



INGENIERÍA naval

REVISTA DEL SECTOR MARÍTIMO

sectormaritimo.es

AÑO XCIII • N°1034 • MAYO 2024



ENERMAR

Asociación de Ingenieros Navales
y Oceánicos de España



14^{as} Jornadas Técnicas ENERMAR

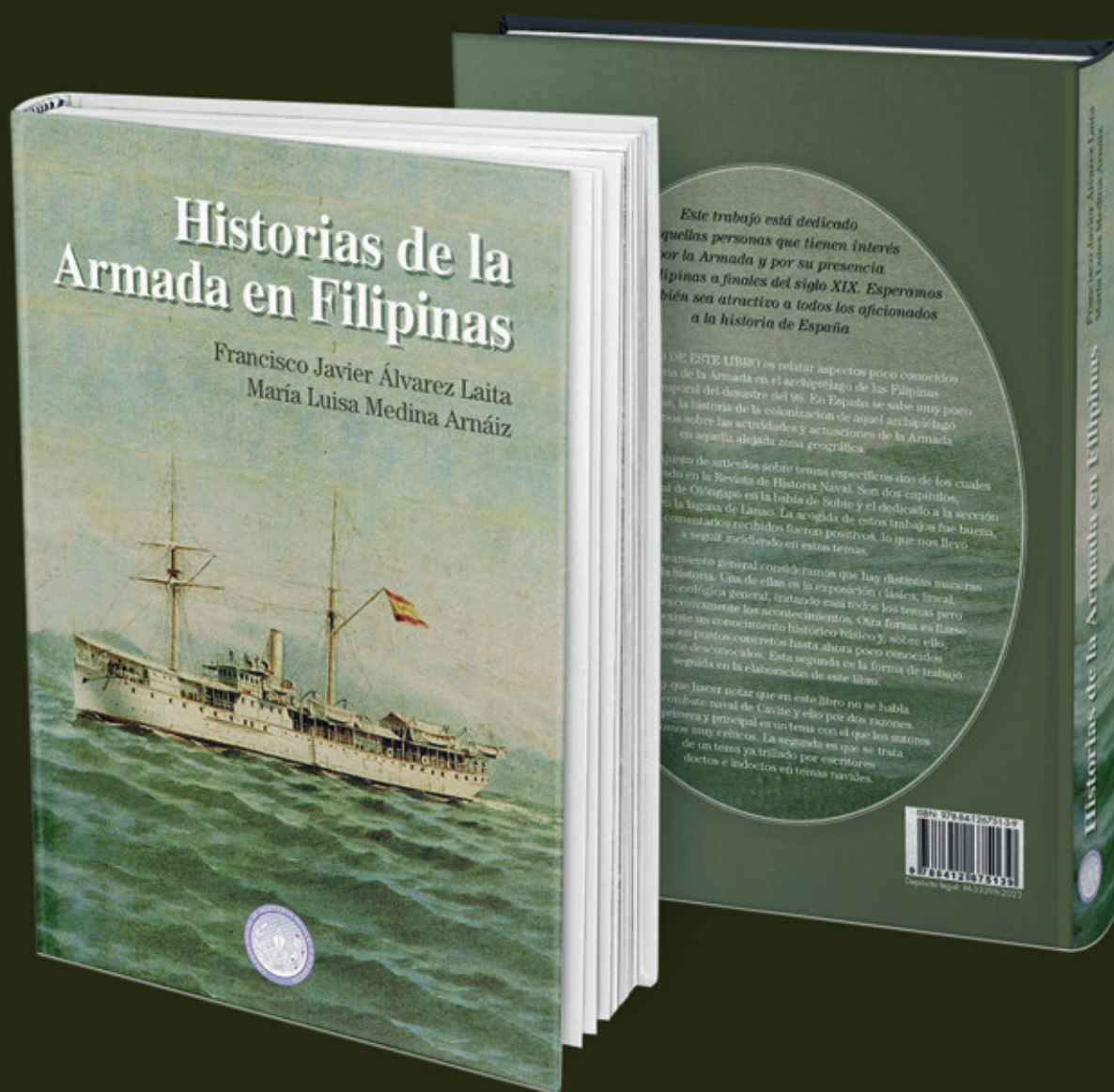
El mar y las energías renovables:
La aportación de la Ingeniería
Naval y Oceánica

2024 • 26, 27 y 28 de Junio
A Coruña

ENERMAR



WWW.INGENIEROSNAVALES.COM/TIENDA/



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

Redacción

N° 1034 • MAYO • 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.

VOCALÉS 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@sectormarítimo.es

ADMINISTRACIÓN

Noemí Cezón López

DIRECCIÓN

Castelló, 66 - 28001 Madrid

Tels.: 915 751 024 / 915 771 678

e-mail: revista@sectormarítimo.es

www.sectormarítimo.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 80,00 €

Electrónica estudiantes 40,00 €

Papel + electrónica 100,00 €

(sólo España)

SUSCRÍBETE AQUÍ:
sectormarítimo.es



AÑO XCIII • N.º 1034

mayo 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 Laval
D. Rafael Gutiérrez Fraile
D. José María de Juan-García Aguado
D. Nandi Lorensu Jaesuria
D. Miguel Ángel Palencia Herrero
D. Mariano Pérez Sobrino
D. Jesús Valle Cabezas

Sumario

Nº 1034 • MAYO • 2024

341. artículo técnico

Research on decarbonization and frictional resistance reduction with microbubble drag reduction”,
por Y. Zhou; G. Liu; M. Toman; Z. Pei

357. en profundidad

“Digitalización del monitoreo pesquero”,
por I. Goienetxea; X. Lekunberri; J. Ruiz;
A. Mugerza; A. Salgado; L. Horrach;
I. Quincoces

361. conectados

379. coyuntura del sector naval

“Un cubo de Rubik marítimo”,
por J. E. Pérez-García

396. tribuna

“Algunas consideraciones sobre el patrimonio documental de la construcción naval española. El caso Astano”,
por J. M^a de Juan-García Aguado
100 aniversario de Unión Naval de Levante

408. in memoriam

411. guía de empresas

357 en profundidad

Digitalización del
monitoreo pesquero





379

coyuntura

Un cubo de Rubik marítimo

Editorial

La edición 2024 del Día Marítimo Europeo, ha tenido lugar los días 30 y 31 de mayo en Svendborg, Dinamarca. Recordemos que este día está promovido por la Comisión Europea, siendo establecido en el año 2008 tras iniciativa mancomunada entre el Consejo Europeo, el Parlamento Europeo y la Comisión Europea. La comunidad marítima se reúne cada dos días en este evento anual en el que se discuten y delinear acciones conjuntas sobre asuntos marítimos y economía azul sostenible. Así mismo, tiene como fin dar visibilidad al mar y difundir su importancia e impacto entre los ciudadanos europeos.

El 25 de junio, se celebrará el Día de la gente de mar, y, ya a la vuelta de verano, concretamente el 26 de septiembre, celebraremos el Día Marítimo Mundial, promovido por la OMI y este año bajo el lema “Navegar en el futuro: la seguridad, lo primero” y que brinda la oportunidad de profundizar en temas y cuestiones específicos relacionados el mar.



378

conectados

El Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos y SOERMAR firman un acuerdo de colaboración

Son días necesarios y de obligada celebración, principalmente para recordar a la sociedad y a los propios implicados que los mares y los océanos son motores de la economía. La navegación, el comercio y el contacto ente civilizaciones que se han desarrollado por vía marítima desde tiempos remotos. El 75% de las fronteras europeas son marítimas y el 75% del comercio con terceros países se realiza por mar. La actividad ligada a la Economía Azul se diversifica en una diversidad de sectores: logística y transporte marítimo, pesca y acuicultura, energías renovables (eólica y marina), turismo, etc. Y los ingenieros navales somos una pieza importante en ellos, tal y como quedó reflejado en la pasada edición del Congreso de Ingeniería Naval e Industria Marítima, cuyo resumen encontraréis en estas páginas.



377

conectados

El consejo del CEMT celebró su última reunión en Madrid

La sostenibilidad y la innovación son pilares fundamentales para el futuro del sector marítimo. La adopción de prácticas sostenibles y el impulso de la innovación tecnológica no solo son necesarios para proteger el medio ambiente, sino también para asegurar la competitividad y la resiliencia del sector en un mundo en constante cambio. La industria marítima debe continuar evolucionando, adoptando nuevas tecnologías y colaborando a nivel internacional para garantizar un futuro próspero y sostenible para nuestros océanos y para las generaciones venideras.

14^{as} Jornadas Técnicas Enermar

A Coruña (Paraninfo del Rectorado de la Universidade da Coruña))
26, 27 y 28 de junio de 2024

www.pat18-enermar.ingenierosnavales.com



**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



**CERTIFY YOUR OFFSHORE
WIND FARM**



**REDUCE
YOUR RISKS**



**CLASS YOUR
VESSEL**



**CERTIFY YOUR OFFSHORE
WIND FARM**



Research on decarbonization and frictional resistance reduction with microbubble drag reduction

Yanan Zhou¹Guangwu Liu^{2,3}Mirko Toman⁴Zhiyong Pei^{2,3}¹School of Naval Architecture, Ocean and Energy Power Engineering, Wuhan University of Technology²Green & Smart River-Sea-Going Ship, Cruise and Yacht Research Centre, Wuhan University of Technology³Hubei Province Engineering Research Centre on Green & Smart River-Sea-Going Ship⁴Siemens Digital Industry Software

Trabajo presentado en el 63º Congreso de Ingeniería naval e Industria Marítima, celebrado en madrid del 24 al 26 de abril de 2024. Primer premio.

ÍNDICE

Resumen/Abstract

1. Introduction

2. Mechanism of microbubble drag reduction

2.1. Fundamental control equation

2.2. Euler-Lagrange model

3. Microbubble drag reduction test system design

3.1. Experiment platform construction

3.2. Experimental condition design

3.3. Experimental procedure

4. Gas flow adaptive control system

4.1. Overview of the BP Neural Network algorithm

4.2. BP Neural Network model construction

4.3. Design of airflow adaptive control systems

4.4. Results and Analysis

5. Conclusion

6. References

Abstract

Microbubble drag reduction (MBDR) technology has shown great potential in reducing the frictional resistance of ships, thereby lowering CO₂ emissions and carbon intensity. It is also aligned with the International Maritime Organization's (IMO) target of reducing the carbon intensity of ships by 40% before 2030. However, numerous factors and complex coupling relationships involved in the gas-liquid two-phase flow at the ship's bottom involves pose challenges for current microbubble drag reduction technology in meeting the requirements of drag reduction, carbon emission reduction, and energy savings in practical applications. To achieve the objective of energy savings and carbon reduction, microbubble drag reduction is proposed to apply on River-Sea-Going ships and development of a microbubble drag reduction adaptive control system. Self-propelled model tests of microbubble drag reduction are conducted with different sailing speed and airflow rate. Database of model thrust under different operation

conditions is created. Then a mathematical model can be obtained with sample data based on machine learning. Finally, test parameters are predicted to achieve adaptive control of the airflow rate. The adaptive control system implemented in the research can improve the reliability of microbubble drag reduction.

1. INTRODUCTION

Ship consumes significant amount of energy to overcome resistance including wave resistance, frictional resistance, and viscous pressure resistance. In the case of River-Sea-Going Ships, which operate at low speeds, frictional resistance accounts for 70% to 80% of the total resistance. Traditional optimization measures such as structural lightweighting and ship line optimization have reached their limits in reducing frictional resistance. In recent years, microbubble drag reduction (MBDR) technology has been paid high attention for its environmentally friendly nature, simplicity of operation, low cost, and high energy efficiency, making it one of the most promising drag reduction techniques.

The concept of injecting gas at the ship hull-water boundary to reduce friction resistance was first proposed by Froude in 1876 [1]. However, theoretical research and experimental exploration in this field have faced challenges due to unclear mechanisms associated with the air layer effect and the demanding of test conditions.

Several researchers have made significant contributions to understanding microbubble drag reduction. Merkle, Madavan and Deutsch conducted a comprehensive review, emphasizing the central role of understanding the mechanism of turbulent boundary layers. They demonstrated that optimizing the flow of microbubbles by controlling their size and trajectory can achieve drag reduction [2~4].

