



BUREAU
VERITAS

Bureau Veritas: SOCIEDAD DE CLASIFICACIÓN DE LA UNIÓN EUROPEA

PARQUES EÓLICOS OFFSHORE

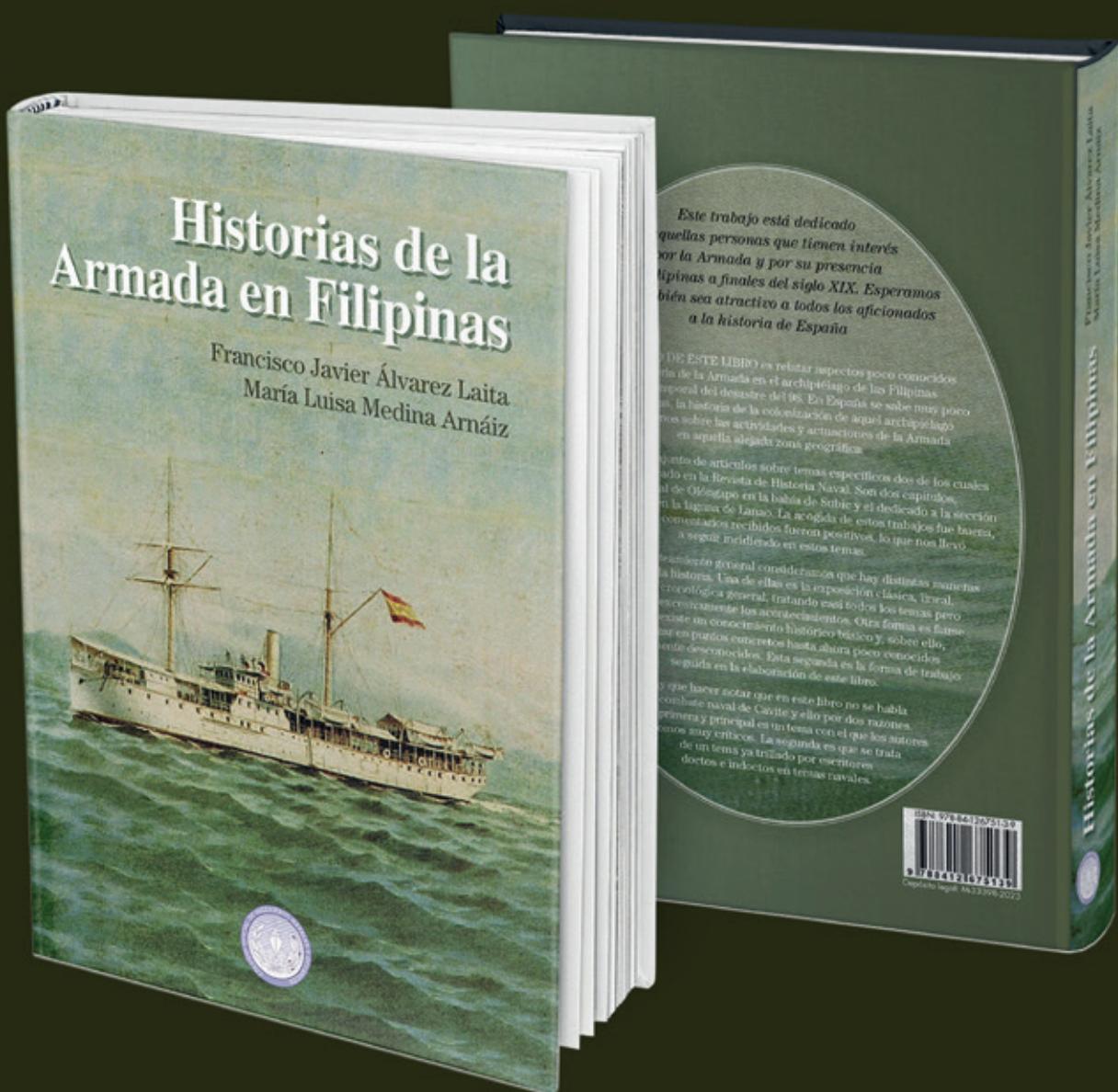
@ | JAVIER GONZALEZ ARIAS
javier.gonzalez-arias@bureauveritas.com

T. | 91 270 21 26 WEB | WWW.MARINE-OFFSHORE.BUREAUVERITAS.COM



¡YA A LA
VENTA!

WWW.INGENIEROSNAVALES.COM/TIENDA/



Este trabajo está dedicado
a aquellas personas que tienen interés
por la Armada y por su presencia
en las Filipinas a finales del siglo XIX. Esperamos
que sea atractivo a todos los aficionados
a la historia de España

EL OBJETIVO DE ESTE LIBRO es relatar aspectos poco conocidos
sobre la presencia de la Armada en el archipiélago de las Filipinas
después del desastre del 08. En España se sabe muy poco
sobre la historia de la colonización de aquél archipiélago
y sobre las actividades y actuaciones de la Armada
en aquella alejada zona geográfica.

En el desarrollo de este trabajo se han publicado
varios artículos sobre temas específicos dos de los cuales
se han publicado en la Revista de Historia Naval. Son dos capítulos
sobre el combate naval en la bahía de Subic y el dedicado a la sección
de la laguna de Laiua. La acogida de estos trabajos fue buena,
los comentarios recibidos fueron positivos, lo que nos llevó
a seguir midiendo en estos temas.

En este trabajo se han tratado generalmente consideraciones que hay distintas numerosas
en la historia. Una de ellas es la exposición clásica, lineal,
cronológica general, tratando casi todos los temas pero
excesivamente los acentuando. Otra forma es fijarse
en un conocimiento histórico básico y, sobre ello,
en puros contenidos hasta ahora poco conocidos
y poco difundidos. Esta segunda es la forma de trabajo
seguida en la elaboración de este libro.

Lo que queremos destacar es que en este libro no se habla
sobre el combate naval de Cavit y ello por dos razones.
La primera y principal es un tema con el que los autores
no tienen mucha experiencia. La segunda es que se trata
de un tema ya tratado por escritores
doctos e indextos en temas navales.

ISBN 978-84-1265-513-9
9 788412 676131
Depósito legal: M.23.099-2022



Redacción

Nº 1036 · JULIO/AGOSTO · 2024

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



SCAN ME

AÑO XCIII • N.º 1036
julio/agosto 2024
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 Lorenzu Jaesuria
D. Miguel Ángel Palencia Herrero
D. Mariano Pérez Sobrino
D. Jesús Valle Cabezas

Sumario

508.

artículo técnico

“SPRAL: Seakeeping prediction using artificial intelligence”, por P. Romero Tello; J. E. Gutiérrez Romero; B. Serván Camas; A. J. Lorente López

522.

conectados

538.

sociedades de clasificación

547.

construcción naval

549.

actualidad

555.

coyuntura del sector naval

“La fluidez de la situación y las decisiones”, por J. E. Pérez-García



568.

tribuna

“La Segregación del arsenal de La Carraca e Isla Verde de Puerto Real a San Fernando. (Parte I)”, por F. Pérez Aguilar



579.

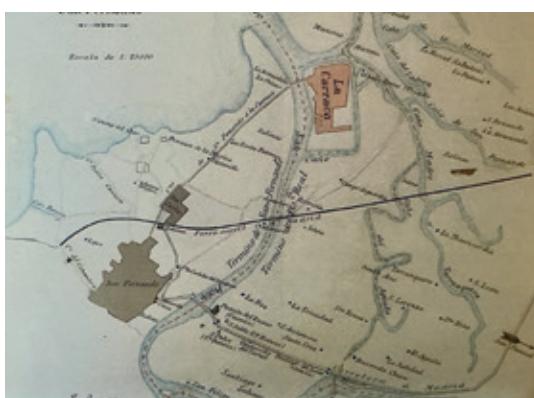
guía de empresas



568

tribuna

La Segregación del arsenal de La Carraca e Isla Verde de Puerto Real a San Fernando. (Parte I)





522

conectados

Celebración de los actos institucionales del Carmen 2024



535

conectados

Jornada Buques oceanográficos: innovación, tecnología y tendencias

ABS

RULE ENHANCEMENTS

538

Sociedades de Clasificación

Un sector marítimo digitalizado y bajo en carbono necesita reglas de clase con respuestas basadas en el riesgo

Editorial

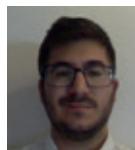
Con la llegada de las vacaciones de verano, es momento de hacer un balance de la primera mitad del año.

Durante los primeros meses del año, la Asociación de Ingenieros Navales y Oceánicos de España, junto al Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos, presentaron ante el Alto Consejo Consultivo de la Ingeniería, con el objetivo de sumar a las empresas del sector naval y la industria marítima, las universidades y administraciones públicas en la definición de un plan de acción conjunto y coordinado para paliar el déficit de profesionales que pone en riesgo el futuro del sector. Reuniones, desayunos de trabajo, entrevisitas en medios de comunicación, fueron los altavoces del gran problema al que se enfrentan todas las ingenierías a día de hoy.

La comisión de la Asociación de digitalización, el observatorio de empleo, también de la Asociación, delegaciones territoriales, el SOPIN, etc., han celebrado varias sesiones durante esta primera mitad: “Robotización de procesos y perspectivas de futuro”, “La gestión de la transición de ejecutivo a consejero”, “Atracción de talento hacia la ingeniería naval”, “El submarino: historia, ingeniería y plataforma de combate”; “Tránsito a la jubilación”, la jornada sobre “Buques oceanográficos: innovación, tecnología y tendencias”, o la 14^a edición de las Jornadas Enermar. Aprovechad para verlas, si no pudisteis asistir en directo, todas las encontraréis en nuestro Canal de YouTube (@IngenierosNavalesyOceanicos).

Las delegaciones territoriales, sus respectivas comisiones, los grupos de trabajo y el propio Colegio y la Asociación siguen trabajando en las actividades que tendrán lugar durante la segunda mitad de este año. Os podemos adelantar, que a la vuelta de las vacaciones la Comisión de Vela de Competición de la Asociación está organizando una jornada para la vuelta de las vacaciones sobre la ingeniería naval en la Copa América, y el Colegio volverá a organizar una Jornada explicativa del Proceso selectivo para la entrada en el Cuerpo de Ingenieros Navales del Estado para la Convocatoria 2024 en la que se ofertan 12 nuevas plazas.

SPRAI: Seakeeping prediction using artificial intelligence



PABLO ROMERO TELLO



JOSÉ ENRIQUE
GUTIÉRREZ ROMERO



BORJA SERVÁN CAMAS



ANTONIO JOSÉ
LORENTE LÓPEZ

Trabajo presentado en el 63º Congreso de Ingeniería Naval e Industria Marítima, celebrado del 24 al 26 de abril de 2023. Tercer premio.

ÍNDICE

Resumen / Abstract

1. Introducción

2. Objetivos

3. Metodología

4. Generación de la base de datos

5. Preprocesado de la base de datos

5.1. Generación de los datasets de masa añadida y amortiguamiento

5.2. Generación de los datasets de las fuerzas de excitación

6. Entrenamiento

7. Evaluación de las RNAs

7.1. Discusión de resultados

8. Conclusiones

9. Nota

10. Referencias

Resumen

En este trabajo se presenta la herramienta SPRAI, que utiliza Redes Neuronales Artificiales (RNA) para estimar el comportamiento del buque en la mar a una velocidad dada. Esta se basa en el cálculo de los Operadores de Respuesta en Amplitud (RAO) del buque. Se desarrolla una metodología para seleccionar la mejor arquitectura de RNA, generar la base de datos requerida para el entrenamiento y procesar los datos para facilitar la predicción de los objetivos. Para generar esta base de datos, se emplea un código personalizado en 3D que resuelve el problema de difracción-radiación de olas mediante el Método de Elementos de Frontera (BEM) para distintas direcciones de ola y un rango de números de Froude.

Para evaluar la herramienta desarrollada, se comparan las predicciones de SPRAI con los resultados del BEM usando seis buques que no forman parte de la base de datos de entrenamiento. Los resultados muestran desviaciones inferiores al 3% respecto al BEM

para las curvas de RAO. Estas curvas de RAO presentan un alto grado de ajuste con los resultados del BEM para diferentes frecuencias de encuentro. Además, los tiempos de cálculo de la herramienta SPRAI son 3.750 veces más rápidos que los cálculos del BEM.

Abstract

This paper presents the SPRAI tool, which uses Artificial Neural Networks (ANN) to predict the ship's seakeeping behaviour at a given speed. It is based on the calculation of the ship's Response Amplitude Operators (RAO). A methodology is developed to select the best ANN architecture, generate the required training database and process the data to facilitate the prediction of the targets. To generate this database, a custom 3D code is used to solve the wave diffraction-radiation problem using the Boundary Element Method (BEM) for different wave directions and a range of Froude numbers. To evaluate the developed tool, SPRAI predictions are compared with BEM results using six vessels that are not part of the training database. The results show deviations of less than 3% from the BEM for the RAO curves. These RAO curves show a high degree of agreement with the BEM results for different encounter frequencies. In addition, the calculation times of the SPRAI tool are 3,750 times faster than the BEM calculations.

1. Introducción

En los últimos años, los algoritmos de aprendizaje automático (ML) han ido ganando impulso en la industria marítima, ya que han surgido numerosos estudios, proyectos y aplicaciones, que abarcan desde las fases de diseño hasta la optimización de rutas y el consumo de combustible [1].

Los algoritmos de inteligencia artificial (IA) también han demostrado aplicaciones exi-

tosas en la estimación de parámetros de diseño de buques durante las primeras etapas del diseño, como demostró Ekinci et al. [2] en uno de los primeros trabajos relacionados. Majnarić et al. [3] realizaron una comparación entre las RNAs y el aumento de gradiente (GBoost) para predecir las dimensiones principales de un buque portacontenedores utilizando el número de contenedores a bordo (TEU) y la velocidad como datos de entrada. Entrenaron los algoritmos con un pequeño conjunto de datos de 250 buques portacontenedores.

Otros, como Ao et al. [4], desarrollaron un algoritmo de aprendizaje profundo capaz de predecir en tiempo real la resistencia del barco. En este estudio, los datos de entrenamiento se obtuvieron de simulaciones de flujo potencial para formas de casco modificadas del modelo KRISO creadas mediante la técnica free form deformation (FFD).

Liu et al. [5] desarrollaron un modelo de reservoir computing (RC) para predecir los movimientos en tiempo real del KVLCC2 en un entorno de ondas irregulares. Demos-traron que los modelos RC tienen un gran potencial en el campo del aprendizaje automático para predecir los movimientos del barco inducidos por las olas. Antes de esto, Taghva et al. [6] predijeron los operadores de respuesta en amplitud (RAO) de arfada, cabeceo y resistencia añadida del barco S175 usando RNAs. Utilizaron la teoría del método de paneles para calcular el comportamiento en la mar y la resistencia añadida, generando los datos de entrenamiento.

Yang et al. [7] aplicaron técnicas de apren-dizaje automático para predecir los movimientos en tiempo real de una barcaza rectangular amarrada excitada por una ola irregular. Las predicciones de movimiento se extendieron de dos a cuatro períodos de ola con buena precisión, mostrando el po-tencial de los algoritmos de aprendizaje au-

tomático para predecir los movimientos de plataformas o buques. Liu y Papanikolaou [8] actualizaron el método presentado en [9] para predecir la resistencia añadida en olas para barcos con relaciones dimensionales extremas. También realizaron experimentos numéricos para estudiar el efecto combinado de las variaciones de CB, L/B y B/T. Finalmente, compararon los resultados obtenidos con su método con una base de datos experimental de 11 buques con relaciones dimensionales extremas, obteniendo un coeficiente de correlación más alto y un error medio más bajo con la metodología actualizada.

Recientemente, Cepowski [10] publicó un artículo en el que predijo la resistencia añadida durante la fase inicial de diseño de un barco. En esta fase de diseño, solo se conocen parámetros básicos del barco como la eslora, la manga, el calado, el coeficiente de bloque y el número de Froude. El autor desarrolló un conjunto de cinco RNAs para predecir la resistencia añadida utilizando estos parámetros básicos de diseño, con el objetivo de mejorar la fiabilidad y la precisión de las estimaciones de resistencia anteriores [11]. Los modelos RNAs se entrenaron para predecir la resistencia añadida en olas utilizando parámetros básicos de diseño del barco, y el conjunto de datos utilizado se amplió con varios tipos de barcos en comparación con trabajos anteriores, en un esfuerzo por hacer que los algoritmos fueran más generalizables. Los trabajos anteriores solo podían predecir la resistencia para buques ferry [12,13].

En trabajos anteriores, la mayoría de los datos utilizados en la fase de entrenamiento, provenían de simulaciones por computadora, ya que los datos experimentales son limitados o inexistentes. Theodoropoulos et al. [14] propusieron el uso de una red neuronal convolucional 2D (CNN) para determinar el estado del buque e identificar patrones que

indiquen un mal comportamiento durante las operaciones. Los algoritmos de IA mostraron un potencial significativo para mejorar la seguridad de los buques, incluso en la verificación de la estabilidad durante las primeras etapas de diseño.

Los autores de este artículo desarrollaron un conjunto de algoritmos de ML capaces de predecir los coeficientes hidrodinámicos de comportamiento en la mar y las cargas de ola para buques monocasco convencionales en condición de desplazamiento y sin velocidad de avance [15]. Estos modelos pueden predecir instantáneamente y con una precisión similar a los métodos BEM 3D de dominio de frecuencia. Solo se requieren los coeficientes adimensionales de forma de casco, sin necesidad de la geometría exacta del casco ni de la malla. La velocidad de computo lograda abre amplias posibilidades para la optimización durante las primeras etapas de diseño del buque.

Basándose en esta revisión de la literatura, se pueden extraer varias conclusiones importantes sobre la aplicación de la inteligencia artificial en la industria naval:

- Las herramientas de inteligencia artificial son esenciales para mejorar la seguridad del diseño de los buques y aumentar la competitividad en la industria naval. Con los avances en la capacidad computacional, las tecnologías de IA tienen el potencial de acelerar el proceso de diseño y lograr soluciones óptimas para la industria. Sin embargo, hay experiencias limitadas en la optimización del comportamiento en la mar a través de herramientas basadas en IA.
- Muchas aplicaciones existentes se limitan a un pequeño número de casos específicos adaptados a buques específicos, conjuntos de datos de entrenamiento y validación centrados en un número reducido de tipos de barcos, lo que aumenta el riesgo de so-

breajuste, dificultando la aplicación a otros tipos de buques. Para obtener un conjunto de datos suficientemente grande, a menudo se utilizan cálculos numéricos.

- Los coeficientes de forma tradicionales y las dimensiones principales del barco son adecuados para definir la geometría del casco y proporcionar las entradas a los algoritmos de aprendizaje automático.
- Las RNAs han demostrado que pueden inferir las relaciones no lineales entre los parámetros geométricos del casco y los coeficientes hidrodinámicos de comportamiento en la mar.

2. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es describir la metodología que se ha seguido para el desarrollo de la herramienta SPRAI, basada en un conjunto de RNAs. Esta herramienta es capaz de obtener las curvas RAO para cualquier buque monocasco convencional en condición de desplazamiento, que navega con una determinada velocidad de avance. Estas RNAs predecirán las cargas de Froude-Krylov y de radiación-difracción. Se propone desarrollar un conjunto de RNAs capaces de proporcionar resultados instantáneos de los coeficientes hidrodinámicos de comportamiento en la mar. Estos algoritmos han de predecir las cargas del oleaje con una precisión similar a la proporcionada por los códigos BEM en el dominio de la frecuencia. Los algoritmos solo requerirán un número reducido de coeficientes adimensionales de forma del casco, la velocidad de avance y la dirección de la ola para predecir estas cargas.

Este documento se estructura como sigue: primero, se introduce la metodología utilizada para obtener el algoritmo de predicción; segundo, se detalla el proceso de procesado de datos aplicado a los resultados de simulación para entrenar la herramienta IA; ter-

cer, se describe el entrenamiento y la selección de los algoritmos que mejor infieren los resultados; cuarto, se comparan y verifican los resultados obtenidos con las RNAs para una gama de formas de buque; y quinto, se discuten los resultados y se proporcionan las principales conclusiones.

3. Metodología

En este trabajo, se utiliza una metodología basada en la que se utilizó en [15]. La metodología utilizada para generar la arquitectura de IA se basa en siete pasos:

Paso 1: Base de datos de geometrías de barcos base: La base de datos utilizada en [15] se amplía, incluyendo nuevos cascos.

Paso 2: Ampliación de la base de datos de barcos [16]: La base de datos se amplía mediante variaciones paramétricas de las relaciones de eslora manga y manga calado.

Paso 3: Cálculos BEM: El problema de difracción-radiación de ondas se resuelve para cada barco utilizando un código BEM en el dominio de la frecuencia basado en el método de elementos de borde [17,18]. Se consideran diferentes frecuencias de ola, direcciones de ola y números de Froude.

Paso 4: Procesado del conjunto de datos: El objetivo de este procesado es acelerar el proceso de entrenamiento de RNA sin aumentar el error de entrenamiento. Además, los coeficientes hidrodinámicos se normalizarán con respecto a los términos dominantes de la ecuación de movimiento. Esto permite cuantificar adecuadamente la relevancia de cada término, lo que resulta en una mejor definición del error, y por lo tanto mejores predicciones de RNA.

Paso 5: Diseño y entrenamiento de la arquitectura RNA: Se entrena un gran número

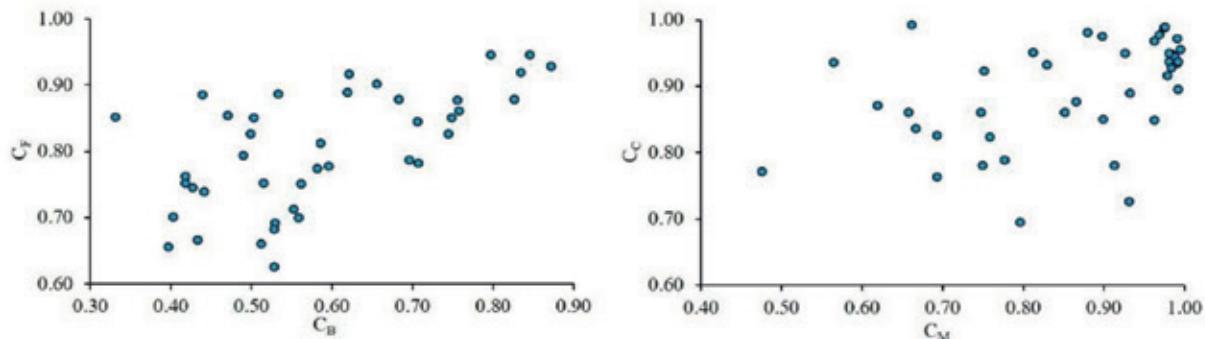


Figura 4.1. Rango de variación de los coeficientes de forma de los buques base.

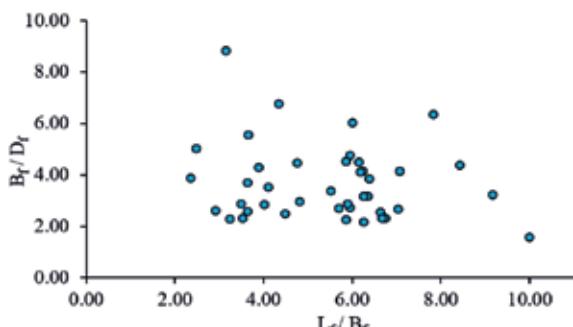


Figura 4.2. Ratios L/B y B/D del conjunto de buques base

de RNA empleando variaciones heurísticas de sus hiperparámetros, incluyendo el número de capas, neuronas, función de activación y algoritmos de optimización [19,20]. Las RNAs utilizan los coeficientes de forma del casco, la frecuencia y el rumbo de la ola y el número de Froude como conjuntos de datos de entrada. Las salidas objetivo consisten en las matrices de masa añadida y amortiguamiento, así como las cargas de excitación.

Paso 6: Competición de las RNAs: Se lleva a cabo un proceso de competencia entre las diferentes arquitecturas de RNAs para seleccionar la mejor (la que minimiza los errores personalizados [15]).

Paso 7: Evaluación: Finalmente, se realiza un proceso de evaluación comparando los resultados de RNA con BEM para una serie de cascos que no se incluyen en la base de

datos de los buques base, de tal modo que no se utilizan durante el entrenamiento ni la validación.

4. Generación de la base de datos

Para entrenar los algoritmos RNA, es necesario tener un conjunto de datos que incluya datos de navegabilidad de una gran base de datos de barcos. El conjunto se ha ampliado con respecto [15], incorporando nuevas geometrías de barcos base, pasando de 50 a 60. Este conjunto de datos cubre una amplia gama de tipologías de buques, permitiendo así un análisis más completo del comportamiento en la mar. La Figura 4.1 proporciona el rango de valores de los coeficientes de forma de los barcos parentales, y la Figura 4.2 muestra los valores de las relaciones L/B y B/D.

