL TRANSPORTE MARÍTIMO (ej. 2)**

	Aumento de recursos y medios
	Aumento de inversiones por 7
	Covid, nuevas tecnologías

SOSTENIBILIDAD DEL TRANSPORTE MARÍTIMO

(eje 2)

**Mares limpios.** La calidad de las aguas marinas se ve afectada por vertidos deliberados o accidentales. Vigilancia, prevención y capacitación de respuesta

**CO<sub>2</sub>**

**Mejora de la calidad atmosférica.** Medidas para la reducción del impacto de los gases y asegurar el cumplimiento normalizado

**Previsión de la contaminación y seguridad de parques eólicos offshore.** Colaboración con el sector para que los nuevos parques sean seguros y sostenibles

**Descarbonización del transporte marítimo.** Nuevos reclutados normativos para reducir la emisión de gases de efecto invernadero. Supervisión por la Administración Marítima

-  Nuevo centro de coordinación en Palma
-  Renovación equipos de comunicación/ Centro Jovellanos
-  Modernización e incorporación de equipos de formación en

## ACTUALIDAD

de 25 años, siendo reemplazadas por unidades de reciente construcción e incorporando dos unidades itinerantes.

- Renovación de equipos de comunicaciones y navegación.
- Incorporación al servicio de aeronaves no tripuladas.
- Construcción de un nuevo Centro de Coordinación en Palma de Mallorca.
- Mantenimiento y mejora de estaciones remotas.
- Renovación paulatina de los equipos de Lucha Contra la Contaminación.
- Mejora de los equipos e incorporación de nuevos simuladores y desarrollo del Centro de formación Jovellanos.

En cuanto a otras líneas estratégicas del Eje 1, para garantizar la prestación del servicio, se debe contar con una dotación de profesionales adecuada en número y cualificación. El reforzamiento de las plantillas se realizará según la disponibilidad presupuestaria y previo acuerdo con los Ministerios correspondientes.

## **Eje 2: Impulso a la sostenibilidad del transporte marítimo**

El Eje 2 del plan está centrado en el impulso a la sostenibilidad del transporte marítimo. Incluye medidas como la supervisión de las normas de descarbonización, la vigilancia

y protección frente a vertidos marinos y la prevención de la contaminación de los parques eólicos, además de una divulgación medioambiental. Contempla las actuaciones orientadas a:

- Descarbonización del transporte marítimo. La publicación de nuevos requisitos normativos para reducir la emisión de gases de efecto invernadero por parte del sector marítimo requiere que la Administración supervise su cumplimiento por todos los buques asignados a la Administración Marítima española.
- Mejora de la calidad atmosférica. Los buques en navegación emiten gases contaminantes y es necesario que la administración tome medidas para reducir su impacto y asegurar el cumplimiento normativo de los buques.
- Mares limpios. La calidad de las aguas marinas se ve afectada por vertidos deliberados o accidentales. La mejora mediante la vigilancia de las aguas como primera medida ante la contaminación marina, así como la preventión y capacidad de respuesta, repercuten en la mejora de la calidad de las aguas.
- Prevención de la contaminación y seguridad de parques eólicos offshore. La instalación marítima de nuevos parques requiere trabajar con el sector para que los nuevos desarrollos energéticos sean seguros y sostenibles.

# Enrique Carballo Álvarez



Con profundo respeto y admiración, rendimos homenaje a la memoria de Enrique Carballo Álvarez, un hombre cuya vida estuvo marcada por su dedicación al mar, su vocación por la ingeniería naval y su incansable servicio a la comunidad profesional y militar. Doctor Ingeniero Naval, perteneciente a la promoción de 1968, culminó su etapa militar como Alférez de Navío de la Escala de Complemento. Su amor por el mar lo acompañó siempre, disfrutándolo en cada oportunidad que su profesión le permitió, desempeñándose como Patrón de Embarcaciones Deportivas.

Su compromiso con la excelencia lo llevó a formar parte de la Real Liga Naval Española desde 1981 y de la Real Hermandad de Veteranos de las Fuerzas Armadas y de la Guardia Civil. Su labor en la Empresa Nacional Bazán fue reconocida por la Armada con la Cruz del Mérito Naval de 1.<sup>a</sup> clase con distintivo blanco, un merecido reconocimiento a su inquebrantable contribución al desarrollo naval de España.

A lo largo de su carrera, desempeñó roles fundamentales en la construcción y mantenimiento de submarinos, desde Ingeniero del Taller de Herreros hasta Ingeniero Jefe en gradas de los submarinos de la serie S-60, tipo *Daphnè*, y posteriormente, en la planificación y preparación de materiales para la serie S-70, tipo *Agosta*. En sus últimos años en activo, asumió la Dirección de

Carenas y Reparaciones y la Dirección de Aprovisionamientos de la Factoría de Cartagena de la E.N. Bazán, dejando una huella imborrable en la industria naval española.

Su espíritu de liderazgo también se reflejó en su activa participación en la Asociación de Ingenieros Navales y Oceánicos de España y en el Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos, donde ejerció como Presidente y Delegado en la zona de Cartagena y como Vocal de las Juntas Directivas a nivel nacional. Fue nombrado socio de honor en 2013. Su labor en la Comisión de Promoción de la Técnica fue crucial para el desarrollo de la profesión.

En Cartagena, su incansable empeño en fortalecer la comunidad de ingenieros navales se materializó en la adquisición de un local destinado a la formación y la colaboración entre profesionales, un espacio que ha sido testigo de innumerables conferencias, cursos y encuentros que enriquecieron la profesión.



# Régimen turbulento en el sector marítimo



Por José-Esteban Pérez García

I.N. Colegiado nº 700

Ex vicepresidente del Grupo de Construcción Naval del Consejo de la OCDE.

Ex secretario general, Community of European Union Shipbuilders Associations.

y Director General AWES. Ex director Ast. Cádiz (AES). Ex director Ast. Cádiz (AES).

Académico de Número de la Real Academia de la mar.

Ex Presidente Comité Asuntos Marítimos IIE.

## Introducción

La ebullición informativa que han producido y están produciendo las imposiciones de aranceles a las importaciones por parte de los Estados Unidos, a iniciativa de su nuevo (aunque no tanto) presidente, están revolucionando la economía mundial y las posiciones políticas en muchos Estados.

Por utilizar un símil hidrodinámico, que seguramente es lo que toca en esta Revista, lo que se percibe ya como una realidad es que estábamos acostumbrados a un comercio marítimo en régimen laminar, o bastante laminar, y que ahora nos dirigimos hacia un régimen turbulento que se puede generalizar si todas las amenazas y represalias se acaban materializando.

**Como sabemos, el transporte marítimo es y seguirá siendo el vehículo mayoritariamente responsable, en más de un 80 %, del volumen del comercio internacional, y su evolución crece o decrece al ritmo que lo hace el Producto Interior Bruto mundial PIB. Esto es históricamente cierto, incluso en las épocas más convulsas de la historia reciente.**

Hemos vivido durante el tiempo que va de este siglo y al menos el último cuarto del siglo anterior, y a expensas del símil utilizado al principio, una época marcada por un flujo o régimen laminar, muy especialmente favorecido por la globalización y la multilateralidad, reconociendo por supuesto, que el flujo ha tenido algunas alteraciones en ciertos momentos determinados por crisis económicas.

Otra cosa es la nueva época de incertidumbre que se abre cuando empiezan a florecer medidas geopolíticas proteccionistas, que además ponen en duda la bondad de los conceptos que han impulsado la globalización

cuando, además, los países más poderosos se desvinculan de acuerdos internacionales que proporcionaban seguridad jurídica a las transacciones que alimentaban al comercio internacional y a los acuerdos vinculantes que, como por ejemplo, los relacionados con el medio ambiente.

## Aranceles, incertidumbre y sector marítimo

En los últimos años se han alzado algunas voces en contra de la globalización, pero su efecto depende del poder que estas voces tengan para manipular el mercado y alterar los ciclos económicos.

Volviendo al símil o a la parábola y al barco que nos lleva. Conforme el régimen más o menos laminar se va convirtiendo en turbulento, seguramente porque los diseñadores de ese buque han estado cambiando las formas del mismo, parte de su energía se disipa en remolinos y olas improductivas. La velocidad de avance decrece, e intentar recuperar la velocidad cuesta mucho más, si, además, el mar se vuelve tempestuoso.

**El intento primario de la imposición de aranceles a productos importados de países competidores, e incluso de países que puedan afectar al futuro desarrollo de la propia competitividad, tiene el efecto de fragmentar los mercados, desarrollar el proteccionismo, así como provocar tomas de decisiones preventivas que provocarán los primeros desajustes en los parámetros que afectan al sector marítimo. En primer lugar, al transporte, y en segundo lugar a la industria de la construcción naval.**

Las previsiones del Banco Mundial mantienen un crecimiento estable de la economía mundial del orden de un 2,7 % durante 2025 y 2026, este crecimiento del PIB no es precisamente alto, y sabemos de su paralelismo

con la evolución del sector marítimo en cada uno de sus segmentos. Parece que la tasa de crecimiento mundial se está comportando de manera insuficiente para provocar un desarrollo económico sostenido, y esto especialmente afecta a las economías emergentes ralentizando su convergencia con las economías avanzadas.