Elbing et al. conducted experiments on a large-scale high Reynolds number turbulent boundary layer, showing that a mixture of microbubble layer and air layer linearly reduces resistance with airflow rate [5].

Sato and Nakata designed a plate test model [6] to study optimal drag reduction rates by controlling airflow and speed. Towing tests on ship models revealed a maximum friction reduction of approximately 30% and a maximum effective power saving of 14.7%. An air blow-off test on a Mock-up model was conducted by Mizokami et al. [7]. It was found that the baffle helped to equalise the air distribution and effectively reduced the drag of the model. Based on this [8], a self-propelled model test was conducted and it showed that maximum energy saving of 12 percent could be achieved. Sindagi et al. studied the proportional model with different speeds and different air jets with towing test [9], found that the maximum drag reduction can be up to 24.8% when the airflow rate is 2.5CFM. Waskito et al. performed towing test based on a self-propelled barge model [10] with Froude number 0.11-0.31, result suggested the best drag reduction technology is air-layer drag reduction. Seong et al. tested a medium-sized cruise ship [11], drag reduction rate of 18.13% was obtained. Gunawa et al. investigated the impact of nozzle placement on drag reduction [12] whose results revealed that positioning the jet nozzle slightly aft on the bow yielded superior drag reduction effects because of microbubbles induced. Taiji et al. investigated microbubbles beneath a ship using a 4m flat plate model [13]. Periodic fluctuation was observed in the local void rate and void waves were created. the Impact of microbubbles entering the turbulent boundary layer was explored with a 36m flat-bottomed model ship [14]. Researches showed that increased microbubble flow significantly may decrease overall drag reduction and local drag reduction.

In this study, a 1,140 TEU River-Sea-Going Ship is selected as test object. Self-propelled tests is conducted on a scaled model. Data on model thrust and microbubble flow rate are collected during the tests. A microbubble adaptive control system is developed by integrating the data into a combination of BP neural network and genetic algorithm. This system predicts the optimal microbubble flow rate under test conditions ensuring the accuracy and stability of the MBDR control system. The ultimate goal is to improve the practicality and effectiveness of MBDR technology.

2. MECHANISM OF MICROBUBBLE DRAG REDUCTION

The application of microbubble drag reduction (MBDR) technology induces a gas-liquid mixed two-phase flow on the ship's bottom surface, resulting in the creation of a complex interface through the combined movement of gas and liquid. However, due to the discontinuous nature of the two-phase flow, investigating the mechanism of MBDR presents significant challenges.

In order to implement adaptive control techniques for real-time adjustment of MBDR, a thorough understanding of the force and motion characteristics of microbubbles in the boundary layer is essential. This section aims to introduce the fundamental mechanism of MBDR.

2.1. Fundamental control equation

The flow of a fluid is governed by the laws of conservation of mass and momentum. The main control equations that describe fluid flow are the equations of continuity and the equations of motion.

The equation of continuity states that the mass of fluid flowing into a region must be

equal to the mass flowing out of that region. In mathematical terms, it can be expressed as:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0 \quad (2.1)$$

In an incompressible, constant mass density, homogeneous fluid the above equation can be expressed as equation (2.2)

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (2.2)$$

Motion equation can be expressed as (2.3):

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho u u) &= -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} + F_x \\ \frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho v u) &= -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} + F_y \\ \frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho w u) &= -\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} + F_z \end{aligned} \quad (2.3)$$

equations (2.1)~(2.3) are studied in terms of microelements in the fluid, ρ is the fluid density, u, v, w are velocity components in x, y, z directions, $\tau_{xx}, \tau_{yx}, \tau_{zx}$ are the intermolecular viscous stress on the microelement due to viscosity in each direction component, F_x, F_y, F_z are the volume force in each direction of the microelement.

Euler-Lagrange model

In the Euler-Lagrange model, the forces acting on microbubbles within a liquid phase are analyzed. In this model, the liquid phase is considered the continuous phase, while the microbubbles constitute the discrete phase in the computational model. The motion of the discrete phase is described by calculating the trajectories of individual microelements or microbubbles within the model.

The forces on discrete phase micrometric elements can be expressed by Newton's second law as equation (2.4):

$$F_B = m_B \frac{dv_B}{dt} \quad (2.4)$$

F_B represents the force of micrometric, m_B represents the mass of micrometric, v_B represents the velocity of micrometric.

In the calculation process, when using a sufficiently high sampling frequency, the motion of the microelement can be approximated as uniform within each time step. Let's consider the motion in the x direction as an example. If the current number of samples is n , the position of the microelement at the $(n+1)$ sample can be expressed as equation (2.5):

$$x_B^{n+1} = x_B^n + v_{x_B}^n \Delta t \quad (2.5)$$

x_B^{n+1} , x_B^n are the positions in the x direction of the microelement at $n+1$ and n samples respectively, $v_{x_B}^n$ is the velocity component of the microelement in the x direction for n samples, Δt is the time step.

The force F_B on the microelement consists of the interphase drag force F_d , the microelement lift force F_l , the virtual mass force $F_{v.m}$, the turbulent discrete force $F_{t.d}$ with the wall lubrication force $F_{w.l}$, and F_B can be expressed as equation (2.6):

$$F_B = F_d + F_l + F_{v.m} + F_{t.d} + F_{w.l} \quad (2.6)$$

When microbubbles move in the liquid phase, they are subject to the resistance of the liquid phase, which hinders the movement of microbubbles in the direction opposite to the direction of the mixed two-phase flow, and which plays a major role in the movement of microbubbles, and the expression of F_d is shown as equation (2.7):

$$F_d = 0.75 \eta_a C_d \frac{\rho_f}{d_a} |v_f - v_a| (v_f - v_a) \quad (2.7)$$

where η_a is the volume fraction of the gas phase, C_d is the interphase resistance coefficient, ρ_f is the density of the liquid phase, d_a is the diameter of the microelement, v_f is the velocity of fluid

motion, and v_a is the velocity of microbubble motion. The interphase resistance C_d is related by the Reynolds number Re_B of the microbubbles. If the deformation of microbubbles is not considered and the microbubbles are treated as spherical, the formula for the interphase resistance C_d is shown as equation (2.8):

$$C_d = \begin{cases} \frac{24}{Re_B} (1 + 0.15 Re_B), & Re_B < 1000 \\ 0.44 Re_B, & x \geq 1000 \end{cases} \quad (2.8)$$

The formula for the Reynolds number Re_B is shown as equation (2.9):

$$Re_B = \frac{d_a |v_f - v_a|}{\mu_a} \quad (2.9)$$

where μ_a is the kinematic viscosity coefficient of microbubbles.

The microelement lift force F_l acts on the microbubbles and affects the position of the microbubbles in the boundary layer, which is determined by the local velocity gradient in the turbulent boundary layer with localized fluid eddies in a direction perpendicular to the direction of the interphase drag F_d , which can affect the average velocity of the microbubbles in the direction of the normal phase of the boundary layer, the formula for the F_l is shown as (2.10).

$$F_l = \eta_a \rho_f C_l (v_a - v_f) \times \nabla \times v_f \quad (2.10)$$

C_l is the micrometric lift coefficient.

The virtual mass force $F_{v.m}$ is the force generated when the motion state between the microbubble and the fluid is inconsistent.

The virtual mass force $F_{v.m}$ is the interphase force generated when the microbubbles move with variable speed in the fluid, driving the fluid around the microbubbles to move with variable speed, as shown as equation (2.11).

$$F_{v.m} = \frac{C_{v.m}}{12} d_B^3 \rho_f \left(\frac{dv_f}{dt} - \frac{dv_B}{dt} \right) \quad (2.11)$$

$C_{v.m}$ is the virtual mass coefficient, and Magnaudet et al. suggest that in the vast majority of cases $C_{v.m}$ has a numerical magnitude close to 0.5.

Turbulence dispersion force $F_{t.d}$ is the microbubbles and the liquid phase in the local fluid vortex action, fluid vortex generated by the "involved", "popping" action makes the microbubbles in the distribution of the boundary layer surface dispersion, resulting in microbubbles with the fluctuations of the fluid and changes, turbulence the discrete force $F_{t.d}$ is shown as equation (2.12):

$$F_{t.d} = -\rho_f E_f \nabla \eta_a \quad (2.12)$$

E_f is the turbulent kinetic energy of the fluid.

The wall lubrication force $F_{w.l}$ is the force generated by the microbubbles moving near the wall at the bottom of the ship when the microbubbles will move away from the wall due to the squeezing action of the fluid around the wall. The wall lubrication force $F_{w.l}$ is shown as equation (2.13):

$$F_{w.l} = C_{w.l} \eta_a \rho_f |v_a - v_f - [(v_a - v_f) \cdot n] n| n \quad (2.13)$$

$C_{w.l}$ is the wall lubrication coefficient, and n is the normal vector of the wall surface of the ship's bottom, where the wall lubrication force acts to keep microbubbles out of the near-wall surface of the ship's bottom.

3. MICROBUBBLE DRAG REDUCTION TEST SYSTEM DESIGN

3.1. Experiment platform construction

Microbubble Drag Reduction (MBDR) proves effectiveness in reducing ship's resistance. But its application is significantly impeded by the complex flow field beneath the ship hull. This research aims to explore the impact of various parameters on reducing ship resistance using MBDR technology. To facilitate the study, a MBDR test platform has been developed to conduct a demand analysis focused on green and low-carbon considerations, microbubble drag reduction (MBDR), and cost-effectiveness. Key technologies for MBDR technology such as model thrust acquisition and data communication have been incorporated into the platform. The platform comprises a self-propelled control unit, MBDR control unit, and user control unit. The architectural design of microbubble drag reduction platform is shown as Figure 3.1.