Para generar una base de datos lo suficientemente grande para la aplicación de metodologías de redes neuronales, se aplican modificaciones paramétricas a los barcos base. Específicamente, se aplican variaciones en las relaciones eslora-manga y manga-calado dentro de los rangos de $1,5 \leq L/B \leq 8,0$ y $1,0 \leq B/D \leq 5,5$. Luego, cada barco base se modifica con 10 variaciones equidistantes por relación, resultando en una base de datos de 6.000 barcos, véase la Figura 4.3. El tiempo de simulación es significativamente elevado al estudiar el

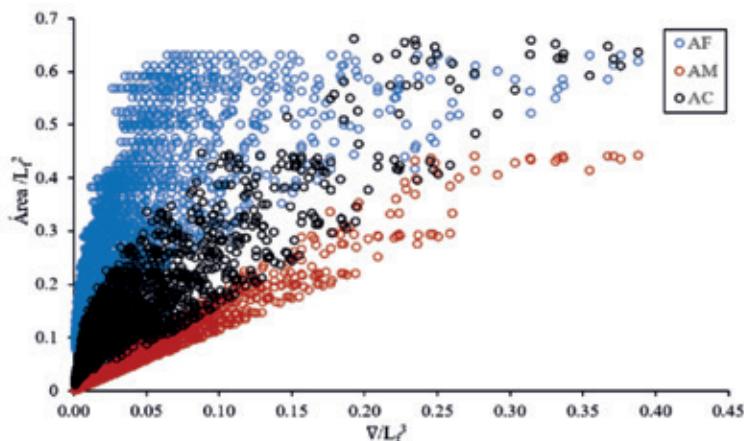


Figura 4.3. Representación de la base de datos generada.

comportamiento en la mar de cada barco a diferentes velocidades. Para asegurar una generalización efectiva de las RNAs, los autores aseguran que es más crucial aumentar el número de barcos base en comparación con el número de variaciones paramétricas. La Figura 4.3 presenta una relación adimensional entre el área de flotación (AF), la sección de media (AM) y el área de crujía (AC) con el volumen de los buques estudiados.

La Tabla 4.1 proporciona los rangos de valores para la frecuencia de onda (ω_0), la velocidad de avance (número de Froude, Fn) y la dirección de la ola (β), donde (β) representa el ángulo resultante entre la dirección del barco y la dirección de las olas. El problema de difracción-radiación se resuelve bajo todas las combinaciones posibles para cada barco en la base de datos. La combinación de parámetros en la Tabla 2 resulta en un total de 1.365 frecuencias de encuentro (ω_e), Ec. (4.1), donde (ω_0) es la frecuencia de onda, (β) es la dirección, (V) es la velocidad de avance y (g) es la aceleración de la gravedad. Para esta combinación se obtienen los valores de las matrices de masa añadida y amortiguamiento, así como las cargas de excitación. Con 6.000 barcos diferentes en la base de datos, esto corresponde a un total de $8,19 \times 10^6$ puntos de cálculo. Las variaciones

gulo resultante entre la dirección del barco y la dirección de las olas. El problema de difracción-radiación se resuelve bajo todas las combinaciones posibles para cada barco en la base de datos. La combinación de parámetros en la Tabla 2 resulta en un total de 1.365 frecuencias de encuentro (ω_e), Ec. (4.1), donde (ω_0) es la frecuencia de onda, (β) es la dirección, (V) es la velocidad de avance y (g) es la aceleración de la gravedad. Para esta combinación se obtienen los valores de las matrices de masa añadida y amortiguamiento, así como las cargas de excitación. Con 6.000 barcos diferentes en la base de datos, esto corresponde a un total de $8,19 \times 10^6$ puntos de cálculo. Las variaciones

$$\omega_e = \omega_0 \left[1 - \cos \cos(\beta) \left(\frac{\omega_0 V}{g} \right) \right], \quad (4.1)$$

Tabla 2. Rangos de parámetros para resolver el problema de difracción-radiación

Variable	Unidades	N steps	Rango
Longitud de ola (λ_0/L_f)	-	14	$[0,05 < \lambda_0/L_f < 2,2]$
Dirección (β)	rad	12	$[0 < \beta < \pi]$
velocidad (Fn)	-	7	$[0,025 < Fn < 0,3]$

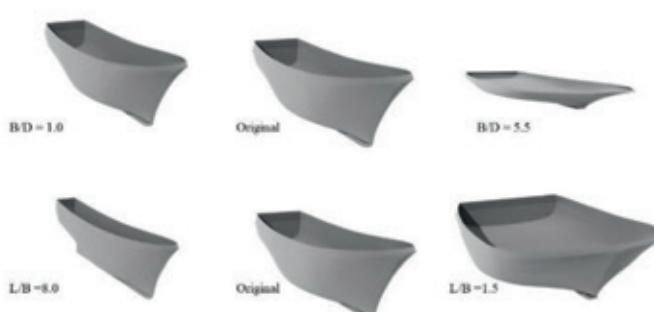


Figura 4.4. Variación paramétrica extrema de una geometría de barco.

paramétricas de las dimensiones principales se aplican directamente a la malla generada para las geometrías base. La Figura 4.4 muestra la geometría original y dos variaciones paramétricas extremas para una geometría específica. Todos los barcos base se escalan a longitud unitaria para trabajar con dimensiones adimensionales, lo que facilita la detección de valores atípicos y el procesamiento del conjunto de datos.

5. Preprocesado de la base de datos

Uno de los principales objetivos de SPRAI es que se pueda utilizar en las primeras etapas del diseño de buques. En esta etapa, la información conocida sobre la geometría del barco suele ser: eslora, manga, calado y coeficientes de forma del casco. Además, se sabe que el comportamiento en la mar está directamente influenciado por las características de las olas y la geometría del casco [15,21,22]. SPRAI tiene como objetivo predecir los valores de las cargas de radiación de ola (matrices de masa añadida y amortiguamiento) así como el vector de difracción de ola y cargas de Froude-Krylov. A continuación, se describe el proceso seguido para la generación del conjunto de datos. Los conjuntos de datos consisten en las entradas a la RNA y los objetivos (t_i) a predecir. Las entradas siempre serán un conjunto de coeficientes de forma del casco adimensionales, el número de Froude, la frecuencia de

la ola y la dirección de la ola. Las dependencias de los objetivos pueden describirse como,

$$t_i = f \left(\frac{B_f}{L_f}, \frac{D}{L_f}, C_B, C_F, C_M, C_C, \frac{X_B}{L_f}, \frac{Z_B}{D}, \omega_0, \beta, Fn \right), \quad (5.1)$$

donde (L_f) es la eslora de flotación, (B_f) es la manga, (D) es el calado, (C_B) es el coeficiente de bloque, (C_f) es el coeficiente de la flotación, (C_M) es el coeficiente de la maestra, (C_C) es el coeficiente de crujía, (X_B) y (Z_B) son la posición longitudinal y vertical del centro de carena respectivamente. Los objetivos son los valores no nulos de las matrices de masa añadida y amortiguamiento, y las cargas y

Table 5.1. Normalización de los targets.

Wave excitation loads: $[f_\alpha^*], [m_\alpha^*]$	Force:	$f_\alpha^* = \frac{f_\alpha}{\Delta \xi \omega_{ref}^2}, \alpha = x, y, z$
	Moment:	$m_\alpha^* = \frac{m_\alpha}{I_{\alpha\alpha} \xi \omega_{ref}^2 k}, \alpha = x, y, z$
Added mass $[a_{ij}^*]$	$i = 1, 2, 3$	$a_{ij}^* = \frac{a_{ij}}{\Delta} k_{ref}^{n_{ij}}$
	$i = 4, 5, 6$	$a_{ij}^* = \frac{a_{ij}}{I_{\alpha\alpha} k_{ref}^{n_{ij}}} \quad \{i = 4: \alpha = x \ i = 5: \alpha = y \ i = 6: \alpha = z\}$
Damping $[b_{ij}^*]$	$i = 1, 2, 3$	$b_{ij}^* = \frac{b_{ij}}{\Delta} k_{ref}^{n_{ij}}$
	$i = 4, 5, 6$	$b_{ij}^* = \frac{b_{ij}}{I_{\alpha\alpha} k_{ref}^{n_{ij}} \omega_e} \quad \{i = 4: \alpha = x \ i = 5: \alpha = y \ i = 6: \alpha = z\}$
Exponent n_{ij}	$i = 1, 2, 3$	$n_{i,j} = \{0 \ j = 1, 2, 3 \ 1 \ j = 4, 5, 6\}$
	$i = 4, 5, 6$	$n_{i,j} = \{1 \ j = 1, 2, 3 \ 0 \ j = 4, 5, 6\}$
Ship principal inertias $I_{\alpha\alpha}$ (estimate)		$I_{xx} \sim \Delta \left(\frac{B_{wl}}{4} \right)^2$
		$I_{yy} \sim \Delta \left(\frac{L_{wl}}{4} \right)^2$
		$I_{zz} \sim \Delta \left(0.3 \sqrt{L_{wl}^2 + B_{wl}^2} \right)^2$
Reference wave number		$k_{ref} = \frac{2\pi}{L_{wl}}$
Reference wave frequency		$\omega_{ref} = \sqrt{g \frac{2\pi}{L_{wl}}}$

$$\begin{pmatrix} a_{11} & 0 & a_{13} & 0 & a_{15} & 0 \\ 0 & a_{22} & 0 & a_{24} & 0 & a_{26} \\ a_{31} & 0 & a_{33} & 0 & a_{35} & 0 \\ 0 & a_{42} & 0 & a_{44} & 0 & a_{46} \\ a_{51} & 0 & a_{53} & 0 & a_{55} & 0 \\ 0 & a_{62} & 0 & a_{64} & 0 & a_{66} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b_{11} & 0 & b_{13} & 0 & b_{15} & 0 \\ 0 & b_{22} & 0 & b_{24} & 0 & b_{26} \\ b_{31} & 0 & b_{33} & 0 & b_{35} & 0 \\ 0 & b_{42} & 0 & b_{44} & 0 & b_{46} \\ b_{51} & 0 & b_{53} & 0 & b_{55} & 0 \\ 0 & b_{62} & 0 & b_{64} & 0 & b_{66} \end{pmatrix}$$

Figura 5.1. Izquierda: matriz de masa añadida. Derecha: matriz de amortiguación. Términos en azul: no afectados por la velocidad de avance. Términos en rojo: afectados por la velocidad de avance. [35]

fases de excitación. Cada punto objetivo de los conjuntos de datos se normaliza como se indica en la Tabla 5.1 para tener en cuenta su influencia en el movimiento del barco.

5.1. Generación de los datasets de masa añadida y amortiguamiento

Cuando un barco navega a velocidad de avance, algunos términos de las matrices de masa añadida y amortiguamiento se ven afectados, mientras que otros no [23]. Los términos relacionados con los grados de libertad de cabeceo y guiñada son influenciados por la frecuencia de encuentro y la velocidad. Esta influencia fue aproximada en [23] mediante expresiones analíticas. Los términos afectados y no afectados por la velocidad de avance se muestran en la Figura 5.1.

Se desarrollan RNA para diferentes términos de las matrices de masa añadida y amortiguamiento, dependiendo de si están afectados por la velocidad de avance o no. Para los términos no afectados por la velocidad de avance, las frecuencias de encuentro varían entre $\omega_e = 1$ rad/s y $\omega_e = 47,1$ rad/s y se discretizan usando 31 frecuencias. Para aquellos términos afectados por la velocidad de avance, las frecuencias encontradas se discretizan usando 15 frecuencias para cada una de las siete velocidades.

Se genera un conjunto de datos para todos los términos de masa añadida que no se ven afectados por la velocidad de avance, y un conjunto para cada uno de los términos que si que se ven afectados por la velocidad. Este

mismo criterio se aplica al amortiguamiento, resultando en un total de 11 conjuntos tanto para masa añadida como amortiguamiento.

5.2. Generación de los datasets de las fuerzas de excitación

Las cargas de excitación (F) resultan de la combinación de las fuerzas de Froude Krylov (F_{FK}) y las fuerzas de difracción (F_{dif}). Es importante predecir no solo el módulo de la fuerza, sino también el desfase con respecto a la ola incidente. Para considerar el desfase, los objetivos se separan en las componentes seno y coseno (Ecs. (5.2) y (5.3)), donde (θ) y (ϕ) son los desfases de las fuerzas de Froude-Krylov y difracción respectivamente.

$$F_S = F_{FK} \sin \sin \theta + F_{dif} \sin \sin \phi \quad (5.2)$$

$$F_C = F_{FK} \cos \cos \theta + F_{dif} \cos \cos \phi \quad (5.3)$$

Diferentes olas incidentes con diferentes frecuencias de ola pueden resultar en una frecuencia de encuentro de ola similar. Esto implica que para la misma frecuencia de encuentro se pueden obtener resultados diferentes. Dado que se espera que la RNA obtenga un único resultado para un conjunto específico de entradas, esta dualidad debe evitarse. Para hacerlo, el espacio de dirección de las olas se ha dividido en 7 direcciones (cada 30°) de 0° a 180° . Para evitar la dualidad antes mencionada, el espacio de dirección de las olas se divide en tres conjuntos de direcciones: $[0,30,60]$, $[90]$, $[120,150,180]$. Se generan dos conjuntos de

datos diferentes para los componentes coseno y seno. Las entradas para ambos conjuntos de datos incluyen las características geométricas del casco, la frecuencia de la ola y el número de Froude. Las salidas son la magnitud del componente de carga (seno o coseno) para diferentes ángulos de incidencia de la ola.

6. Entrenamiento

Esta sección describe el proceso de entrenamiento y la selección de la mejor arquitectura de las Redes Neuronales Artificiales que componen SPRAI. La mejor RNA es aquella que minimiza el error de predicción personalizado definido en [15]. Se ha utilizado la arquitectura del Perceptrón Multicapa (MLP) [20,24]. En cuanto a los conjuntos de datos, se dividen en un 70% para entrenamiento, un 15% para validación y el 15% restante para pruebas. TensorFlow 2.1.0 [25] se utilizó en el proceso de entrenamiento de las RNAs junto con las librerías de aceleración de GPU de Nvidia [26]. Las arquitecturas de GPU se han utilizado para acelerar el proceso de entrenamiento, logrando tiempos de entrenamiento hasta 10 veces más rápidos en comparación con las arquitecturas de CPU [20,27]. Para obtener una arquitectura óptima de RNA, se entrena y validan un gran número de RNAs con diferentes parámetros e hiperparámetros. La Tabla 6.1 muestra los hiperparámetros utilizados para generar las RNAs. El error absoluto medio (MAE) se utiliza como métrica y función de pérdida durante el entrenamiento, utilizado previamente en [26,28–30]. Además, los pesos se inicializan utilizando una distribución gaussiana con la función uniforme de Glorot [31].

Para entrenar las RNAs, se utiliza el callback Model Checkpoint de la biblioteca TensorFlow Keras (keras.io). Este permite guardar los pesos del modelo en cada época. Además, se puede configurar para guardar solo

los mejores pesos basados en una métrica específica, como la pérdida mínima. Esto asegura que se retengan los mejores resultados obtenidos durante el entrenamiento.

Tabla 6.1. Variación paramétrica de los hiperparámetros de la arquitectura de las RNAs.

Hiperparámetros	Variación
Número de capas ocultas	1-2-3-4
Número de neuronas por capa	30-40-50
Algoritmo de optimización	Adam [32]
	RMSprop [33]
Función de activación	Sigmoid [34]
	ReLU [35,36]
Número máximo de epoch	300

Se lleva a cabo un proceso de competición aplicando diferentes números de capas, neuronas, diversas funciones de activación y algoritmos de optimización (ver Tabla 6.1). La mejor combinación se obtiene minimizando el MAE en el conjunto de prueba.

El número de capas y neuronas, en la mayoría de los casos, 4 capas ocultas combinadas con 30 o 40 neuronas son suficientes. No siempre es ventajoso aumentar el número de capas o neuronas, ya que existe el riesgo de sobreajuste.

La Figura 6.1 y la Figura 6.2 muestran ejemplos de las curvas de aprendizaje para el entrenamiento de las RNAs para la predicción de fuerzas de arrafo y de amortiguación, que representan la evolución de la métrica de pérdida (MAE) a medida que la red neuronal se entrena en diferentes epoch. Se puede observar que el error de validación alcanza un punto más allá del cual ya no mejora (el círculo rojo indica el epoch guardado).

Por un lado, en el caso de la curva de aprendizaje de la fuerza de arrafo, ver Figura 6.1, se puede notar que la RNA está ligeramente sobreajustada, ya que la curva de validación está por debajo de la curva de entrena-

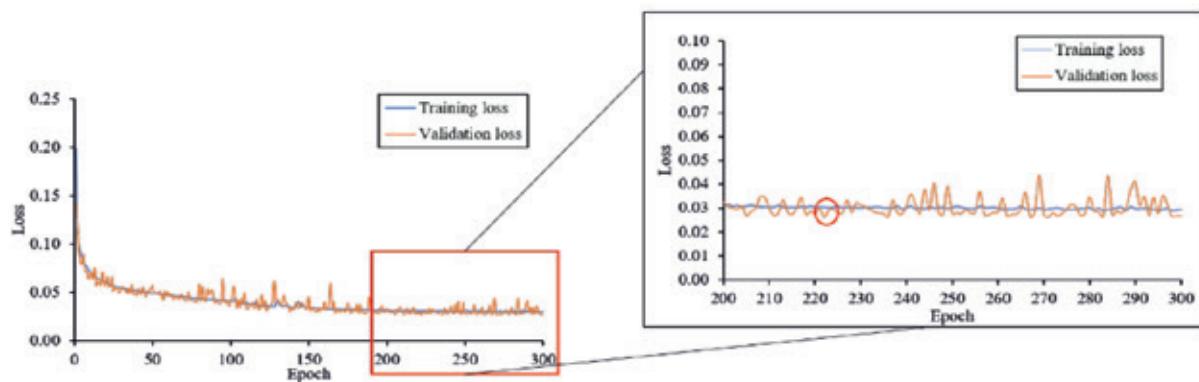


Figure 6.1. Curva de entrenamiento para la fase coseno de la fuerza de arfada.

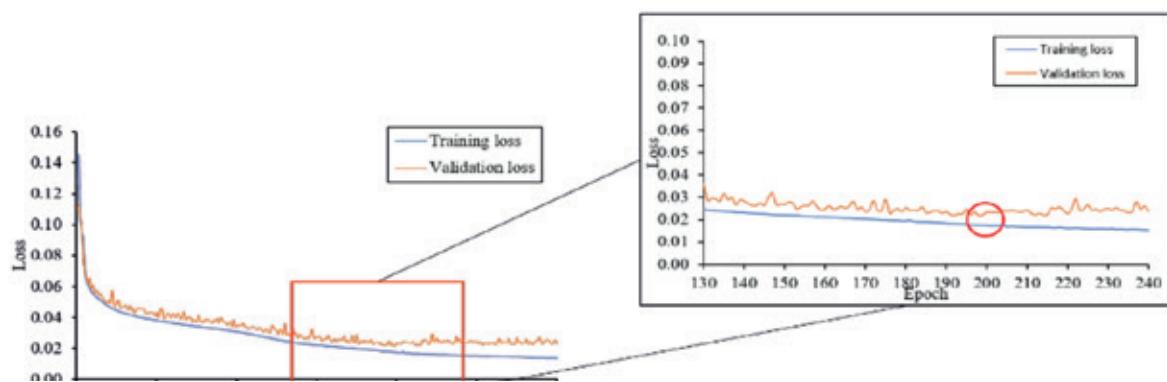


Figure 6.2. Curva de entrenamiento para el amortiguamiento

miento. Sin embargo, la diferencia de error es insignificante y, por lo tanto, se puede considerar que la RNA ha sido entrenada correctamente. Por otro lado, la curva de aprendizaje de amortiguación de elevación, ver Figura 6.2, se puede decir que está sobreajustada, ya que el error de validación comienza a aumentar después de cierto epoch. Sin embargo, la RNA resultante del proceso de entrenamiento no tiene este sobreajuste, los valores de los pesos y sesgos de estos epoch no se guardan.

7. Evaluación de las RNAs

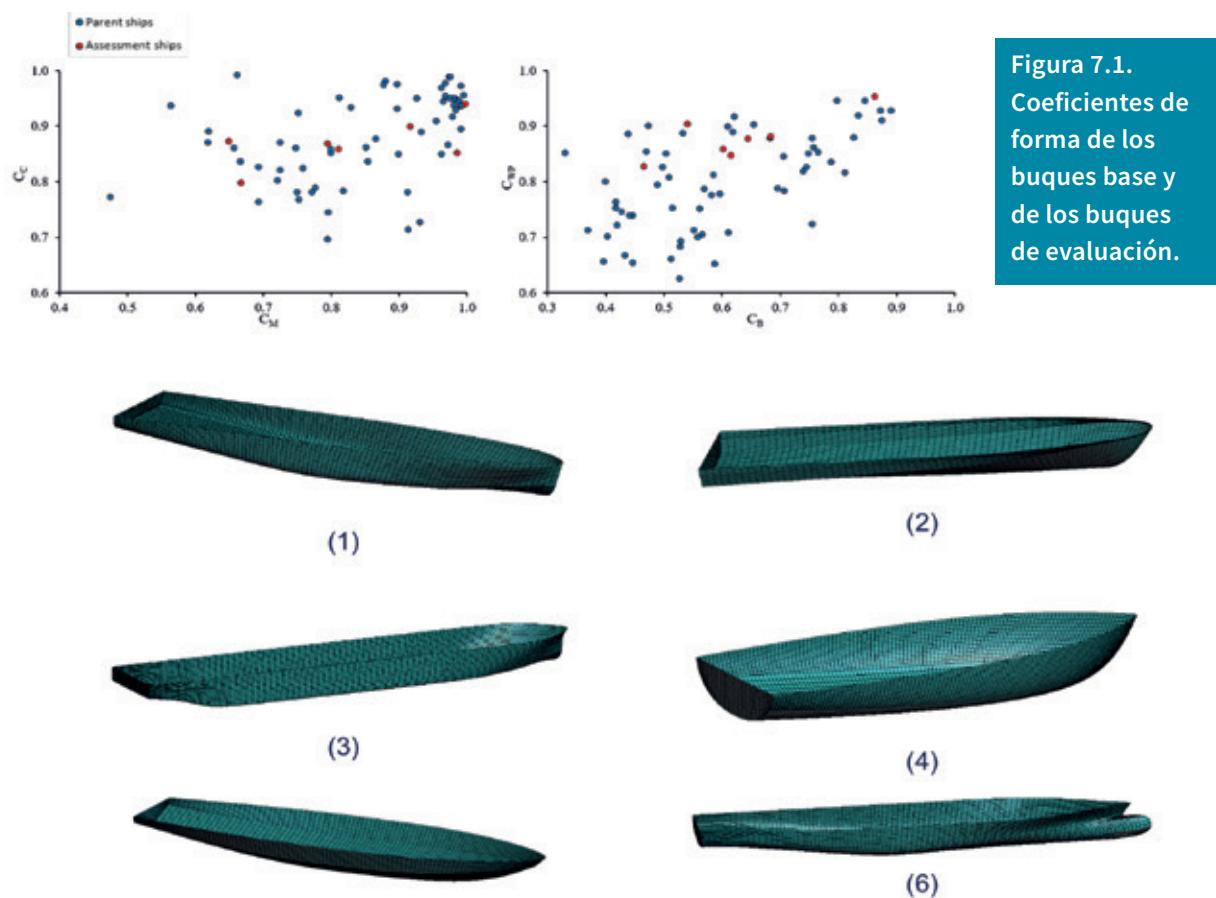
Para demostrar la validez de la herramienta desarrollada, se calculan varios casos de evaluación y se comparan con los resultados obtenidos de un código BEM. La evaluación se realiza con geometrías diferentes a las de los barcos base.

La Figura 7.1 compara los factores de forma de los barcos base (puntos negros) y los casos de evaluación (cruz roja). La Tabla 7.1 muestra los parámetros geométricos del barco y la Figura 7.2 muestra las vistas 3D de la malla BEM para los casos de evaluación. Las inercias principales del barco se estiman utilizando la formulación propuesta en la Tabla 5.1.

Las Figuras A.1-A.6 en el apéndice A comparan las RAOs obtenidas mediante el BEM y la herramienta SPRAI para los barcos de evaluación. Se comparan las RAOs para los movimientos de arfada, balance y cabeceo en tres direcciones de ola y con dos números de Froude (0,05 y 0,2). Los resultados de SPRAI están representados con cruces y los de BEM con círculos. Se observan pequeñas diferencias entre los resultados de RNA y BEM.

Tabla 7.1. Parámetros de los cascos de evaluación.

Buques de evaluación	$\frac{B_f}{L_f}$	$\frac{D}{L_f}$	C_B	C_{WP}	C_M	C_P	$\frac{X_B}{L_f}$	$\frac{Z_B}{D}$
1	0,299	0,083	0,683	0,881	0,986	0,693	-0,023	-0,426
2	0,265	0,090	0,540	0,903	0,650	0,832	-0,057	-0,341
3	0,162	0,066	0,862	0,953	0,998	0,864	-0,016	-0,474
4	0,355	0,137	0,615	0,847	0,812	0,758	-0,049	-0,398
5	0,370	0,096	0,466	0,827	0,667	0,699	-0,023	-0,330
6	0,179	0,089	0,645	0,877	0,917	0,704	-0,019	-0,408



El ajuste de una curva de RNA a una curva de BEM se mide mediante la función de error personalizada, llamada error relativo normalizado medio (MNRE) definido de la siguiente manera [15],

$$NRE_i = \frac{|t_i^* - p_i^*|}{\max(1, |t_i^*|)} \quad (7.1)$$

$$MNRE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n NRE_i^2}{n}} \quad (7.2)$$

siendo NRE_i el error normalizado en un punto i , t_i^* el objetivo adimensional, p_i^* la predicción adimensional y n el número de puntos de la curva. La Tabla B.1 presentan el error relativo normalizado medio correspondiente

a la predicción de RAOs para los seis casos de evaluación, seis grados de libertad, siete velocidades y siete direcciones de onda. Las mayores diferencias en los valores de MNRE se observan para las velocidades más altas (por encima de 0,2 del número de Froude) y para las olas de seguimiento (que varían entre 0 y 90 grados).