Según los estudios del propio Banco Mundial, las economías en desarrollo, que aportan un 60 % del crecimiento económico mundial, terminarán el primer cuarto del siglo XXI con los pronósticos de crecimiento a largo plazo más deprimentes desde el comienzo del siglo.

Con la excepción de China e India, los ritmos de crecimiento de los ingresos per cápita han sido menores que los países desarrollados, lo que ahonda más la brecha de la pobreza entre unos y otros.

No parece que este sea el momento más adecuado para que se establezcan guerras comerciales por las que el crecimiento global amainará, aumentará la pobreza y disminuirán los ingresos netos de las poblaciones tanto de los países que imponen aranceles como de los de los que emprenden represalias a los mismos. Todo ello sin contar con la pérdida de competitividad, especialmente en el caso de la industria, que suponen estas decisiones que son, al fin y al cabo, protectionistas.

En este escenario, una explosión de guerras comerciales provocadas por imposiciones arancelarias sólo puede ser negativa para el comercio mundial y, por ende, para el transporte marítimo y las rutas establecidas de ese transporte. Incluso los acuerdos de “sumisión” que se puedan dar para tratar de impedir la imposición de aranceles significarían también un cambio radical en determinados tráficos.

Pongamos como ejemplo el caso, claramente plausible, de la imposición por los EE. UU. de aranceles a las exportaciones de la UE de determinados productos hasta ahora importados libremente por los norteamericanos o con aranceles relativamente bajos. En represalia, la Unión Europea podría decidir poner aranceles a las importaciones de gas natural licuado desde los EE. UU., o decidir importar gas de otros países distintos.

Esto es una posibilidad nada remota, pues cuando se están escribiendo estas líneas, el presidente de EE. UU. ha puesto en marcha la imposición de un 25 % de tasa arancelaria a la importación de acero y aluminio fabricados en la Unión Europea y parece planear instaurar aranceles a todos los países que utilicen cualquier tipo de barreras aduaneras a productos de EE. UU. que formen parte de sus importaciones.

Es más que evidente que todas estas idas y venidas están distorsionando al negocio marítimo. El desconcierto reinante hace que los exportadores a EE. UU. y los respectivos importadores norteamericanos aceleren sus operaciones para anticiparse a la entrada en vigor o a la sospecha de que el presidente Trump puede ir ordenando por sorpresa aranceles para cualquier otro sector o segmento de sus importaciones procedentes de los países que vaya señalando, así como eliminando exenciones existentes a según qué tipo de bienes.

En el caso de China, esto afectaría a la exención existente para pequeñas importaciones de productos de ese país por parte de EE. UU., que afectaría al tráfico marítimo de contenedores. Lo que sucede es que la reacción de los exportadores es la de acelerar sus ventas para anticiparse a la entrada en vigor de los aranceles de los que se trate. Todo esto ha provocado un cambio circunstancial del tráfico marítimo y consecuentemente de

aglomeraciones en muchos puertos en ambas costas del país, significativamente en el caso de los portacontenedores.

Estas situaciones se empezaron a producir ya a finales del otoño pasado, en previsión del resultado de las elecciones en EE. UU., descontando anticipadamente la victoria de Trump. De hecho, se han dado diferencias del orden de un 10 % en el último año en puertos como Long Beach, California, llegando a su récord de un millón de teu<sup>1</sup>.

Habrá muchos casos que se puedan desgrancar de manera específica conforme se vayan produciendo, pero desde lo que suele tratar este artículo, lo interesante son los efectos generales y no los particulares, y sobre todo los movimientos estratégicos respecto a las rutas que cambian como lo hace el propio comercio en este juego de movimientos arancelarios y represalias.

En el caso de la UE, queda claro que los tráficos transatlánticos quedarán afectados y consecuentemente, que sus exportadores de manufacturas reestructuren sus rutas marítimas elegibles en orden a mitigar su exposición a los aranceles impuestos por los EE. UU., (si pueden, claro).

Un ejemplo podría ser, dependiendo de las definiciones de los marcos arancelarios y con el fin de orillar los aranceles más altos, la sustitución de productos terminados por otros semielaborados e incluso por materias primas usadas en la cadena de valor de esos productos terminados, y en todo caso, utilizar rutas alternativas con puertos de transbordo que pertenezcan a países a los que los aranceles no sean aplicables.

Esto implicaría que dicho trasbordo supiera algún cambio en el producto de que se trate, o bien que los productos sean ensamblados y terminados en el país que impone

los aranceles, en este caso, los EE. UU., bien por industrias existentes o por las creadas por inversiones europeas o principalmente chinas, allí.

Dado que el tráfico trasatlántico puede decaer, puertos EU importantes en estos tráficos, tales como Rotterdam, Hamburgo y otros, sufrirán una reducción en su uso, mientras otros como algunos del Reino Unido o en su caso, los españoles de Valencia y Barcelona más cercanos a puertos de trasbordo como los de Turquía o Marruecos podrían beneficiarse.<sup>2</sup>

**Lo que en cualquier caso queda claro, es que el comercio mundial y sus rutas marítimas han de adaptarse a esta nueva situación, aunque una parte de los analistas supongan que estas imposiciones súbitas de protecciónismo arancelario pueden deberse a tomas de postura previas para negociar nuevos acuerdos comerciales desde posiciones de fuerza.**

Pudiera ser así, pero las características de la nueva presidencia norteamericana no parecen abonar esta optimista (en lo que cabe) argumentación. El hecho es que “la piedra ha caído en el estanque”, y no sabemos cuántas piedras más irán a caer, y cuanto más, un añorado régimen laminar se convertirá en turbulento.

Queda claro que las cadenas de suministros tendrán que reconfigurarse en muchos casos en un nuevo orden (o desorden) mundial de tendencias claramente proteccionistas y, en el caso específico de la Unión Europea, nos enfrentamos, no sólo al riesgo inherente en la situación que se presenta, sino también en la necesidad de recuperar el nivel de reacción que se requiere, tanto tácticamente como en lo que debería representar la soberanía estratégica de la UE, tanto desde el punto de la industria naval de defensa como

de la que hace posible el aprovisionamiento europeo y sus exportaciones.

## Efectos en la industria de construcción naval

El proteccionismo, cuyas armas de choque más importantes son los aranceles y los subsidios, siempre han sido perniciosos para una industria como la de construcción naval. Sin embargo, de un lado y de otro resulta que han existido siempre, de manera antagonista, y a veces de manera coadyuvante.

El arancel protege a una industria poco competitiva del país que lo impone, para que pueda seguir existiendo sin tener que competir con aquella que ofrece por sus productos, en nuestro caso, los buques, (o lo que sea), más baratos en el mercado. Es evidente que si no existe ninguna “pulsión” para mejorar la productividad de la industria y la competencia la asume el Estado imponiendo aranceles, la industria propia no tiene que esforzarse en demasiá para recuperar un mercado que había perdido. Incluso si lo intentara de buena fe.

Hay otra forma de que estas cosas pasen, cuando se utilizan subsidios o ayudas más o menos sofisticadas para reducir artificialmente el precio de las cosas frente a la competencia. Esta ha sido, más o menos, la historia de la industria de la construcción naval en el mundo, sobre todo en la era industrial.

En ambos casos, para cuyo relato necesitaríamos miles de páginas o de megabytes, el que paga los efectos de los aranceles o de los subsidios, es decir, de las políticas proteccionistas, es siempre el ciudadano del país o países del que se trate, tanto a través de los impuestos en el caso de las ayudas, como a través del alza de precios en el caso de los aranceles que además desatan la inflación.

Sería interesante realizar un estudio de cómo, en el caso de la industria de la construcción naval, unos y otros han aprovechado (o no) para progresar y aumentar su productividad y por tanto su “competitividad real” en el mercado. Es evidente que, independientemente de la forma de la “protección”, unos lo han utilizado mejor que otros. Esa manera de protección ha sido de forma directa, por vía de la financiación, por vía fiscal o por otros caminos de ingeniería financiera y fiscal, con algunos diseños verdaderamente ingeniosos.

Ciñéndonos al caso de los EE. UU., hay que destacar el estancamiento de su competitividad como resultado de sus legislaciones, que entre otras cosas limitaban el tráfico nacional a buques construidos en el país, abanderados en él, y con tripulaciones nacionales. También con financiaciones muy especiales bajo el compromiso de poder ser obligados a realizar tráficos de aprovisionamientos estratégicos relacionados con la defensa nacional (Jones Act , Federal Ship Financing Program Title XI, etc.). En resumen, los astilleros norteamericanos no tenían presión para ajustar sus costes, sus plazos de entrega ni para mejorar sus tecnologías de producción.