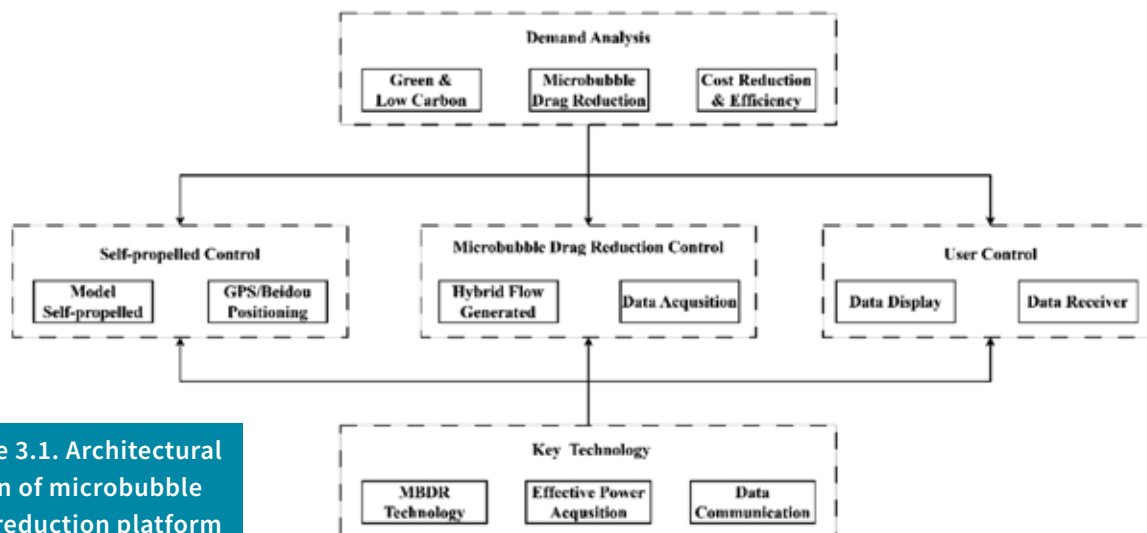


Figure 3.1. Architectural design of microbubble drag reduction platform

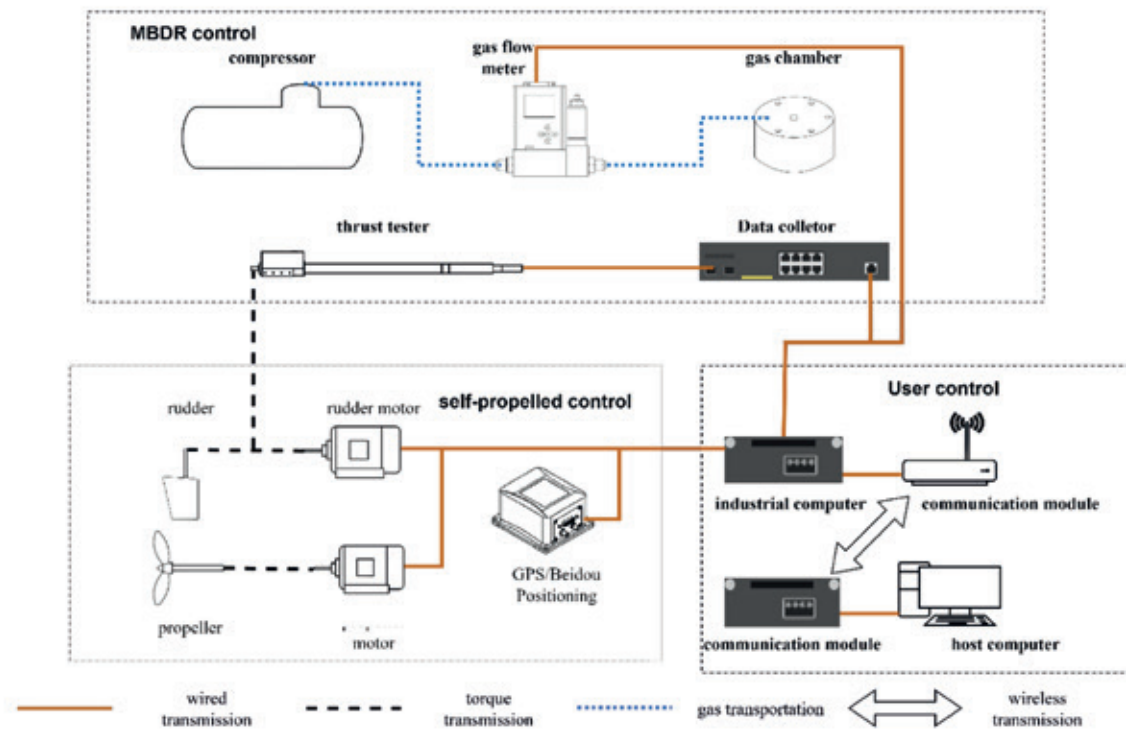


Figure 3.2. platform topology

The self-propelled test of a ship model serves as a predictive measure for the performance of an actual ship. To investigate the change of resistance following the implementation of MBDR technology on a real ship, a self-propelled control unit is incorporated into the model. The real-time state of the model is obtained through the GPS/Beidou positioning model, enabling examination of how the state influences the outcomes of drag reduction and energy-saving effects.

The uniformity and stability of the mixed flow at the ship's bottom are pivotal for achieving successful MBDR technology. In this study, the air compressor is used as gas source, the flow rate of the microbubbles entering the boundary layer is controlled by the gas flow meter, and the stability of the ejected microbubbles is ensured by the mixing chamber. Thrust sensors are placed on the propeller drive shaft to capture real-time changes in thrust during the uniform linear sailing stage, to obtain the resistance of the model. The integration of the self-propelled ship model and MBDR control system forms a MBDR test platform.

Back-end collects the real-time data of the test model by wireless communication. It transmits user commands to the test platform, enabling adjustments to the status of each unit. This facilitates the study of various influencing factors. Ultimately, the parameters and trajectories of the test model are visualized, ensuring a properly progression of the test.

The MBDR test platform is formed by MBDR control unit, self-propelled control unit, and user control unit. RS232 protocol is employed for data transmission within each module of the MBDR control unit and self-propelled control unit, ensuring precision in data and instruction accuracy. Wireless communication is employed in the communication module to transmit data between units, simplifying the testing process and facilitating the exploration of MBDR technology under different microbubble flow rates. The structure of the MBDR test platform is shown as Figure 3.2.

Table 3.1. Real ship, model parameter

	1,140 TEU ship	Model
L_{OA}	139.8m	5.5m
B	26.0m	0.95m
d	6.5m	0.255m

3.2. Experimental condition design

The test utilizes the 1,140 TEU River-Sea Going Ship as the prototype. A test model is fabricated with a scaling ratio of 1:25 for accurate representation in experimental

conditions, and the comparison table of the ship parameters is shown in Table 3.1.

The test model is equipped with a torrential thread at the bow position to improve the reliability and validity of the test results. The microbubble nozzles are set at the bow and amidships respectively, aligned with the ship's bottom surface to minimize shape resistance influence. Additionally, air dams are installed on both the port and starboard

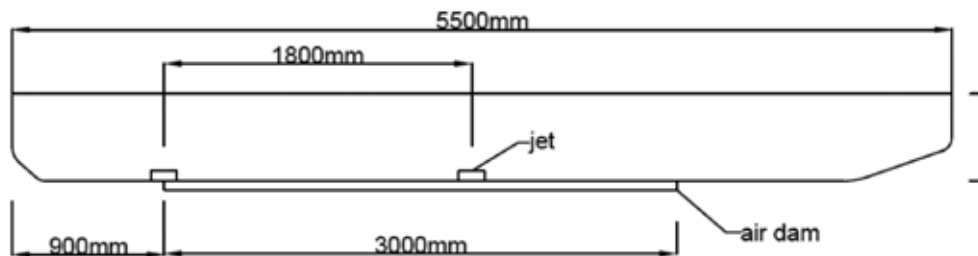


Figure 3.3.
Model side view

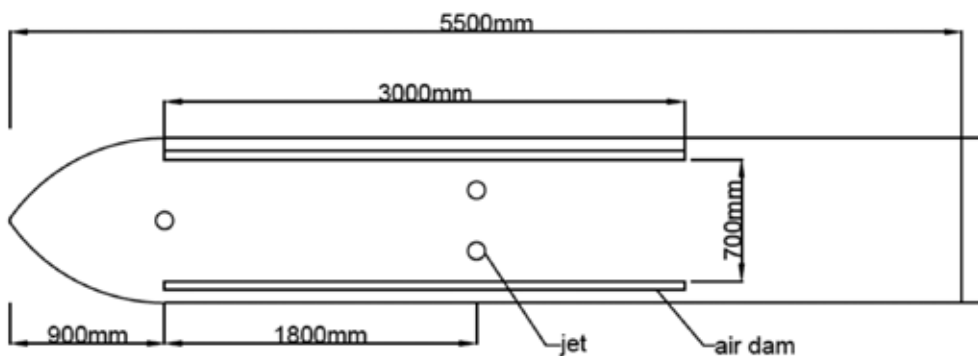


Figure 3.4.
Model side view



Figure 3.5.
Ship Model Schematic

sides of the ship's bottom to prevent gas overflow on the port side. the test model is shown in Figure 3.3~3.5.

The test speed was similarly determined by Froude number (F_r) to be 11.5 knots for the design speed of the 1,140 TEU River-Sea-Going Ship. The Froude number is shown as equation (3.1):

$$F_r = \frac{V_m}{\sqrt{gl}} \quad (3.1)$$

V_m is the test speed of the prototype, g is the acceleration of gravity, which is taken as $9.8\text{m}^2/\text{s}^2$, and l is the characteristic length of the test prototype, which is taken as 5.5m in this paper. the test speed of the test model, V_m , is calculated to be 0.58m/s~0.99m/s, and the corresponding Froude number, F_r , is 0.079~0.135. The test conditions are shown in table 3.2.

Table 3.2. Real ship, model parameter

$V_{m/s}$	0.58, 0.69, 0.75, 0.84, 0.92, 0.99
F_r	0.079, 0.094, 0.102, 0.114, 0.125, 0.135

The effect of gas flow rate in the range of 0 to 1 SLM (Standard Litre per-Minutes) on MBDR is investigated. In order to better investigate the airflow rate magnitude of MBDR, the dimensionless airflow rate coefficient C_Q is defined, and the formula is calculated as equation (3.2):

$$C_q = \frac{Q}{V \cdot B \cdot \delta} \quad (3.2)$$

Q is the magnitude of the current instantaneous airflow rate into the bottom of the ship, B is the jet width of the jet module, and δ is the thickness of the boundary layer at the jet module when no jet is injected. the formula for δ is shown in Equation (3.3):

$$\delta = \begin{cases} 5.2 \times Re^{-\frac{1}{2}} \times x, & Re < (3.5 \sim 5) \times 10^5 \\ 0.0598 \times \frac{x}{\lg(Re - 3.107)}, & Re \geq 3 \times 10^5 \end{cases} \quad (3.3)$$

x is the distance of the jet module from the bow of the ship, Re denotes the Reynolds number at the nozzle of the jet module on the underside of the ship, and the formula of Re is shown in Equation (3.4).

$$Re = \frac{V_m \times x}{\mu_m} \quad (3.4)$$

μ_m is the viscosity coefficient of the fluid, according to the test conditions, $\mu_m=1.14 \times 10^{-6}$ is taken in this paper for calculation. The variation range of the factorless gas flow coefficient C_Q is 0.001284~0.01958 in the calculated self-propelled test. Combining the above test parameters, the test conditions in this paper are arranged as shown in table 3.3.

Table 3.3. Test condition

$V_{m/s}$	0.58, 0.69, 0.75, 0.84, 0.92, 0.99
F_r	0.079, 0.094, 0.102, 0.114, 0.125, 0.135
Q_{SLM}	0~1.0SLM
C_Q	0.001284~0.01958

3.3. Experimental procedure

In accordance with the specified test conditions, several unconstrained self-propelled tests were conducted on the test model in the manoeuvring pool. In these tests, the model was accelerated from one side of the shore to the other, starting with an initial speed of 0. Once the model reached the designated test speed and achieved stability, the model's control system calculated and recorded the real-time thrust. In accordance with Newton's first law, during the phase of uniform linear sailing of the model, the model's thrust exhibits the same magnitude as the drag force, but in the opposite direction. Therefore, the value of the model's thrust can be regarded as the magnitude of the drag force acting on the model, the formula is shown as equation (3.5).

$$\sum_i \vec{F}_i = 0 \quad (3.5)$$

Throughout the testing process, the predefined design conditions were followed, sequentially varying the test parameters to gather MBDR data for the model at different test speeds and microbubble rates. The test procedure is shown in the Figure 3.6.

4. GAS FLOW ADAPTIVE CONTROL SYSTEM

Determining the Optimal Microbubble Flow Rate (OMFR) for a ship is a crucial aspect. Adjusting and controlling the microbubble

flow rate to accommodate changes in the ship's speed is essential. These factors play a critical role in realizing microbubble drag reduction technology. In this section, a prediction model is built between ship resistance and microbubble flow rate using a BP neural network and genetic algorithm. The model is based on self-propelled test data and is used to study microbubble flow rate adaptive control technology.

4.1. Overview of the BP Neural Network algorithm

The BP Neural Network is a multilayer feed-forward neural network implemented through the error backpropagation



Figure 3.6.
Test process

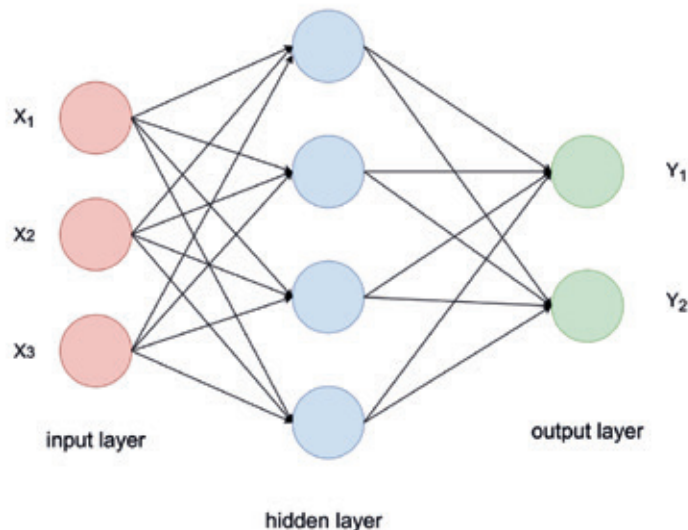


Figure 4.1.
BP Neural Network structure

(1) Output layer error:

$$E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^l (d_k - o_k)^2 \quad (4.1)$$

(2) Hidden layer error:

$$E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^l (d_k - f(net_k))^2 = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^l (d_k - f(\sum_{j=0}^i w_{jk} y_j))^2 \quad (4.2)$$

(3) Output layer error:

$$E = \frac{1}{2} \sum_{k=0}^l \left(d_k - f \left(w_{jk} f(net_j) \right) \right)^2$$

$$= \frac{1}{2} \sum_{k=0}^l \left(d_k - f \left(d_k - f \left(\sum_{j=0}^i (w_{jk} - f(\sum_{m=0}^n v_{mj} x_m)) \right) \right) \right)^2 \quad (4.3)$$

algorithm. This network excels in learning and retaining a substantial volume of input-output mapping relationships. Employing the backpropagation method for the fastest descent, it fine-tunes the weights and thresholds of diverse components within its structure. This iterative adjustment aims to minimize the overall sum of squares of the neural network's error.