7.1. Discusión de resultados

Puede deducirse del Apéndice A que las RNAs predicen bien en todos los rangos de frecuencias de onda con velocidades de avance. las diferencias entre las inferencias de las RNAs y los resultados de BEM pueden ser más significativas suelen ser causadas por puntos atípicos en las predicciones de las RNAs, resultados de BEM o se producen en frecuencias de ola bajas. En general, las diferencias entre las predicciones de las RNAs y los resultados de BEM son muy pequeñas, típicamente por debajo del 1% del MNRE.

Se puede notar que, para ciertos movimientos, típicamente de largada y balance, las RNAs tienden a obtener errores más grandes a medida que aumenta el número de Froude del barco. Por el contrario, para el quinto caso de evaluación, se encuentran diferencias más grandes para olas de proa y velocidades más altas en movimientos de cabeceo y balance. Las RNAs muestran un buen rendimiento para una amplia gama de barcos monocasco de evaluación y velocidades. Se puede concluir que las RNA generalizan adecuadamente y proporcionan estimaciones de las cargas hidrodinámicas de navegabilidad tan precisas como las del código BEM utilizado para el entrenamiento.

La aceleración computacional es una de las principales ventajas de usar las RNA. La Tabla 10 compara el tiempo computacional requerido por RNA y BEM. Como se puede mostrar, la aceleración lograda es más de 3.750 veces.

8. Conclusiones

Este estudio demuestra la idoneidad de la herramienta SPRAI para predecir las curvas RAO en las fases iniciales del diseño de buques monocasco convencionales que operan dentro del rango de número de Froude de 0,025 a 0,30. Se ha generado una base de datos amplia, completa y generalizada para desarrollar modelos precisos de RNAs. La base de datos de los barcos se construyó utilizando un conjunto principal de 60 barcos parentales, que se amplió a 6.000 barcos mediante técnicas de aumento de datos. Los coeficientes hidrodinámicos se obtuvieron utilizando un solucionador BEM para generar los conjuntos de datos de entrenamiento.

Uno de los logros principales de este trabajo es que la herramienta desarrollada únicamente requiere las dimensiones principales y los coeficientes de forma del barco, sin necesidad de conocer la geometría exacta del casco. Esta ventaja permite estimar el comportamiento en la mar durante las etapas iniciales del diseño del barco.

Los coeficientes hidrodinámicos se tradujeron al centro de carena y se normalizaron, lo que ayuda a identificar los coeficientes relevantes. Se generaron y entrenaron cientos de miles de RNAs con una gran cantidad de combinaciones de hiperparámetros para identificar la mejor para cada característica. SPRAI muestra una precisión similar a la de los códigos BEM, logrando una desviación promedio de menos del 5% en MNRE para los seis barcos evaluados.

Las principales conclusiones de esta investigación son:

- Las RNAs pueden calcular con pequeñas diferencias en comparación con las soluciones BEM clásicas.

- Las RNAs permiten considerar el comportamiento en la mar durante el diseño temprano de buques.
- El bajo tiempo computacional permite:
 - o Ahorrar tiempo de ingeniería durante el proceso de diseño.
 - o Realizar análisis de optimización, evaluando el rendimiento de navegabilidad para una gran cantidad de coeficientes de forma del casco.

9. Nota

Este trabajo se basa en el siguiente artículo publicado:

- Romero-Tello, P. Gutiérrez-Romero. J.E., Serván-Camas, B. (2023). Development of Artificial Neural Networks to predict the Response Amplitude Operators for seakeeping of ships navigating at forward speed. *Applied Ocean Research*. (En revisión).

10. Referencias

- [1] L. Huang, B. Pena, Y. Liu, E. Anderlini, Machine learning in sustainable ship design and operation: A review, *Ocean Engineering*. 266 (2022) 112907. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.112907>.
- [2] S. Ekinci, U.B. Celebi, M. Bal, M.F. Amasyali, U.K. Boyaci, Predictions of oil/chemical tanker main design parameters using computational intelligence techniques, *Appl Soft Comput*. 11 (2011) 2356–2366. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.asoc.2010.08.015>.
- [3] D. Majnarić, S. Baressi Šegota, I. Lorencin, Z. Car, Prediction of main particulars of container ships using artificial intelligence algorithms, *Ocean Engineering*. 265 (2022) 112571. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.112571>.
- [4] Y. Ao, Y. Li, J. Gong, S. Li, An artificial intelligence-aided design (AIAD) of ship hull structures, *Journal of Ocean Engineering and Science*. 8 (2023) 15–32. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.joes.2021.11.003>.
- [5] L. Liu, Y. Yang, T. Peng, Machine learning prediction of 6-DOF motions of KVLCC2 ship based on RC model, *Journal of Ocean Engineering and Science*. (2022). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.joes.2022.08.004>.
- [6] H.R. Taghva, H. Ghassemi, H. Nowruzi, Seakeeping Performance Estimation of the Container Ship under Irregular Wave Condition Using Artificial Neural Network, *American Journal of Civil Engineering and Architecture*. 6 (2018) 147–153. <https://doi.org/10.12691/ajcea-6-4-3>.
- [7] Y. Yang, T. Peng, S. Liao, Predicting 3-DoF motions of a moored barge by machine learning, *Journal of Ocean Engineering and Science*. (2022). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.joes.2022.08.001>.
- [8] S. Liu, A. Papanikolaou, Improvement of the prediction of the added resistance in waves of ships with extreme main dimensional ratios through numerical experiments, *Ocean Engineering*. 273 (2023) 113963. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.113963>.
- [9] S. Liu, A. Papanikolaou, Regression analysis of experimental data for added resistance in waves of arbitrary heading and development of a semi-empirical formula, *Ocean Engineering*. 206 (2020) 107357. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107357>.
- [10] T. Cepowski, The use of a set of artificial neural networks to predict added resistance in head waves at the parametric ship design stage, *Ocean Engineering*. 281 (2023) 114744. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.114744>.
- [11] T. Cepowski, The prediction of ship added resistance at the preliminary design stage by the use of an artificial neural network, *Ocean Engineering*. 195 (2020) 106657. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.106657>.
- [12] T. Cepowski, On the modeling of car passenger ferryship design parameters with respect to selected sea-keeping qualities and additional resistance in waves, *Polish Maritime Research - POL MARIT RES*. 16 (2009) 3–10. <https://doi.org/10.2478/v10012-008-0026-4>.
- [13] T. Cepowski, Determination of optimum hull form for passenger car ferry with regard to its sea-keeping qualities and additional resistance in waves, in: 2008. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:13755024>.
- [14] P. Theodoropoulos, C.C. Spandonidis, S. Fassois, Use of Convolutional Neural Networks for vessel performance optimization and safety enhancement, *Ocean Engineering*. 248 (2022) 110771. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.110771>.
- [15] P. Romero-Tello, J.E. Gutiérrez-Romero, B. Serván-Camas, Prediction of seakeeping in the early stage of conventional monohull vessels design using artificial neural network, *Journal of Ocean Engineering and Science*. (2022). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.joes.2022.06.033>.
- [16] C. Shorten, T.M. Khoshgoftaar, A survey on Image Data Augmentation for Deep Learning, *J Big Data*. 6 (2019). <https://doi.org/10.1186/s40537-019-0197-0>.
- [17] CompassIS. SeaFEM Theory Manual, 2021. Retrieved from: <https://www.compassis.com>, (n.d.).
- [18] G. Delhommeau, Seakeeping codes aquadyn and aquaplus, 19th WEGMENT School, Numerical Simulation of Hydrodynamics: Ship and Offshore Structures. (1993).

- [19] I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville, Deep learning, MIT press, 2016.
- [20] F. Chollet, Deep learning with Python, Simon and Schuster, 2021.
- [21] O. Faltinsen, Sea loads on ships and offshore structures, Cambridge university press, 1993.
- [22] A. Lloyd, Seakeeping: ship behaviour in rough weather, Admiralty Research Establishment, Haslar, Gosport, Publisher Ellis Horwood Ltd, John Wiley & Sons, ISBN: 0 7458 0230 3. (1989).
- [23] A. Guha, J. Falzarano, Estimation of hydrodynamic forces and motion of ships with steady forward speed, International Shipbuilding Progress. 62 (2015). <https://doi.org/10.3233/ISP-150118>.
- [24] S. Haykin, Neural networks: a comprehensive foundation, Prentice Hall PTR, 1998.
- [25] M. Abadi, A. Agarwal, P. Barham, E. Brevdo, Z. Chen, C. Citro, G.S. Corrado, A. Davis, J. Dean, M. Devin, others, Tensorflow: Large-scale machine learning on heterogeneous distributed systems, ArXiv Preprint ArXiv:1603.04467. (2016).
- [26] C.J. Willmott, K. Matsuura, Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance, Clim Res. 30 (2005) 79 – 82. <https://doi.org/10.3354/cr030079>.
- [27] E. Buber, B. Diri, Performance Analysis and CPU vs GPU Comparison for Deep Learning, in: 2018: pp. 1–6. <https://doi.org/10.1109/CEIT.2018.8751930>.
- [28] T. Chai, R.R. Draxler, Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? -Arguments against avoiding RMSE in the literature, Geosci Model Dev. 7 (2014) 1247 – 1250. <https://doi.org/10.5194/gmd-7-1247-2014>.
- [29] H. Borchani, G. Varando, C. Bielza, P. Larrañaga, A survey on multi-output regression, Wiley Interdiscip Rev Data Min Knowl Discov. 5 (2015) 216 – 233. <https://doi.org/10.1002/widm.1157>.
- [30] C.J. Willmott, S.G. Ackleson, R.E. Davis, J.J. Fedde-ma, K.M. Klink, D.R. Legates, J. O'Donnell, C.M. Rowe, Statistics for the evaluation and comparison of models, J Geophys Res Oceans. 90 (1985) 8995–9005. <https://doi.org/https://doi.org/10.1029/JC090iC05p08995>.
- [31] X. Glorot, Y. Bengio, Understanding the difficulty of training deep feedforward neural networks, in: Y.W. Teh, M. Titterington (Eds.), Proceedings of the Thirteenth International Conference on Artificial Intelligence and Statistics, PMLR, Chia Laguna Resort, Sardinia, Italy, 2010: pp. 249–256. <https://proceedings.mlr.press/v9/glorot10a.html>.
- [32] D.P. Kingma, J. Ba, Adam: A method for stochastic optimization, ArXiv Preprint ArXiv:1412.6980. (2014).
- [33] M.C. Mukkamala, M. Hein, Variants of rmsprop and adagrad with logarithmic regret bounds, in: International Conference on Machine Learning, PMLR, 2017: pp. 2545–2553.
- [34] S. Narayan, The Generalized Sigmoid Activation Function: Competitive Supervised Learning, Inf Sci (N Y). 99 (1997) 69 – 82. [https://doi.org/10.1016/S0020-0255\(96\)00200-9](https://doi.org/10.1016/S0020-0255(96)00200-9).
- [35] K. Fukushima, Neocognitron: A self-organizing neural network model for a mechanism of pattern recognition unaffected by shift in position, Biol Cybern. 36 (1980) 193–202. <https://doi.org/10.1007/BF00344251>.
- [36] V. Nair, G.E. Hinton, Rectified linear units improve Restricted Boltzmann machines, in: ICML 2010 - Proceedings, 27th International Conference on Machine Learning, 2010: pp. 807 – 814.



Celebración de los actos institucionales del Carmen 2024

Acto institucional del Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos

El pasado viernes 5 de julio tuvieron lugar los actos de celebración por nuestra patrona la Virgen del Carmen. Los actos comenzaron en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales de Madrid, con la celebración de una misa en la que se recordó a nuestros compañeros fallecidos. Una vez trasladados al salón de actos de la Escuela, se dio paso al acto institucional presidido por: Antonio Crucelaegui Corvinos, director de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales; Rodrigo Pérez Fernández, decano territorial en Madrid; 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 Javier Molina Grialba, director de Gestión del Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos y de la Asociación de Ingenieros Navales y Oceánicos de España.



Javier Molina; Diego Fernández; Pilar Tejo; Antonio Crucelaegui; y Rodrigo Pérez.

Entrega de medallas del 50 aniversario

Se entregaron medallas conmemorativas a los compañeros de la promoción del año 1974:

Promoción 74:

Se entrega medalla a:

José Daniel Beaz Paleo
Ángel de las Cuevas Miaja
Valeriano Díaz-Maroto Maqueda
Miguel Enrique Jiménez González
Fernando Llopis Torija-Gasco
José Ramón López Díaz-Delgado
Javier Martínez Sarandeses
José Redondo Ramírez
Juan Carlos Sánchez Álvarez
Juan Luis Tejedor Ventosa
Jaime Vega de Seoane Azpilicueta

No han podido asistir:

Luis López Palancar
Francisco Zamora González
Juan Méndez Martínez
José Cardín Zaldívar
Alberto Ruiz Montero
Miguel Molinos López
José Molinero Gutiérrez
José María Herranz Tardón
Joaquín de la Rica Eguia
Luis Alejandro Pano Caja
José Luis Sánchez García
Luis Rodríguez-Bustelo Rosario
Fernando Álvarez Tobar
Jesús Antonio Vecino Ordóñez
Juan José Serrano González
Antonio Rivas Ramis
Fernando Mico Pérez de Diego

Tampoco han podido acompañarnos los familiares de nuestros compañeros fallecidos:

Luis Sobredo Galanes
Salvador Viniegra López

Carmelo Enciso Fernández
Ángel de Sena Hernandorena
Luis Gonzalo Barrera Sanz

En representación de los homenajeados de la promoción del 74 tomó la palabra Miguel Jiménez González:

“Buenas tardes,

Mi más afectuoso y emocionado saludo a los componentes de la mesa presidencial, (nuestra decana del colegio, presidente de la asociación, director de gestión, director de la escuela y director del colegio en Madrid), a los colegiados de honor, a los ingenieros navales colegiados que cumplimos cincuenta y veinticinco años de profesión, a todos los compañeros aquí presentes y a nuestros familiares y amigos invitados a este acto institucional, que anualmente organiza el colegio oficial de ingenieros navales y oceánicos, en honor de nuestra patrona la Virgen del Carmen.

Nada más entrar en el salón de actos de la escuela, al terminar la santa misa, se percibe en el ambiente que hemos venido a este entrañable encuentro con una actitud positiva y ganas de disfrutar y compartir nuestras emociones y nuestras alegrías. Antes de seguir en el uso de la palabra, quisiera agradecer la generosidad de mis compañeros al designarme a mí, Miguel Jiménez, portavoz de nuestra promoción de 1974, en la celebración del cincuenta aniversario de ejercicio de la profesión.

Me pongo manos a la obra con gran ilusión. Quisiera comenzar agradeciendo al colegio oficial de ingenieros navales y oceánicos y en particular, a su decana Pilar Tejo y a sus colaboradores, por la atención y profesionalidad prestadas, para que no falte detalle, en el pro-

tocolo y organización de este acto académico, que incluye el reconocimiento y entrega de medallas conmemorativas del cincuenta aniversario de profesión a los que integramos nuestra promoción de 1974. Esta efeméride nos hace soñar despiertos y recordar con emoción el día que nos hicimos ingenieros navales y otras vivencias familiares y profesionales de los últimos cincuenta años.

En este acto, el colegio también distingue a los compañeros con veinticinco años de profesión y nombra a tres nuevos colegiados de honor. A todos le damos nuestra enhorabuena. Seguro que en el resto de la jornada de hoy, de forma espontánea, compartiremos emociones y gestos de amor a la profesión, sentimientos que refuerzan el orgullo de ser ingeniero naval y fortalecen el espíritu de cuerpo que nos distingue. Por todo lo anterior, nos ha parecido muy oportuno celebrar este encuentro institucional en la escuela técnica superior de ingenieros navales y oceánicos, que fue el primer punto de encuentro, el lugar de acogimiento y de referencia de todos los que somos ingenieros navales y allí dejamos nuestros recuerdos y vivencias. Desde nuestra promoción, quisiéramos expresar públicamente nuestro agradecimiento a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales y Oceánicos y en su nombre a su director, Antonio Crucelaegui, por las enseñanzas y valores que nos ha proporcionado nuestro

paso por la escuela, en las aulas y fuera de ellas, fomentando la convivencia mientras esperábamos la llegada del profesor o en el bar de Josefina reponiendo fuerzas o charlando con Felipe el ordenanza o con su jefe Chicote, o estudiando en la biblioteca.

Volviendo la vista atrás, permitidme que haga un breve recorrido cronológico de nuestro paso por la escuela desde que, con diecisiete o dieciocho años y con brillantes expedientes académicos, nos fuimos incorporando en ella. En aquella etapa de primero y de segundo curso, apenas nos relacionábamos porque estábamos concentrados en el estudio para salvar los primeros obstáculos, aprobar todas las asignaturas y cuanto antes, la física de segundo del profesor mora, que era por aquel entonces la espada de Damocles. Al llegar a tercero y hasta que terminamos la carrera, con solo treinta y tantos alumnos en clase, mejoró la comunicación entre los alumnos y el intercambio de conocimientos entre alumnos y profesores, se fue generando un mayor acercamiento que propicio el nacimiento de vínculos afectivos con nuestros compañeros que nos dejaron huella y con el paso del tiempo, se han ido fortaleciendo cada día más. Después de este largo camino y muchos años esperando que llegara este momento, solo doce compañeros hemos acudido a la cita del colegio. Para todos nosotros es un gran honor, que agradecemos de corazón al colegio,



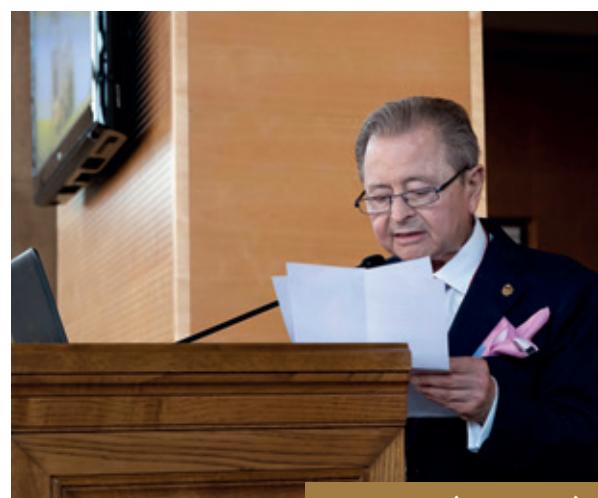
recibir la medalla del cincuenta aniversario y le damos gracias a dios por haber podido vivir este entrañable momento que guardamos para siempre en nuestros adentros. En este momento echamos de menos y recordamos con afecto a nuestros compañeros que, por distintas circunstancias, no han podido venir a recoger su medalla.

Con el mayor respeto y cariño, quisiéramos recordar a los demás compañeros que iniciaron con nosotros la andadura profesional y en poco tiempo se fueron para siempre a la corte celestial. Seguro que, con el pensamiento, están viviendo con nosotros este entrañable momento pensando que su medalla pronto les va a llegar a las marismas azules del cielo, envueltas en nuestro cariño eterno. Aunque os hablo del presente van inundando mi mente las vivencias del pasado, y se me viene a la cabeza la primera vez que entre en la escuela y visite la capilla y la biblioteca, me quede extasiado. Volviendo al acto que estamos celebrando, os confieso que, mis compañeros y yo, hemos venido a este encuentro con ilusión y entusiasmo, para recibir la medalla del cincuenta aniversario, orgullosos, con nostalgia y muy emocionados, pensando que somos como somos porque fuimos como fuimos y porque fueron como fueron. En una palabra, el presente y el pasado, personal y profesional, están ligados. Sin ninguna duda, hoy estamos recogiendo la cosecha de lo que sembramos hace años. Por fortuna, los ingenieros navales que hoy recibimos la medalla del cincuenta aniversario seguimos teniendo ilusiones, bríos y ganas de seguir caminando por la vida y haciendo realidad los sueños que nuestra mente, con el talento y la experiencia acumulada, sigue creando y a la par, como nos recomienda nuestro compañero Pepe Redondo, seguimos viviendo con el mayor entusiasmo, a tope, o como podamos en cada momento, las nuevas experiencias que, se nos van presentando, sin perder nada de tiempo porque a estas alturas de la vida

ya nos van quedando pocas habas en la capacha.

Por eso, yo os animo a los presentes a disfrutar de la cena, del baile y la buena mesa y de lo que os apetezca, para que lo vivido esta noche os deje un buen recuerdo para siempre. Voy a terminar asimilando las ideas y los recuerdos que transmiten mis palabras de agradecimiento anteriores, para no pasarme de los ocho minutos que recomienda el papa Francisco cuando se habla en público, con lo que, con imaginación expresan, en unos breves sentimientos rimados con ritmo que, pensando en vosotros, mis compañeros del alma, nacieron de mi inspiración durante una madrugada en blanco en mi cuarto los pájaros de Puente Genil y ahora os los dedico para reiteraros mi afecto y amistad. Muchos años han pasado desde que empecé a trataros y aquel tiempo, ya lejano, nos dejó como legado, recuerdos idealizados de experiencias compartidas con personas que lograron, por su estilo y su carisma, aportar sabiduría a nuestra forma de vida para seguir caminando reforzando cada día sentimientos y valores que generan ilusiones durante toda la vida y aunque pasen muchos años los seguimos recordando por eso os llevo a mi lado mis compañeros y amigos, por eso yo os quiero tanto.

Muchas gracias por vuestra atención”.



Miguel Jiménez González

Entrega de obsequios del 25 aniversario

Por segundo año, estos actos institucionales entregan su correspondiente reconocimiento a los colegiados cuya promoción cumple su vigésimo quinto aniversario, la de 1999.

Promoción 1999

Se entrega reconocimiento a:

Iván Artíme Díaz
 Fernando Henríquez Salas
 Santiago Martín García
 Carlos Pérez Blanco
 Francisco Javier Rasilla Álvarez
 Francisco José Sánchez Peláez
 Yago Suárez-Llanos Fernández
 Miguel Jesús Taboada Gosálvez
 Alfredo Valenciano Villafaina
 No han podido asistir:

Santiago García Alfaro
 Mohammed Reda Chakkor
 Francisco Javier Filgueira Rodríguez
 Elias Hidalgo Mayoral
 Antonio Jara Vera
 José Jaime Samaniego Navarro
 Fernando Losáñez Tejedor
 María del Mar de Ignacio San José
 Pablo Fariñas Alvariño
 Antonio Vilariño Albertino
 Ana Belén Bellón Miño
 Francisco Jesús Andújar Hernández
 Raimundo Tapia De Andrés
 María De Los Ángeles López Castejón

Eduardo Villafáñez Neira
 Juan Andrés Pérez Pérez
 José Alberto Portela García
 Daniel Rodes García
 Antonio Sard Valor
 Francisco Javier Pérez Villalonga
 Luis Antonio López González
 Antonio Seoane Couto
 Francisco Mata Álvarez-Santullano
 Ramón Sieira Hermida
 Alfonso Martínez Caminero
 Alfonso López Loureiro
 Francisco Antón Brage
 Mario Ramón Heras Carmona
 Alberto Lozano Alcalde
 José Antonio Fernández Muñoz

En representación de los homenajeados de la promoción del 99 tomó la palabra Yago Suárez-Llanos Fernández:

“Decana, director, autoridades, compañeros, amigos y familiares, buenas tardes.

Es para mí un honor y un privilegio estar hoy aquí, celebrando con todos vosotros los 25 años desde nuestra graduación. Este cuarto de siglo ha pasado como un suspiro, pero cuando miramos hacia atrás, vemos un camino lleno de logros, aprendizajes y momentos inolvidables que han marcado nuestras vidas. En primer lugar, quiero rendir un especial homenaje a aquellos compañeros que celebran 50 años de profesión. Su dedicación y compromiso son un ejemplo para todos nosotros. Gracias por abrir el camino y por vuestro incansable trabajo, que sigue siendo una fuente de inspiración. Un recuerdo muy cariñoso a aquellos compañeros que ya no están, en especial a mi tío que nos dejó este año.

Enhorabuena también a los nuevos colegiados que habéis conseguido terminar la carrera con muchísimo esfuerzo, tesón y dedicación. Os espera un futuro apasionante. Me imagino que alguno de vosotros



Yao Suárez-Llanos Ferández

os estaréis preguntando si os ha merecido la pena estudiar esta carrera. Sólo os voy a dar un dato. Según Clarkson, hace 25 años se movían en el mundo 6.000 millones de toneladas por vía marítima. Hoy en día se mueven 12.600 millones y, se espera que se muevan 25.000 millones en 2050. No hay ningún sector que tenga este crecimiento, con lo que os garantizo habéis elegido bien. Por otro lado, quiero dar las Gracias a nuestros familiares y amigos, quienes siempre estuvieron ahí para apoyarnos, alentarnos y darnos fuerzas en los momentos más difíciles. Su amor y comprensión fueron fundamentales para que hoy podamos celebrar este hito con alegría y orgullo. En mi caso especialmente, ya que como muchos de vosotros sabéis, mi abuelo y mi tío fueron ingenieros navales, mi padre y mi hermano son también ingenieros navales y ahora espero que mi hija continúe con este legado, aportando su pasión y talento a la industria naval. Espero tener la misma comprensión y paciencia que tuvieron conmigo.