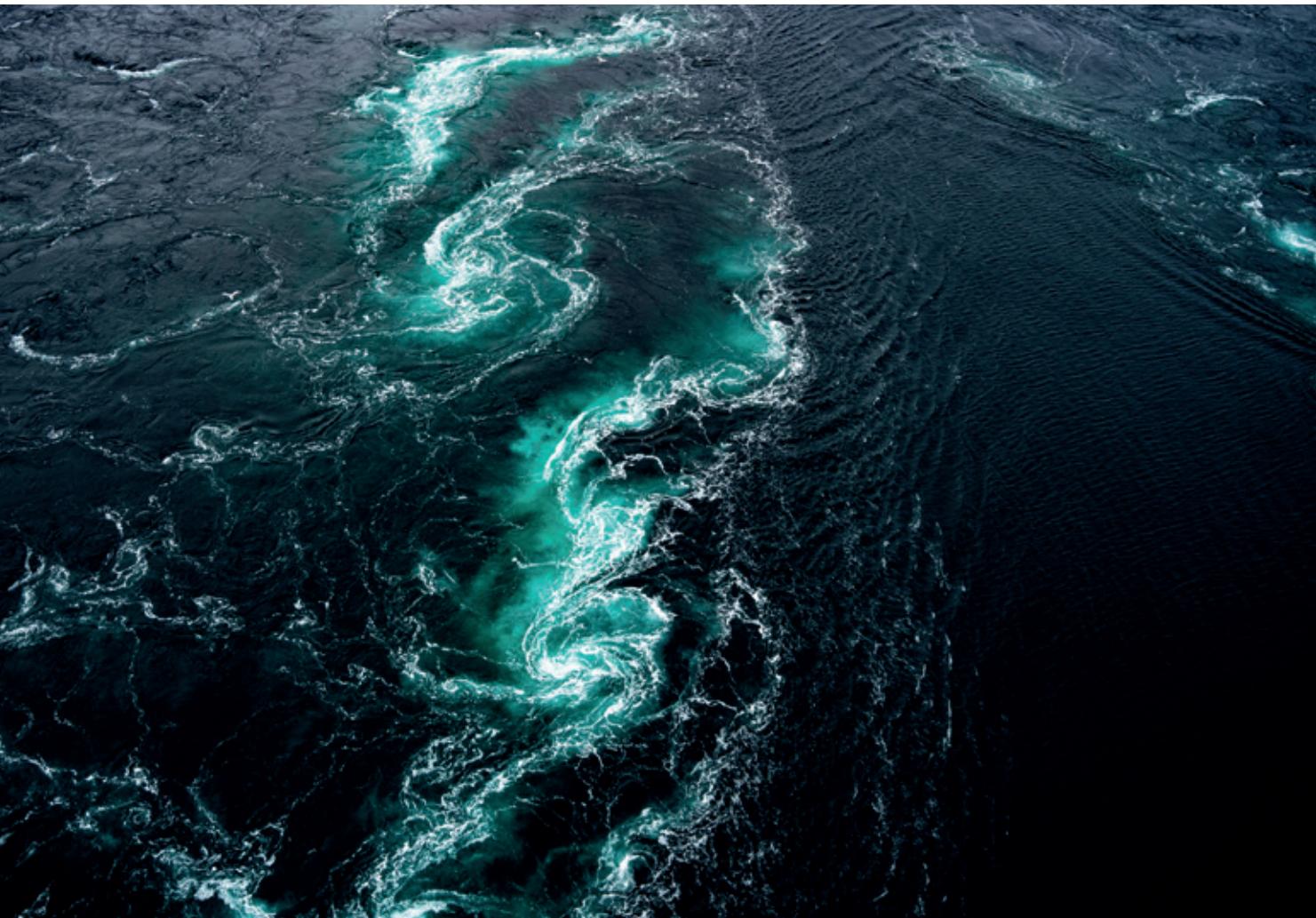
Aún en el caso, ya sugerido dentro de la nueva administración de EE. UU. y sus batallas comerciales con China, de imponer nuevas tarifas portuarias a los buques construidos en China que toquen puertos de EE. UU., y los todavía comentarios informales hechos a importantes navieros y operadores sobre la posibilidad de construir buques en los astilleros norteamericanos, las posibilidades de que esos astilleros estén en condiciones para hacerlo es remota debido a la enorme distancia de capacidad física y técnica entre estos y los astilleros chinos, coreanos o japoneses, incluso si llegaran a existir acuerdos de los EE. UU. con los astilleros coreanos que

constituyen la segunda potencia en la industria de construcción naval mundial, ya a gran distancia de la tercera, que es Japón.

Por otro lado, habría que aclarar si dentro de las normas internacionales es posible materializar esta amenaza con buques que, aunque construidos en China, tengan otras banderas y pertenezcan a navieras que no son chinas. Seguramente por ello, el gobierno de los EE. UU. (Defensa) ha elaborado una “lista negra” en la que ha introducido a la mayor naviera china, COSCO. No se trata de imponer multas o restringir sus tráficos, sino disuadir a las empresas y exportadores o importadores norteamericanos, del uso de los buques de COSCO para sus operaciones de transporte. A COSCO le acompañan en esa

lista otras compañías chinas muy importantes, dedicadas a la construcción naval, CSSC; a la industria offshore CNOOC, a la empresa fabricante de contenedores más grande del mundo CIMC; a CCCG constructora global de instalaciones portuarias; S&CSC Holdings, también uno de los mayores integrantes del sector naviero chino.

Tomas de posición como las mencionadas favorecen indirectamente a compañías navieras rivales, como Maersk, MSC, CMA-CGM o Hapag Lloyd u otras no “señaladas”. Como se puede fácilmente colegir, estos movimientos cambian las cuotas de mercado en el transporte y los usos marítimos en el mundo incidiendo directamente en las cadenas de suministros y sus soluciones logísticas.



Un dato importante a considerar, es que el comercio marítimo medido en toneladas-milla ha crecido en un 6 %, en 2024, y este es el mayor “salto” que se ha producido en los últimos quince años, con un flujo más o menos: “laminar” de acuerdo con el símil utilizado antes.

Teniendo en cuenta dos tendencias claves por su importancia, como son las incertidumbres geopolíticas, y la lucha contra el cambio climático, que pueden interferir entre ellas, es aventurado predecir con algún fundamento sólido. Respecto a la situación de los astilleros en el mundo, se refleja en que la cartera de pedidos global medida en toneladas de peso muerto (tpm), es decir, en el parámetro que mide la carga a transportar, que fue en 2023, de 288,4 Mtpm, ha pasado en 2024 hasta 364,5 Mtpm y los contratos de nuevas construcciones, respectivamente de 128 a 168 Mtpm; destacando los portacontenedores con un incremento de 173 % si lo medimos en teu. El valor estimado de la flota, más el de la cartera de pedidos a finales de 2024 según Clarksons Research (como una de las fuentes más respetadas del sector), alcanza la cifra de  $2 \times 10^{12}$  US\$ cuando en 2020 era de  $1,2 \times 10^{12}$  US\$.

**Se puede comprender con estas cifras y el escenario que se proyecta, el volumen de incertidumbres que sobrevuelan al sector marítimo y a la industria de construcción naval, en la que hay que seguir lamentando la inanidad europea y la falta de planteamientos para llegar a estar a la altura.**

Con relación al dominio chino del mercado de esta industria, revelamos un dato: este país ha sobrepasado ya el 50 % de la producción mundial, medida ésta en cgt, en un momento en el que el tamaño de la cartera de pedidos mundial es un 35 % inferior que la que existía en 2008, al inicio de la crisis internacional que se desarrolló en aquel año y el

siguiente<sup>3</sup>. Como última consideración sobre los astilleros, hay que referirse a la diferencia en las longitudes temporales de las carteras de pedidos de los astilleros que pudiéramos llamar “pequeños”, cuyo mercado se asienta fundamentalmente en atender a la demanda de buques de los llamados “no de carga”, alimento habitual de lo que queda de la industria de construcción naval mercante europea.

Así como los grandes astilleros tienen entregas para 2028 y algunos más allá, las referencias dadas por las informaciones existentes, que son generalmente escasas, dan límites de entregas en el año 2026. Dado que se va a apretar la competencia en este segmento por una mayor oferta y la posible “entrada” en la competencia china en este campo, se hace necesario la modernización del sector europeo, cuyas opciones se concentrarán probablemente en las energías eólicas offshore y sus servicios, nuevos buques cableiros, de exploración oceanográfica, prospección y explotación minera submarina, etc.

Dado el ambiente turbulento del sector y la posibilidad de que se reproduzca una nueva “guerra fría”, parece conveniente que los astilleros europeos y los españoles en particular crezcan en tecnologías de producción en construcción modular, en valor añadido en la propia cadena de suministros para disminuir la dependencia exterior, y en la colaboración mutua en los aspectos relativos a investigación y desarrollo. Vienen tiempos duros e inciertos.

### Una bola de cristal opaco

Los pronósticos a tener en cuenta para el año en curso acusan cierto maremágnum que indica la incertidumbre en la que estamos “sumergidos”: La utilización pronosticada de la flota mundial se estima que crezca un 4 % en carga transportada, pero ajustada a toneladas-milla, la predicción baja a un 1 %. El caso más llamativo corresponde a los

buques LNG. Su utilización crece un 14 %, y ajustada a las distancias de navegación, se calcula en un 9 %.

En general, en todos los tipos de buques que generalmente son estudiados se da la circunstancia de mayores crecimientos de sus flotas que los de las toneladas-milla, lo que indica que, en la realidad, y debido a las perturbaciones del mercado, la oferta consolidada de nuevas construcciones superará a la demanda, aumentando más las perturbaciones y posiblemente las presiones a los astilleros, lo que no se percibe aún.