The BP Neural Network primarily comprises loss forward propagation and error backpropagation. Initially, it defines the initialization weight value (w) and bias term (b). In the forward propagation phase, it calculates the loss between the output function and the objective function. If the loss exceeds the predetermined threshold, it initiates backpropagation; otherwise, it halts the update of w and b . During backpropagation, it transfers the output to the input layer via the hidden layer, distributing the error to the network's units to obtain the errors of each unit. The weights of each unit are then corrected based on the corresponding errors, the network structure is shown in Figure 4.1.

In the process of data transfer from the input layer to the output layer, errors are generated at each layer, and the errors at each layer can be expressed by the following equations (4.1)~(4.3).

The BP Neural Network achieves optimal learning when the error E is minimized.

4.2. BP Neural Network model construction

The database for the BP Neural Network model is derived from self-propelled model tests incorporating microbubble drag reduction technology. Six sets of test conditions, ranging from 0.58 to 0.99 m/s propeller speed, are chosen from the model's self-propelled tests.

Each set comprises 30 data samples, and each sample comprises six features: the velocity of the model, the attitude of the model, the heading angle of the model, the microbubble rate, the opening and closing of the microbubble nozzles, and the thrust of the model. Constructing the

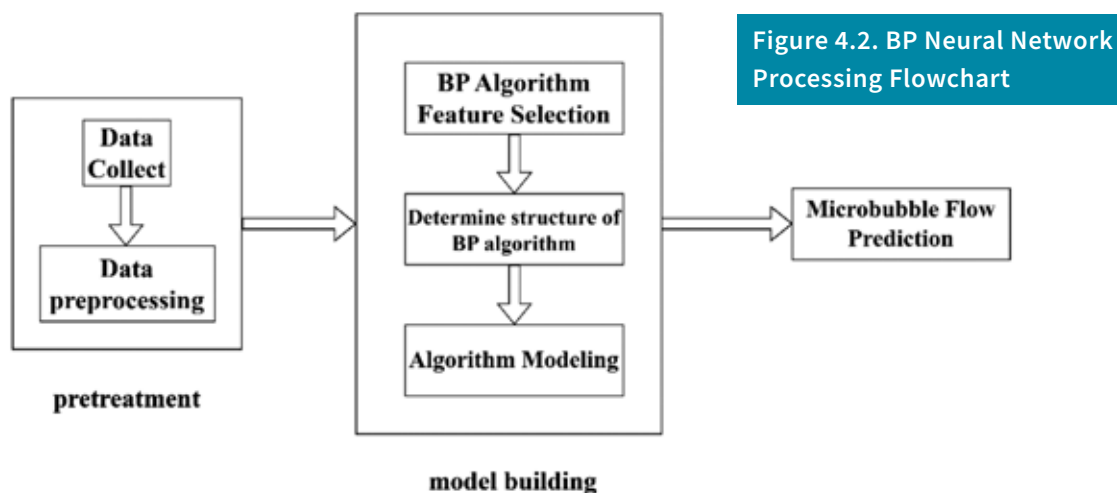


Figure 4.2. BP Neural Network Processing Flowchart

model involves using the sample data and characteristics within the database. And the model construction process is shown in Figure 4.2.

Due to the abundance of features in the sample data, and to prevent information overlap, expedite data processing, and mitigate the impact of secondary factors on model construction, this study focuses on three key features: model test speed, microbubble flow rate, and test model thrust. The BP Neural Network model adopts a 4-layer network structure with a neuron network topology of 1-9-13-1.

In typical cases, the Sigmoid function or Tanh function is employed in the hidden layer of the neural network, while the output layer utilizes a linear function. For this study, the Tanh function is chosen as the activation function for layer 2, and its function expression is as equation (4.4).

$$\tanh(x) = \frac{2}{1 + e^{-2x}} - 1 \quad (4.4)$$

The layer 3 activation function in this study uses logsig with the following functional expression as equation (4.5):

$$\text{logsig}(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (4.5)$$

The layer 4 activation function uses a linear transfer function pruelin with the following functional expression as equation (4.6):

$$\text{purelin}(x) = x \quad (4.6)$$

The neural network has hidden layer neurons set as $h_1=9$ and $h_2=13$. The training parameters are kept at their default values. The optimal training function for the 4-layer BP Neural Network is traingdx, which combines the gradient descent method, momentum optimization, and adaptive learning rate. This integration is aimed at enhancing the stability and accuracy of the algorithm. In the algorithm, the momentum factor is set to 0.8, and the number of iterations is capped at 100,000.

4.3. Design of airflow adaptive control system

The hardware structure design of the adaptive control system is divided into four components: the control module, airflow control module, GPS/Beidou positioning module, and thrust acquisition module, as illustrated in Figure 4.3. The control module utilizes the Raspberry Pi 3B+ control board, responsible for executing the BP Neural Network and regulating the microbubble flow based on real-time thrust and air flow rate. The thrust acquisition module comprises a

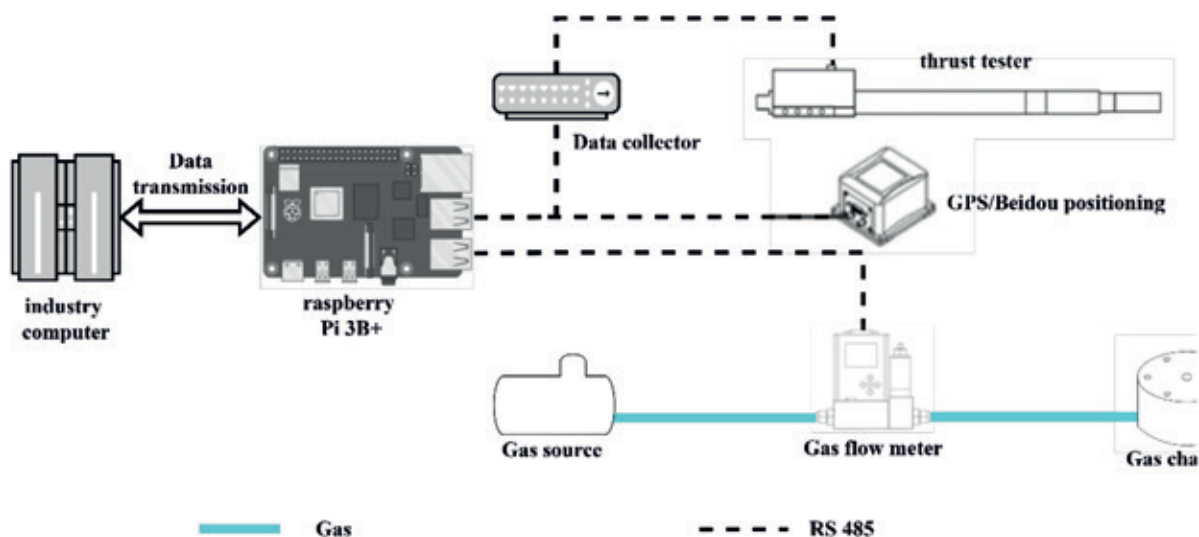


Figure 4.3. Microbubble adaptive control system structure

propeller thrust tester and a data acquisition instrument, collecting propeller thrust data and transmitting it to the Raspberry Pi. The AST10-DBC flow control meter by ASERT is employed for gas flow control hardware, adjusting gas flow according to commands from the control unit. It discharges gas from the source to the chamber through a pipeline, forming a microbubble layer on the ship's bottom.

The control module, gas flow control module, GPS/Beidou positioning module, and thrust acquisition module are connected serially through RS485 communication lines. The application layer interacts with the data through the Modbus communication protocol.

The hardware structure design of the adaptive control system employs a machine learning BP Neural Network as the core to develop the gas flow adaptive control system. Upon system initiation, it establishes connections with each module by opening the serial port. This allows the Raspberry Pi to acquire model thrust from the thrust acquisition module at a frequency of 10Hz. As the model enters the uniform linear sailing

phase and the thrust stabilizes, the system computes the average thrust, representing the model resistance corresponding to the current airflow rate.

This process enables the system to construct the necessary database for BP Neural Network analysis. The system is then trained based on this database, establishing a mathematical model describing the relationship between resistance and airflow rate. Utilizing this mathematical model, the system controls the airflow rate to minimize resistance. The system continuously adjusts the airflow rate using a feedback mechanism to maintain stability at an optimal state.

Throughout system operation, if sailing speed changes, the Raspberry Pi detects the signal through GPS/Beidou positioning module and readjusts the airflow rate accordingly. This adaptive process allows the system to dynamically control airflow, accommodating varying sailing speeds.

4.4. Results and Analysis

According to the test process described in Section 3.3, the corresponding microbubble

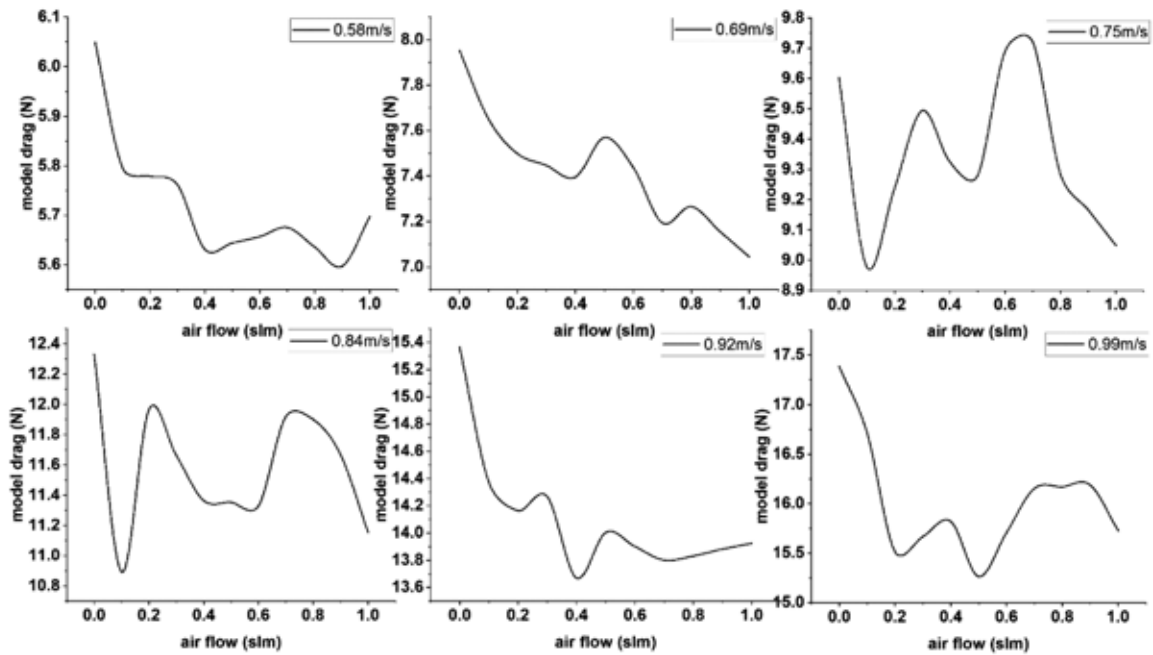


Figure 4.4. change of model sailing resistance

Table 4.1. Test condition

	0.58	0.69	0.75	0.84	0.92	0.99
OMFR(SLM)	0.9	1	0.1	0.1	0.4	0.5

flow and model thrust at a certain test speed were collected, and the test sample database was formed according to the test data. The change of model resistance is shown as Figure 4.4.