Hoy, recordamos no solo los éxitos profesionales que hemos alcanzado, sino también los lazos de amistad que forjamos durante aquellos años de estudio. Fueron tiempos de esfuerzo y sacrificio, pero también de camaradería y apoyo mutuo. Juntos afrontamos largas noches de estudio, proyectos desafiantes y exámenes que parecían imposibles. Pero juntos también compartimos risas, celebraciones y momentos que nos han quedado grabados para siempre.

A lo largo de estos 25 años, muchos de nosotros hemos tenido la oportunidad de trabajar en diversos sectores de la ingeniería naval, aplicando nuestros conocimientos y habilidades en áreas que van desde el diseño y construcción hasta la explotación de buques, pasando por la administración, sociedades de clasificación y un sinfín de industrias auxiliares. Pero también hay com-

pañeros trabajando en empresas punteras fuera del sector naval, como la consultoría estratégica, empresas energéticas, empresas de ferrocarril, aviación y otras muchas.

Durante estos 25 años, la industria naval ha superado numerosos retos y ha alcanzado logros significativos que han transformado nuestro campo de trabajo. Algunos de estos retos conseguidos son:

- El desarrollo de tecnologías de energía limpia. Mediante la integración de energías renovables, como la eólica y la solar, en la construcción naval, se ha reducido significativamente el impacto ambiental de nuestras operaciones.
- La optimización de la eficiencia energética con la implementación de sistemas avanzados de propulsión y diseños hidrodinámicos que han mejorado la eficiencia energética de las embarcaciones.
- Las innovaciones en materiales. El uso de materiales compuestos, aluminio y aleaciones avanzadas han incrementado la durabilidad y reducido el peso de las embarcaciones.
- La adopción de tecnologías de automatización y digitalización en el diseño, construcción y operación de embarcaciones ha mejorado la precisión y eficiencia de nuestros procesos.
- El avance en el diseño y operación de embarcaciones autónomas está revolucionando la industria naval.
- La mejora de los sistemas de conectividad y comunicación en alta mar, facilitando la gestión y operación eficiente de las flotas.
- La superación de crisis globales. El reto tecnológico, y la compleja y delicada operación de extracción del fuel del buque Prestige, ha sido un ejemplo de nuestra capacidad para enfrentar desastres ambientales y mitigar sus efectos.
- La rápida y efectiva respuesta al bloqueo del canal de Suez por el buque Ever Given

ha demostrado nuestra capacidad de resolución de crisis y la importancia vital de la logística marítima. Además, la adaptación a las condiciones impuestas por la pandemia de COVID-19, que desafió nuestras operaciones y nos llevó a implementar nuevas medidas de seguridad y eficiencia para mantener el flujo del comercio marítimo.

Aun así, todavía tenemos grandes retos por delante.

- La transición energética marítima impulsa la investigación, desarrollo e innovación en el sector.
- La digitalización de la flota, la ciberseguridad, el uso de nuevos combustibles, la inclusión del transporte marítimo en el comercio de derechos de emisión, en definitiva, todo lo que engloba la economía azul.

Estoy seguro de que, con nuestra experiencia y dedicación, continuaremos avanzando y superando estos desafíos participando en proyectos que desarrollen nuevas soluciones para lograr esa descarbonización del sector marítimo.

No quiero dejar de mencionar a nuestra que-

rida patrona, la Virgen del Carmen. A lo largo de estos años, muchos de nosotros hemos recurrido a ella en busca de guía y protección. La Virgen del Carmen, conocida por ser la protectora de los marineros y navegantes, ha sido un faro de esperanza y fe para muchos de nosotros. Hoy, le damos gracias por su constante presencia y bendiciones en nuestras vidas. Que continúe guiándonos y protegiéndonos en los mares de la vida, así como lo ha hecho hasta ahora.

Para concluir, quiero invitaros a reflexionar sobre todo lo que hemos logrado y sobre los sueños que aún nos quedan por cumplir. Que este aniversario sea no solo una celebración del pasado, sino también una inspiración para el futuro. Que sigamos navegando con valentía, sabiduría y fe, sabiendo que tenemos las herramientas y el espíritu para alcanzar cualquier puerto que nos propongamos.

¡Felicitaciones a todos por estos 25 y 50 años de logros y aventuras! ¡Que vengan muchos más!

Muchas gracias.

Entrega de insignias a los nuevos colegiados

Se entrega la insignia a:

Jorge Alejandro Ballesteros Villaescusa
Beatriz Calvo Mascarell
Oussama el Yusufi Benich
Sara Pereira de la Infanta
Albino Pombo Silva
Daniel Sánchez Marín

En nombre de los nuevos colegiados tomó la palabra Beatriz Calvo Mascarell:

“Queridos Decanos,

Director, Ingenieros, amigos, familiares, miembros del Colegio y de la Asociación de Ingenieros Navales de España.

Hoy me ha dado la oportunidad de dirigirme a todos vosotros y quería agradecerlos en estas palabras lo que los nuevos colegiados



Beatriz Calvo Mascarell

sentimos. Tengo el placer de volver a esta Escuela y coincidir con ingenieros que han tenido una amplia carrera profesional como es la promoción de 1974 y de 1999.

Gracias por estar hoy presentes, de servirnos de ejemplo y aportarnos tantos conocimientos a través de vuestro trabajo dedicado a llevar al sector naval a un alto nivel durante décadas. También me gustaría agradecer, a los miembros presentes y no presentes todo el tiempo dedicado a nuestra formación como Ingenieros Navales y Oceánicos. No han sido profesores, sino verdaderos maestros con conocimiento y vocación. Además, gracias a esa vocación hoy estamos aquí presentes como nuevos colegiados. Como nueva cole-

giada, y creo que en nombre de los nuevos colegiados, intentaremos continuar con esa formación y a prender todo lo posible para ponerlo en práctica en nuestros proyectos tanto en nuestro sector como en otros sectores donde un ingeniero naval puede aportar sus conocimientos para la resolución de un proyecto, porque no olvidemos que un proyecto es un trabajo en equipo.

Para finalizar, es un honor reunirnos aquí para celebrar la festividad de nuestra patrona, la Virgen del Carmen, de la que compartimos devoción con nuestros compañeros de la mar.

Muchas gracias.”

Entrega diplomas Colegiados de Honor

En la Junta de Gobierno de fecha 6 de junio de 2023 se acordó proponer los nombra-

mientos de Colegiado de Honor por los méritos acreditados a lo largo de su carrera profesional y aportaciones al Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos, a:



D. Luis Vilches Collado



D. Manuel Moreu Munaiz



D. Joaquín Coello Brufau

Actos institucionales de la Asociación de Ingenieros Navales y Oceánicos de España

Una vez terminado este acto, la celebración continuó en el restaurante Lar de Domingo.

Entrega de insignias a los nuevos Asociados Adheridos



PIPESPAÍN
Recoge Carmen Sánchez



OLIVER DESIGN
Recoge en nombre de Jaime Oliver,
Mauricio Canal



JOSÉ MARÍA IZQUIERDO GARCÍA
José María Izquierdo García

Entrega del premio “ENERMAR 2023” a proyectos en el ámbito de las energías renovables de origen marino

El 10º Premio Enermar, en sesión celebrada el 30 de mayo 2024, tras analizar las candidaturas presentadas, acordó otorgar los premios a los siguientes proyectos:

1º Premio proyecto: “Análisis estructural de conexiones realizadas con materiales compuestos de polímeros reforzados con fibras en una plataforma offshore semi sumergible”. Autor: Alfons Borrás.



De izda. a dcha.: José María Izquierdo, Área Manager de DNV; Alfons Borrás; Jorge Dahl Sobrino, decano territorial en Galicia.

Accésit, dotado con 300 € al proyecto: “Numerical and experimental evaluation of mooring tensions and floater motions for the design of individual or shared mooring of SPAR floating wind turbines”. Autor: Javier Medina. Javier no pudo asistir, y recogerá el diploma en el acto de la Delegación en Galicia.

Premio a la mejor iniciativa alojada en el Espacio de Innovación AINE NAVALIA



De izda. a dcha.: Diego Fernández Casado; Juan Antonio Pérez Socorro, Gerardo Entrena Flores; Rodrigo Clavero González; y Javier Arnau

Green Foiling Spain es un proyecto llevado a cabo por 36 alumnos de 5 escuelas de la Universidad Politécnica de Madrid, que nace en la Escuela de Navales. Su objetivo es competir en el Monaco Energy Boat Challenge y para ello están diseñando una embarcación con pila de combustible de hidrógeno y foils. Este proyecto, pionero en España, busca contribuir al desarrollo de la industria naval, proporcionando una plataforma de prueba y desarrollo a la par que ofrece a los alumnos contar con una formación adicional.

Premio AINE - 2023 a la mejor trayectoria profesional a menores de 35 años

Con este premio, se reconoce a Carlos Graña Lamas. Tras una trayectoria académica excelente, recibe el “Premio Universidad de A Coruña a la Excelencia Académica en el Bachiller” en su ingreso y el “Premio Extraordinario Fin de Carrera – Ingeniero Naval y Oceánico, Universidad de A Coruña” año 2012/13, concedido al mejor expediente de ese año. En 2014 inicia su trayectoria profesional en Astilleros Armón como project manager.



De izda. a dcha.: Diego Fernández Casado; Carlos Graña Lamas; Javier de Juana

Posteriormente, como inspector de buques en servicio en Lloyd’s Register (LR), pese a su corta edad, ha sido capaz de obtener un gran número de autorizaciones que le permiten inspeccionar la práctica totalidad de tipos de buques existentes en el mercado. Además, es auditor ISM, ISPS y MLC.

En los últimos 3 años asignado al puerto de Algeciras, Carlos ha inspeccionado unos 250 buques con LR. También ha participado en diversos Congresos de Ingeniería Naval e Industria Marítima como ponente.

Premio AINE - 2023 al ingeniero naval con trayectoria más destacada durante 2023

Con este premio, se reconoce a Iván Artíme Díaz. Su extrema profesionalidad, sus profundos conocimientos técnicos, su meticulosidad con el detalle y su capacidad para la gestión de proyectos complejos han marcado su trayectoria profesional, desde sus comienzos hasta llegar a ocupar la posición de director de factoría en el año 2019, desde la que ocupa el lugar de máxima responsabilidad en la consecución de los proyectos del astillero, coordinando los departamentos de producción, planificación, gestión de proyectos, aprovisionamiento y la oficina técnica del Astillero Gondán. Su crecimiento profesional ha sido en buena medida el crecimiento de la



De izda. a dcha.: Diego Fernández Casado; Iván Artíme Díaz; Almirante Nicolás Lapique Martín



De izda. a dcha.: Diego Fernández Casado; Santiago Martín García; Pilar Tejo Mora-Granados

empresa, pasando de construir barcos de menos de 50 metros de eslora y poco componente tecnológico, a barcos mucho más sofisticados, exigentes y complejos que en muchos casos suponen auténticos hitos en la integración de tecnologías innovadoras a nivel mundial.

Premio AINE 2023 a la mejor trayectoria profesional

Con este premio se reconoce a Santiago Martín García. Director de Armón Vigo y Astilleros Ria de Vigo. Ha desarrollado su vida profesional en astilleros Armón, siendo actualmente el director del mayor astillero privado de España, realizando una excelente labor al frente del mismo y colocándolo en un astillero de referencia a nivel mundial

en la construcción de buques de gran valor añadido y altamente tecnológicos e innovadores.

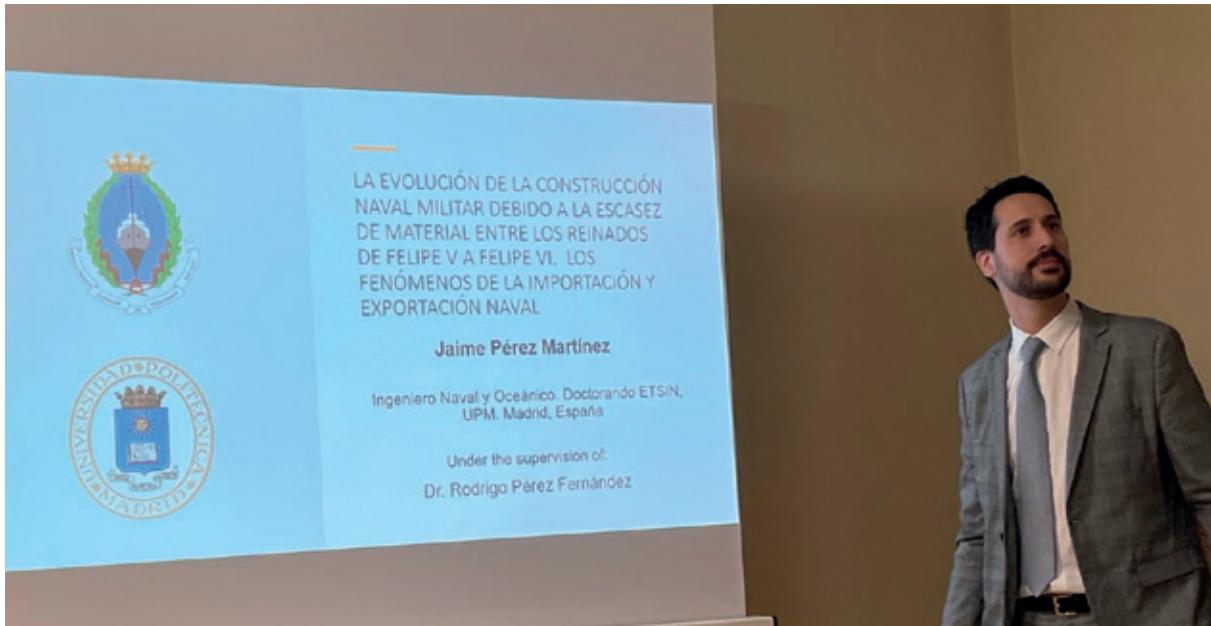
Queremos agradecer la colaboración de todos nuestros patrocinadores:



Galería de imágenes:



Nuestro compañero Jaime Pérez Martínez defiende su tesis doctoral



El día 24 de junio de 2024, Jaime Pérez Martínez, colegiado n.º 3313 y secretario de la Delegación Territorial de Madrid, defendió con éxito su tesis doctoral en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales de la Universidad Politécnica de Madrid. La tesis, dirigida por Rodrigo Pérez Fernández, lleva por título “La evolución de la construcción naval militar debido a la escasez de material entre los reinados de Felipe V a Felipe VI. Los fenómenos de la importación y exportación naval”.

La investigación revela cómo la escasez de recursos ha impulsado, en ocasiones, la innovación en la construcción naval. Se observa una transición significativa de los materiales utilizados, con un considerable protagonismo de la madera, que se refleja en la economía y tecnología, y viceversa. Asimismo, se evidencia un creciente enfoque en la sostenibilidad y en la economía

circular de la industria naval. Las decisiones políticas, los avances científicos y tecnológicos, en los cuales la excelencia y la formación en este campo científico han tenido un papel rector, han marcado las directrices del progreso naval.

La construcción naval se encuentra en un punto crítico donde la gestión efectiva de la transferencia tecnológica, la mitigación de riesgos y la explotación de oportunidades son esenciales para el futuro sostenible de la industria. La protección y el desarrollo de la base industrial nacional, junto con una inversión continua en investigación y educación, son determinantes para asegurar una industria naval robusta y un futuro sostenible.

Resumen

La construcción naval, la cual se encuentra intrínsecamente vinculada a los recursos

disponibles, pone de relieve la compleja relación entre materiales, economía, política y tecnología. Este estudio aborda desde la interdependencia de recursos como mano de obra, formación y materias primas hasta la influencia de factores económicos y tecnológicos en el desarrollo industrial y naval, enmarcado en el periodo que comprende desde el florecimiento de la ciencia naval en el siglo XVIII hasta el presente, con el objetivo de vislumbrar el futuro del sector y sentar las bases de nuevos estudios. Se destacan la relevancia de la accesibilidad a los recursos en el panorama global y la importancia del compromiso internacional en la protección de recursos naturales.

La investigación revela cómo la escasez de recursos ha impulsado, en ocasiones, la innovación en la construcción naval. Se observa una transición significativa de los materiales utilizados, con un considerable protagonismo de la madera, que se refleja en la economía y tecnología, y viceversa. Asimismo, se evidencia un creciente enfoque en la sostenibilidad y en la economía circular de la industria naval. Las decisiones políticas, los avances científicos y tecnológicos, en los cuales la excelencia y la formación en este campo científico han tenido un papel rector, han marcado las directrices del progreso naval.

El estudio emplea el método histórico y, a través de la identificación de patrones históricos y tendencias actuales, se analizan el impacto de los materiales y las decisiones en el desarrollo naval. La interpretación de las fuentes se realiza considerando tanto su contexto histórico como su relevancia en el presente. El texto concluye que la construcción naval se encuentra fuertemente influenciada por la disponibilidad de recursos, por avances tecnológicos y por factores económicos, que requieren de un enfoque a largo plazo por parte del Estado. La adap-

tación y la innovación frente a la escasez de recursos han sido constantes en la historia naval y se espera que continúen. Asimismo, se subraya la crítica importancia del conocimiento científico y de la educación en el avance de esta disciplina. Una conclusión cardinal del estudio es el valor continuado de la transferencia tecnológica en la construcción naval. Esta transferencia ha ofrecido tanto oportunidades como riesgos. Por un lado, ha permitido a los países adoptar rápidamente nuevas tecnologías y técnicas de construcción, mejorando la eficiencia y la capacidad de sus flotas.

Por otro lado, plantea riesgos significativos relacionados con la dependencia tecnológica y la pérdida de autonomía industrial, reforzados por una creciente consolidación del sector de la defensa. Entre las tecnologías que conforman la industria 4.0, las herramientas de diseño asistido por ordenador, en su solución integrada, se presentan como un avance para la optimización de los procesos. Por tanto, este trabajo respalda el empleo de las mismas en etapas tempranas del diseño naval y a lo largo del proceso de diseño y del ciclo de vida, el cual sigue la estela de la racionalización de los materiales y estandarización de procesos introducidos tres siglos antes.

La transición de materiales a lo largo de la historia ha modelado significativamente la industria naval, con implicaciones tanto en políticas nacionales como globales. La construcción naval se encuentra en un punto crítico donde la gestión efectiva de la transferencia tecnológica, la mitigación de riesgos y la explotación de oportunidades resultan esenciales para el futuro sostenible de la industria. La protección y el desarrollo de la base industrial nacional, junto con una inversión continua en investigación y en educación, son determinantes para asegurar una industria naval robusta y un futuro sostenible.

La DT en el País Vasco celebra el día del Carmen



El pasado 29 de junio, nuestros compañeros de la delegación territorial en el País Vasco, se reunieron para celebrar a la Virgen del Carmen. Una veintena de colegiados de Guipúzcoa y de Vizcaya, junto con

sus acompañantes, compartieron un hermoso almuerzo en el restaurante Belearri (Getaria) después de la breve visita por el pueblo de cuna del navegante Juan Sebastián Elcano.

Jornada buques oceanográficos: innovación, tecnología y tendencias

A finales de junio, la Delegación Territorial en Galicia analizó a fondo el presente, pasado y futuro de los buques de investigación oceanográfica, ámbito en el que España es referente internacional. Aprovechando estas líneas queremos agradecer la multitudinaria acogida que tuvo esta jornada.

La jornada, que se celebró en el Círculo de Empresarios y, por la tarde, a bordo del Buque *Odón de Buen*, actualmente en la fase final de construcción por Astilleros Armón. Reunió una amplia representación del sector: desde oficinas técnicas, astilleros, empresas auxiliares, sociedades de

Puedes ver la sesión de mañana de esta Jornada en nuestro canal de YouTube:



clasificación, Instituciones de investigación y armadores de buques oceanográfico, hasta armadores de pesca, por su fuerte interacción con los institutos de investigación oceanográfica.

Jorge Dahl de Sobrino, decano territorial en Galicia del Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos, destacó durante la apertura de la jornada que: "los astilleros



que cuentan con la experiencia necesaria para construir este tipo de buques están en España". "Nuestros astilleros han ido acumulando experiencia hasta liderar la construcción de la tercera generación de buques oceanográficos, contratados casi en su totalidad para armadores extranjero". Como ejemplo, Jorge Dahl de Sobrino, destacó el buque oceanográfico *Sarmiento de Gamboa* y el buque oceanográfico de investigación *Polar Hespérides*, ambos construidos en España en la década de los 80, y que operan en las campañas del Ártico y del Antártico, "siendo escaparate y embajada ante otros países de la capacidad y potencia de nuestra industria Naval". Tras estas construcciones, se continuó a principios del siglo XXI con el desarrollo de nuevos buques para el Instituto Español de Oceanografía en los Astilleros de Vigo (Astilleros Armón, Astilleros Cíes y Freire Shipyard), que marcaron el camino a seguir en el sector. Finalmente, en 2016 se inicia la construcción de tres unidades, todos ellos para armadores extranjeros (BP Carrasco, entregado por Freire Shipyard en 2016 para Perú; Dr. Fridtjon Nansen, construido en Astilleros Gondán en 2017 para

Noruega; y Víctor Angelescu, construido en Astilleros Armón en 2017 para Argentina). Desde entonces, Astilleros Armón y Freire Shipyard han entregado, están en proceso de construcción o forman ya parte de su cartera de pedidos, 16 buques oceanográficos para armadores de Suecia, Nueva Zelanda, Portugal, Países Bajos, Islandia, Irlanda, Estados Unidos, Reino Unido, Abhu Dhabi, Bélgica, Kuwait, Arabia, Argentina y, por supuesto, España.

A Jorge Dahl, le acompañó en dicha apertura, Pablo Carrera López, coordinador de flota del Instituto Español de Oceanografía. La primera Mesa Redonda "Buques y tecnologías", fue moderada por Javier Arnau, director de Navalía y contó con la participación de Luis Santos Orden, director de operaciones y proyectos en Freire Shipyard, que ofreció sus "Consideraciones de futuro en el diseño y construcción de Buques Oceanográficos", y Montserrat Espín García, responsable de descarbonización del transporte marítimo de Bureau Veritas España, con una ponencia sobre "Buques oceanográficos, realidad en innovación". Por su parte, Sonia López Can-



celos, project manager de DNV Vigo, habló sobre “Ciberseguridad en la operación del buque en la investigación”, mientras que Javier Touza, presidente de la Cooperativa de Armadores de Vigo (ARVI), se refirió a la “Investigación científica y sostenibilidad”.

La Mesa Redonda sobre Investigación y oceanografía fue moderada por Óscar Gómez, managing director de Aclunaga y analizó la “Maquinaria de cubierta para buques oceanográficos”, por Francisco José Ruppen Cañas, Ferri; “La importancia de la hidrodinámica en los buques oceanográficos”, con la intervención de Adrián Sarasquete, director gerente de Vicus DT; la “Flota del CSIC. Buques de la investigación Atlántica”, de la mano de Pablo Carrera López, del IEO / UTM, y “Los buques hidrográficos del futuro”, con la ponencia de Luis Manuel Rusillo Díaz-Obregón, del Instituto Hidrográfico de la Marina. Para cerrar la sesión de la mañana Publio Beltrán Palomo, Fundador / Director de TSI, ofreció la ponencia “España, líder en construcción de Buques silenciosos. Historia y Protagonista. Ventajas tecnológicas y futuro”.

Por la tarde, y ya desde la sede de Astilleros Armón, se celebró la tercera Mesa Redonda moderada por Beatriz Spuch Sánchez, Vicedecana Territorial en Galicia del Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos, que contó con la participación de Francisco Javier Pérez Villalonga, Subdirector General de Sistemas Navales INTA-CEHIPAR, que presentó “Los ensayos experimentales del CEHIPAR de un buque oceanográfico”; Brais Rodríguez Muñoz, Responsable de Presupuestos de Ibercisa, cuya intervención versó sobre “Desarrollos de última generación para las operaciones oceanográficas”; y Santiago Martín García, director de Astilleros Armón, que abordó “El diseño de la nueva generación de oceanográficos”. La clausura tuvo lugar a bordo del buque *Odón de Buen*, con Ana Mejías, Concejala Delegada de Limpieza, Ciclo de Agua y Transportes del Ayuntamiento de Vigo; y Jorge Dahl de Sobrino, decano territorial en Galicia del Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos. Para finalizar la Jornada, se realizó una visita completa al buque *Odón de Buen*.

Un sector marítimo digitalizado y bajo en carbono necesita reglas de clase con respuestas basadas en el riesgo



American Bureau of Shipping (ABS) responde a las preocupaciones del sector marítimo actualizando sus reglas, que incluyen nuevos requisitos operativos y una metodología basada en el riesgo para adaptarse a la tecnología más reciente.

Una industria marítima cada más compleja y digitalizada presenta nuevos desafíos a ingenieros, astilleros y proveedores para poder ofrecer un futuro sin emisiones de carbono y gran eficiencia. Con el desarrollo de nuevas tecnologías se presentan enfoques innovadores en el diseño y la mejora de la eficiencia de los mismos, y la industria quiere saber que las reglas de clase siguen el ritmo de los avances tecnológicos. Los armadores y fletadores quieren actuar con rapidez ante los cambios legislativos relativos a las emisiones y seguir siendo competitivos. Y para ello, la aplicación de las reglas de clase con un enfoque basado en riesgos

ayuda a identificar de forma rápida y eficaz las consecuencias imprevistas, permitiendo así la toma de decisiones también de forma rápida y con la mayor seguridad posible.