Sólo la relación comentada se invierte en el caso de los petroleros de crudo, para los que la estimación da un 2 % de crecimiento de la flota, y un 3 % en las toneladas-milla. En el caso de China, como uno de los actores principales, las predicciones sobre su actividad comercial, no se parecen a lo que ha venido siendo la tónica hasta ahora. Las importaciones por vía marítima superan bastante a las exportaciones. Globalmente, las importaciones crecen un 26 % mientras las exportaciones sólo lo hacen a un 6 %. Según segmentos, la tendencia se invierte en el tráfico de contenedores, en el que se estima que el crecimiento de las exportaciones sea del 18 % frente a un 6 % de las importaciones<sup>4</sup>.

Hay que tener en cuenta que estas predicciones se han hecho antes de que el presidente Trump anunciara las medidas que afectan a las navieras chinas y que se mencionan en este artículo. Si continua la “racha” las cosas pueden ir cambiando en sentidos que desconocemos.

### El caso de los buques de transporte de gas natural licuado

Nos referiremos a una situación que se está dando ahora y que ejemplifica lo anteriormente escrito; especialmente la volatilidad

que producen las situaciones inciertas. Sólo se trata de una muestra de la repercusión de acciones preventivas en un escenario como el que estamos viviendo en la actualidad. Realmente las posibles acciones preventivas no son la única causa de lo que está pasando, ni siquiera la más importante, pero también sirve para mostrar el horizonte incierto que se presenta. Nos referimos a la tabla que muestra los fletes de los buques de gas natural licuado y que figura en la información habitual de datos de la segunda parte de este artículo. La casilla de los fletes spot para buques LNG de 160.000 m<sup>3</sup> aparece vacía. La razón es que se están dando cifras que van desde cero a negativas en el caso de buques con propulsión a turbinas de vapor, los más antiguos de la flota.

Sus fletes spot están ahora por debajo de los costes de operación, y los que se pagan a buques más modernos han caído hasta niveles de alrededor de 20.000 US \$/t. De los 202 buques propulsados por turbinas de vapor en activo, 103 tienen una edad entre 10 y 20 años; 68 entre 20 y 30, y 10 más de 30<sup>5</sup>.

En el caso de buques con propulsión con motores de dos tiempos, los fletes spot, que en el tercer trimestre de 2023 alcanzaban los 140.000 US \$/día, cayeron hasta aproximadamente 70.000 US \$/día en esas mismas fechas del año pasado 2024. Sin embargo, los precios de las nuevas construcciones se mantienen a un nivel de alrededor de 250-260 M US \$ con un pequeño descenso hasta final de año, pero con una cartera de pedidos bastante repleta: de 60,4 Mm<sup>3</sup> (57,7 al final de 2023) y que se corresponde con los esperados desguaces de los buques de vapor, que está por ver.

Esta situación ha sido definida muy acertadamente por la naviera Flex LNG como: “The first mass EEXI-tinction in LNGC is near” en referencia al índice IMO de intensidad de car-

bón para los buques existentes. En cualquier caso, conviene recordar que hace solo tres años, los precios de las nuevas construcciones rondaban los 213 M, con lo cual tendríamos que pensar en que los precios de éstas en la actualidad han podido tocar techo.

Una de las razones de que los fletes estén tan bajos en estos momentos es que sigue habiendo una capacidad limitada de licuefacción en el mundo, que se combina con una también corta capacidad de almacenamiento de LNG. Hay que considerar que el gas natural licuado se ha instalado desde hace tiempo como el combustible de elección puente en tanto en cuanto no se llegue de manera masiva a la descarbonización en la generación de energía.

De hecho, en el sector del transporte marítimo y en lo que se refiere a la cartera de pedidos de nuevas construcciones, el porcentaje de gt de buques con propulsión lista para usar combustibles alternativos subió del 48,4 en 2023 a 52,6 en 2024. (se han elegido gt para reflejar contratos de buques de poco

peso muerto, pero de elevado valor, como es el caso de los buques de crucero. Sin embargo, incluso en los buques LNG de propulsión dual, el flete ha bajado desde unos 141.000 US \$ / día en otoño de 2023, a unos 71.000 en la misma época de 2024 si se trata de fletes spot. En el caso de time charter a un año, la caída ha sido mayor, hasta 50.000 US \$ /año<sup>6</sup>.

Tras lo expuesto en apartados anteriores de este artículo, no se puede dejar en el tintero que China es un fuerte importador de gas licuado de EE. UU., y las batallas dentro de la guerra comercial que está planteando la Administración Trump con China, pueden acabar produciendo importantes implicaciones en el mercado del transporte marítimo de gas natural licuado.

## Epílogo, (Por ahora)

**En cualquier caso, y dado el comportamiento entre países ignorando el acatamiento de normas acordadas internacionalmente, parece estar de moda, cualquier cosa puede acontecer.**

### Fe de erratas:

A continuación, reproducimos correctamente la tabla titulada “SIGLO XXI. España y el Mundo” que salió publicada en el pasado n.º 1.040, correspondiente al mes de diciembre de 2024, de esta publicación, en la página 893:

#### SIGLO XXI. España y el Mundo

España		gt	cgt
2023	Cartera	120.777	250.441
2023	Entregas	53.625	106.169
2000	Cartera	703.874	737.876
2000	Entregas	406.000	426.768
Mundo		gt	cgt
2023	Cartera	225.000.000	126.000.000
2023	Entregas	63.500.000	35.000.000
2000	Cartera	73.847.100	44.765.300
2000	Entregas	40.000.000	31.100.000

Dic-24. Inversión a 3/4 de 2024 alcanza: 155.200 millones de US \$  
Un total de 1.750 buques > 1.000 gt (50 Mcgt) (94 Mgt)  
China: 50%, Corea S: 26 %, Japón: 14 %, Resto: 10 %. cgt

Fuentes: Clarkson, UNCTAD, AWES 2001, Riviera, Sea Europe  
Trade Winds, Boletín Mintur, JSA, ANAVE

**Tabla 0. Indicadores económicos**

Países	PIB 12 ult meses	PIB 2024 %	Población	Ppto % PIB	Deuda % PIB	IPC.Est. 2024	Desempleo	Tasa Interés	Divisa/ \$	H Trab/ % PIB	R+D / % PIB	Salario/ mes	CO <sub>2</sub> / cápita	Defensa % PIB
España	37,36	3	48,8	-3,2	105	2,9	11,2	3,2	0,96	1.695	1,4	2.064	3.1	1,28
Eurozona	56	0,8	449	-3,2	88	2,4	6,3	2,6	0,96	1.513	2,1	1.093	4.1	1,2
Francia	49,53	1,1	68,4	-6,2	112	2,3	7,7	3,3	0,96	1.402	2,2	3.137	4	2,06
Alemania	57,61	-0,2	84,7	-1,8	63	2,5	3,4	2,6	0,96	1.322	3,1	4.094	6.1	2
Italia	41,71	0,6	56	-4,2	137	1,1	5,7	3,7	0,96	1.657	1,4	2.233	3.1	1,7
Irlanda	107,7	1,7	5,3	-2,7	41	3,3	4,2	4	0,96	1.772	1,1	3.241	5.1	0,2
Noruega	90,32	1,7	5,7	12,5	38	2,2	4	3,8	11,3	1.424	2,1	5.847	5.1	1,6
Polonia	25,94	2,3	37,9	-5,7	55	3,8	5,1	5,9	4,04	2.023	1,5	2.430	6.1	4,12
R. Unido	54,28	0,9	69,5	-4	104	3,2	4,4	4,6	0,8	1.676	2,9	5.460	3.1	2,3
Rusia	15,08	2,1	143,4	-1,6	19,1	8,4	2,3	16,4	99,5	1.874	nd	1.400	11.1	5,9
EE. UU.	89,68	2,7	341,4	-6,5	123	2,8	4,1	4,5	1	1.783	3,4	3.600	13	3,4
China	13,87	4,1	1.425,5	-5	89	0,2	5,1	1,4	7	2.174	2,4	1.820	6.1	1,7
Japón	35,61	-0,2	126	-4,7	254,6	2,7	2,5	1,2	155	1.712	3,3	2.808	8	1,2
India	2,94	6,6	1.435,20	-4,9	82,5	4,8	7,8	6,7	86,6	2.117	nd	1.454	31.12	2,44
Corea Sur	36,67	2,2	51,71	-1,8	56,6	2,3	3,8	2,9	1.431	2.113	4,9	3.122	11	2,81

ene-25

PIB 24: estimación. IPC: estimación. Desempleo: mes citado. Divisa: mes citado Horas: 2023. RD: 2022

NOTAS: PIB: cambio en 12 últimos meses. Defensa: gastos anuales % PIB. Mundo, defensa 2,3 PIB.