Figure 4.4. change of model sailing resistance
The figure illustrates that microbubble effectively reduces the drag resistance of the test model. This occurs within the test speed range of 0.58-0.99 m/s and microbubble rate range of 0-1 SLM. Furthermore, under various conditions, there is a specific microbubble flow rate that minimizes the resistance of the test model. During the test, the optimal microbubble flow at each speed is shown in the Table 4.1.

By utilizing this test data as a sample, the prediction model of the ship is derived

through calculations using the 4-layer BP Neural Network algorithm. Leveraging this prediction model, the data for resistance corresponding to the test model under a specific speed and various microbubble flow rates are obtained. And the change graph of resistance predicted by the test model is plotted as Figure 4.5.

Based on the model resistance predicted by the BP Neural Network, to obtain the microbubble flow rate at the condition of the minimum resistance, which was recorded as the OMFR.

This process is repeated several times, and the error between the iterative calculation and the OMFR in the test data is calculated. This yields the average mean square error (MSE) and the minimum mean square error

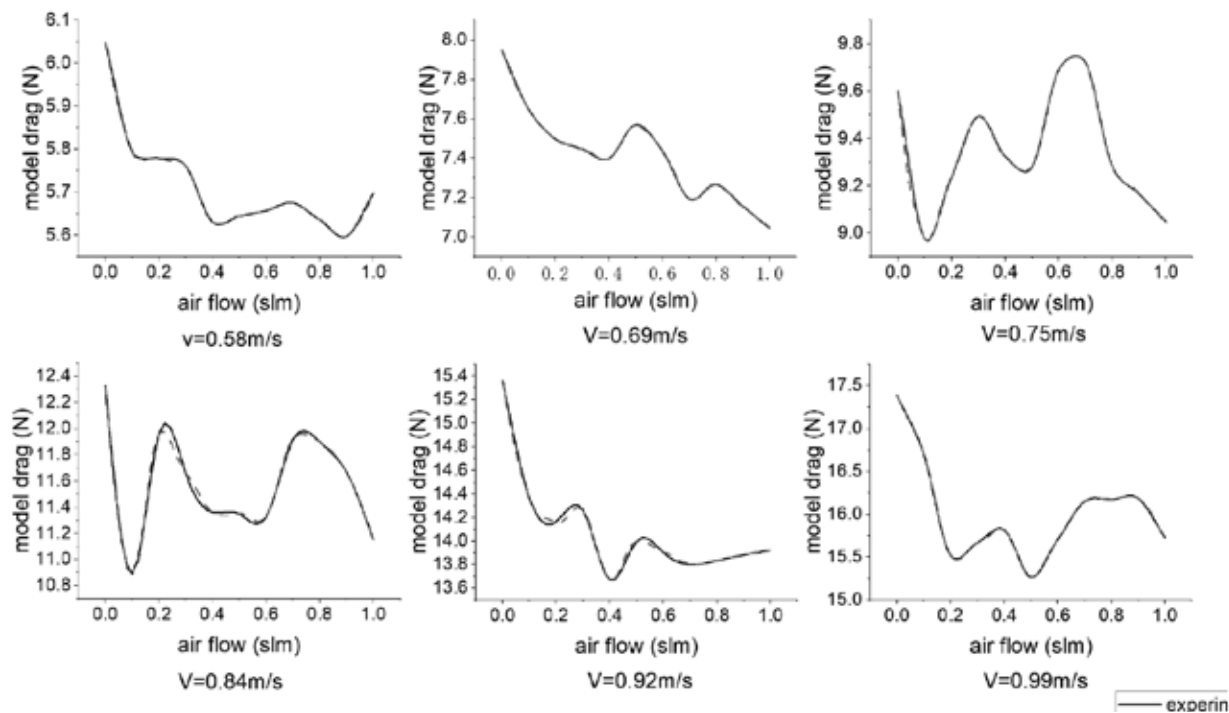


Figure 4.5. Experiments, algorithms data change

Table 4.2. Test condition

	350	400	450	500	550	600
MSE	3.21×10^{-6}	1.23×10^{-5}	1.59×10^{-5}	8.3×10^{-5}	3.04×10^{-5}	7.35×10^{-5}
MMSE	1.04×10^{-6}	8.79×10^{-6}	1.03×10^{-5}	5×10^{-5}	1.88×10^{-5}	4.07×10^{-5}

Table 4.3. Genetic Algorithm Optimization Results

	0.58m/s	0.69m/s	0.75m/s	0.86m/s	0.92m/s	0.99m/s
1	0.88	1	0.12	0.1	0.41	0.5
2	0.88	1	0.12	0.1	0.41	0.5
3	0.88	1	0.12	0.11	0.41	0.5
4	0.88	1	0.11	0.1	0.41	0.5
5	0.88	1	0.12	0.11	0.41	0.5
6	0.88	1	0.11	0.1	0.41	0.5
7	0.88	1	0.11	0.1	0.41	0.51
8	0.88	1	0.12	0.11	0.41	0.5
9	0.88	1	0.12	0.11	0.41	0.5
10	0.88	0.99	0.12	0.11	0.41	0.5

(MMSE) of the fitting results. And the results of the mean square error are shown in the Table 4.2. From the table, it can be concluded that the average mean square error between the predictive model and the experimental

database is extremely small, indicating that the predictive model has good data accuracy. The OMFR derived from the modelling of the BP Neural Network is employed as a sample for the genetic algorithm

optimization operation. The optimization process incorporates single-point crossover and basic bit mutation, with a crossover probability of 0.5 and a mutation probability of 0.5. After multiple iterations, the OMFR after optimization is obtained. The genetic algorithm is repeated 10 times to yield 10 different sets of OMFR. respectively, and the microbubble flow rates are shown in the Table 4.3.

The table reveals that the OMFR resulting from multiple iterations of the genetic algorithm is essentially consistent, indicating the high stability of the optimization control method combining BP Neural Network with genetic algorithm.

5. CONCLUSION

In this paper, the focus is applying microbubble drag reduction to River-Sea-Going ships. The self-propelled tests were conducted to collect data of model thrust and microbubble flow rate. Based on the data, a microbubble adaptive control system was developed using combination of BP Neural Network and genetic algorithm. The system is designed to predict optimal microbubble flow rates under various conditions, whose accuracy and stability are validated through simulation. The results from the study show that the interaction between test speed and microbubble flow rate has significant impact on the effectiveness of microbubble drag reduction technology and ship resistance. Under a certain speed, the microbubble flow rate and model resistance exhibit a complex nonlinear relationship. The microbubble adaptive control system developed by combining BP Neural Network and genetic algorithm can achieve precise and stable control of microbubble flow. It makes the application of microbubble drag reduction technology more accessible and improving its overall usability.

7. REFERENCES

- [1] Froude, W., & Froude, E. (1888). The resistance of ships (No. 23). US Government Printing Office.
- [2] Madavan, N. K., Deutsch, S., & Merkle, C. L. (1984). Reduction of turbulent skin friction by microbubbles. *The Physics of Fluids*, 27(2), 356-363.
- [3] Merkle, C. L., & Deutsch, S. (1989). Microbubble drag reduction. In *Frontiers in experimental fluid mechanics* (pp. 291-335). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- [4] Merkle, C. L., & Deutsch, S. (1992). Microbubble drag reduction in liquid turbulent boundary layers.
- [5] Elbing, B. R., Winkel, E. S., Lay, K. A., Ceccio, S. L., Dowling, D. R., & Perlin, M. (2008). Bubble-induced skin-friction drag reduction and the abrupt transition to air-layer drag reduction. *Journal of Fluid Mechanics*, 612, 201-236.
- [6] Sato, T., Nakata, T., Takeshita, M., Tsuchiya, Y., & Miyata, H. (1997). Experimental study on friction reduction of a model ship by air lubrication. *Journal of the Society of Naval Architects of Japan*, 1997(182), 121-128.
- [7] Mizokami, S., Kawakita, C., Kodan, Y., Takano, S., Higasa, S., & Shigenaga, R. (2010). Experimental study of air lubrication method and verification of effects on actual hull by means of sea trial. *Mitsubishi Heavy Industries Technical Review*, 47(3), 41-47.
- [8] Mizokami, S. (2012). Development and Full-scale Verification Tests of Air Lubrication Systems. *ClassNK technical bulletin*, 30, 11-21.
- [9] Sindagi, S., Vijayakumar, R., & Saxena, B. K. (2018). Investigation of air lubrication system (ALS) on drag reduction of ship. In *Worldwide Maritime Technology Conference* (p. 8).
- [10] Waskito, K. T., Pratama, S. Y., Candra, B. D., & Rahmat, B. A. (2018). Comparison of microbubble and air layer injection with porous media for drag reduction on a self-propelled barge ship model. *Journal of Marine Science and Application*, 17(2), 165-172.
- [11] Park, S. H., & Lee, I. (2018). Optimization of drag reduction effect of air lubrication for a tanker model. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 10(4), 427-438.
- [12] Waskito, K. T. (2020). Determination the optimum location for microbubble drag reduction method in self propelled barge model; an experimental approach. *Energy Reports*, 6, 774-783.
- [13] Tanaka, T., Park, H. J., Tasaka, Y., & Murai, Y. (2020). Spontaneous and artificial void wave propagation beneath a flat-bottom model ship. *Ocean Engineering*, 214, 107850.
- [14] Tanaka, T., Oishi, Y., Park, H. J., Tasaka, Y., Murai, Y., & Kawakita, C. (2022). Frictional drag reduction caused by bubble injection in a turbulent boundary layer beneath a 36-m-long flat-bottom model ship. *Ocean Engineering*, 252, 111224.



Navantia
Shiprepairs

Innovation
where it matters



Discover green sailing with
VULKAN Hybrid Architect

@ JFA Yachts – Long Island 86 Power.

www.vulkan.com



Hybrid
Architect



Couplings experts



Drivetrain experts



Vibroacoustic experts

VULKAN

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

VISIT US!
STAND-C37 AT

WW
WORLD
MARITIME
WEEK

21-23
MARCH
2023

Digitalización del monitoreo pesquero



Izaro
Goienetxea



Xabier
Lekunberri



Jon
Ruiz



Arnaitz
Mugerza



Alex
Salgado



Lluís
Horrach



Iñaki Quincoces,
responsable de proyecto

Investigadores del centro tecnológico AZTI del Programa EveryFish



El monitoreo de la actividad pesquera es fundamental para hacer una gestión que garantice la explotación de los recursos marinos a largo plazo. En estos programas de monitoreo internacionales la toma de datos se hace generalmente mediante observadores embarcados y muestreadores a pie de puerto recopilando datos sobre las capturas y sus características biológicas. Estos datos se utilizan después para diseñar políticas efectivas de gestión pesquera, conservación de los ecosistemas que sostienen dichos recursos pesqueros, así como la implantación de medidas técnicas que minimicen o eviten

las interacciones con especies protegidas. Todas estas decisiones se toman en organismos multilaterales en los cuales participan los países implicados en la explotación, ONGs de protección ambiental y demás agentes implicados en el sistema pesquero, por lo cual es de vital importancia la confianza en la calidad y veracidad de los datos recogidos.

Debido a su alto coste y a otros problemas como la falta de espacio a bordo o la falta de seguridad en algunas zonas conflictivas, la recogida de datos mediante estos programas

no es fácil (Ewell et al., 2020). Para solventar estos problemas se pueden utilizar los sistemas de monitoreo electrónico (EMS) como complemento o alternativa a los tradicionales observadores humanos embarcados, siendo el uso de estos sistemas cada vez más común en pesquerías de diferentes países de Europa, Oceanía y Norteamérica.

Los sistemas EMS suelen constar de un número suficiente de cámaras para monitorizar las zonas del barco donde se efectúa el trabajo pesquero, GPS y diversos sensores que monitorizan los eventos de pesca (detectores de movimiento, sensores de uso del sistema hidráulico y otros, conectados a un ordenador central, donde se guardan los datos necesarios para calcular parámetros como la estimación del esfuerzo de pesca, composición de especies capturadas, número de operaciones de pesca, o la seguridad de las personas involucradas en estas actividades, entre otras.

Aunque las primeras pruebas de monitoreo electrónico se llevaron a cabo en 1999 en Estados Unidos, en Europa las pruebas empezaron en 2008, y se han probado en diferentes flotas como atuneros tropicales, pesquerías de arrastre de fondo o de palangre, entre otras (van Helmond et al., 2020).