ABS actualizó a finales del primer trimestre de este año sus Reglas para buques y ha introducido nuevas Reglas para disposiciones alternativas, conceptos novedosos y nuevas tecnologías para ofrecer procesos para aplicar requisitos funcionales, desarrollados según la orientación publicada por la OMI en la Circular 1394, y métodos basados en riesgo para diseños para los que no hay establecida una normativa específica.

ABS ha recibido comentarios positivos de los Estados de Bandera, que también se enfrentan al reto de evaluar nuevas ideas frente a reglamentos que a menudo se redactaron pensando en una solución técnica específica. Si se sigue el marco de la OMI y se aprovechan los

requisitos funcionales predefinidos, el proceso para obtener la aprobación de diseños alternativos tanto por parte de la clase como del pabellón será mucho más eficaz.

Las nuevas normas y el nuevo enfoque pueden abordar cualquier idea innovadora que no tenga requisitos definidos. Algunos ejemplos pueden ser la incorporación de nuevos materiales para conseguir un buque más ligero, equipos para usar nuevos combustibles o un nuevo tipo de buque que funcione de una forma nunca vista. Las normas actualizadas de ABS permiten a los armadores integrar nuevas tecnologías sabiendo que, han pasado por un proceso basado en el riesgo como parte de una revisión exhaustiva de ABS. Para los astilleros y el personal técnico, las Reglas proporcionan una serie de objetivos predefinidos y criterios funcionales. ABS, en colaboración con otras partes interesadas, puede determinar la aceptabilidad de la nueva tecnología e identificar los riesgos para los sistemas existentes. Al reducirse a la mitad los plazos de aprobación para la adopción de nuevas tecnologías, los gestores de proyectos pueden tomar decisiones para toda la flota con rapidez y confianza.

Las normas prescriptivas de ABS siguen vivientes para los diseños, tecnologías y disposiciones convencionales que siguen el proceso de aprobación tradicional.

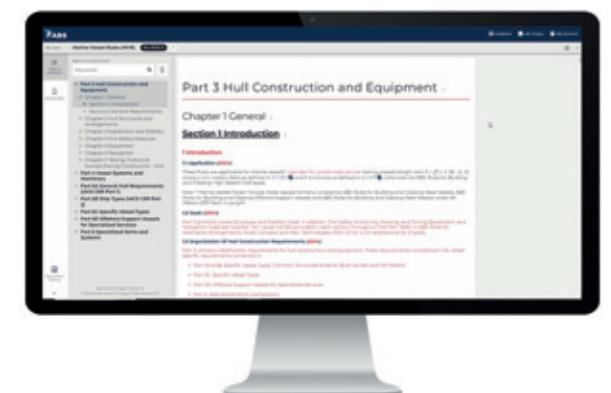
Las mejoras de estas normas son el resultado de varios años de colaboración con la industria, astilleros, armadores, fabricantes de equipos, diseñadores y reguladores. Más de 600 clientes de ABS aportaron sus comentarios a través de los Comités Técnicos de ABS, cuestionarios y otras vías. Además de la petición de un marco que se adapte a las nuevas tecnologías, se han atendido otras peticiones, como por ejemplo, mejorar el acceso y la claridad

de los textos. Se han añadido imágenes y figuras nuevas para explicar los contenidos técnicos más complejos.

ABS está llevado a cabo la publicación periódica de las actualizaciones de sus Reglas para los tipos de embarcaciones más populares, incluyendo unidades offshore, barcas, embarcaciones de alta velocidad.

Las normas actualizadas de ABS están concebidas para adaptarse a un mundo tecnológico nuevo y en rápida evolución, aportando claridad a temas complejos y simplificando el acceso a la información que necesita el sector. Al mejorar las Reglas ABS con requisitos basados en el riesgo y fortalecer el contenido técnico para tener en cuenta la compatibilidad con los objetivos, los requisitos funcionales y los criterios prescriptivos, ABS ha creado una infraestructura sólida para permitir la innovación y la tecnología para apoyar a sus clientes y las ambiciones digitales y de descarbonización en evolución de la industria marítima en general.

La industria marítima se enfrenta a un reto global al tratar de equilibrar la creciente demanda de energía con las presiones normativas para adaptarse a la descarbonización y lograr unas emisiones netas de carbono nulas para 2050.



Disponible la edición de julio de 2024 de las reglas de clasificación de DNV para buques y unidades offshore



Entrarán en vigor el 1 de enero de 2025. Contiene importantes actualizaciones y nuevos requisitos para mejorar la eficiencia operativa.

Algunos de los aspectos más destacados de la actualización de las normas incluyen:

- Nuevas notaciones de clases en operación, cuyo objetivo es aportar claridad a las notaciones que tienen una combinación de requisitos de diseño y operativos.
- Notación de clase de hidrógeno alimentado con gas, que define los requisitos para el sistema de combustible del barco y la conexión de abastecimiento de combustible
- Notación de clase OCCS (captura y almacenamiento de carbono a bordo de buques), que ofrece un marco y requisitos para nuevos sistemas, incluidos el pretratamiento de gases de escape, la absorción, los sistemas de postratamiento, la licuefacción, el

almacenamiento de CO₂ y la transferencia a tierra

- Notación de clase para la estabilidad de pontones, que proporciona orientación y requisitos para pontones utilizados en operaciones de elevación pesada para aumentar la estabilidad del pontón.
- Notación de clase BOG (gas de ebullición), que proporciona requisitos para el diseño e instalación de sistemas de control de presión y temperatura para tanques de gas licuado.

Nuevos calificadores

- EV, para la notación de clase adicional de seguridad contra incendios, desarrollado específicamente para buques de transporte de vehículos eléctricos.
- Fish carrier (Live): para transporte de pescado vivo y que ha dado lugar a un nuevo tipo de buque

- NC, para la notación Hatchcoverless, para buques que no transporten materiales combustibles reducir la inversión en equipos de detección y extinción de incendios
- Floating spaceports: para unidades e instalaciones destinadas al lanzamiento y/o recuperación de vehículos espaciales.
- Para sistemas de buceo, alineados ahora con el Código de buceo IMO 2023
- Reglas específicas para buques de guerra: ahora completado con los requisitos que cubren estructuras del casco, sistemas, ti-

pos de buques y notaciones de clase adicionales.

Además de los puntos destacados anteriormente, también cabe señalar que la nueva notación de clase obligatoria Cyber Secure (Essential) está totalmente alineada con los requisitos de las normas internacionales IACS UR E26 y E27. Este requisito es aplicable a los nuevos buques y unidades móviles offshore contratados después del 1 de julio de 2024.

ABS Low Carbon Outlook - Beyond The Horizon

American Bureau of Shipping, en la última edición de su informe “ABS Low Carbon Outlook - Beyond The Horizon” concluye que los combustibles alternativos y las tecnologías de eficiencia energética son fundamentales en esta transición, siendo la escalabilidad de la producción de combustible un factor decisivo.

Una parte significativa de la flota mundial está envejeciendo, lo que hace necesaria su renovación para cumplir los próximos objetivos normativos. Los buques con propulsión dual representan actualmente una parte sustancial de los nuevos pedidos de buques y la combinación de combustibles está cambiando, centrándose en alternativas como el GNL, el metanol y el amoníaco. Asimismo explora las vías de combustibles neutros en carbono y las tecnologías de transformación que apoyarán el desafiantre viaje de la industria marítima hacia 2050,



incluyendo una previsión actualizada de la mezcla de combustibles, posibles escenarios netos cero y un análisis detallado de la capacidad del ecosistema marítimo para apoyar la descarbonización.

[Descargar aquí el informe](#)



Lloyd's Register y Stena Line: pioneros en la modernización de motores a metanol en el transporte marítimo



En medio del actual aumento del interés en la conversión de barcos para que utilicen metanol como combustible (el año pasado se encargaron más de 100 conversiones), es fácil olvidar que la primera conversión a metanol ocurrió hace casi una década. En 2015, el ro-pax Stena Germanica de Stena Line instaló tanques de combustible de metanol y comenzó la conversión de sus cuatro motores de cuatro tiempos Wärtsilä Z40 para que pudiesen quemar dicho combustible, convirtiéndolo en el primer barco de pasajeros alimentado con metanol del mundo.

Basándose en esa experiencia, Stena Line decidió trabajar con LR en dos conversiones

más. El Stena Superfast VII y el Stena Superfast VIII tendrán dos de sus cuatro motores adaptados a metanol, con sistemas de abastecimiento de combustible, almacenamiento y soporte también adaptados para el nuevo combustible. LR ya ha emitido la Aprobación en Principio para el diseño del reacondicionamiento basado en su “ShipRight Risk-Based Certification Stage 2”.

A día de hoy, armadores y operadores pueden extraer importantes lecciones del proyecto pionero que permitió poner en servicio el primer buque capaz de emplear metanol como combustible del mundo, y de la colaboración a largo plazo que ha permitido al Stena Germanica utilizar este combus-



Motores de cuatro tiempos
Wärtsilä Z40

tía ningún Código IGF ni ninguna otra orientación reglamentaria sobre la construcción de buques alimentados con metanol. El primer desafío fue establecer un proceso para certificar el diseño seguro del buque tras la conversión.

El equipo del proyecto utilizó un conjunto de reglas provisionales para clasificar los buques alimentados con metanol, que requerían que se realizara una evaluación de riesgos según una norma reconocida (por ejemplo, ISO 31010: Gestión de riesgos - Técnicas de evaluación de riesgos) y de conformidad con el procedimiento ShipRight de

tible de forma exitosa y segura durante los últimos nueve años.

En la actualidad, la planificación de un buque diseñado para utilizar metanol como combustible está regulada por el Código internacional de seguridad para buques que utilicen gases u otros combustibles de bajo punto de inflamación (Código IGF) de la OMI. Los diseños y equipos de los buques alimentados con metanol deben tener una seguridad equivalente a la de los buques y la tecnología que utilizan combustible convencional, y las directrices provisionales contenidas en el Código IGF explican cómo lograrlo y evaluarlo. Pero en 2015, no exis-

Lloyd's Register Assessment of Risk Based Designs y los anexos asociados.

Se coordinaron reuniones con autoridades portuarias, autoridades marítimas nacionales y proveedores tecnológicos, en particular Wärtsilä, que fue responsable de la conversión de los motores del buque, así como el astillero Remontowa y el especialista en tuberías Uwira. En estas reuniones, se identificaron los peligros y se acordaron medidas de mitigación. Hoy en día, el enfoque basado en el riesgo todavía se aplica, ya que el combustible de metanol, y las conversiones en particular, siguen siendo relativamente nuevas. Sin embargo, la introducción

de reglas prescriptivas en virtud del Código IGF de la OMI y las reglas de LR para los buques alimentados con metanol ha aclarado muchos de los riesgos.

La conversión del Stena Germanica se dividió en dos etapas. En la primera, se instaló toda la línea de combustible de metanol desde los tanques hasta justo antes del motor. En la segunda etapa, se convirtieron los motores uno por uno, primero en 2015 y luego a medida que transcurrían las varadas programadas.

En cada conversión de motor, LR estuvo a bordo para garantizar que la instalación se ajustara a los planes aprobados. Tras certificar el diseño final del buque, certificaron que todos los componentes producidos antes de la entrada en dique seco se habían construido de conformidad con el diseño. Cuando el buque se encontraba en dique seco, se certificó la construcción de los componentes en el astillero y la instalación de los equipos. Una vez finalizada la conversión, el buque obtuvo las aprobaciones de bandera y clase tras una prueba en el mar.

Una vez operativo el Stena Germanica tuvieron que reconfigurarse los dispositivos originales de detección de fugas para que detectaran niveles en lugar de detectar presiones, porque la experiencia demostró que el metanol permanece líquido durante un periodo más largo de lo esperado antes de evaporarse. Así mismo, el sistema de tuberías de acero y con doble pared (para contener posibles fugas) por las que circulaba el metanol fueron sometidas a inspecciones periódicas y exhaustivas. El soporte estructural de estas líneas tuvieron que ajustarse para soportar las vibraciones que se detectaron durante la operativa habitual del buque. Y los apoyos estructurales de los motores convertidos también tuvieron que ser cambiadas mientras el buque estaba en servicio. Hoy en día

sigue siendo la única sociedad de clasificación que ha clasificado un buque reacondicionado a metanol.

Como era de esperar en un proyecto tan innovador, otros elementos importantes se han actualizado a través de la experiencia. Por ejemplo, se han perfeccionado los diseños de las válvulas de combustible y de seguridad para utilizar materiales más adecuados a las altas presiones de las tuberías y la inyección de combustible de metanol.

La experiencia en materia de abastecimiento de combustible también ha avanzado a lo largo de los años. Stena Germanica abastece de metanol regularmente en Gotemburgo, lo que le permite cumplir con los requisitos globales y regionales de la OMI en materia de emisiones de NOx y SOx. En 2023, formó parte de la primera transferencia de metanol de barco a barco en Gotemburgo, la primera transferencia de este tipo a un barco ro-pax. Con miras a cumplir con las futuras normas sobre emisiones de gases de efecto invernadero, los barcos también han participado en una prueba durante la cual se abastecieron de amoniaco azul.

La última parte crucial del rompecabezas es el régimen de mantenimiento. Con nuevos procedimientos que van desde el uso de equipos de protección hasta el cuidado especial al inspeccionar las superficies de las tuberías, la tripulación ha tenido que afrontar una pronunciada curva de aprendizaje. Stena Line aprovechará estas lecciones a medida que amplíe el uso de metanol a otros buques de su flota.

Y para LR, que ha seguido prestando servicios de clasificación y asistencia técnica al Stena Germanica, la experiencia que ha adquirido puede ahora servir de apoyo a otros armadores y operadores de buques en su transición al uso de metanol como combustible.

Comité Técnico del Bureau Veritas 2024



El pasado 7 de mayo, tuvo lugar, la cita anual del Bureau Veritas Iberia. La agenda de esta nueva sesión estuvo formada por las siguientes intervenciones:

El metanol como alternativa real en la propulsión marina, por Adolfo Navarro Manso, Senior Proposal Manager de Astilleros Armón. Su presentación exploró el potencial del metanol como combustible alternativo en la industria marítima, destacando sus beneficios, desafíos y la presentación de un caso práctico, el buque oceanográfico R. V. Odón de Buen.

Optimising Digital Workflows in Shipping, por Jack Liman, director comercial de OrbitMI Inc. Jack hizo una presentación de la plataforma OrbitMI, que optimiza flujos de trabajos digitales para la industria marítima.

Esta plataforma se presenta como una herramienta integral y avanzada para la optimización del trabajo, ofreciendo soluciones basadas en datos para mejorar la eficiencia, sostenibilidad y rentabilidad de las operaciones navieras.

Seguridad en el suministro de nuevos combustibles marinos, por Carlos Guerrero, Global Market Leader Gar Carrier del Bureau Veritas. El desarrollo de los buques de suministro de combustible alternativos ha crecido exponencialmente en los últimos años, principalmente ha crecido el segmento de los buques de GNL (en servicio 24 buques bajo clasificación del BV y en cartera de pedidos 8 unidades), seguido del suministro de metanol. “Las reglas internacionales cubren una parte, pero no todos los aspectos tecnológicos de estos buques, por esto, el rol de las sociedades de clasificación es clave para apoyar a los armadores”, matizaba Carlos. Su presentación hizo un repaso rápido a los desafíos logísticos, de infraestructura y de seguridad según el tipo de combustible.

ETSIN. GFS - Green Foil Spain, por Juanan Pérez y Antonio Souto. Ambos, presentaron la iniciativa GFS que ha apoyado el Bureau Veritas, ya que esta iniciativa se enfoca en el uso de tecnologías verdes y prácticas sostenibles en el sector naval. Si queréis saber más sobre este proyecto, podéis consultar el n.º 1.026 de esta publicación, correspondiente al número de septiembre de 2023).

Programa reglamentario y paisaje industrial actual de proyectos nucleares marinos, por José Esteve, Bureau Veritas. La propulsión



nuclear en el ámbito marino ha sido impulsada por la necesidad de operar en áreas difíciles de reabastecer, ofreciendo gran autonomía y potentes capacidades energéticas. Hizo un repaso a la flota existente, los desafíos técnicos y económicos, y el contexto regulatorio que necesita ser actualizado para garantizar un desarrollo seguro y eficiente.

Magallanes. Proyecto ATIR2, por Alejandro Marqué, de Magallanes Renovables. Esta empresa tecnológica gallega ha apostado por el desarrollo de dispositivos de generación de energía mareomotriz, el único recurso renovable predecible. Están trabajando para instalar esta plataforma en las islas Orcadas, y poco a poco irán generando más potencia en otros puntos del Planeta.

Están trabajando con Bureau Veritas para que esta plataforma esté certificada al cien por cien pueda ser comercializada.

La ingeniería marítimo-portuaria al servicio del futuro eólico, por Ismael Verdugo, de Beridi. El grupo Berenguer, con más de 25 años de experiencia en estudios de ingeniería de puestos y costas, presentaba el año pasado la iniciativa Berthing Maritime Consulting, una consultora especializada en ingeniería marítimo-portuaria. Este nuevo emprendimiento se enfoca en estudios de viabilidad náutica en el entorno portuario, ofreciendo asesoría técnica internacional en diversas áreas como maniobra y amarre de buques, tráfico marítimo y riesgos náuticos. Ya por el año 2019, el grupo había ampliado sus servicios hacia la industria eólica flotante offshore a través de Beridi. Triwind, es la plataforma flotante patentada por Beridi y que presentó Ismael. La construcción de estas plataformas no requieren instalaciones portuarias especiales, al igual que tampoco requieren de un mínimo calado en puerto.

Freire bota el buque offshore *Forth Constructor*



El Astillero Freire obtuvo el contrato para el diseño y construcción del nuevo buque de amarre del contratista marítimo británico líder Briggs Marine en diciembre de 2022. El diseño del buque, realizado por Cintranaval en colaboración con el departamento de diseño de Freire, está óptimamente configurado para apoyar los contratos en curso de Briggs con el Gobierno del Reino Unido, parques eólicos marinos y puertos comerciales.

El buque se destinará principalmente a la inspección, el mantenimiento y la sustitu-

ción de ayudas a la navegación (AtoN) y amarres costeros pesados en el Reino Unido y en el extranjero. También se encargará de diversas tareas, como operaciones de buceo y ROV, una serie de tareas de inspección y apoyo al mantenimiento en alta mar, manteniendo al mismo tiempo su funcionalidad básica.

Entre sus características más destacadas se incluyen un moonpool, un bastidor en A desmontable, un sistema de amarre de 4 puntos, una grúa con compensación de oleaje y una oficina de proyectos de inspección. Además, el diseño incorpora una escalerilla de embarque desmontable para el buque de transferencia de tripulación (CTV), con el fin de apoyar los proyectos de parques eólicos en alta mar.

El buque, cuya entrega a los armadores está prevista para finales de 2024, tiene una eslora de 40 metros y utiliza un sistema de propulsión diésel-eléctrico DP-2, cuidadosamente configurado para lograr la máxima eficiencia durante las operaciones en aguas del Reino Unido y del norte de Europa.

Briggs concede una gran importancia a la comodidad de la tripulación, lo que se hace evidente a través de las mejoras en la reducción de ruido del buque y el alojamiento conforme a MLC para la tripulación de 6 personas y 10 miembros del personal del proyecto.

Zamakona Shipyards amadrina el arrastrero pelágico *Antarctic*



El pasado sábado día 6 de julio tuvo lugar en las instalaciones de Zamakona en el puerto de Bilbao, la ceremonia de amadrinamiento del arrastrero pelágico para el armador escocés Fiskebas Fishing Co. El evento contó con la presencia de los propietarios del buque,

así como una numerosa delegación de familiares y amigos llegados de Shetland para la ocasión. La madrina fue Mhairi Stewart.

El buque, diseñado por Skipsteknisk, cuenta con una eslora de 69,6 m y una manga de 15,2 m, una acomodación para 14 personas y reemplazará al Antarctic II (LK 145) construido en 2024 y con puerto base en Lerwick. En las próximas semanas, el *Antarctic* realizará las pruebas de mar en aguas del Cantábrico. Posteriormente, partirá para las Islas Shetland donde recogerá las artes de pesca y pondrá rumbo al caladero para iniciar la campaña.

Experts in

**Drivetrain
Vibrations
Acoustics**

www.vulkan.com



VULKAN

VULKAN Española

Avda. Montes de Oca, 19 - Nave 7 | 28703 SS Reyes (Madrid)
Phone +34 91 359 09 71 | es.info@vulkan.com

El proyecto DECIMAP, liderado por Sener, recibe financiación del PERTE Naval



El proyecto DECIMAP, liderado por el grupo de ingeniería y tecnología Sener, ha resultado adjudicatario de una subvención de unos 700.000 euros procedente del Plan Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica del sector naval español (PERTE Naval). DECIMAP es parte del proyecto tractor INNCODIS, presentado por Navantia. El objetivo principal de DECIMAP es desarrollar una nueva cimentación flotante para aerogeneradores marinos de alta potencia (de más de 15 MW), introduciendo ventajas competitivas respecto a las soluciones actualmente disponibles. El proyecto aprovecha un innovador concepto previamente patentado: HiveWind, una plataforma flotante semisumergible de acero para turbinas eólicas marinas desarrollada por Sener en colaboración con Nervión Naval-Offshore.

La cimentación HiveWind se caracteriza por su modularidad, estandarización, estabilidad y constructibilidad, además de ser adaptable a condiciones de emplazamiento específicas. El desarrollo de esta solución implica la colaboración cercana con fabricantes de aerogenera-

dores para cumplir con los rigurosos requisitos de operación y lograr un diseño óptimo.

DECIMAP abarca varios aspectos clave para el progreso de la eólica marina: el estudio del emplazamiento y la definición de condiciones de diseño, la validación de modelos numéricos, el diseño de elementos auxiliares, la definición de procesos de fabricación y logística y la certificación por una sociedad de clasificación. Además, explorará la adaptabilidad de la cimentación de HiveWind a diferentes emplazamientos y aerogeneradores comerciales de alta potencia. En palabras de Sergi Ametller, director de eólica marina en Sener, “con una inversión total de cerca de 2,9 M€ y una subvención de unos 700.000 €, DECIMAP contribuirá a desarrollar una solución competitiva para el despliegue de la eólica marina flotante, proponiendo un modelo modular, estandarizado y que facilita la participación de múltiples astilleros en estos proyectos. Con este proyecto, damos un paso adelante en esta tecnología y refuerza el compromiso del sector naval español con la innovación y la transformación industrial”.

Schottel suministrará el sistema de propulsión para un buque de transporte de metanol

Schottel suministrará dos hélices tipo SRP 360 L-Dirve y una hélice tipo STT 1 para un buque de suministro de metanol que prestará servicio en varios puertos del Mediterráneo.

El San Giorgio del Porto SG 116 tendrá 91,3 m de eslora y 15,7 m de manga, con una capacidad de carga de 3.400 tpm. El propietario del buque es una empresa italiana con sede en Génova que se especializa en nuevas tecnologías ecológicas. El barco se encuentra actualmente en construcción en los astilleros de San Giorgio del Porto en Italia. La ingeniería italiana K-Ships es la responsable del diseño el buque y colaboró con el astillero en el proyecto. La entrega de este nuevo buque

de suministro de metanol está prevista para 2025.

Las dos unidades SRP 360 L-Drive, tienen 1.200 kW de potencia cada una y un diámetro de hélice de 2,1 m. El buque alcanzará una velocidad máxima de 12,5 nudos. Por otro lado, la hélice transversal, tiene una potencia de 400 kW y un diámetro de 1,2 m.

Las hélices timón L-Drive están equipadas con un motor eléctrico compacto integrado en la estructura del azimutal, por lo que la altura total del propulsor se reduce. Ideales para su instalación en espacios reducidos.



Proteja las entradas de tuberías

Utilice los sellados 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 mamparos 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 sellados 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

 **Roxtec**

Baleària incorpora su segundo 'fast ferry', el *Margarita Salas*



Baleària incorporó el pasado 9 de julio a la ruta Barcelona-Alcúdia-Ciutadella el segundo fast ferry con motores duales a gas del mundo, el Margarita Salas. La incorporación del catamarán, con capacidad para 1.200 pasajeros y 425 vehículos, permite a Baleària incrementar un 50% la oferta de plazas en alta velocidad en la ruta Barcelona-Alcúdia-Ciutadella y doblar la de vehículos, a la vez que disminuye su huella de carbono, ya que el gas natural reduce las emisiones de CO₂ y las de óxido de nitrógeno y elimina totalmente las de azufre y las partículas. Baleària ha invertido 126 millones de euros en este buque.

El presidente de Baleària, Adolfo Utor recordó que el nuevo catamarán es el undécimo de la naviera dotado de motores duales a gas, una tecnología versátil que permite navegar con distintos combustibles, como el gas natural en la actualidad o fuentes renovables neutras en emisiones de CO₂ en el futuro. Así, la naviera calcula que el Margarita Salas dejará de emitir anualmente casi 13.000 toneladas de CO₂ (un 22% menos), respecto al fast ferry que operaba hasta el momento en la ruta. Además, al tener el nuevo barco mayor capacidad de pasaje, las toneladas de dióxido de carbono por pasaje-

ro se reducirían a la mitad. A partir de ahora, el nuevo fast ferry conectará diariamente Barcelona con Alcúdia y Ciutadella durante todo el año. Tres días a la semana hará escala primero en Mallorca y después en Menorca, y los otros cuatro días recalcará primero en el puerto menorquín y seguirá hasta Alcúdia. Los trayectos directos tienen una duración de tres horas y media.