Tasa int: Bonos gobierno a 10 años. Desempleo: % población activa. España no incluye parte Prop. Fijos discontinuos

Fuentes: The Economist, banco Mundial, OCDE, salary experts, FMI, OCDE STI, IMF, Banco Mundial

**Indicadores Marítimos**

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Flota Mundial. 1.000 Mtpm	1.747	1.806	1.862	1.964	2.058	2.016	2.116	2.200	2.309	2.354
Flota Mundial. N° miles/Mgt	93,8/2.769	93,7/1.817	97,3/1.875	98,6/1.937	99,9/1.989	101,7/2.071	103,3/2.134	104,8/2.199	106,7/2.270	108,8/2.346
Cartera mundial NC % Flota	17	17	11	9,1	7,1	10	9,1	10	12	13
Tráf mar. Mund.MT-milla	51.113	52.775	53.361	56.996	57.399	56.993	58.365	59.055	62.170	65.935*
Traf. Mar. Mundial Mt	10.023	10.295	10.716	11.019	11.071	10.648	11.063	12.119	12.410	12.831
Cartera Mundial NC. Mcgt	110	89	83	85	82	8	24	120,9	126	149
Entregas NNCC en Mcgt	39	37	35	33	35	30	45,3	34,2	35	49*
Peroleo Brent \$/barrel	36,7	55,2	68,7	62,7	69,3	83,5	77,8	85	82,4	74
Comb Ifo-380 \$/t (H.Kong)	162	213	370	367	251	450	458	418	449	582
Comb MGO/VLSFO \$/t	335	383	593	544	567/502	687/580	697	535	541/609	677/558
Metanol Gris \$ / t										410,5
LNG \$/MMBTU. H.Hub	1,93	3	3,12	2,73	2,33	5,08	5,05	3	6	3
Acero plancha. \$ / t (Ch)	420	460	580	600	580	850	750	905	900	800
PIB Mundial 2024* m M\$	74.954	76.153	80.823	85.883	87.390	84.971	94.935	103.860	105.568	108.946*
Emisiones CO <sub>2</sub> % Total mund.					2,3	2,2	2,5	3	2,3	3

feb-25

Emisiones CO<sub>2</sub> del transporte marítimo totales en 2022: 855 millones de toneladas

Fuentes: UNCTAD, Lloyds,OCDE, datos macro, maritime ex., Fearnresearch, ABS, World Bank, JAL, BIMCO

Acero: ASTM A 131 Grade B 20/25 mm. Grade A 20/25 mm Asia. Comb: Ship &amp; bunker.com. marine methanol(\*) Estimación 2024

Fechas: Se entiende fin de año o de mes

Emisiones de CO<sub>2</sub> globales, 2024: 37.400 Millones Toneladas. 422,5 partes por millón

NOTA. Los siete primeros datos son estimados. Datos definitivos en la Coyuntura de marzo.

### Indicadores agregados. PIB/Cápita (Miles \$)

	1980	2000	2025
Economías avanzadas	10,31	27,77	61,42
Emergentes y en desarrollo	1,07	1,42	6,65
Mundo	2,87	5,69	14,45

### Gastos mundiales en Defensa. Años

	1960	1980	2000	2023
% del PIB mundial	6,1	3,6	2,2	2,4

**Tabla 1. Precios de nuevas construcciones en MUS\$**

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
<b>PETROLEROS</b>							
VLCC (300.000 tpm)	92	86	109	121	124	129	128
Suezmax (150.000 tpm)	61	56	76	84	82	90	89
Aframax (110.000 tpm)	48	47	61	64	66	74	74
Panamax (70.000 tpm)	45	41	36	42,5	54	55	55
Handy (47.000 tpm)	36	34	33	33	52	52	50
<b>GRANELEROS</b>							
Capesize (170.000 tpm)	50	46,5	60	61	67	75	74
Kamsarmax* (82.000 tpm)	27	26	33	34	38	37	36
Handymax (60.000 tpm)	25	24	30	31	35	34	34
Handy (35.000 tpm)	23	23	28	28	32	30	30
<b>PORTACONTENEDORES</b>							
1.000 teu	19	18,5	18,5	16,7	23	24	24
3.500 teu	40	40	50	32	27	29	29
6.700 teu**	72	72	72	66	42	44	44
8.800 teu***	89	88	95	81	86	128	128
13.000 teu****	109	108	140	112	126	160	160
20.000 teu	145	144	182	150	190/240**	242	215
<b>GASEROS</b>							
LNG 174.000 m <sup>3</sup> )*	186	186	208	260	260	264	261
LPG 82.000 m <sup>3</sup>	71	71	82	76	69	124 #	124 #
<b>CAR CARRIER</b>							
3.500-4.000 / 6.500 ceu	59	59	67	68,5	68,5	68,5	68,5
2.300-1.700	48	47,6					
<b>MULTIPROPÓSITOS</b>							
17.200 tpm	25	21,5	21,5	22	22	22	22

# Propulsión: amoniaco

LNG: antes 160.000 m<sup>3</sup>

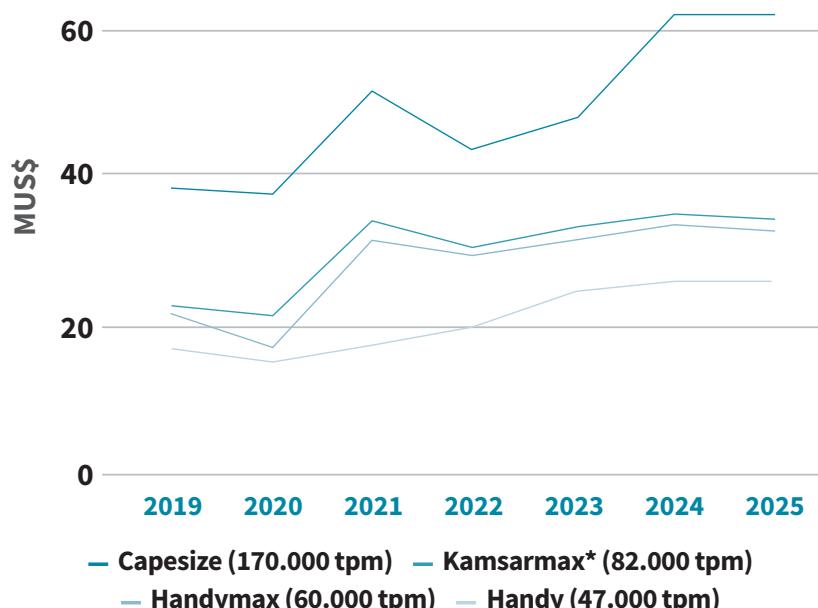
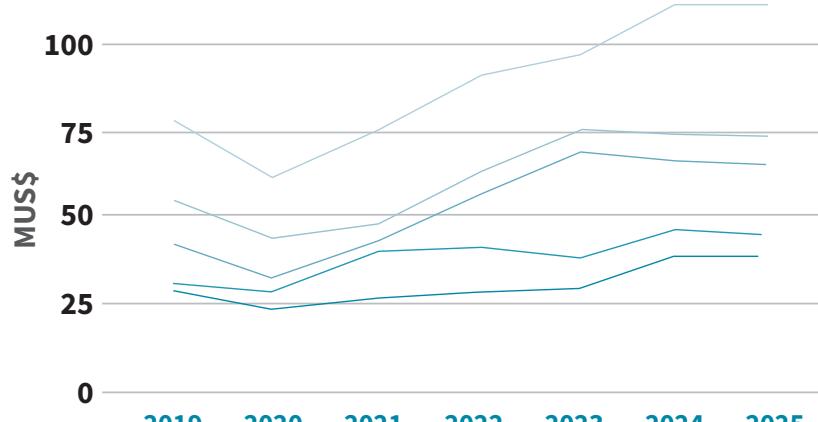
(\*) Antes 70.000 (\*\*) Antes 6200. (\*\*\*) Antes 8000. (\*\*\*\*) Antes 12.000.

Fuente: ATHREP, Baltic Exchange, Clarkson, OCDE, ITF, Fearnleys O. Report, Athenian R 11/2022 R 09/24

(\*\*) Metanol

LPG #: LPG/amoniaco

ene-25



**figura 1c.**  
**Mercado de compra/venta de buques.**

Mes	ene
PPetroleros	27
graneleros	21
gaseros	8
Contenedor	8
Multipropósito	0
Frigo	0
Ro-ro	3
Ferry	0
Cruceros	0
<b>Totales</b>	<b>67</b>

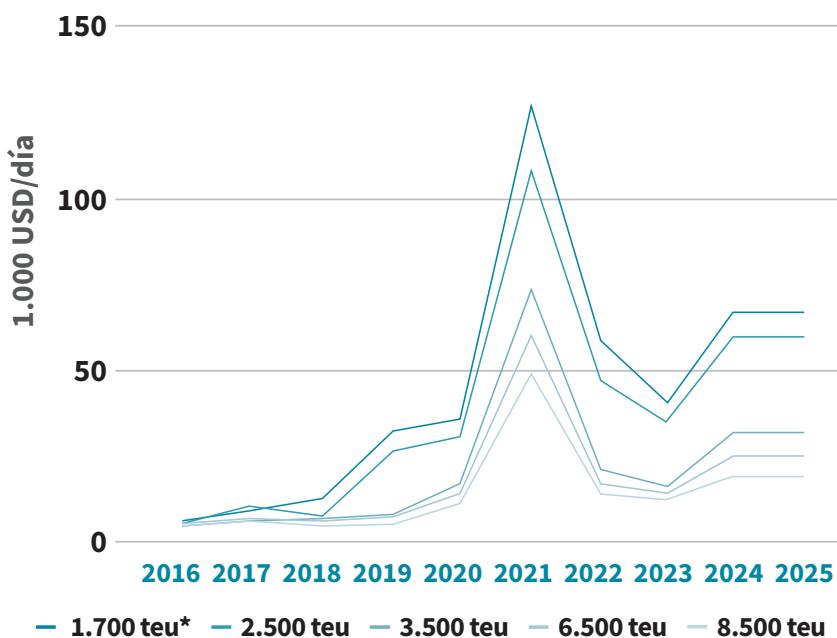
31-ene-25. Fuentes: Athenian SB.  
NOTA: Cifras, N.º buques al final de cada mes.  
Se excluyen ventas por desguace