Aunque la recopilación de datos mediante el monitoreo electrónico tiene grandes ventajas, su mayor desventaja es la reticencia del personal a bordo a ser grabado y el dilema ético que conlleva la instalación de cámaras (Plet-Hansen et al., 2017). Además de esto, los datos e imágenes capturados por los sistemas de monitoreo electrónico actualmente deben ser visualizados y analizados por personal especializado capaz de identificar las operativas de pesca, las especies capturadas y estimar sus tallas. Esta tarea es costosa por la gran cantidad de tiempo que requiere, y los resultados de los análisis pueden contener sesgos. Como solución a estos problemas, se están poniendo en marcha proyectos que hacen uso de métodos de visión e inteligencia artificial que ayuden a automatizar estas tareas.

La inteligencia artificial es una rama de la informática que trata de resolver problemas emulando la inteligencia humana. Aunque el concepto se usó por primera vez en 1956, en la última década se han dado avances muy importantes en el área, haciendo que actualmente el desarrollo de nuevas técnicas y su mejora sea constante. Además, los costes de las herramientas necesarias para desarrollar y desplegar estos sistemas se han abaratado, haciendo que estén accesibles para más personas.

Una rama de la inteligencia artificial en la que se ha avanzado notablemente en los últimos años es la visión artificial, capaz de analizar imágenes automáticamente con modelos diseñados para extraer patrones o detectar y clasificar objetos. Estos modelos pueden ser utilizados en el procesado



de las imágenes de monitoreo electrónico, con los que se podría automatizar el análisis de las imágenes obtenidas de las operativas de pesca para obtener estimaciones de la composición de las capturas y de sus tallas, además de detectar capturas de especies protegidas. Además de esto, los métodos de análisis y tratamiento de imagen permiten anonimizar las imágenes, borrando las caras de las personas que participan en las operaciones monitorizadas, por ejemplo, de manera que no sea posible reconocerlas.

En este contexto se puso en marcha el proyecto del programa Horizon Europe EVERY-FISH, que comenzó en enero de 2023 y tiene una duración total de cuatro años. Este proyecto busca una estrecha colaboración entre agentes de la investigación, el mundo académico, la industria y la gobernanza, además de proveedores de tecnología de toda la UE y otros países europeos. Dentro del proyecto se aportarán innovaciones tecnológicas que permitirán la notificación automática y correcta de las capturas en cuanto a tamaño, peso y especie, proporcionando así información verificable sobre las capturas y mejorando el cumplimiento de la normativa pesquera. Esto contribuirá a reducir los descartes, poner fin a la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada, y fomentar las actividades pesqueras sostenibles reduciendo la sobrepesca.

Los objetivos principales del proyecto son la mejora de las condiciones de trabajo a bordo, una declaración más precisa de las capturas, la detección de anomalías en los eventos de pesca y la digitalización de la gestión de las pesquerías para el mejor interés tanto de los pescadores como de los peces.

Dentro del proyecto, en AZTI estamos trabajando en el desarrollo de sistemas para la monitorización automática de las pescas de atuneros tropicales mediante modelos de IA

aplicados a las imágenes de las cámaras de EMS. El objetivo es estimar las capturas totales de los buques, así como los porcentajes de las tres especies objetivo de la pesquería (el patudo, el rabil y el listado) y el porcentaje de otras especies capturadas. También queremos estimar sus tallas. Para ello estamos empleando modelos de IA capaces de identificar patrones en imágenes. Estos modelos se entrenan primero para que aprendan a detectar los peces en las imágenes obtenidas por las cámaras a bordo y después se entrenan para aprender a asignar la especie correspondiente a cada pez detectado.

Aunque aún queden algo menos de tres años de proyecto, se están obteniendo resultados prometedores en la identificación y el conteo de las capturas. Estos nos anima a decir que tarde o temprano la mayoría de las pesquerías podrán ser monitorizadas mediante Inteligencia Artificial y que con la generalización de instalación de cámaras se podrán desarrollar otras aplicaciones útiles como la seguridad a bordo o detección de descartes.

REFERENCIAS

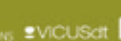
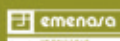
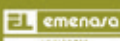
- Ewell, C., Hocevar, J., Mitchell, E., Snowden, S., & Jacquet, J. (2020). An evaluation of Regional Fisheries Management Organization at-sea compliance monitoring and observer programs. *Marine Policy*, 115, 103842. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103842>
- Plet-Hansen, K. S., Eliassen, S. Q., Mortensen, L. O., Bergsson, H., Olesen, H. J., & Ulrich, C. (2017). Remote electronic monitoring and the landing obligation – some insights into fishers' and fishery inspectors' opinions. *Marine Policy*, 76, 98-106. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.11.028>
- van Helmond, A. T. M., Mortensen, L. O., Plet-Hansen, K. S., Ulrich, C., Needle, C. L., Oesterwind, D., Kindt-Larsen, L., Catchpole, T., Mangi, S., Zimmermann, C., Olesen, H. J., Bailey, N., Bergsson, H., Dalskov, J., Elson, J., Hosken, M., Peterson, L., McElderry, H., Ruiz, J., ... Poos, J. J. (2020). Electronic monitoring in fisheries: Lessons from global experiences and future opportunities. *Fish and Fisheries*, 21(1), 162-189. <https://doi.org/10.1111/faf.12425>

Soluciones personalizadas +30 países nos avalan



www.grupoemenasa.com

La fuerza de un grupo



Proteja las entradas de tuberías

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

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

roxtec.com/es





Vídeo inauguración del Congreso:



Galería de imágenes al completo:

63 Congreso Internacional de Ingeniería Naval e Industria Marítima

Astilleros, armadores y puertos.

Impulso tecnológico del desarrollo sostenible

24 - 26 de abril de 2023 - ETSI Navales (Madrid)





De dcha. a izda.: Rodrigo Pérez Fernández, presidente territorial en Madrid de la AINE; Gustavo Santana, director general de la Marina Mercante; Francisco Javier Jiménez Leube, vicerrector de Comunicación y Relaciones Institucionales de la Universidad Politécnica de Madrid; Diego Fernández Casado, presidente de la AINE; Ángel Niño, Concejal de Innovación y Emprendimiento del Ayuntamiento de Madrid; Pilar Tejo Mora-Granados, decana del COIN.

Inauguración

Más de 300 profesionales y expertos se dieron cita en la 63ª edición del Congreso de Ingeniería Naval e Industria Marítima que este año puso el foco en los ambiciosos objetivos de descarbonización, la transición energética, la innovación tecnológica, los desafíos en Defensa y, sobre todo, la imperiosa necesidad de aumentar el número de estudiantes de ingeniería naval.

Diego Fernández Casado, presidente de la Asociación de Ingenieros Navales y Oceánicos de España, destacó durante la inauguración el completo programa de esta nueva edición, la mirada técnica y científica, y el compromiso histórico con nuestro patrimonio naval. Recordó que “estas miradas y el futuro ilusionante de la profesión y del conjunto del sector depende de los egresados de esta escuela y las otras cuatro que ofrecen el máster de Ingeniería Naval”.

En este mismo sentido, el director general de Marina Mercante, Gustavo Santana, incidió en que la “necesidad de equipamiento de los nuevos buques y el desarrollo de nuevos campos como el despliegue de la energía eólica marina hace imprescindible la necesidad de fomentar vocaciones y con-

tar con más egresados en un sector que ya adolece de un gran déficit de profesionales”.

El concejal de Innovación y Emprendimiento del Ayuntamiento de Madrid, Ángel Niño, recodó que pese a que Madrid es la tercera ciudad europea que más ingenieros genera, “me sumo a la petición de fomentar las vocaciones y el esfuerzo por retener el talento”, ha señalado. La decana del Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos, Pilar Tejo Mora-Granados, enmarcó, durante su intervención, la situación del sector naval a nivel internacional y destacó que “en un escenario de atonía mundial, especialmente en Europa, España tiene unas perspectivas mejores”. En cuanto al mercado de la construcción naval, ha recordado que la actividad de los astilleros españoles se sitúa un 45% por encima del nivel de actividad previo a la pandemia aunque ha llamado la atención sobre el hecho de que, por primera vez, China aglutina más del 50% de la construcción de buques mundial.

En línea con el conjunto del sector, la decana señaló que ante los retos de descarbonización “la flota mundial va a necesitar invertir en torno a 4 billones de euros. Sin duda, la industria tiene un reto pero una enorme oportunidad de desarrollo. Necesitamos el concurso de toda la sociedad implicada:

empresas, administración, universidades y sociedad en general, para contar con ingenieros suficientes”.

Rodrigo Pérez Fernández, presidente territorial en Madrid de la AINE y el COIN destacó que esta edición va a ser capaz de vincular el pasado con el presente y animó a los más jóvenes a estudiar ingeniería, puesto que no solo ofrece perspectivas laborales sólidas, sino que es una invitación a contribuir al progreso de la sociedad. “La ingeniería es un viaje apasionante hacia la transformación y la mejora continua. Einstein decía que los científicos investigan lo que ya es mientras los ingenieros crean lo que todavía no es”, aseguró.

Conferencia Magistral



Antonio Crucelaegui Corvinos, director de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales y Oceánicos de la UPM. “Nuestra escuela tiene la ambición de formar aparte de la élite mundial en el ámbito tecnológico”

La conferencia magistral, impartida por el director de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales, Antonio Crucelaegui, ha representado un viaje por la historia naval de nuestro país que ha permitido recordar la potencia que España ha representado siempre en la construcción de buques: “Los navegantes, constructores y marinos españoles armaron buques para batallas navales históricas, circunnavegaron el planeta, descubrieron el nuevo mundo y desarrollaron innovaciones capaces de salvar vidas en el mar”.

Asimismo, apuntó las fortalezas actuales del sector, que exporta el 85% del tonelaje construido y más del 90% de la facturación. Entre ellas, ha destacado las construcciones

que Navantia ha entregado a Noruega, Arabia Saudita, Australia y a la Royal Navy británica, pero, sobre todo la construcción del submarino Isaac Peral, primero de su clase entregado a la armada en noviembre pasado, diseñado y construido íntegramente en España. “La excelencia técnica y la capacidad de España para competir a nivel mundial le ha permitido ingresar en el selecto club de 10 países que tienen capacidad para diseñar y construir submarinos”, ha puesto de manifiesto. “Es el mayor reto industrial y tecnológico jamás afrontado por la industria en nuestro país”.

Por otra parte, enumeró los retos actuales, entre ellos: La urgencia por encontrar soluciones de acuicultura marina para alimentar a un porcentaje significativo de la población mundial, atender los ambiciosos objetivos de descarbonización, desarrollar soluciones estructurales en la náutica marina que permiten que las embarcaciones literalmente vuelen, garantizar la soberanía e independencia tecnológica, la digitalización del sector con el uso de gemelos digitales y el desembarco de la inteligencia artificial que, en palabras del director de la ETSI Navales “pone patas arriba el status quo actual”, la posibilidad de transportar la energía nuclear a otras zonas de consumo y el uso creciente de drones y robots submarinos y el desarrollo de buques autónomos.

Pero por encima de todos los demás, Antonio Crucelaegui apuntó un reto: “no perder la posibilidad de aprovechar estas inmensas oportunidades por falta de ingenieros”. Y a este respecto ha lanzado un aviso a navegantes sobre la necesidad de adecuar las enseñanzas académicas: “vamos a tener que enseñar a nuestros alumnos a formular preguntas a una máquina”. “Estamos en la élite de la innovación mundial en materia de sostenibilidad, construyendo los buques más avanzados y nuestra escuela tiene la ambición de formar aparte de la élite mundial en el ámbito tecnológico”.

Áreas Temáticas

El programa del Congreso estuvo dividido en cuatro áreas temáticas principales. Cada una de ellas estuvieron abiertas por sus mesas y ponencias inaugurales correspondientes.