Servicios a bordo

El fast ferry tiene dos cubiertas de pasaje, con unos espacios interiores amplios, luminosos y confortables, con diferentes acomodaciones (butacas estándar, premium y salones privados). Los pasajeros pueden disfrutar de una amplia terraza exterior y servicios como cafetería, tienda, zona infantil con juegos digitales interactivos, acceso a internet y cobertura de mensajería instantánea gratuita durante toda la travesía, tarjeta de embarque online con asignación de butaca, plataforma gratuita de entretenimiento digital o zona de mascotas aclimatada y con videovigilancia.

En cuanto a las características técnicas del barco, que mide 123 metros de eslora y 28 de manga, destacan los cuatro motores duales a gas natural, que le permiten alcanzar una velocidad de servicio de 35 nudos (un 10% más de potencia respecto al primer buque de la serie). El barco está dotado de dos tanques de gas natural licuado (con una autonomía para unas 400 millas navegando

a gas, y una autonomía total de 1.000 millas). Además, el *Margarita Salas* dispone de un sistema de estabilización para reducir el movimiento y mejorar el confort, así como una superestructura flotante elásticamente y aislamientos de alta tecnología para minimizar las vibraciones y ruidos. También cuenta con sistema OPS (Onshore Power Supply) para la conexión eléctrica a tierra durante sus estancias en puerto y equipos de medición para monitorizar el consumo real de combustible o calcular la eficiencia de los motores, entre otras funcionalidades. Estos sensores proporcionan información a tiempo real para poder navegar de forma

eficiente, así como ajustar la velocidad y el rumbo para incrementar el confort según el estado del mar.

En la construcción de este catamarán pionero en sostenibilidad han participado destacados colaboradores líderes en sus campos, tanto internacionales (Wärstilä, Incat Crowther, Bureau Veritas o Marintek-Sintef), como nacionales (Cotenaval, Oliver Design y Jorge Belloch), y ha contado con la financiación de CaixaBank y la participación de los Fondos Next Generation de la Unión Europea, dentro del Mecanismo para la Recuperación y la Resiliencia (MRR).

El pabellón español, incluido en el programa QUALSHIP 21 de la USCG

El metanero *Seapeak Hispania* es uno de los buques que está incluido en el programa QUALSHIP 21 y enarbola el pabellón español.

ANAVE, informaba recientemente que la Guardia Costera de los Estados Unidos (United States Coast Guard, USCG) ha incluido el pabellón español dentro de su programa 'Transporte Marítimo de Calidad para el siglo XXI' (Quality Shipping for the 21st Century, QUALSHIP 21) cuyo objetivo es detectar y premiar a aquellos buques que muestran un alto compromiso con la seguridad mediante un cumplimiento exigente de las normas internacionales y estadounidenses aplicables.



Solo los buques que enarbolen alguno de los 21 pabellones incluidos en la lista pueden optar al certificado Qualship21. Los requisitos del programa, tanto para las administraciones de bandera como para los buques, son sumamente estrictos y solo un pequeño porcentaje de los buques de pabellón extranjero que operan en EE.UU. llegan a obtener la

designación QUALSHIP 21. A 31 de diciembre de 2023, este programa incluía 5.066 buques.

Un total de seis administraciones de bandera previamente calificadas perdieron su elegibilidad para QUALSHIP 21 durante 2023, aunque los buques pertenecientes a dichos pabellones que estén actualmente inscritos en el programa seguirán en él hasta que ex-

piren sus certificados QUALSHIP 21. Además de España, los pabellones que han obtenido la calificación QUALSHIP 21 para el periodo entre julio de 2024 y junio de 2025 son: Arabia Saudí, Barbados, Bélgica, Bermuda, Canadá, Islas Caimán, Dinamarca, Francia, Grecia, Hong Kong, Isla de Man, Jamaica, Japón, Liberia, Malta, Islas Marshall, Noruega, Países Bajos, Reino Unido y Singapur.

Presentación oficial del *Heroínas de Sálvora*

A principios de julio, tuvo lugar la presentación oficial en Las Palmas de Gran Canaria, la presentación del buque más grande, moderno y versátil de la flota de Salvamento Marítimo: *Heroínas de Sálvora*.

Se han invertido 53,6 M€. Construcción cien por cien nacional, responsabilidad que recayó en el astillero Zamakona en Santurtzi. Tiene 82,35 metros de eslora, 18 m de manga, con un tonelaje bruto de 3.996 toneladas y una potencia instalada de 14.860 kW.

Es el primer buque civil de salvamento del mundo diseñado específicamente para operar con drones y cuenta con tecnología en consumo energético ECO para reducir las emisiones. Es un buque polivalente que engloba las funciones que tiene encomendadas SASEMAR: la búsqueda y el rescate en naufragios, el remolque de embarcaciones averiadas, la extinción de incendios en los buques o la lucha contra vertidos contaminantes en la mar.

En este sentido, el *Heroínas de Sálvora* se suma a la flota que hoy opera en Canarias: 10 embarcaciones de rescate tipo Salvamar

y 4 patrulleras de salvamento tipo Guardamar, de las 5 con las que contamos en toda España.

El *Heroínas de Sálvora* tendrá su base en el centro de coordinación de Las Palmas, que está previsto que se traslade en septiembre a unas nuevas y modernas instalaciones para seguir realizando la vigilancia de la mar y el control de buques.

Para trabajar con los drones, esta nueva embarcación incluye una cubierta de vuelo para drones de hasta 9 metros y un hangar. El buque cuenta con propulsión diésel eléctrica y conexión eléctrica a puerto para reducir las emisiones de su actividad.

Su tripulación la componen 16 personas y dispone de una zona de habitación con capacidad para otros 24 técnicos para cuando actúe como base en operaciones especiales. Además, cuenta con 14 modos de operación en propulsión diésel-eléctrica; catalizadores para reducir óxidos de nitrógeno; planta de tratamiento del agua de lastre (que estabiliza el buque); climatización con gas refrigerante de baja emisión y conexión eléctrica a puerto.

BUQUE POLIVALENTE HEROÍNAS DE SÁLVORA

Primer buque de Salvamento Marítimo preparado para operar con drones



PLANTA PROPULSORA DIESEL-ELÉCTRICA ECO



COMBINA
FUENTES



REDUCE COSTOS
E IMPACTO

33-38% total

15%
Horas de
funcionamiento
de motores



30%
Operaciones de
funcionamiento
dinámico



ISAR 801

Peso máximo: 200 kg
Autonomía: 4,5 h
Alcance: 150 km
Velocidad de crucero: 55 nudos

Sensores

PT-ADN: motor de disco con detección y alertificación
TRAMIA TC-300: cámara microscópica e infrarroja
Kit de cámaras SENSIA: para detección de contaminantes peligrosos
Sofifer Aerotendo BH-12: para detectar los desbordamientos de los barcos
Carga H2O2: generador de cloro capaz de transportar 1000 kg de cloro sin diluir
Radar marítimo
Receptor AIS



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Estilo: 82 m
Motor: 18 m
GT (tonelaje bruto): 3.966 toneladas
N.T (tonelaje neto): 1.190 toneladas
Capacidad: 16 personas (tripulación) 24 técnicos
Tiro a punto fijo: 213 toneladas
Potencia instalada: 14.860 kW
Velocidad máxima: 17,6 nudos
Funciones: remolque, rescates, anticontaminación, contraincendios o misiones de apoyo con personal externo de operaciones especiales



PUENTE DE MANDO

- Posicionamiento dinámico DP2
- Sistema de mejora de comportamiento en la mar (tránsito pasivo)
- Comidas multifunción
- Comunicación

Fuente: SALVAMENTO MARÍTIMO, informe de INFORMACIÓN, DISEÑO Y COMUNICACIÓN





La fluidez de la situación y las decisiones



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).

Académico de Número de la Real Academia de la mar.

Ex Presidente Comité Asuntos Marítimos IIE.

Introducción

En la Coyuntura del número anterior de Ingeniería Naval se pasó revista, por un lado, a la historia en datos de la industria de la construcción naval en el mundo desde hace prácticamente un siglo.

Así mismo, se presentaron datos contrastados de la evolución del transporte marítimo en el cuarto de siglo que estamos muy cerca de terminar. De hecho, se adelantaban las previsiones hasta 2025, para cerrarlo.

En esta entrega que hoy está en las manos de los lectores se recorren los perfiles de las flotas según los tipos de barcos, con números reales hasta el año pasado, 2023, introduciendo también otras variables que pueden servir para comparaciones, como el producto interior bruto mundial, la evolución de los desguaces a lo largo del periodo, y la tasa anual compuesta de crecimiento durante ese mismo periodo CAGR de cada tipo de flota.

En primer lugar, el autor se disculpa por el uso de distintas unidades en cada cuadro, tales como: toneladas de registro bruto, toneladas de peso muerto, número de buques, toneladas-milla, porque son seguramente las que pueden dar una idea más cabal de lo que estamos hablando en términos comparativos, además de haber sufrido pocas modificaciones conceptuales a lo largo de los cien años que estamos a punto de cumplir.

Por ejemplo, no se utilizan las toneladas de registro bruto compensadas, cgt, porque tales medidas no existían al comienzo del periodo estudiado, y su concepto siempre ha sido controvertido en tanto en cuanto las horas de trabajo invertidas en la construcción de un buque no reflejan, de hecho y cada vez menos, el valor de esa construcción, tanto desde el punto de vista económico como tecnológico y la importancia de los medios utilizados.

Dicho esto, y mientras no se llegue a un nuevo acuerdo dentro da la OCDE sobre la manera de medir para comparar en el ámbito internacional, las cargas de trabajo de los astilleros, se seguirá utilizando la cgt.

Una de las intenciones del autor, al haber introducido estas informaciones estadísticas en el número anterior de la Coyuntura y en éste, ha sido proporcionar al lector que esté interesado, una información “histórica” del sector marítimo que le permita acceder rápidamente a datos que puedan servir para sus valoraciones o trabajos. Otra intención ha sido, evidentemente, complementar para un lapso grande de tiempo, las informaciones de datos que se publican en cada número de esta revista realizadas por la Coyuntura.

Posiblemente, en la época convulsa que estamos viviendo, en la que el escenario se muestra particularmente inestable, parece indicado detenerse un momento y tratar de entender, o al menos intentarlo, las diversas estrategias que los protagonistas del mundo marítimo arman o dicen armar para “navegar” con cierto éxito sobre mares de preguntas para las que las respuestas parecen, de alguna manera, más arriesgadas que nunca.

Estos escenarios no son exclusivos, obviamente, del sector marítimo en el mundo; se producen en otros muchos sectores, pero la globalización ha sido un factor determinante para el sector marítimo haya cobrado una mayor importancia.

Mientras unos piensan que es el momento oportuno para encargar nuevos buques y aumentar su oferta de transporte, con independencia de que la situación mundial pueda volver a la tranquilidad anterior y de la subida de precios de las nuevas construcciones, a los

que consideran que las carteras de pedidos están ya lo suficientemente llenas y prefieren esperar, pero poco, y ver qué es lo que va sucediendo.

Es el segmento de los buques portacontenedores, el más sensibilizado respecto a estos posicionamientos. Si observamos en las tablas adjuntas la evolución de los desguaces, vemos que muestra una disminución sensible en el pasado más próximo, tanto en número de buques como en el tonelaje bruto dado de baja, lo que parece indicar que la decisión de no “lanzarse a la mar” por parte de algunos armadores con respecto a sus estrategias de tirar cohetes, pero no demasiados, es decir, la más conservadora, pudiera tener su razón de ser.

La entrada en vigor paulatina de nuevas reglas de la OMI, y el posicionamiento más o menos cauto respecto a la reducción de emisiones de CO₂ tiene que ver con la toma de decisiones en cuanto a “cuando tirarse a la piscina.”

Podemos observar en la última columna, que la tasa compuesta de crecimiento CAGR desde 2010, del total de la flota mundial es mayor que dicha tasa aplicada al crecimiento de las entregas, exactamente 4,4 frente a 3,3. Como se puede observar en la línea de totales de la tabla, el tonelaje de la flota mundial casi se ha duplicado desde el año 2010, mientras el número de buques ha crecido bastante menos. El tonelaje de los buques de la flota que más ha crecido (por encima de la media) en el periodo de tiempo estudiado ha sido, y por este orden, el de los buques gaseros, los bulkcarriers y el de los portacontenedores, y en cuanto a capacidad se puede comprobar que los buques de transporte de gas natural licuado GNL, son los que más han aumentado su capacidad media unitaria.

Son, en cambio, los buques multipropósito,

los de carga general y los calificados como “no de carga” los que constituyen las flotas de menor crecimiento.

Un nivel intermedio, pero por debajo del crecimiento medio, lo constituye la flota de buques de graneles líquidos: crudo, productos derivados del petróleo y productos químicos.

La flota y el crecimiento económico

Es interesante observar también la inercia con la que se comporta el transporte marítimo en general y su repercusión en la flota.

Como se refleja en la tabla, el crecimiento económico mundial fue negativo en el año 2020 (en el periodo estudiado, fuertemente influido por la pandemia del Covid 19). No hay retrocesos en la capacidad de la flota, acusándose sólo una cierta debilidad o estancamiento en los tres tipos antes citados como de menor crecimiento.

Todo lo anterior indica la tradicional estabilidad del transporte marítimo desde un análisis “macro” de la situación, pero con cambios en el escenario mundial que se han estado manteniendo en una franja de cierta estabilidad. Lo que está pasando en los últimos años del periodo, indica también que en épocas de crecimiento económico mundial moderado y también mantenido (con la excepción de los años 2009 y 2020) es que la industria de la construcción naval en el mundo ha conservado su capacidad física industrial en general, fiando su oferta en la incorporación de nuevas tecnologías, en la serialización de la demanda, y en la consecuente reducción de los plazos de entrega. Conviene barajar, sin embargo, que esa constancia que está fijando la franja de entregas en tres años y más, pudiera no prolongarse si las decisiones de los armadores más importantes, especialmente en los segmen-



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 ₂ / cápita	Defensa % PIB
España	2,4	2,4	48,6	-3,5	106,3	3	11,7	3,3	0,94	1.695	1,4	2.064	4,3	1,5
Eurozona	0,4	1	448,4	-3	85,1	2,4	6,4	2,5	0,94	1.513	2,1	1.093	5,4	1,2
Francia	1,3	1,1	68,4	-4,9	111	2,7	7,3	3,1	0,94	1.402	2,2	3.137	4	1,9
Alemania	-0,2	0,2	84,7	-1,5	69,6	2,4	3,2	2,5	0,94	1.322	3,1	4.094	7,3	1,4
Italia	0,7	1	56	-5,4	151	1,5	6,9	4	0,94	1.657	1,4	2.233	4,7	1,7
Irlanda	0,5	1,7	5,3	-2,7	44,3	2,2	4,2	4	0,94	1.772	1,1	3.241	6,8	0,2
Noruega	-0,8	1	5,7	12	37,4	3,3	3,9	3,7	10	1.424	2,1	5.847	6,7	1,6
Polonia	2	2,9	37,9	-5,2	49,3	3,8	5,1	5,8	4,04	2.023	1,5	2.430	7,4	2,4
R. Unido	0,2	0,4	69,5	-4,2	107	2,6	4,4	4,1	0,79	1.676	2,9	5.460	4,6	2,2
Rusia	5,4	2,7	143,4	-1,6	17	7,1	2,6	15	88,7	1.874	nd	1.400	12,1	4,1
EE. UU.	2,9	2,2	341,4	-6,3	129	3	4	4,3	1	1.783	3,4	3.600	13	3,5
China	5,3	4,7	1.425,5	-4,8	71,5	1	5	2	7,27	2.174	2,4	1.820	7,8	1,6
Japón	-0,1	1,3	126	-4,8	262,5	2,4	2,6	1	161	1.712	3,3	2.808	8	1,1
India	7,8	6,6	1.435,20	-5,3	84,2	4,8	8,1	7	83,6	2.117	nd	1.454	1,6	2,4
Corea Sur	3,1	2,7	51,5	-1,6	51,3	2,6	3	3,3	1.389	2.113	4,9	3.122	11	2,7

Fin junio 2024

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

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

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	2424*
Tamaño medio en tpmx1.000		36	37	37	37	38	39	39	39	40*
Cartera mundial NC % Flota	17	17	11	10,3	8,8	10	10,8	10	12	12*
Traf mar. mund. Mt-milla	51.113	52.775	53.361	56.996	57.399	56.993	58.365	59.055	65.358	70780*
Traf. mar. mundial Mt	10.023	10.295	10.716	11.019	11.071	10.648	11.063	12.119	12.410	12906*
Cartera Mundial NC. Mcgt	110	89	83	85	82	8	24	120,9	126	131*
Entregas NNCC en Mcgt	39	37	35	33	35	30	45,3	34,2	35	36*
Peroleo Brent \$/barril	36,7	55,2	68,7	62,7	69,3	83,5	77,8	84,86	82,4	84
Comb Ifo-380 \$/t (Rott)	162	213	370	367	251	450	458	418	449	585
Comb MGO/VLSFO \$/t	335	383	593	544	567/502	687/580	697	535	640/582	680/930
Metanol \$/t Verde/gris										770/361
LNG \$/MMBTU. H.Hub	1,93	3	3,12	2,73	2,33	5,08	5,05	3	6	2
Acero plancha. \$/t (Ch)	420	460	580	600	580	850	750	905	900	685
PIOB Mundial 2024* M\$	74.954	76.153	80.823	85.883	87.390	84.971	94.935	103.860	105.568	111.670
Emisiones CO ₂ % Total mund.					2,3	2,2	2,5	3	2,3	2,3

junio 2024

Emisiones CO₂ del transporte marítimo totales en 2022: 855 millones de toneladas

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

Acero: ASTM A 131 Grade B 20/25 mm Asia. Comb: Ship & bunker.com marine methanol

(*) Estimación. Fechas: Se entiende fin de año o de mes

tos de buques portacontenedores y gaseros manifestaran intenciones de crecer, y algunos astilleros decidieran entonces expandir también su capacidad.

Hay también que tener en cuenta que parece incuestionable el aumento del tamaño medio de los buques más solicitados y que los astilleros necesitarían en su caso diques

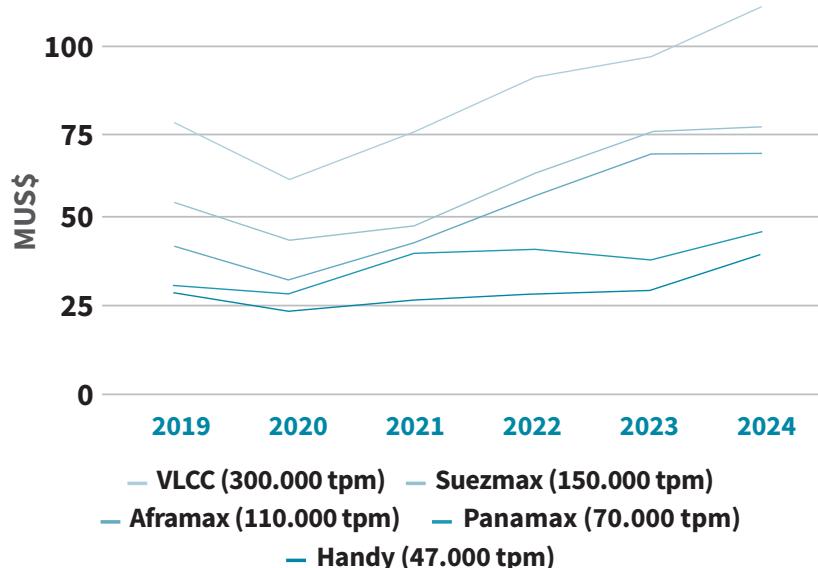


figura 1a.
Precios petroleros
segunda mano

may-24

Fuente: ATHREP, Baltic Exchange.
Fearnleys O. Repor, Clarkson,
OCDE, ITF

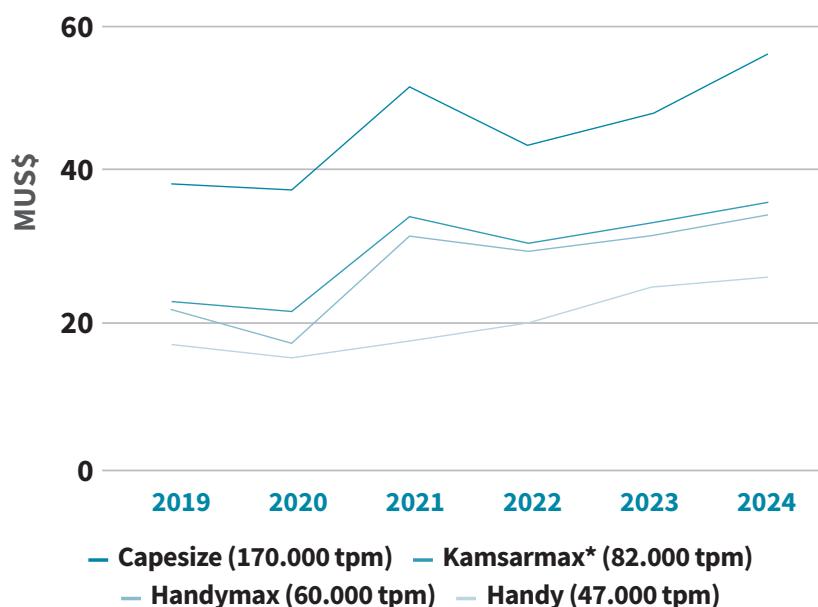


figura 1b.
Precios graneleros
segunda mano

may-24

Fuente: ATHREP, Baltic Exchange.
Fearnleys O. Repor, Clarkson,
OCDE, ITF

Mes	ene	feb	mar	abril	mayo	junio	Total
Petroleros	30	29	23	21	19	26	148
Graneleros	46	65	61	52	53	40	317
Gaseros	4	2	2	6	2	10	26
Contenedores	5	9	8	15	12	8	57
Multipropósitos	0	1	0	0	0	0	1
Frigoríficos	0	0	0	0	0	0	0
Ro-ro	2	8	7	3	5	0	25
Ferry	0	0	0	0	2	0	2
Cruceros	2	1	0	2	0	0	5
Totales	89	115	101	99	93	84	581

NOTA: Cifras, n.º buques al final de cada mes. Se excluyen ventas por desguace
Fuentes: Athenian SB

figura 1c.
Mercado de
compra/venta de buques

may-24

Fuente: ATHREP, Baltic Exchange.
Fearnleys O. Repor, Clarkson,
OCDE, ITF

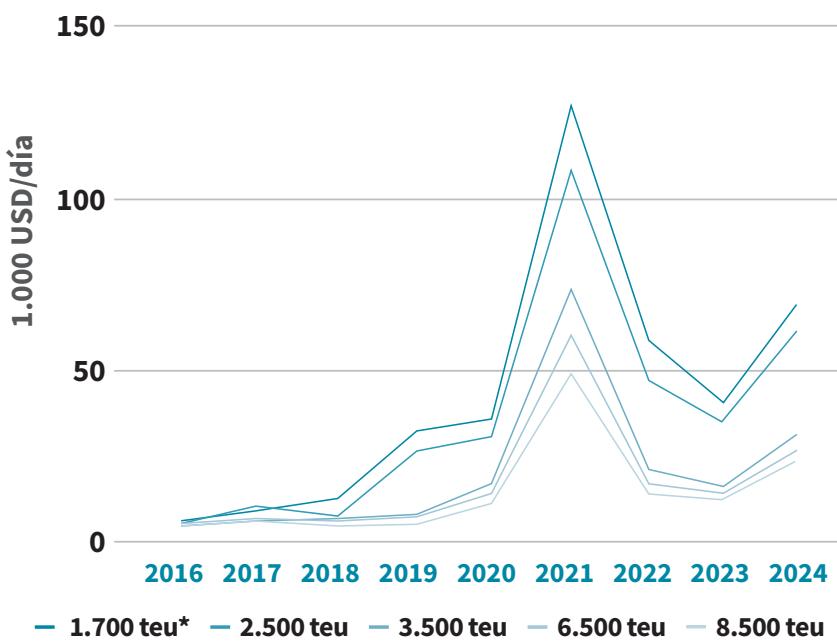


figura 2.
Portacontenedores.
T/C a 1 año
en 1.000 USD
jul-24
Fuente: Harper Petersen



Tabla 1. Precios de nuevas construcciones en MUS\$

	2019	2020	2021	2022	2023	2024
PETROLEROS						
VLCC (300.000 tpm)	92	86	109	121	124	130
Suezmax (150.000 tpm)	61	56	76	84	82	88
Aframax (110.000 tpm)	48	47	61	64	66	74
Panamax (70.000 tpm)	45	41	36	42,5	54	55
Handy (47.000 tpm)	36	34	33	33	52	51
GRANELEROS						
Capesize (170.000 tpm)	50	46,5	60	61	67	76
Kamsarmax*(82.000 tpm)	27	26	33	34	38	37
Handymax (60.000 tpm)	25	24	30	31	35	33
Handy (35.000 tpm)	23	23	28	28	32	30
PORTACONTENEDORES						
1.000 teu	19	18,5	18,5	16,7	23	24
3.500 teu	40	40	50	32	27	29
6.700 teu**	72	72	72	66	42	44
8.800 teu***	89	88	95	81	86	113
13.000 teu****	109	108	140	112	126	145
20.000 teu	145	144	182	150	190/240**	242
GASEROS						
LNG 174.000 m ³)*	186	186	208	260	260	264
LPG 82.000 m ³	71	71	82	76	69	124 #
CAR CARRIER						
3.500-4.000 / 6.500 ceu	59	59	67	68,5	68,5	68,5
2.300-1.700	48	47,6				
MULTIPROPÓSITOS						
17.200 tpm	25	21,5	21,5	22	22	22

LNG: antes 160.000 m³. (*) Antes 70.000 (**) Antes 6200. (*** Antes 8000. (****) Antes 12000. (Antes 20.000 teu). Fuente: ATHREP, Baltic Exchange, Fearnleys, Clarkson, OCDE, ITF. LPG #: LPG/amoníaco. may-24. Fearnleys O. Report. Athenian R 11/2022. R.3/24. (**) Metanol

de construcción mayores con fuertes inversiones y los riesgos que ellas añaden en una situación general inestable. Como sabemos, en Europa existen algunos de esos diques, inutilizados pero utilizables; situación explicada repetidas veces.