**figura 1a.**  
**Precios petroleros  
segunda mano**

Fuente: ATHREP,  
Baltic Exchange, Clarkson, OCDE,  
ITF, Fearnleys O. Report,  
Athenian R 11/2022 R 09/24  
(\*\*) Metanol  
ene-25

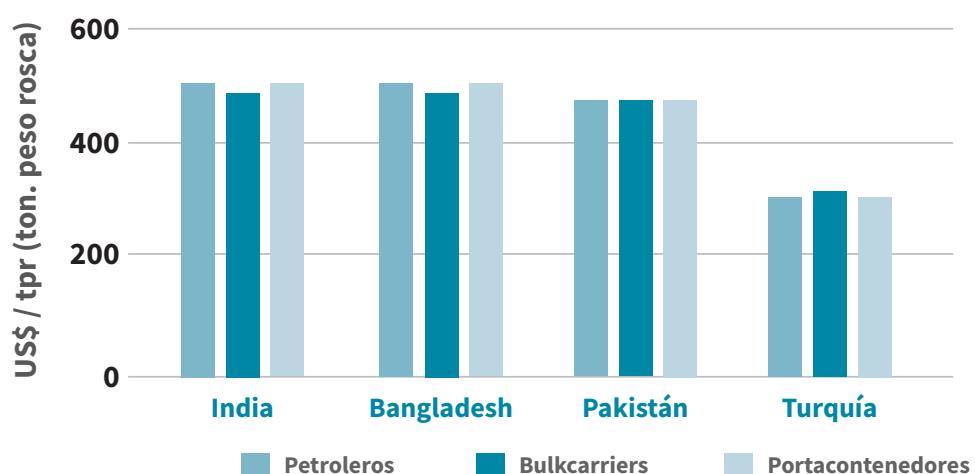
**figura 1b.**  
**Precios graneleros  
segunda mano**

Fuente: ATHREP,  
Baltic Exchange, Clarkson, OCDE,  
ITF, Fearnleys O. Report,  
Athenian R 11/2022 R 09/24  
(\*\*) Metanol  
ene-25



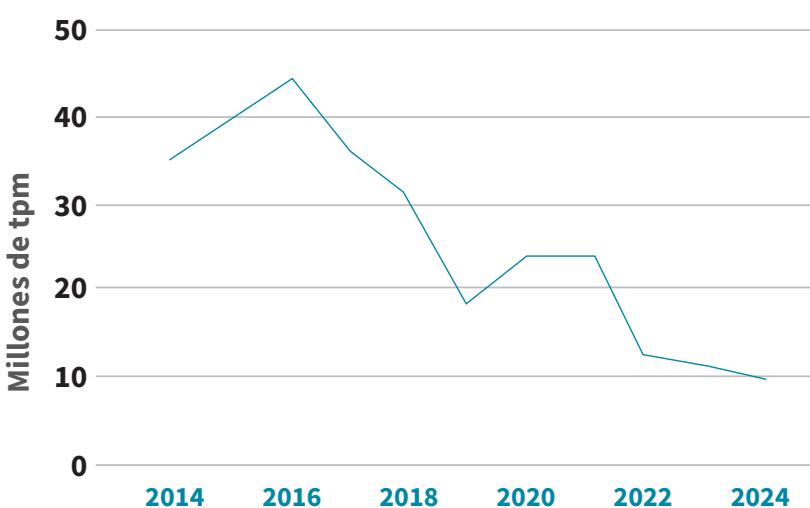
**figura 2.**  
**Portacontenedores.**  
**T/C a 1 año**  
**en 1.000 USD**

feb-25  
Fuente: Harper Petersen



**figura 3.**  
**Desguace**  
**de buques**

Fuente: Athenion Shipbrokers  
feb-25



**figura 4.**  
**Histórico**  
**desguaces**

ene-25  
Fuente: Athenian  
Shipbrokers

**Fletes carga seca. 1.000 US\$/día(Promedio)**

<b>Tipo</b>	<b>1 / 2 Año</b>		<b>1 Año</b>		<b>2 Años</b>	
	<b>Atlant</b>	<b>Pacific</b>	<b>Atlant</b>	<b>Pacific</b>	<b>Atlan</b>	<b>Pacific</b>
Capesize	16	15,1	15,1	16	17,1	17,1
Pan/kmax	15,1	12,1	13,1	13,1	14,5	14,5
Sup/Ultra max	16,5	15,1	15,5	15,1	15	14,1
Handy	14	14,2	13	14,5	12	13,3
<b>Fin noviembre 2024</b>						
Capesize	15,1	15,1	16	15,1	17,1	17,1
Pan/kmax	13	11,1	12,1	1900,1	13,2	12,1
Sup/Ultramax	11,5	10,1	13,5	12,1	10,1	11,5
Handy	10	10,5	10,5	10,5	11	11
<b>Fin diciembre 2024</b>						

Fuentes: Alibra SL, At. Sbrokers, Elab Propia

**Fletes graneles líquidos. 1.000 US\$/día (Promedio)**

<b>Tipo</b>	<b>Spot</b>	<b>1 Año</b>	<b>3 Años</b>	<b>5 Años</b>
VLCC	21	42,5	50	48,5
Smax	37	40	42	39,5
Aframax	33	32,5	37,5	35
LR 2		33,5	38,5	38,5
LR1		27,5	30,1	30,1
MR IMO 3		19,1	25	25,5
Handy		24	23,5	22
<b>Fin noviembre 2024</b>				
VLCC	19	41,5	47,5	47,5
Smax	28	36,5	40	37,5
Aframax	30	34	32,5	32,5
LR 2		32,5	32,5	33,5
LR 1		23,1	24,1	25
MR IMO 3		20,1	22,1	22,5
Handy		21	21	21
<b>Fin diciembre 2024</b>				

NOTA: Para 3 y 5 años buques con Scrubber. (\*) Oriente medio &gt;&gt; Occidente

Fuente: Alibra SL, ATBS, Fearnleys

**Fletes buques gaseros**

<b>Año 2025 enero</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>
LPG 82.000 spot. Butano Mar del Norte. US\$/t	426	557	500*	537*	589*
LNG 160.000. Spot Oeste Suez. 1.000 US\$/día	150	200	95	16	
LNG 160.000 TC 1 Año. 1.000 US\$/día	47	184	67,5	25	16

Fuente: Fearnleys. (\*) Butano. Fines de año o del mes indicado

**Bibliografía**

[1] Fuente: CZ Insights  
 [2] Fuente: Hellenic Shippin News

[3] Fuente: Clarkson Research

[4] Fuentes: Claksons, National Bureau of Statistics of China, S&P Global, Danish Ship Finance y otros

[5] Fuente: Lloyd's List / Flex LNG  
 [6] Fuente: Lloyd's List

Cualquier consideración u opinión expresadas en este artículo corresponden exclusivamente a su autor y no representan necesariamente a los de la revista Ingeniería Naval. Ambos no serán responsables de ningún tipo de daño de cualquier naturaleza que puedan reclamar terceras partes por el uso de la información contenida.

# Índice

## 1. ESTRUCTURA DEL CASCO

- 1.1 Acero del casco
- 1.2 Piezas estructurales fundidas o forjadas
- 1.3 Cierres estructurales del casco (escotillas, puertas, puertas/rampas)
- 1.4 Chimeneas, palos-chimenea, palos, posteleros
- 1.5 Rampas internas
- 1.6 Tomas de mar

## 2. PLANTA DE PROPULSIÓN

- 2.1 Calderas principales
- 2.2 Turbinas de vapor
- 2.3 Motores propulsores
- 2.4 Turbinas de gas
- 2.5 Reductores
- 2.6 Acoplamientos y embragues
- 2.7 Líneas de ejes
- 2.8 Chumaceras
- 2.9 Cierres de bocina
- 2.10 Hélices, hélices-tobera, hélices azimutales
- 2.11 Propulsores por chorro de agua
- 2.12 Otros elementos de la planta de propulsión
- 2.13 Componentes de motores
- 2.14 Propulsión Diésel-Eléctrica

## 3. EQUIPOS AUXILIARES DE MÁQUINAS

- 3.1 Sistemas de exhaustación
- 3.2 Compresores de aire y botellas de aire de arranque
- 3.3 Sistemas de agua de circulación y de refrigeración
- 3.4 Sistemas de combustible y aceite lubricante
- 3.5 Ventilación de cámara de máquinas
- 3.6 Bombas servicio de máquina
- 3.7 Separadores de sentina

## 4. PLANTA ELÉCTRICA

- 4.1 Grupos electrógenos
- 4.2 Cuadros eléctricos
- 4.3 Cables eléctricos
- 4.4 Baterías
- 4.5 Equipos convertidores de energía
- 4.6 Aparatos de alumbrado
- 4.7 Luces de navegación, proyectores de señales. Sirenas
- 4.8 Aparellaje eléctrico
- 4.9 Proyectos "Llave en Mano"

## 5. ELECTRÓNICA

- 5.1 Equipos de comunicaciones interiores
- 5.2 Equipos de comunicaciones exteriores
- 5.3 Equipos de vigilancia y navegación
- 5.4 Automación, Sistema Integrado de Vigilancia y Control
- 5.5 Ordenador de carga
- 5.6 Equipos para control de flotas y tráfico
- 5.7 Equipos de simulación

## 6. EQUIPOS AUXILIARES DE CASCO

- 6.1 Reboses atmosféricos, indicadores de nivel de tanques
- 6.2 Aislamiento térmico en conductos y tuberías
- 6.3 Sistema de ventilación, calefacción y aire acondicionado
- 6.4 Calderas auxiliares, calefacción de tanques
- 6.5 Plantas frigoríficas
- 6.6 Sistemas de detección y extinción de incendios
- 6.7 Sistema de baldeo, achique y lastrado

- 6.8 Equipos de generación de agua dulce
- 6.9 Sistemas de aireación, inertización y limpieza de tanques
- 6.10 Elementos para estiba de la carga
- 6.11 Sistemas de control de la contaminación del medio ambiente, tratamiento de residuos
- 6.12 Plataformas para helicópteros
- 6.13 Valvulería servicios, actuadores
- 6.14 Planta hidráulica
- 6.15 Tuberías

## 7. EQUIPOS DE CUBIERTA

- 7.1 Equipos de fondeo y amarre
- 7.2 Equipos de remolque
- 7.3 Equipos de carga y descarga
- 7.4 Equipos de salvamento (botes, pescantes, balsas salvavidas)

## 8. ESTABILIZACIÓN, GOBIERNO Y MANIOBRA

- 8.1 Sistemas de estabilización y corrección del trimado
- 8.2 Timón, Servomotor
- 8.3 Hélices transversales de maniobra
- 8.4 Sistema de posicionamiento dinámico

## 9. EQUIPAMIENTO Y HABILITACIÓN

- 9.1 Accesorios del casco, candeleros, pasamanos, etc.
- 9.2 Mamparos no estructurales
- 9.3 Puertas, portillos, ventanas, limpiaparabrisas, vistaclaras, cortinas antideslumbrantes
- 9.4 Escalas, tecles
- 9.5 Recubrimientos, pintura. Tratamiento de superficies
- 9.6 Protección catódica
- 9.7 Aislamiento, revestimiento
- 9.8 Mobiliario
- 9.9 Gamba frigorífica
- 9.10 Equipos de cocina, lavandería y eliminación de basuras
- 9.11 Equipos de enfermería
- 9.12 Aparatos sanitarios
- 9.13 Habilidad, llave en mano

## 10. PESCA

- 10.1 Maquinillas y artes de pesca
- 10.2 Equipos de manipulación y proceso del pescado
- 10.3 Equipos de congelación y conservación del pescado
- 10.4 Equipos de detección y control de capturas de peces
- 10.5 Embarcaciones auxiliares

## 11. EQUIPOS PARA ASTILLEROS

- 11.1 Soldadura y corte
- 11.2 Gases industriales
- 11.3 Combustible y lubricante
- 11.4 Instrumentos de medida
- 11.5 Material de protección y seguridad
- 11.6 Equipos para puertos y plataformas

## 12. EMPRESAS DE INGENIERÍA Y SERVICIOS

- 12.1 Oficinas técnicas
- 12.2 Clasificación y certificación
- 12.3 Canales de Experiencias
- 12.4 Seguros marítimos
- 12.5 Formación
- 12.6 Empresas de servicios
- 12.7 Brokers

## 13. ASTILLEROS

## 1. ESTRUCTURA DEL CASCO

### 1.3 Cierres estructurales del casco



**SP Consultores y Servicios, S.L.**  
**Rampas Ro-Ro. Tapas de Escotillas. Sistemas hidráulicos. Reparaciones.**  
 Sevilla • Vigo • Algeciras • Barcelona  
 sp@spconsulto.com  
 www.spconsulto.com

## 2. PLANTA DE PROPULSIÓN

### 2.3 Motores Propulsores



**PASCH**  
**Motores diesel.**  
**Propulsores y auxiliares 10 a 2.000 CV**  
 Campo Volantín, 24 - 3º  
 48007 BILBAO  
 Tel.: 94 413 26 60  
 E-mail: infobilbao@pasch.es

### 2.5 Reductores



**REINTJES España. S.A.U.**  
**REDUCTORES MARINOS DESDE 250 HASTA 30.000 KW**  
 Avda. Doctor Severo Ochoa, 45 - 1º B  
 P.A.E. Casablanca II  
 E-28100 Alcobendas (Madrid)  
 Tel. +34 91 657 2311  
 Fax +34 91 657 2314  
 E-mail: comercial@reintjes.es  
 www.reintjes-gears.com



### Masson Marine Ibérica

**Reductores-inversores desde 300 hasta 10.000 kw con PTO, PTI y frenos para paso fijo y variable.**

Avda. San Pablo, 28, Nave 22  
 28823 Coslada - Madrid  
 Tel.: 91 671 47 66 - Fax: 91 674 78 33  
 info@masson-marine.es  
 www.masson-marine.com

### 2.11 Propulsores por chorro de agua

### PASCH



**Hidrojets para motores de 81 a 1986 kW**

Campo Volantín, 24 - 3º • 48007 BILBAO  
 Tel.: 94 413 26 60  
 E-mail: infobilbao@pasch.es

### 2.12 Otros elementos de la planta de propulsión

### COTERENA

**TALLER DE REPARACIÓN MARINO Y TERRESTRE, Y SUMINISTRADOR DE REPUESTOS.**

Muelle de reparaciones de Bouzas, s/n  
 P.O. Box 2.056 - 36208-VIGO (Spain)  
 Telf + 34 986 23 87 67  
 FAX + 34 986 23 87 19  
 Email: coterena@coterena.es



### VULKAN Española S.A.

Acoplamientos elásticos, suspensiones elásticas. Embragues, frenos, tomas de fuerza (PTO/PTI), ejes cardán, ejes de composite. Sistemas de Filtración de aire y equipos de ventilación. Estudio y soluciones de vibraciones y acústicas. Silenciosos de escape standard y especiales. Cálculos vibraciones torsionales, 6DOF, 12DOF para suspensión elástica, ICE Class y cálculos especiales. Servicio Postventa: asistencias técnicas y repuestos.

Avda. Montes de Oca 19 – Nave 7  
 E-28703 San Sebastián de los Reyes  
 Madrid - España  
 T +34 913590971 | F +34 913453182  
 vulkan@vulkan.es  
 www.vulkan.com



Inserte  
 aquí su  
**publicidad**

## 2.13 Componentes de motores

**Rolloy MARINE** SLX GROUP

Repuestos para motores Diesel y Gas. Repuestos y servicio para Cierres de Bocina. Componentes línea de ejes.

c/ García Camba, 6 • Oficina 403  
36001 Pontevedra  
Telf + 34 692 549 549  
Email: info@rolloymarine.com  
www.rolloymarine.com



**TRILL**  
anclas&cadenas

Anclas y cadenas para buques  
Estachas y cables

**GRAN STOCK PERMANENTE**

Parque Empresarial de Coirós  
Parcela 10  
15316 COIRÓS (A Coruña)  
Telf.: 981 17 34 78 - Fax: 981 29 87 05  
Web: <http://www.rtrillo.com>  
E-mail: info@rtrillo.com

Inserte  
aquí su  
**publicidad**



**VULKAN**  
COUPLINGS

**VULKAN Española S.A.**

Acoplamientos elásticos, suspensiones elásticas. Embragues, frenos, tomas de fuerza (PTO/PTI), ejes cardan, ejes de composite. Sistemas de Filtración de aire y equipos de ventilación. Estudio y soluciones de vibraciones y acústicas. Silenciosos de escape standard y especiales. Cálculos vibraciones torsionales, 6DOF, 12DOF para suspensión elástica, ICE Class y cálculos especiales. Servicio Postventa: asistencias técnicas y repuestos.