Además, la industria naval coreana y japonesa atraviesan, según sus propias manifestaciones, una cierta sequía desde el lado de los recursos humanos, lo que daría aún más fuerza al protagonismo a la industria china, que reforzaría su actual liderazgo. Tampoco es desdeñable la influencia que en todo esto puede tener el aumento forzado por la situación mundial, de la inversión en las

respectivas industrias navales militares. Las predicciones de crecimiento del PIB mundial para los años 2024 y 2025 arrojan las cifras de 3,2 en ambos años, menores que el promedio de 3,8, de lo que va de siglo, y tras la caída desde el 6,23 que se produjo en 2021. Puede resultar, sin embargo, relevante que tanto las toneladas por vía marítima como el cómputo de toneladas-milla haya crecido y se mantenga la previsión de crecimiento para este año y el próximo^A.

Desde 2023, el número de toneladas-milla ha superado el doble de las que se dieron en el año 2000. Probablemente, y dada la tendencia del crecimiento económico mundial,

Evolución de la flota mercante mundial por tipos de buques 2010-2023

Evolución desgloses totales

AÑOS	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	CAGR
Nº / Millones GT	1.309 /28.74	1.600 /33.82	1.743 /59.15	1.453 /47.49	1.225 /34.13	1.003 /39.43	1.082 /45.12	1.023 /35.92	845 /30.82	617 /17.78	646 /24.80	785 /23.27	436 /11.24		

Evolución BIB mundial %

Años	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	CAGR
Evolución PIB	4,5	3,3	2,7	2,9	3,1	3,1	2,8	3,5	3,3	2,6	2,9	6,3	3,1	3,2	

NOTAS: Precio del petróleo US\$ de 2021
Buques no de carga: Combos, Ro-Ro, PCC, Frigoríficos, Pasaje y Cruceros, Offshore, Dragas, y Remolcadores
Fuentes: Shipping review, 2023, Clarksons research, Fondo Monetario Internacional, Athenian Shipbrokers, Shipbuilders Association of Japan

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

Tipo	1 / 2 Año		1 Año		2 Años	
	Atlant	Pacific	Atlant	Pacific	Atlan	Pacific
Capesize	40	28	30	24	28,5	23
Pan/kmax	21,5	16	16,8	16	16	15,7
Sup/Ultra max	16	16,5	15,5	15,2	16	14,8
Handy	13	14,5	13	14,8	11,8	13,8
Fin junio 2024						
Capesize	24	24	24	24	23	23
Pan/kmax	21	17	17	16,5	16	15,7
Sup/Ultramax	18	17,5	17	16,5	16,2	15
Handy	12,5	16,2	12,2	15,5	12	14
Fin mayo 2024						

Fuentes: Alibra SL, At. Sbrokers, Elab Propia

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

Tipo	Spot	1 Año	3 Años	5 Años
VLCC	26	47,5	54,5	49
Smax	49	45	45,5	42,5
Aframax	51	50	43,5	37,5
LR 2		51,5	44,5	38,5
LR1		39	33	31
MR IMO 3		30	29	25,5
Handy		28	24	22
Fin junio 2024				
VLCC	38	48,5	53,5	48,5
Smax	48	46	44,5	41,5
Aframax	49	50	43,5	38,5
LR 2		52,5	44,5	39,5
LR 1		40	33	31
MR IMO 3		31	28	25
Handy		29	24	22
Fin mayo 2024				

NOTA : Para 3 y 5 años buques con Scrubber. (*) Oriente medio >> Occidente. Fuente: Alibra SL, ATBS, Fearnleys

Fletes buques gaseros

Año 2024 abril	2021	2022	2023	2024
LPG 82.000 spot. Butano Mar del Norte. US\$/t	426	557	500*	493
LNG 160.000.Spot Oeste Suez. 1.000 US\$/día	150	200	95	65
LNG 160.000 TC 1 Año. 1.000 US\$/Día	47	184	67,5	61

(*) Butano. Fines de año o del mes indicado

ha sido la prolongación de las rutas por la crisis en el Mar Rojo, la que ha dado lugar a este aumento en los dos últimos años, aún reconociendo que las esperanzas de crecimiento económico, eran mayores. Volviendo a las

predicciones. La mayoría de las entidades internacionales involucradas en ellas, apuestan porque en el año 2030, el crecimiento económico mundial sería del 2,8 %, también por debajo de la media antes mencionada.

Así pues, según lo anterior, la curva que representa al valor de la economía mundial, está cada vez más cerca de su asintota (suponiendo que esta exista, lo que es claramente incierto).

Es por esto, por lo que las instituciones económicas, en sus recomendaciones, predicen más por el aumento de la productividad que por la expansión, lo cual puede impulsar más el comercio (los plazos) y, por tanto, provocar que la necesidad del transporte marítimo aumente dependiendo también de los cambios de rutas, sean estos por razones de inestabilidad en las rutas tradicionales, como por el establecimiento de rutas "verdes", por reducciones sensibles en la velocidad de navegación, o por otras causas invaluables en las predicciones que se puedan hacer.

En cualquier caso, todo parece indicar que el trabajo de nuevas construcciones de buques mercantes, y consecuentemente del tamaño de la flota mundial, contempla un horizonte moderadamente positivo, aunque las estrategias de los grandes armadores, especialmente de buques portacontenedores, puedan alterar las de las industrias de la construcción naval en el mundo en lo que respecta a incrementar su capacidad física, lo cual, dadas las capacidades inactivas en zonas como la europea, daría lugar, especialmente en el caso de China, a un poderío casi absoluto en esta actividad industrial y estratégica.

La "contribución" europea al estado del arte

Cuando se habla actualmente de la distribución de fuerzas en la industria de la construcción naval mundial, se olvida, seguramente, para alejar los remordimientos propios o, quizás para practicar ese recurrente dogma de que aquello de lo que no se habla hace

tiempo es porque ya no existe como problema. No se va a escribir aquí del problema, porque ya se ha hecho repetidamente en entregas recientes y no tan recientes.

Puede ser que, en el fondo, la Unión Europea piense que en el caso de fragmentación de los mercados como resultado de posibles "autarquías de bloques", producto de nuevas guerras frías económicas y comerciales en las que Europa se encuentre más sola que en ocasiones anteriores o fuera de los dos grandes bloques que se perfilan en el horizonte temporal en Asia, por un lado, y en América del Norte por otro; nada muy grave sucederá porque los buques registrados en una galaxia de banderas de conveniencia, que la proveen de lo que necesita y la ayudan a exportar seguirán navegando como si no pasara nada y atracando, cargando, descargando y avituallándose en puertos apolíticos situados en tierra de nadie.

Como se ha dicho, este "puede ser" tendría cierta clientela creyente, si no fuera porque ya, de la herramienta mayoritaria del transporte y el comercio, Europa sólo fabrica^B menos del 3,6 % cuando en el año 2000 era el 15 % y en 1975, el 42 %.

Los portacontenedores

Diversos actores importantes del negocio del transporte marítimo mantienen, o dicen, mantener filosofías distintas con respecto a sus estrategias a largo plazo.

Donde la toma de posiciones parece más polémica es en el campo de las flotas de contenedores, respecto de las cuales se baraja como dato indispensable para invertir o no en más buques, la evolución de los conflictos bélicos y terroristas en el mundo, que de hecho han tirado de la demanda de tal manera que vamos a muy buena marcha en 2024, de manera que las estimaciones para este año,

hechas en junio del mismo anticipan un crecimiento de la demanda de alrededor del 15% (en teus), superior en 4 puntos al conjunto de las entregas.

La situación se debe fundamentalmente al alargamiento de las rutas y los tiempos de navegación por las causas disruptivas antes mencionadas. Sin embargo, hay que ser cauto, como veremos más adelante.

La pregunta que todo el mundo se hace, y no sólo desde el punto de vista marítimo, es si se volverá a una situación “normal” como la que existía antes de que se desencadenaran los conflictos, o si esta situación se prolongará o se modificará a peor por la inestabilidad política reinante.

Nos fijaremos más en el mercado del transporte marítimo de contenedores, cuya demanda de capacidad parece encarar unos pronósticos para 2025 menos optimistas que los que se han hecho para 2024^c.

Partiendo de la idea de que la situación en el mar Rojo se puede normalizar en 2025, la demanda puede variar de la manera siguiente: Crecimiento demanda trimestral 2024 y 2025, en base anual:

- | | |
|---------------------|------------------|
| • 2024/1.....19,3 % | 2025/1.....5,4 % |
| • 2024/2.....17,5 % | 2025/2.....5,9 % |
| • 2024/3.....12,0 % | 2025/3.....4,6 % |
| • 2024/4.....11,7 % | 2024/4.....3,4 % |

La situación inestable al sur del mar Rojo está teniendo también su influencia en la evolución de los desguaces, no sólo en el campo de los buques portacontenedores, sino en general. Basta observar la línea que corresponde en la tabla sobre la evolución general de la flota, para ver que el impacto de las dificultades actuales en la flota activa. En el segmento de los portacontenedores se ha pasado de entregas de nuevas construc-

ciones por capacidad de 2,3 Mteu y 200.000 teu en desguace en 2023, a 2,8 y 100.000 millones respectivamente como previsión en 2024. Basándose en la ¿ posible? mejora de la situación en el mar Rojo, las cifras pronosticadas para 2025 son de 2 millones y 300.000 teu respectivamente, lo que significaría un mayor crecimiento de esta flota.

De acuerdo con las fuentes utilizadas^D, la capacidad de la flota (28 Mteu al final de 2023) crecerá aproximadamente en un 4,2%, durante los años 2024 y 2025, y se establecería una relación entre la cartera de pedidos y la flota activa de aproximadamente un 20%. El segmento que más contribuiría al aumento de la flota, es el de los buques con capacidad comprendida entre 12.000 y 17.000 teu que probablemente marcará tendencia en el futuro.

Una de las cuestiones a considerar cuando uno se sumerge en estas estadísticas prospectivas, es la influencia que puede tener la velocidad de navegación, no sólo en los tiempos y en los consumos, todo ello de marcada importancia en el segmento de buques del que hablamos. En otoño de 2022, la velocidad media compensada de esta flota era de 15,2 nudos/teu, y en un breve lapso de tiempo cayó a 14,1 (aproximadamente tres meses), explicada por razones de reducción de emisiones y de gastos de combustible.

Los ataques de los terroristas hutíes empezaron en octubre de 2023 produjeron el cambio de las rutas comprometidas, que se vieron obligadas a transitar frente al cabo de Buena Esperanza y a aumentar las velocidades para acortar en la medida de lo posible los retrasos causados por la nueva situación.

La previsión actual^E es que, durante 2025, esas velocidades medias, que a mediados de 2024 estaban en 14,8 nudos, caigan hasta 14,4 nudos, partiendo, claro está, de una

recuperación de la normalidad en el mar Rojo y el paso por Suez, lo que está por ver, visto desde julio de 2024.

Los tráficos

Respecto a los movimientos del mercado en lo que llevamos de 2024 más las previsiones calculadas por lo que resta de año, exponemos a continuación los datos de la evolución del transporte marítimo llevado a cabo por buques portacontenedores medido en millones de teu y la variación en porcentaje según la geografía de esos tráficos^F:

• Zona	Mteu	Δ %
• Intra-Asia	63	4
• Norte-Sur	35	4
• Lejano Oriente-US	26	6
• Lejano Oriente-Europa	12	2
• Europa -US	5	7
• Otros	54	4

Tanto los analistas como los propios operadores predicen un exceso de oferta de transporte durante la segunda mitad de 2024 que acelerará los desguaces, ya que sólo aproximadamente el 63 % de los buques de la flota a principios no estaban dotados de motores duales, eco o dotados de scrubbers. Dependiendo de las decisiones que se tomen, los niveles de fletes podrían caer en los próximos meses.

Esto afectará también al mercado de segunda mano en función de la reposición de buques desguazados por otros buques de la flota mejor preparados, procedentes de armadores que vayan a disponer de entregas cercanas. Otro de los efectos a considerar será la cantidad de buques sometidos simultáneamente a la readaptación de su propulsión, o la instalación scrubbers.

Otro asunto que planea sobre las decisiones que se puedan tomar a largo plazo es el progreso en el desarrollo de los sistemas de “secuestro” de CO₂ y las posibilidades de comercialización del mismo. Todo lo comentado en los últimos párrafos afecta también a otros tipos de buques distintos de los portacontenedores.

Bibliografía

- [A] Fuente: Coyuntura junio, José-Esteban Pérez. Ingeniería Naval junio 2024
- [B] Ver Coyuntura da Ingeniería Naval de junio 2024.
- [C] Fuente: BIMCO; Danish Ship Finance
- [D] Fuentes: Clarksons Research/ BIMCO
- [E] Fuente: Clarksons Research
- [F] Fuente: Danish Ship Finance; Clarkson Research: elab. Propia

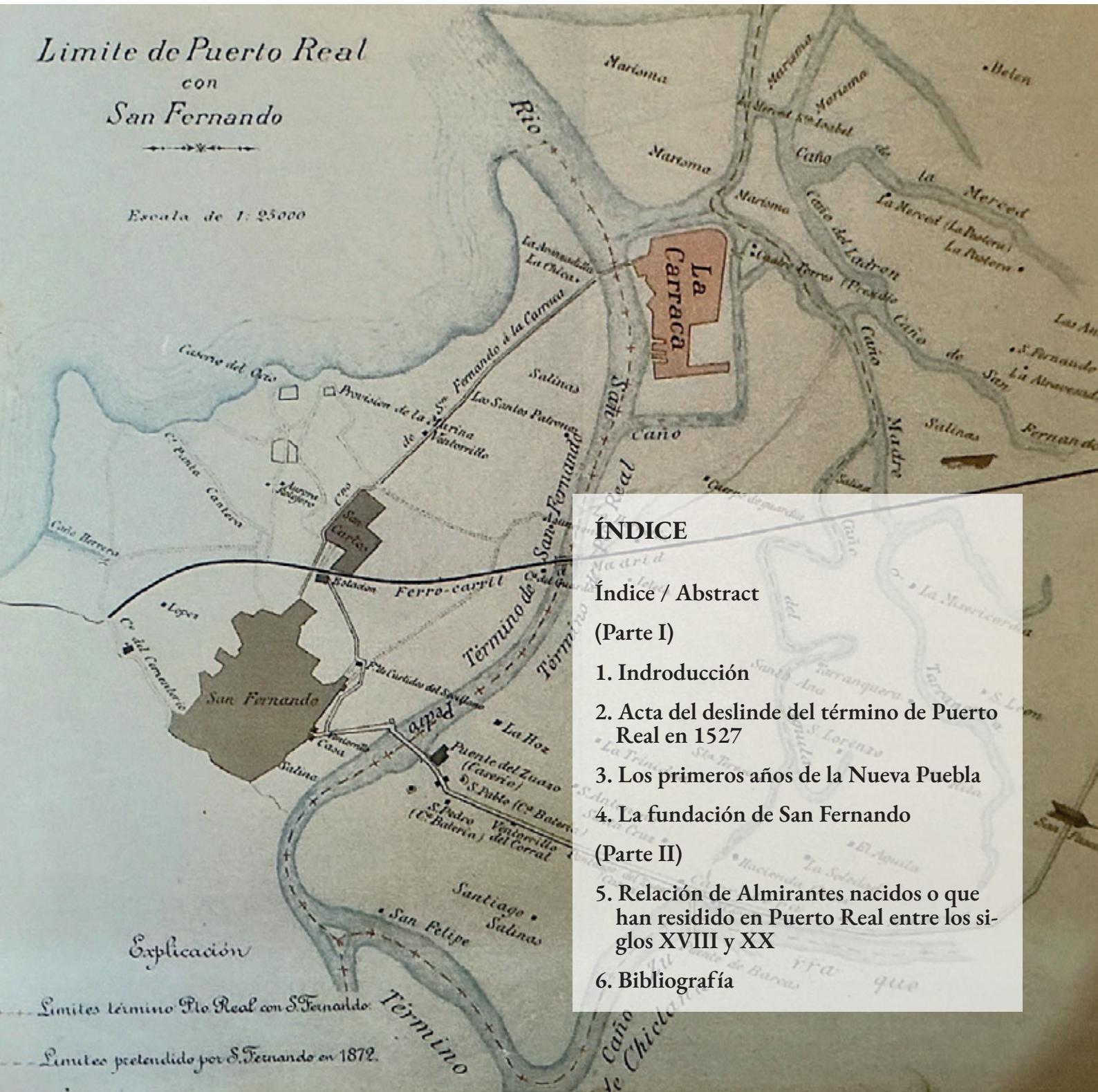
Cualquier consideración u opinión expresadas en este artículo corresponden exclusivamente a su autor y no representan necesariamente a los de la revista Ingeniería Naval. Ambos no serán responsables de ningún tipo de daño de cualquier naturaleza que puedan reclamar terceras partes por el uso de la información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

La Segregación del arsenal de La Carraca e Isla Verde de Puerto Real a San Fernando. (Parte I)



FRANCISCO PÉREZ AGUILAR

Ateneo literario, de artes y ciencias de puerto real



ÍNDICE

Índice / Abstract

(Parte I)

1. Introducción
 2. Acta del deslinde del término de Puerto Real en 1527
 3. Los primeros años de la Nueva Puebla
 4. La fundación de San Fernando
(Parte II)
 5. Relación de Almirantes nacidos o que han residido en Puerto Real entre los siglos XVIII y XX
 6. Bibliografía



RESUMEN

El 23 de agosto de 1924 se publicó en la Gaceta de Madrid —después de haber tenido efecto— la afrenta más alevosa que jamás haya sufrido la Real Villa de Puerto Real a lo largo de toda su historia: la segregación de su término municipal, para unirlo al de San Fernando, de los territorios donde se emplazan el Arsenal de La Carraca e Isla Verde.

Es obvio, que los estragos causados en 1702 y 1823 por las invasiones de la potente escuadra angloholandesa y el ejército galo al mando del Duque de Angulema, así como las cuantiosas pérdidas de vidas humanas durante la Guerra Civil Española de 1936-

1939, tuvieron un efecto desolador, pero el tiempo pasa y Puerto Real se ha recuperado siendo hoy una ciudad emergente con un futuro prometedor. Sin embargo, el Arsenal e Isla Verde permanecen y permanecerán para siempre en territorio isleño.

Valga este artículo para rememorar el primer centenario de tan oscuro episodio de nuestra reciente historia.

PALABRAS CLAVES

Arsenal, Isla Verde, afrenta, segregación.

The segregation of the La Carraca Arsenal and Green Island from Puerto Real to San Fernando.

ABSTRACT

On August 23, 1924, the most treacherous affront that the Royal Villa of Puerto Real has ever had to suffer throughout its history was published in the Madrid Gazette: the segregation of its municipal area, to join it with that of San Fernando the territory where the Arsenal of La Carraca and Green Island was located.

It is obvious that the damage caused in 1702 and 1823 by the invasions of the powerful Anglo-Dutch fleet and the powerful French army under the command of the Duke of Angoulême, as well as the numerous losses of human lives during the Spanish Civil War of 1936-1939, had a desolate effect, but time passes and Puerto Real has recovered and is today an emerging city with a promising future. However, La Carraca Arsenal and Green Island remain and will remain forever in San Fernando territory.

This article is worth remembering the first centenary of such a dark passage in our recent history.

KEYWORDS

Arsenal, Green Island, affront, segregation.

1. INTRODUCCIÓN

Entre 1248 y 1251 el rey castellano leonés, Fernando III el Santo conquista las plazas de Sevilla, Sanlúcar de Barrameda y Chipiona y tras su fallecimiento en 1252, su hijo y sucesor Alfonso X el Sabio reanuda la ofensiva contra los musulmanes empeñándose en una importante campaña militar entre los años 1253 y 1264 que finalizaría con la anexión a la corona castellano leonesa de las plazas de El Puerto de Santa María, 1260, Jerez de la Frontera y Cádiz en 1262 y definitivamente Rota en 1264, y más tarde Sancho

IV en 1292 conquista la plaza de Tarifa. Como consecuencia de este proceso histórico que abarca la dominación de los reyes castellanos desde Fernando III hasta Enrique IV, doscientos veintidós años, se lleva a cabo una política de repartimientos para premiar a los vasallos que contribuyeron a esta expansión militar, quedando estos territorios en manos de las casas nobiliarias con la condición de que fuesen cultivados y defendidos, entre ellas, la Casa de Guzmán, la más poderosa, señoreaba en el extenso condado de Niebla, en el rico Aljarafe hispalense, Sanlúcar de Barrameda y las fronteras de Medina Sidonia incluyendo Vejer y sus aledaños; la Casa de Arcos, dominada por los Ponce de León, que rivalizaban con la de Guzmán, tenía bajo su control Cádiz y Rota; El Puerto de Santa María, la antigua Alcanatif musulmana, quedó en poder del linaje de la Cerda con el título de Conde de este puerto desde 1479 y solo el importante y extenso predio de Jerez de la Frontera permaneció como territorio realengo.

Entre los repartimientos más notables se encuentra la concesión hecha por Alfonso XI en la primera mitad del siglo XIV a Gonzalo Díaz de Sevilla, quien recibió la alcarria de Rayhana en los aledaños del territorio conocido como: Logar de la Puente.

No obstante, Mosig Pérez hace referencia respecto a que el primer linaje que poseyó jurisdiccionalmente el Logar de la Puente y su castillo fue el de los Vera, vecinos de Jerez de la Frontera, descendientes probablemente de Esteban de Vera, repoblador de dicha ciudad en 1264.

Más tarde, durante el siglo XIV, Alfonso García de Vera, caballero rico y uno de los regidores de Jerez, fue partidario y criado de Enrique II de Trástimara quien, al ser entronizado, le premió otorgándole el señorío de La Puente de Cádiz: «*La dicha Casa e Barca*

con su término e señorío e pertenencias e derecho a suelo».¹

Realmente, lo que aconteció fue que el hijo habido del matrimonio entre García de Vera y Mencía Martínez de Zurita falleció a resulta de la caída de un caballo, quedando el de Vera sin descendencia directa, y probablemente, en el documento de otorgamiento existiría alguna cláusula que hiciese mención a tal circunstancia, por lo que en tal caso el Logar de la Puente se reintegraría a la Corona, aspecto este que se confirma al permanecer el señorío de La Puente en poder de la misma durante la minoría de edad de Juan II (1406-1454).

Juan Sánchez de Suazo, miembro de una familia hidalga de Segovia, hombre de leyes que había prestado importantes servicios diplomáticos a la Corona, pareciéndole bien aquellos territorios los pidió al rey en remuneración de sus servicios. Sánchez de Suazo gozaba de la confianza del regente Fernando de Antequera que fue, junto con Catalina de Lancaster, madre de Juan II, quienes les otorgaron el señorío de La Puente el 19 de noviembre de 1408, confirmándosele más tarde en 1411.

Por tanto, Sánchez de Suazo tomó posesión del castillo y el puente que a partir de aquí llevó su nombre, comprometiéndose al mismo tiempo a restaurar a sus expensas tanto la casa, que así es nombrado el castillo, como el puente que se encontraba en un estado de degradación muy avanzado, además de poner en explotación las viñas y salinas anexas para su mejor rendimiento, mientras que el único bien cedido que dejaba beneficios era la barca que contaba con permiso de amarre a los pilares del puente y que proporcionaba una renta anual de quinientos maravedíes.

El inestable reinado de Enrique IV (1454-1474) dio lugar a una decisiva intervención de las casas nobiliarias en la administración del país consiguiendo estas anexionarse territorios bien por sus servicios a la Corona o por hechos de armas, tal es el caso de la intervención de Juan Ponce de León, II conde Arcos, quien tomó partido por el rey enfrentándose a Enrique de Guzmán, II duque de Medina Sidonia, tomando en 1466 la plaza de Cádiz, por lo que fue nombrado por el rey marqués de Cádiz, ciudad que pasa a formar parte del linaje de los Ponce de León.

Juan de Suazo, tercero y último de este linaje que conservó el señorío en su poder, mantuvo una estrecha relación con la poderosa Casa de Arcos al contraer matrimonio con Florentina, hija de Juan Ponce de León, marqués de Cádiz y II conde de Arcos, y hermana de Rodrigo, célebre II marqués de Cádiz, ciudad que dominaban desde 1466, la cual retornó a la Corona tras el fallecimiento de Rodrigo Ponce de León en 1492.

A partir de esta fecha el señorío del Logar de la Puente permanece bajo el dominio de la poderosa Casa de Arcos hasta el reinado del primer Borbón, Felipe V, a excepción de un periodo de treinta y dos años que permaneció en manos de los hermanos Rafael y Miguel Fonte, vecinos de Cádiz.

El fallecimiento de Enrique IV en 1474 da lugar a que su hermana de padre, Isabel, quien había contraído matrimonio en 1469 con Fernando, infante de Aragón, acceda al trono de Castilla, hecho que originó un vuelco en la política del Estado, que a partir de entonces pasa a denominarse España. No obstante, las casas señoriales a las que hay que añadir la de los Ribera, que dominaban la ciudad de Tarifa, obtenían pingües beneficios de las pesquerías y tráfico

¹ MOSIG PÉREZ, Fernando: El Castillo de San Romualdo. Historia y documentos de un bien cultural de la ciudad de San Fernando (Cádiz), pp.103-104. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz. 2010.

comercial gracias a las exenciones fiscales, privilegios acumulados a través del tiempo y concedidos por la Corona, circunstancias que llevaron a los nuevos reyes a desarrollar una política encaminada a controlar el excesivo poder de las casas nobiliarias.

En esta situación geopolítica los Reyes Católicos, verdaderos artífices del desarrollo de la política atlantista llevada a cabo durante su reinado, y al mismo tiempo inmersos en los preparativos para la conquista de Vélez Málaga como paso previo a la definitiva anexión del reino nazarí de Granada, adolecían en la bahía gaditana de las infraestructuras necesarias, como era un puerto realengo en el que pertrechar las naves reales, y aprovechando las desavenencias y rivalidades entre las casas señoriales, especialmente las de la poderosa Casa de Arcos y el Concejo de Jerez, debido, al parecer, a que Rodrigo Ponce de León ordenó a los suyos extender los límites de su señorío incluyendo los territorios lindantes con la bahía que a su juicio se habían apoderado los jerezanos, los reyes toman la decisión de intervenir en este conflicto fundando una nueva puebla que cumpliese los objetivos fundamentales, primero, el de apoyar a la finalización de la Reconquista, y que al mismo tiempo pudiese ser utilizada como punto de apoyo para desarrollar plenamente su política atlantista, en la que se contemplaba la conquista del Austro, que así era conocido el Norte de África y las islas Canarias.

Tal decisión no se hizo esperar y encontrándose los reyes en la ciudad de Córdoba en los preparativos para la guerra contra Granada, el 18 de junio de 1483 firman la Carta-Puebla que da origen al primer puerto realengo en el Atlántico.²

Según Muro Orejón, razones de tipo marítimo y además de habilidad en el orden humano y económico, son las que mueven a Don Fernando y Doña. Isabel a ordenar la fundación de la nueva villa.³

Continuando con Muro Orejón, son tres los documentos básicos que soportan la trilogía diplomática de la nueva fundación.

La Carta-Puebla ya citada, en la que se plasma el establecimiento de una nueva fundación que llevaría el nombre de Puerto Real al sitio de la Matagorda, su territorio se segregó del extenso predio de la cercana ciudad de Jerez, decisión que a lo largo del tiempo originó continuas diferencias, especialmente a lo concerniente a las delimitaciones entre ambas poblaciones. A la nueva villa se le conceden las preeminencias, prerrogativas e inmunidades de las demás villas de la Corona Real, entre ellas y como referencias más notorias se pueden citar las de tener jurisdicción civil y criminal, un mínimo de doscientos vecinos y su Concejo estaría integrado por dos alcaldes ordinarios, regidores, alguaciles y procurador; igualmente habría picota, horca, cepo, cuchillos, cadenas y también sayón de pregonero además de puertas torreadas.⁴

El segundo corresponde al igualmente otorgado en Córdoba el 17 de julio del mismo año de 1483 en el que los reyes designan al consejero público Juan de la Fuente, alcalde de casa y corte y del Consejo Real y al continuo real Mateo de Luzón para que en nombre de los monarcas completase y llevase a buen término la fundación, para lo cual deberían señalar los lugares para la parroquia, plaza pública, calles, solares para las casas de los vecinos, terrenos para labranza y como objetivo

² MURO OREJÓN, Antonio: La Villa de Puerto Real, fundación de los Reyes Católicos. Anuario de Historia del Derecho Español, p.746. Madrid, 1960.

³ Ibídem, op. cit., p.747.

⁴ Ibídem op. cit., p.747.

fundamental fijar los términos de la nueva población con el oportuno amojonamiento, aspecto este que con el devenir de los tiempos marcaría en gran medida el futuro de la villa a partir de la segunda mitad del siglo XIX.⁵

Y el tercero, dado igualmente en Córdoba el 28 de agosto de 1484, en el que los monarcas acceden a las peticiones formuladas por el nuevo municipio ampliando las mercedes y excepciones tributarias concedidas a Puerto Real en su Carta-Puebla de 1483.

En la misma, los reyes atienden ciertas peticiones que los nuevos procuradores consideraban necesarias para el buen inicio de su poblamiento, entre ellas, el que la villa y de aquí en adelante y para siempre jamás fuese de la Corona y no pudiese ser enajenada ni dada a persona alguna de sus reinos.

Hace mención igualmente a que las aguas, tanto estantes como emanantes y corrientes, queden todas para la servidumbre y no pudiesen ser enajenadas a persona alguna.

Por otro lado, por real merced de sus regios fundadores le fue concedido el derecho de explotación de una barca en el río Salado en el camino para El Puerto de Santa María cuya recaudación nutriese los propios del Concejo de la nueva fundación.⁶

Igualmente, los reyes acceden a la petición de los regidores respecto a que los vecinos de Jerez ni de otro lugar pudiesen meter vinos hasta que los vecinos de la nueva Real Villa hayan vendido los de sus cosechas «sopena de que les rompan los cueros y les quiebren los vasos en los que lo echarén».

En cuanto a las tierras que son pertenecientes para prados, así como para caballos y

bueyes de carretas «que sean cuerdadas sin que persona alguna faga en ellos edificios salvo que quede proveimiento de los vecinos de la dicha villa».

Y para que la dicha villa mejor se poblase de personas llanas los reyes acceden a que ningún caballero, ni persona poderosa, ni veinticuatro, ni jurados de las ciudades de la comarca ni pudiesen vivir, ni tener vecindad en la dicha villa, igualmente se prohíben los tableros de juego de dados ni de naipes y la presencia de rufianes.

Como privilegio solicitado por los procuradores, los reyes también acceden a que mientras la misma se puebla y esté menguada de pan, vino, cebada y aceite que se lo dejasen sacar de las ciudades y la comarca, pagando los derechos acostumbrados sin que les sean vedados «a lo cual mandan al príncipe Don. Juan nuestro muy caro e muy amado hijo y a los Duques, Condes, Marqueses, Ricos Homes, Maestres de las Ordenes, Piores, Comendadores, Subcomendadores, Alcaldes de los Castillos y casa Fuerte e llanas y a los de nuestro Concejos, Oidores de la nuestra Audiencias, Alcaldes, Alguaciles de la nuestra casa é corte é Chancillerías y a todos los Corregidores asistentes, Alcaldes Concejos y Justicias, Regidores y Caballeros escuderos, oficiales y é homes buenos de todas la ciudades é Villas é lugares de nuestros reinos é señoríos, que esta nuestra carta y todo en ella contenido é casa cosa é parte dello guarden e cumplan é fagan guardar é cumplir en todo é por todos según en ella se contiene».

Dada en la ciudad de Córdoba a 28 de días del mes de agosto año del nacimiento de nuestro Señor Jesucristo de 1484. Firmada por el Rey la Reina y el secretario de ambos, Diego de Santander.⁷

⁵ Ibídem op. cit., p.748.

⁶ MURO OREJÓN, Antonio: op.cit., p.30.

⁷ Archivo Municipal de Puerto Real. Documento nº 1 de la Prueba Documental aportada por el Ayuntamiento de Puerto Real en 1918 dirigida al Excmo. Sr. Presidente del Consejo de Ministros justificando sus derechos jurisdiccionales en el Arsenal de La Carraca, pp 9-12, sign. R-73.

2. ACTA DEL DESLINDE DEL TÉRMINO DE PUERTO REAL EN 1527

Por ser cuestión principal para el desarrollo de este trabajo conocer de manera fehaciente los linderos de la nueva puebla, acudimos al documento emitido el 6 de julio de 1918 por el secretario del Ayuntamiento puertorrealeño de aquel entonces, Don José María Derqui Lozano, que con el visto bueno del alcalde interino, Don Celestino Fernández y Sánchez, se envía al Excmo. Señor Presidente del Consejo de Ministros, D. Antonio Maura Montaner.

El secretario expone y certifica lo siguiente: que en un cuaderno con hojas de pergamino firmado y que contiene las providencias de los Reyes Católicos para la fundación de la villa de Puerto Real consta en el acta levantada el doce de febrero de mil quinientos veintisiete para la toma de posesión del término la siguiente diligencia. Pero antes de nada, hay que dejar constancia de que para el amojonamiento del término de Puerto Real que debería suponer finalizar de manera definitiva con los agrios contenciosos entre los Concejos de Jerez y Puerto Real, el representante jerezano estuvo ausente, lo que de algún modo demuestra las cortapisas que el Concejo jerezano siempre puso a esta operación política ordenada por la autoridad real, sin embargo, por parte de Puerto Real estuvo presente Antón García Mojorro, procurador de la dicha villa, quien portaba el poder que su Alteza le concedió para señalar y amojonar recibiendo juramento en forma debida para derecho de las personas siguientes: Andrés Martín del Horno, vecino de la villa de Chiclana, que confina con el dicho término, testigo que juró según derecho, y siendo preguntado acerca de lo susodicho, dijo qué es lo que sabe, exponiendo además, que es de edad de treinta y cinco años y que de quince años y más tiempo a esta parte es testigo ha visto y ve que los vecinos y mora-

dores de la dicha nueva Villa y de la ciudad de Jerez de la Frontera, han comido y comen en los términos de Puerto Real y Jerez, hasta los dichos caños que vienen del Tempul y el río arriba hasta Puerto Real y desde el dicho caño que está sobre el dicho río por filo hasta dar a un Torrejón que da al carril que va de Jerez a la villa de Chiclana que es el camino alto, y en derecho hasta dar a la cabeza que dicen de Fernán Pérez sin contradicción de persona alguna, y no ha visto ni oído que lo contradijese; prosigue el deslinde hasta que llegando al final del término de Jerez con esta población y preguntados los testigos: Francisco Sánchez, Diego Velásquez, Bartolomé Fernández y Fernando Alonso, dijeron que de veintidós años atrás han visto los ganados de Puerto Real, desde la orilla del Río Salado hasta dar a una Alcantarilla que está en el camino de Jerez a Puerto Real, por lo cual, el Sr. Juez declaró término de Puerto Real la dicha Alcantarilla hasta la Barca del Salado, y desde la dicha Barca todo el término y sitio de la Matagorda, hasta lindar con la mar y llegar a la dicha villa de Puerto Real sin oposición ni contradicción alguna.

Por lo tanto, el término territorial puertorrealeño queda bastante bien definido por su parte oeste por la Barca del Salado; por su parte sur queda marcado por la ribera del mar, y por el noroeste por la susodicha Alcantarilla y el caño de Sancti Petri. Cuestión esta que se confirma tras el contencioso mantenido entre los Concejos de Cádiz y Puerto Real en 1642 respecto al amojonamiento del Puente Suazo y Arrecife, cuya Real Ejecutoria de fecha 18 de julio de 1651 y según sentencia definitiva emitida por los Oidores de Audiencia de S. M. obliga a Puerto Real a fijar el amojonamiento poniéndolo al remate de la Puente Suazo, por la banda de la villa de Puerto Real, antes de las casas de tablas donde se estaba pesando carne y herrería (¿Real Carenero?), que está inmediata a ella y que lo mismo se hiciese por la

banda de la Calzada que está frente del Castillo de la Isla de León.⁸

Por tanto, es obligado tener en cuenta que, por este tiempo, finales del siglo XV, la cuestión de los linderos entre los territorios afectados por los repartimientos según se avanzaba en la Reconquista, dieron lugar a innumerables contenciosos entre las partes como expone amplia y acertadamente Devís Márquez en su obra Estudio sobre el Mayorazgo de la Casa de Arcos al final de la Edad Media.

3. LOS PRIMEROS AÑOS DE LA NUEVA PUEBLA

Iglesias Rodríguez, quien junto con Muro Orejón han sido, posiblemente, quienes mejor y más profundamente han tratado la historia de Puerto Real, hace mención a que aún son escasas las noticias que se conocen sobre los primeros años de la vida de la nueva villa, pero aporta interesantes datos sobre el devenir de la misma, tal es el caso del nombramiento por designación real de Francisco Bounaguisa como primer regidor para hacerse cargo del gobierno municipal el 7 de septiembre de 1484. Por otro lado, hace referencia a que en 1490 los reyes ejercerían el derecho de presentación a favor de Juan Torcat, clérigo y capellán real que ocuparía el cargo de prior de la iglesia prioral de San Sebastián. Igualmente, el 23 de febrero de 1486 se ordenó al nuevo regidor repartir entre los nuevos vecinos de Puerto Real una serie de salinas para que la tuvieran por heredad.⁹

Por tanto, hay que dejar constancia de que al final del siglo XV San Fernando no existía como entidad de población al encontrarse la Isla de León bajo el dominio de la Casa de Arcos.

4. LA FUNDACIÓN DE SAN FERNANDO

Mientras tanto, la ciudad de Cádiz, deficiente por su propia concepción geográfica, hacia uso de los terrenos aledaños propiedad de la Casa de Arcos ocupados por los caseríos dispersos cuyos nombres estaban íntimamente ligados a las familias más pudientes y de mayor relevancia social de Cádiz. En este territorio, perfectamente definido y de unos treinta kilómetros cuadrados de superficie, existía todo lo que a la urbe gaditana le era necesario para asegurarse el suministro de la ciudad: huertas, plantaciones frutales, granjas, criaderos de ganados y pesquerías que aseguraban sus necesidades cotidianas. En estas condiciones geopolíticas y demográficas permanecen las conocidas Islas Gaditanas durante los siglos XVI y XVII, quedando constancia de pequeñas migraciones desde el norte del país que se situaron en torno al castillo de San Romualdo.

La llegada del siglo XVIII se inicia con el fallecimiento sin descendencia del último de los Austrias, Carlos II, sucediéndole en el trono Felipe de Anjou, biznieto de Felipe IV, quien entronizó la dinastía borbónica en España tras jurar en 1701 ante las Cortes Castellanas. No obstante, este hecho trajo aparejada la Guerra de Sucesión Española al considerar el emperador Leopoldo de Austria que su segundo hijo, Carlos, tenía mayor derecho al trono español. Este conflicto internacional finaliza en 1713, aunque Barcelona y Mallorca alargan los enfrentamientos hasta 1714 y 1715 respectivamente.

El nuevo rey, tras asentarse en el trono y una vez finalizada la Guerra de Sucesión, llega a la conclusión de que ha heredado un reino con el mayor imperio colonial de la historia, sustentado en las arcaicas estructuras de

⁸ Ibídem, op. cit., Documento nº 3, pp.17-25, sign. R-73.

⁹ IGLESIAS RODRÍGUEZ, Juan José: «La Fundación de Puerto Real». Revista AL LORO, nº 174. Octubre de 2018.

una Marina absolutamente ineficaz y decadente, razón por la cual el monarca toma la crucial decisión de reorganizar todo el estamento militar del cuerpo de Marina. A tal objeto, en 1717 Felipe V nombra Intendente General de Marina a José Patiño y Rosales y el 12 de mayo del mismo año firma el decreto por el que se ordena el traslado de la Casa de la Contratación de Sevilla a Cádiz. Toma de decisión en la que intervino el consejero del rey, el almirante gaditano Andrés de Pez, y un año más tarde, es decir, en 1718 Patiño Rosales es nombrado presidente de la Casa de Contratación de Indias.

El nuevo intendente se emplea a fondo para cambiar las anquilosadas estructuras del cuerpo de Marina y en mejorar las condiciones de las cuatro Armadas y las escuadras de galeras que se encontraban en una inquestionable decadencia, y tras estudiar las diferentes posibilidades de contratar nuevas unidades en Francia o en el carenero privado de La Habana, se inclina por construir un nuevo arsenal en el lugar conocido como La Carraca, en el término municipal de Puerto Real, cuyo proyecto es asignado por Quintero González a Jorge Juan Santacilia y la ejecución del mismo al ingeniero militar Ignacio Salas, quien en 1717 pasa a Andalucía con el empleo de ingeniero jefe y teniente coronel a las obras de los arsenales de Marina de La Carraca y al carenero del Puente Suazo.¹⁰

La decisión de construir el nuevo arsenal en el islote de La Carraca quedó definitivamente tomada a raíz de que Patiño examinase los contornos de Cádiz y observara la condición de inexpugnable que ofrecía el lugar al no poder ser atacado ni por tierra ni por mar. Por esta fecha, el territorio donde más tarde

se fundaría San Fernando continuaba bajo el dominio de la Casa de Arcos.

En 1729 Felipe V baja a Andalucía procedente de Extremadura para presenciar la llegada de la flota de la carrera de Indias, visita durante la cual asiste en el mes de marzo a la botadura en el astillero de Puntales del navío Hércules, que pasó a completarse en el Arsenal de La Carraca. Durante su estancia en la Isla de León, el monarca observa el gran valor estratégico de la zona por lo que tomó la decisión de incorporar a la corona tanto el predio isleño como El Puerto de Santa María, hecho que tuvo lugar según Real Decreto del 31 de mayo de 1729.

Los derechos de la Casa de Arcos fueron litigados por doña Ana Spinola de la Cerda como tutora de su primogénito Joaquín Cayetano Ponce de León mientras que la autoridad civil quedaba en principio en manos del Cabildo gaditano hasta que se creasen las estructuras municipales necesarias de la nueva población.¹¹

No obstante, en 1750, durante el reinado de Fernando VI, cuarto hijo de Felipe V, decide llevar a cabo nuevos cambios en la organización del cuerpo de Marina, entre ellos, trasladar fuera de Cádiz aquellos organismos que se considerasen oportunos para el mejor funcionamiento de dicho estamento militar, arduo trabajo que el rey encomienda al marqués de la Ensenada y ministro de Marina, Zenón de Somodevilla, quien a su vez solicita de Juan José Navarro de Viana y Búfalo, marqués de la Victoria y primer capitán general de la Real Armada Española, emitir un informe para conocer la conveniencia de trasladar los organismos del Departamento de Marina bien a la Isla de León o a Puerto

¹⁰ QUINTERO GONZÁLEZ, José: *La Carraca, el primer arsenal ilustrado español (1717-1776)*. p. 68. Ministerio de Defensa Instituto de Historia y Cultura Naval. Madrid, 2004.

¹¹ ALVAREZ MARTÍNEZ, Antonio, CORZO SÁNCHEZ, Ramón, GILES PACHECO, Francisco, PEMÁN MEDINA, María, TOSCANO SAN GIL, Margarita: *Historia de los pueblos de la provincia de Cádiz, San Fernando*, p. 59. Excma. Diputación Provincial de Cádiz, 1980.

Real; el informe inclinó claramente la balanza a favor del primero.

El creciente aumento demográfico del territorio isleño obliga en 1755 a nombrar a Nicolás de Egea como primer alcalde mayor, consiguiendo con ello la independencia civil de Cádiz, y el 11 de enero de 1766, tras la promulgación de la Real Célula concedida por Carlos III, se constituye la primera corporación municipal de la nueva entidad de población, aunque con la iracunda oposición del gobierno local de Cádiz.

Sin embargo, no fue sino hasta 1768 cuando Carlos III toma la decisión de proceder al traslado de las instancias de Marina desde Cádiz a su nueva ubicación, donde a partir de 1786 se inician los trabajos para la construcción de las nuevas dependencias de Marina, que llevarían el nombre de San Carlos en su honor y que una vez finalizadas y según Blanca Carlier, supuso el traslado desde Cádiz a los nuevos acuartelamientos de unos dieciséis mil efectivos.¹² Proceso que culmina con el Decreto de las Cortes de 27 de noviembre de 1813 por el que se le concede a la Real Isla de León el título de ciudad que llevaría el nombre de San Fernando, hecho que tuvo lugar en ausencia y cautividad del rey Fernando VII.

Por estas fechas, hacía exactamente 283 años que la Real Villa de Puerto Real había sido fundada contando con su predio y fronteras legalmente constituidas.

Por otro lado, hay que dejar constancia de que, según Quintero González, el arsenal de La Carraca se construyó en el término puerorrealeño en tres etapas entre 1717 y 1759, cuando San Fernando aún no se había constituido como entidad de población, hecho

que tuvo lugar como ha quedado dicho en 1766.¹³

Desde que San Fernando adquiere carta de naturaleza, una vez creado su Cabildo municipal autónomo, este es consciente de la estrechez de su término municipal circunscrito al territorio de la llamada Isla de León, unos treinta kilómetros cuadrados. En efecto, en 1820 el Cabildo isleño instruye expediente solicitando a los Cabildos homónimos de Puerto Real, Medina Sidonia y Chiclana, a consecuencia de las miserias que sufren sus vecinos por no encontrar en su término municipal medios para sostener a la décima parte de sus habitantes, que por estos tiempos sobrepasaban los quince mil, pudiendo dar lugar a su despoblación, cuatro leguas cuadradas de terrenos dulces desmembrándose una de Puerto Real, otra de Chiclana y dos de Medina Sidonia.

Ante tal petición, el Cabildo puerorrealeño responde que la legua cuadrada que solicita la ciudad de San Fernando es lo único con lo que cuenta esta villa para sus urgencias y sería dejarla en su total ruina si le desmembraran parte de su territorio máxime con las nuevas disposiciones de las Cortes sobre los baldíos.¹⁴

No obstante, el 28 de febrero de 1821 se dio cuenta del oficio del pasado 23 de enero recibido en el Ayuntamiento isleño del jefe superior político de la provincia, relativo a que, no existiendo ayuntamiento constitucional en La Carraca, deberá estar sujeta aquella zona y su población al de la ciudad de San Fernando. En su consecuencia, este ayuntamiento acordó se traslade el presente oficio a los señores síndicos.

Es obvio, que el jefe superior político de la provincia no era conocedor de que en

¹² TORREJÓN CHAVES, Juan: La nueva población de San Carlos en la Isla de León (1774-1806). Tomo I, p. 135. Ministerio de Defensa, 1988.

¹³ QUINTERO GONZÁLEZ, José, op. cit., pp. 85-125.

¹⁴ Archivo Municipal de Puerto Real, Acta Capitular del 13 de noviembre de 1820. Sign. 132-7.

la parroquia de la Villa de Puerto Real se custodiaban los archivos de la extinguida parroquia castrense de los Descalzos, en los cuales quedaban inscripciones de matrimonios, nacimientos, y defunciones que tuvieron lugar en el arsenal de La Carraca como pruebas fehacientes y concretas de la vinculación de dichas instalaciones con Puerto Real desde prácticamente su fundación, certificación expedida por Francisco de Paula Ramírez Cuevas, Presbítero Arcipreste y Cura Propio de la Parroquia Prioral de San Sebastián de Puerto Real el seis de julio de 1918.¹⁵

Por otro lado, tampoco conocería la existencia del catálogo de los pueblos que pertenecían a la jurisdicción de la Real Audiencia de Sevilla, la Real Pragmática-Sanción del territorio de dicha Audiencia dada en Aranjuez a treinta de mayo de 1790 en la que se haya comprendido el Arsenal de La Carraca en el término y jurisdicción del Ayuntamiento de Puerto Real.¹⁶

Para mayor abundamiento, en el Acta capitular del 23 de febrero de 1836 del Consistorio isleño, se deja constancia de lo siguiente: «Nuestro término municipal, se extiende desde la zona del Puente Suazo hasta la del río Arillo».¹⁷

¹⁵ Archivo Municipal de Puerto Real. Documento nº 4 de la Prueba Documental aportada por el Ayuntamiento de Puerto Real en 1918 dirigida al Excmo. Sr. Presidente del Consejo de Ministros. pp. 27 - 28, sign. R-73.

¹⁶ Ibídem, op. cit., Documento nº 4 Dup. p. 29.

¹⁷ Archivo Municipal de San Fernando, Acta Capitular del 23 de febrero de 1836. Libro de Actas nº 71.

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 Rebozes 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



Masson Marine Ibérica

Hélices y equipos completos de paso variable hasta 10.000 kw

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

VULKAN COUPLINGS

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 

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



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



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

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 
• 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



Inserте
aquí su
publicidad

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 deficiente mente (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

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

web: 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

Web: 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

www.orpmar.com



Programa Editorial Editorial Program 2024

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. Avance Navalía

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 2024

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

Filipinas y el Pacífico

La construcción naval,
la navegación y la metalurgia

1575 - 1850

¡YA A LA
VENTA!

WWW.INGENIEROSNAVALES.COM/TIENDA/



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

BEYOND THE HORIZON



ABS

CARBON NEUTRAL
FUEL PATHWAYS *and*
TRANSFORMATIONAL
TECHNOLOGIES