Avda. Montes de Oca 19 – Nave 7  
E-28703 San Sebastián de los Reyes  
Madrid - España  
T +34 913590971 | F +34 913453182  
vulkan@vulkan.es  
www.vulkan.com

## 7. EQUIPOS DE CUBIERTA

### 7.1 Equipos de fondeo y amarre

**SERVO SHIP, S.L.**

**Molinetes. Chigres. Cabrestantes.**

Avda. Cataluña, 35-37  
bloque 4, 1º Izquierda  
50014 Zaragoza (España)  
Tel.: 976 29 80 39 / 82 59  
Fax: 976 29 21 34  
E-mail: servoship@servoship.com

Inserte aquí su  
**publicidad**



### 7.4 Equipos de salvamento (botes, pescantes, balsas salvavidas)

**SERVO SHIP, S.L.**

**Sistemas de evacuación.  
Pescantes de botes.**

Avda. Cataluña, 35-37  
bloque 4, 1º Izquierda  
50014 Zaragoza (España)  
Tel.: 976 29 80 39 / 82 59  
Fax: 976 29 21 34  
E-mail: servoship@servoship.com

## 8. ESTABILIZACIÓN, GOBIERNO Y MANIOBRA

### 8.1 Sistemas de estabilización y corrección del trimado

**PASCH** TRAC ZIPWAKE  
waveless

**Equipos de estabilización y trimado dinámico para barcos de hasta 45 m**

Campo Volantín, 24 - 3º • 48007 BILBAO  
Tel.: 94 413 26 60  
E-mail: infobilbao@pasch.es

## 8.2 Timón, Servomotor

**Servotimones.**

Avda. Cataluña, 35-37  
bloque 4, 1º Izquierda  
50014 Zaragoza (España)  
Tel.: 976 29 80 39 / 82 59  
Fax: 976 29 21 34  
E-mail: servoship@servoship.com

## 8.3 Hélices transversales de maniobra

**Hélices de maniobra.**

Avda. Cataluña, 35-37  
bloque 4, 1º Izquierda  
50014 Zaragoza (España)  
Tel.: 976 29 80 39 / 82 59  
Fax: 976 29 21 34  
E-mail: servoship@servoship.com

## 9. EQUIPAMIENTO Y HABILITACIÓN


**Diseño conceptual.**  
**Diseño de Interiores.**  
**Diseño arquitectónico.**  
**Habilitación naval.**

Estrada Diliz, 33  
48990 Getxo (VIZCAYA)  
Tels.: 94 491 10 81 / 491 40 54  
Fax: 94 460 82 05  
E-mail: oliver@oliverdesign.es  
http://www.oliverdesign.es



## 9.5 Recubrimientos, pintura. Tratamiento de superficies



**Pinturas marinas de alta tecnología para la protección de superficies. Antifoulings autopulimentables para 60-90 meses de navegación, ahorra combustibles y mejora la velocidad de navegación. Epoxy alto espesor para superficies tratadas deficientemente (surface tolerant).**

Polígono Santa Rita  
C/. Estática, 3  
08755 CASTELLBISBAL Barcelona  
Tel.: 93 771 18 00 - Fax: 93 771 18 01  
E-mail: iberica@jotum.es

## 9.6 Protección catódica



**Protección catódica.**  
**Fabricante ánodos de sacrificio.**  
**Distribuidor oficial pinturas JOTUN.**  
**Maquinaria de pesca NOSFOR.**  
 Rúa Tomada, 74 Navia  
 36212 Vigo (PONTEVEDRA)  
 Tel.: 986 24 03 37  
 E-mail: cingal@cingal.net  
 http://www.cingal.net

Inserте  
aquí su  
**publicidad**

## 12. EMPRESAS DE INGENIERÍA Y SERVICIOS

## 12.1 Oficinas técnicas



**Ingeniería Naval. Diseño de buques.**  
**Proyectos de modernización.**  
**Consultoría naval.**  
**Inspección y dirección de obra.**  
**Tasaciones.**

Calle Montero Ríos 30, 1º  
 36201 Vigo (España)  
 Tel. +34 986 43 05 60  
 Email: fcarceller@carceller.com  
 www.carceller.com



**Diseño conceptual.**  
**Diseño de Interiores.**  
**Desarrollo de proyectos.**  
**Habilitación naval.**

Estrada Diliz, 33  
 48990 Getxo (VIZCAYA)  
 Tels.: 94 491 10 81 / 491 40 54  
 Fax: 94 460 82 05  
 E-mail: oliver@oliverdesign.es  
 http://www.oliverdesign.es



Especialistas en el **Diseño de Buques Silenciosos. Gestión integral de Vibraciones y Ruido. Cálculo y Simulación naval. Industria 4.0. URN-Ruido Radiado al Agua. Medidas y ensayos especiales. Pruebas de mar. Consultoría de averías - Análisis causa-raíz. Pruebas de Mar Integrales: Potencia, Vibraciones y Ruido, Maniobrabilidad, etc. Sistema no intrusivo de detección de cavitación. Predicción de Vibraciones, Ruidos y Ruido Radiado al Agua. CBM-Condition Based Maintenance. Proyectos I+D+i. Formación Especializada.**

Edificio Pyomar Torre 2,  
 Avda. Pio XII, 44. Bajo Izda  
 28016 Madrid  
 Tels.: +34 91 345 97 30  
 INFO@TSISL.ES  
 WWW.TSISL.ES



#### INGENIERÍA NAVAL Y OFFSHORE

Ingeniería Conceptual, Básica y de Aprobación de Buques y Unidades Offshore. Ingeniería de Detalle: Acero y Armamento. Buques en operación: Soporte Técnico, Inspección y Varada. Integración en equipos de proyecto. Gestión y dirección de proyectos. Análisis Elementos Finitos, Estudios hidrodinámicos (CFD), Comportamiento en la Mar. Estudios de Seguridad, Transportes, Fondeos, Remolques, Estudios de Riesgos, DP FMEA. Análisis de Emisiones y Eficiencia Energética. Consultoría Técnica. Inspectores acreditados: ISM, IHM e eCMID. FORAN V80- ANSYS (Mechanical/AQWA/CFX)- RHINOCEROS - SOLIDWORKS - MATLAB.

c/ BOLIVIA, 5 • 28016 MADRID

Tel.: +34 91 458 51 19

c/ Marqués de Valladares, 3 3º D  
36201 • Vigo (Spain)

E-mail: [seaplace@seaplace.es](mailto:seaplace@seaplace.es)

web: [www.seaplace.es](http://www.seaplace.es)



Design, Engineering, Stability Books, Surveys, Expert Reports, Appraisals. Forensic Naval Architecture RCD CE Marking Inspectors. Small Commercial Vessels Examiners. Ships Tow Studies

Méndez Núñez, 35 -1º

36600 Villagarcía de Arosa

Phone: +34 986508436

E-mail: [info@gestenaval.com](mailto:info@gestenaval.com)

Web: [www.gestenaval.com](http://www.gestenaval.com)

## 12.2 Clasificación y certificación



### ORP MARÍTIMA S.L.

Informes técnicos periciales Naval, Marítimo, Industrial, Energía, Transporte.

Asistencia en procesos judiciales, arbitrales y de mediación. Nacional e internacional.

Calle Écija 7, Madrid.

Tf. +34 661 83 00 89

[frontdesk@orpmar.com](mailto:frontdesk@orpmar.com)

[www.orpmar.com](http://www.orpmar.com)



# Programa Editorial 2025

## Editorial Program

### ENERO • JANUARY

Propulsión: ahorro energético. Motores, reductores, líneas de ejes, hélices. Combustibles y lubricantes.

Propulsión: energy saving. Engines, reduction gears, shaft lines, propellers. Fuel and lubricants.

### FEBRERO | FEBRUARY

Reparaciones y transformaciones. Astilleros de reparación.

Pinturas y protección de superficies.

Repairs & Conversions. Repair yards. Paint and surface protection

### MARZO • MARCH

Pesca. Acuicultura. Política pesquera

Fishing. Aquaculture. Fishing legislation

### ABRIL | APRIL

Seguridad marítima. Flota de remolcadores. LNG.

Maritime Security & Safety. Tugboats fleet. LNG.

### MAYO • MAY

Industria auxiliar. Gobierno y maniobra

Auxiliary industry. Steering and manoeuvre

### JUNIO | JUNE

Construcción naval. Tendencias

Shipbuilding. Trends

### JULIO-AGOSTO • JULY-AUGUST

Ingeniería. Formación. Sociedades de clasificación

Engineering. Training. Classification societies

### SEPTIEMBRE • SEPTEMBER

Marina mercante. Puertos. Náutica. Habilitación. Ferries. Cruceros.

Merchant ships. Harbours. Pleasure crafts. Accommodation. Ferries.

Cruiseships.

### OCTUBRE | OCTOBER

Sector naval militar. Electrónica y Automatización

Naval sector. Electronics and Automation

### NOVIEMBRE • NOVEMBER

Offshore • Offshore

### DICIEMBRE | DECEMBER

Energías renovables y Medio ambiente Resumen del Sector Marítimo 2025

Renewable energy and environment

### CADA NÚMERO CONTIENE ADEMÁS • EACH ISSUE ALSO INCLUDES:

Artículos técnicos • Technical articles

Descripciones de buques • Ship descriptions

Noticias nacionales e internacionales • International and national news

Artículos sobre legislación, economía, fiscalidad y normativa

Articles above legislation, economy, taxes and regulations



INGENIERÍA  
naval  
REVISTA DEL SECTOR MARÍTIMO

[sectormaritimo.es](http://sectormaritimo.es) 

Suscríbete ya en  
**[www.sectormaritimo.es](http://www.sectormaritimo.es)**

# Sikafloor® Marine



## SOLUCIONES INTEGRALES PARA LA SEGURIDAD Y EL CONFORT

- Pavimentos autonivelantes
- Pavimentos de nivelación y de curado rápido
- Pisos flotantes
- Pavimentos viscoelásticos

---

TECNOLOGÍA LÍDER  
EN APLICACIONES INDUSTRIALES

---

**Sika, moving industries forward**



Más sobre Sikafloor® Marine  
[esp.sika.com](http://esp.sika.com)

BUILDING TRUST