Mercante, Pasaje y Buques especiales



Mercante, Pasaje y Buques especiales

Benito Núñez Quintanilla, secretario general de Transporte Aéreo y Marítimo

Pesca



Pesca

Javier Garat, secretario general de Cepesca

Energías renovables marinas



Energías renovables marinas

Jesús Ferrero, subdirector general de energías renovables, de la Dirección General de Política Energética y Minas – MITECO – Gobierno de España

Defensa



Defensa

Almirante Nicolás Lapique, Almirante director de ingeniería y construcción

Trabajos premiados



1^{er} premio

“Research on decarbonization and frictional resistance reduction with microbubble drag reduction technology”, por Guangwu Liu; Yanan Zhou; Zhiyong Pei; y M. Toman

De izda. a dcha.: Diego Fernández Casado; Guangwu Liu; Yanan Zhou; y R. Domínguez García-Baquero, presidente de Navantia



2º premio

“Analysis of attention mechanisms for the prediction of ship fuel oil consumption”, de Christian Velasco-Gallego; Iraklis Lazakis; y Vendanjali Polaki.

Álvaro Martínez Palacio, director de offshore de Iberdrola; Christian Velasco-Gallego; y Diego Fernández Casado



3^{er} premio

“Simulación predictiva de los requerimientos de OPS en puertos”, por R. Atienza

Diego Fernández Casado y Raúl Atienza



De dcha. a izda.: Mirko Toman; Pablo Romero Tello, Diego Fernández Casado; y José a. Durango Ramón

Accesit

- “Proyecto Hidram - Descarbonización del transporte marítimo a través de soluciones de almacenamiento de hidrógeno mediante la generación de amoníaco verde como combustible multipropósito”, por J. A. Durango Ramón; M. B. Cardama; A. Carneros; C. Contreras; E. Martín; A. Martínez; L. Mingot; y J.F. Plaza.
- SPRAI: La innovación en inteligencia artificial para la predicción del comportamiento en la mar”, por P. Romero Tello; B. Serván Camas; A. J. Lorente López.
- “Backing shipbuilding from the Metaverse”, por M. Toman, R. Pérez Fernández

Premios AINE



De izda. a dcha.: Pilar Tejo Mora-Granados; Javier Martín-Arroyo, director técnico de Astilleros Gondán en nombre de Álvaro Platero, que lamentablemente no nos pudo acompañar; Diego Fernández Casado.

Por su larga trayectoria de construcción de buques e innovación tecnológica, con el esfuerzo y profesionalidad de muchos compañeros ingenieros navales, el premio a la “Mejor Empresa o Institución relacionada con la profesión” fue para Astilleros Gondán.



De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; Carlos Cremades Carceller, presidente de la Real Academia de la Mar; y Diego Fernández Casado

El siguiente premio fue para una institución que tiene como misión, poner en valor la cultura de la mar y la tradición marítima de España. Aglutinando las aspiraciones y anhelos de las cuatro marinas: Armada, Mercante, Pesca y Deportiva, y con una muy relevante actividad de promoción de la brillante historia marítima española. El premio a la “Mejor Empresa o Institución relacionada con actividades del sector marítimo” fue para la Real Academia de la Mar.

Premio Especial AINE 2023



De izda. a dcha.: Pilar Tejo Mora-Granados; Ricardo Domínguez García-Baquero, presidente de Navantia, en nombre de Navantia; Antonio Piñeiro, Almirante Jefe del Estado Mayor de la Armada, en nombre de la Armada Española

Concedido al submarino S-81 *Isaac Peral*. Este artefacto sitúa a España entre los escasos países en el mundo con la capacidad de ingeniería y construcción naval necesaria para el diseño y la construcción altamente tecnológica. Ha empleado, desde su anteproyecto hasta su entrega, a cientos de ingenieros navales de tres generaciones, desde los que iniciaron el anteproyecto hasta su entrega.

Premio al mejor Trabajo Fin de Máster



De izda. a dcha.:
Diego Fernández Casado;
Juan José Vilarroya
Gilbert; y Jaiver Arnau,
director de Navalía

“Diseño conceptual de un crucero de lujo de bajas emisiones”,
Juan José Vilarroya Gilbert, de la Universidad Politécnica de Cartagena

Premio a la construcción naval más destacada 2023



De izda. a dcha.:
Juan Manuel Paino,
director general de Astilleros
Armón; Jorge Dahl Sobrino,
presidente territorial en
Galicia, Diego Fernández
Casado; y, Juan Pablo Molina,
director técnico coportativo
de Baleària.

Este año, el premio conmemorativo la construcción naval más destacada construida en el año 2023 en España se ha otorgado tanto al astillero constructor del buque (Astilleros Armón) como al armador (Baleària), por el *Cap de Barbaria*, el primer ferry eléctrico de España de pasaje y carga con cero emisiones en aproximaciones y estancias a puerto. Tiene 82 m de eslora, 15,5 m de manga, capacidad para 390 pasajeros y 240 m de carga. Une Ibiza y Formentera en una hora. Está equipado con un sistema de almacenamiento de energía con baterías de litio de última generación que le otorgan una autonomía de 12 h en puerto.



Patrocinadores



NAVANTIA

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; Ricardo Domínguez García-Baquero; Diego Fernández Casado



IBERDROLA

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; Álvaro Martínez Palacio, director de offshore Iberdrola; y Diego Fernández Casado



NAVALIA

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; Javier Arnau, director de Navalia; y Diego Fernández Casado



NOV FGS

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; Juan Carlos Marroquin, vicepresidente de ventas y marketing; y Diego Fernández Casado



DNV

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; José María Izquierdo, area manager; y Diego Fernández Casado



BUREAU VERITAS IBERIA SLU.

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; Luis Guerrero Gómez, director de la división de España y Portugal y Diego Fernández Casado



LLOYD'S REGISTER

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; Javier de Juana, Spain Marine & Offshore Business Manager; y Diego Fernández Casado



SALVAMENTO MARÍTIMO

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; Raúl Estaire Gómez, Jefe de servicio del departamento de operaciones / flota marítima; y Diego Fernández Casado



IBAIZABAL

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; Jorge Zickermann de Lancaster, CEO; y Diego Fernández Casado



ABS

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; Eduardo Álvarez Jiménez, director para España; y Diego Fernández Casado



PIPEPAIN

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; Carmen Sánchez Ramírez, directora técnica; y Diego Fernández Casado



GRUPO ARBULU

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; Jorge Rozados Ramos, CTO; y Diego Fernández Casado



ABANCE

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; Carlos Campoy Zuasti, chief executive officer; y Diego Fernández Casado



CT INGENIEROS

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; Vicente Egea, director general; y Diego Fernández Casado



MARFLET MARINE

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; Carlos Cremades, presidente; y Diego Fernández Casado



CINTRANAVAL

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; Javier Tuduri, vicepresidente; y Diego Fernández Casado



FERNÁNDEZ JOVE COMERCIAL E INGENIERÍA SL

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; Tony Fernández Jové, director general; y Diego Fernández Casado



AON

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; Olga de Luaces González, broker; y Diego Fernández Casado



SOERMAR

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; Cayetano Hoyos, ingeniero de proyectos; y Diego Fernández Casado



ASTICAN y ASTANDER

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; Juan Luis Sánchez Echevarría, director de Astander; y Diego Fernández Casado



SEAPLACE

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; Pedro López Vizcayno, director comercial y de desarrollo; y Diego Fernández Casado



GHENOVA

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; Rafael Calderón, director de división naval; y Diego Fernández Casado



WÄRTSILÄ

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; Josu Goiogana, sales manager; y Diego Fernández Casado



SCHOTTEL WIRESA

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; Emilio Costoso, director de área; y Diego Fernández Casado



VULKAN

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández;
José Ignacio Cuenca, director general;
y Diego Fernández Casado



CASCOS NAVAL

De izda. a dcha.:
Rodrigo Pérez Fernández;
Antonio Álvarez Cascos, gerente;
y Diego Fernández Casado



TSI

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández;
Publio Beltrán Palomo, director-fundador;
y Diego Fernández Casado



TRASMED

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández;
Miguel Pardo Gil Alberdi,
director de relaciones institucionales;
y Diego Fernández Casado



ALBORS GALIANO PORTALES

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández;
Javier Portales, socio;
y Diego Fernández Casado



VOITH

De izda. a dcha.:Rodrigo Pérez Fernández;
Ricardo Rodríguez, responsable
del dto. marino; y Diego Fernández Casado



SIEMENS

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; Javier Fernández Rodríguez, director CESENA; y Diego Fernández Casado



FRIZONIA

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; Javier Gamundi, presidente; y Diego Fernández Casado



Siport21

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; José Ramón Iribarren, director general; y Diego Fernández Casado



COMISMAR

De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; Miguel ángel Lamet, presidente; y Diego Fernández Casado.

También agradecer la colaboración de los siguientes patrocinadores que no pudieron estar presentes:
Grupo Meridional y Asime.

Mesas redondas: defensa, pesca, eólica, marina y mercante



“Desafíos actuales para las empresas navieras”.

De dcha. a izda.: Javier de Juana, Lloyd’s Register, moderador; José Poblet, Cotenaval; Juan José Ferrer, CEO Marflet; Alfredo Serrano, CLIA Spain; José María Torre Martínez, director flota de Ibaizabal; y Luis Miguel Labarra, IMI Europe



Componentes de la mesa redonda del área de pesca

“La flota pesquera y la transición energética”. De izda. a dcha.:

José Manuel Blanco, director de flota de Trimarine; Macarena Ubis Lupión, directora de flota en Nauterra; moderador, Javier Touza, presidente de la Cooperativa de Armadores de Vigo; Javier Garat secretario general de Cepesca; y Gabriel Gómez Celaya, director general de Marine Instruments.



Componentes de la mesa redonda del área de defensa
 “Los retos del sector naval para la defensa”. De izda. a dcha.:
 Almirante Ricardo Hernández de la Armada Española; Antonio Fonfria,
 profesor de economía aplicada en la UCM; moderador, Javier Romero Yacobi,
 director de estrategia de Navantia; Alberto Sols decano de la Escuela de Arquitectura,
 Ingeniería y Diseño Universidad Europea de Madrid;
 y Emilio Varela, director corporativo Oesia.



Mesa redonda del área de eólica
 “Retos y oportunidades para la energía eólica marina”. De izda. a dcha.:
 Lucio Rodrigues, head of supply chain & procurement, Principle Power;
 Germán Carlos Suárez Calvo, presidente del grupo Aliminia (Astican/Astander);
 Fernando Barreras, energy director, Suardiaz Energy; Julio Muñoz Flórez, Redeia;
 y como moderador, Javier Herrador, director Navantia Seanergies.

Conclusiones



De izda. a dcha.: Rodrigo Pérez Fernández; Antonio Crucelaegui Corvinos; Pilar Tejo Mora-Granados; Gala Concepción Raba; y Diego Fernández Casado

Con la seguridad de constituir una palanca estratégica para el país- con capacidad para encabezar la generación de energías renovables e impulsar el desarrollo tecnológico- y el reto de hacer frente al compromiso de descarbonización y a la complicada situación geopolítica actual, la ingeniería naval y la industria marítima cerró la 63ª edición del Congreso.

“Es en el conjunto de las escuelas de ingeniería naval donde residen las esperanzas y expectativas de futuro del conjunto del sector: es necesario talento joven; en concreto, el doble cada año durante al menos los próximos cinco”, recordaron el presidente de AINE, Diego Fernández Casado, y la decana del COIN, Pilar Tejo Mora- Granados.

¡Nos vemos en Asturias!



64º Congreso Internacional de Ingeniería Naval e Industria Marítima

El consejo de la Confederation of European Maritime Technology Societies celebró su última reunión en Madrid



El pasado 23 de abril tuvo lugar el Council meeting de la CEMT en Madrid, en la sede de la Asociación de Ingenieros Navales y Oceánicos (AINE) en el Instituto de la Ingeniería de España (IIE).

La Confederation of European Maritime Technology Societies (CEMT) es una confederación independiente de instituciones profesionales (dedicadas a la educación y desarrollo profesional) y sociedades académicas (que facilitan el intercambio de información) en el campo de la ingeniería naval.

El CEMT proporciona un espacio para el intercambio de información y opiniones entre las sociedades constituyentes sobre asuntos relacionados con la educación y el desarrollo profesional de ingenieros navales.

A través de sus sociedades miembro, donde una de ellas es la AINE, el CEMT puede aprovechar el conocimiento, las habilidades y la experiencia de más de 60.000 ingenieros navales. Por lo tanto, está especialmente posicionado para contribuir al éxito de la industria marítima europea.

El Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos y SOERMAR firman un acuerdo de colaboración



Las dos entidades cooperarán en la organización de seminarios y actividades de formación y divulgación, intercambiarán publicaciones e informes y apoyarán la I+D+i y el desarrollo de proyectos de investigación en el ámbito de las nuevas tecnologías aplicables al sector naval, entre otras acciones.

El colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos (COIN) y SOERMAR (Sociedad para el Estudio de los Recursos Marítimos) ha firmado un acuerdo para colaborar en la organización de seminarios y actividades de formación y divulgación, el intercambio de publicaciones e informes y el apoyo a la I+D+i y al desarrollo de proyectos de investigación en el ámbito de las nuevas tecnologías aplicables al sector naval, entre otras acciones.

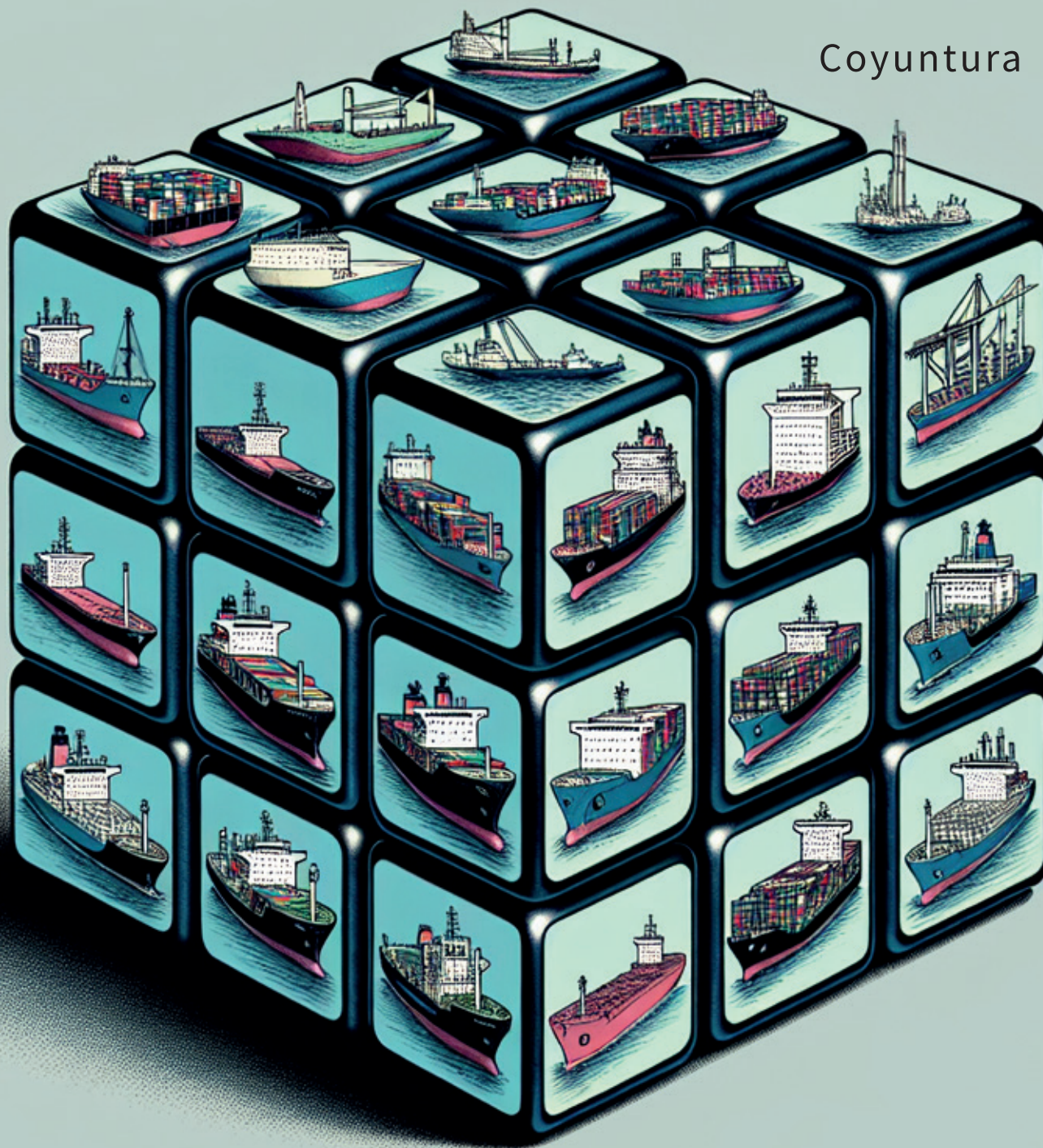
Pilar Tejo Mora-Granados, decana del COIN, ha recordado que “el sector naval español

es referente a nivel mundial, precisamente por su especialización, su elevado nivel de tecnificación y la excelente capacidad de innovación de sus profesionales”. En este sentido, ha destacado que “la colaboración nos permite navegar siempre a más velocidad y con un rumbo más claro: la excelencia”.

Por su parte, Eva Novoa, directora general de SOERMAR, ha mostrado su satisfacción con el acuerdo, “dado que entre los fines de SOERMAR se encuentra la contribución a la investigación y la innovación en el sector de la construcción naval,

el fomento de la colaboración entre los centros públicos y de investigación y las empresas, la mejora del nivel tecnológico de los astilleros y su cadena de valor y su posicionamiento en los mercados internacionales, y, en definitiva, compartimos con el COIN el objetivo de impulsar el sector naval y a sus profesionales”.

Ambas partes expresan en el acuerdo su voluntad de establecer cauces de colaboración “en los aspectos de interés común en los que ambas entidades puedan complementarse en pro del interés común”. Para realizar el seguimiento de este convenio y elaborar el Plan de Acción Conjunta se creará una Comisión Mixta paritaria integrada por dos miembros de cada entidad. Por parte del COIN formarán parte de él la decana y el director de gestión y por la de SOERMAR, la directora general y el director técnico. Como secretario actuará uno de los representantes del COIN.



Un cubo de Rubik marítimo



Por José-Esteban Pérez García

I.N. Colegiado nº 700

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

Ex secretario general, Community of European Union Shipbuilders Associations.

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

Académico de Número de la Real Academia de la mar.

Ex Presidente Comité Asuntos Marítimos IIE.

Introducción

Hace aproximadamente tres años, el profesor Martin Stopford, conocido autor del libro *“Maritime Economics”* expuso su predicción de que reemplazar la flota existente entonces a llevar a cabo hasta el año 2050 requeriría la inversión de 3,4 billones (españoles) de US \$. Suponemos que se refería a dólares corrientes y no al valor presente de los totales que se irían invirtiendo. Según lo que nos indica en mayo de este año *“Danish Ship Finance”* el volumen del transporte marítimo crecerá moderadamente hasta el año 2030, para ir disminuyendo desde ese año hasta 2050.

La verdad es que estando ya casi a la mitad de 2024, da la impresión de que todo está “colgado” del año 2050 y nos deja perplejos estar en una situación en la que el futuro desde ese año pareciera un “mar tenebroso” como el que se suponía desde Europa en la Edad Media cuando sus habitantes de entonces miraban hacia Poniente. Curiosamente, no tenemos noticia que los orientales asiáticos sintieran lo mismo cuando mirasen hacia levante. Probablemente, no se tengan sentimientos parecidos cuando cada día se ve elevarse el sol desde el horizonte marino, que cuando lo que se ve, también cada día, es sumergirse en la oscuridad del horizonte marino de poniente.

Dejando a un lado las leyendas, lo que se puede aventurar, de acuerdo con las intenciones hoy, es que la corriente nos lleva a que las cosas y productos que sean más factibles de obtener o producir cerca de los centros de consumo, no serán, en general, importados. No conviene olvidar que estamos claramente en un cambio de era, no sólo por la implantación de la digitalización y la IA, sino también y muy importante, porque va a ir cambiando radicalmente las fuentes de energía que nos han servido durante dos

siglos, los combustibles fósiles. Y esto será más rápido cuanto más veloz sea la relocalización de la producción.

La situación

Pocas dudas hay acerca de lo complicado que está siendo predecir algo en estos días y esto alcanza también a todo cuanto tiene que ver con el mundo marítimo.

El protagonismo en estos días corresponde, como no podría ser de otra manera, al cumplimiento de las medidas para reducir las emisiones a la atmósfera de gases de efecto invernadero producidas por los buques de todo tipo, y especialmente por los buques mercantes, responsables de entre el 80 y el 90 % del volumen del comercio mundial, y cuya contribución a las emisiones globales de CO₂ a la atmósfera oscila entre el 2,5 y el 3 % del total mundial.

Singularmente, y teniendo en cuenta todo lo que mueve el transporte marítimo y la explotación de los recursos de mares y océanos, esos porcentajes, que podrán encontrar en la tabla de “Indicadores marítimos” que va unida a este artículo, así como las cifras de los parámetros más importantes relacionados con el conjunto del sector, indican que este dista bastante de estar a la cabeza de las actividades más contribuyentes al calentamiento global. En cualquier caso, esto no es excusa para que el mundo marítimo no esté dando ejemplo en los esfuerzos para alcanzar los objetivos que se han marcado para llegar a 2030 con una reducción del 30 %, y del 70 % en 2050; siendo el año de comparación el 2008.

Todo lo anterior es ampliamente conocido por la sociedad marítima y hay un trabajo enorme realizado por la Organización Marítima Internacional, OMI, para acordar tales requerimientos.

Los objetivos: la complicada aceptación. La interdependencia

Dado que la vida útil de los buques mercantes se puede cifrar en un promedio de alrededor de 25 años, parece razonable, al menos teóricamente, que las nuevas construcciones que se entreguen durante el periodo de los años citados hasta el 2050, reúnan las condiciones requeridas, y que los buques ya en servicio que no las reúnan, hayan podido ser sometidos a las transformaciones (si esto fuera posible tanto por razones técnicas como económicas de su explotación) para llegar a la fecha requerida en condiciones.

Todo esto, que simplemente escrito y leído parece una cosa relativamente fácil. No lo es en absoluto, y el camino está erizado de dificultades y complicaciones de todo tipo, que dependen unas de otras y no todas ni mucho menos se conocen suficientemente, aunque se intuyen. Todo ello sin contar con la influencia que factores y acontecimientos externos que se puedan producir, lleguen a alterar el ya complicado “Cubo de Rubik marítimo que tenemos por delante. Nos referimos a acciones de guerra, epidemias, nuevas situaciones económicas y políticas, etc., que han “retratado” nuestra historia muy reciente, y que lo siguen haciendo en el año en curso, con una amenaza de inestabilidad creciente.

La consecución de los objetivos climáticos pretendidos seguramente necesita de la introducción de nuevos modelos de negocio, tanto por parte de los armadores, como de los astilleros, la definición de las rutas en función de las posibilidades de repostaje y los puertos de carga y descarga por citar sólo los factores más importantes.

Como se sabe, los mayores esfuerzos en el sector marítimo en la actualidad, se concentran, como parece lógico en estos momentos

en que los buques, tanto los que integran las carteras de pedidos de los astilleros, como aquellos que estén navegando, han de reducir sus emisiones de GEI, en los combustibles para la propulsión, por decirlo de una manera general, y con los objetivos mencionados antes.

Vaya por delante que la mayoría de las soluciones que se exploran, (algunas de las cuales están ya en funcionamiento digamos “probatorio”, pero qué, en cambio, observando las carteras de pedidos, se manifiesta, ya que, en unos tres años, estarán ya operando buques con las nuevas soluciones propulsivas, o al menos con algunas de ellas.

Son los buques portacontenedores y en cierta manera los LNG, los tipos en cuyos proyectos más se están introduciendo motores propulsores, en general duales, para poder utilizar los nuevos combustibles marinos.

Hay que considerar la enorme variación de paradigma que los cambios que vienen producirán. Las características de la demanda energética de la navegación en un medio con la densidad del agua marina, y las velocidades requeridas, que, aunque son humildes comparadas con otros medios de transporte mucho menos masivos, se relacionan con exponenciales cúbicos de la potencia propulsora, en los rangos de velocidades más usuales. Esto es tanto más acusado en el caso de buques portacontenedores, que simplemente hace diez años se diseñaban para velocidades de servicio de 20 nudos, por ejemplo.

Es por todo lo anterior, por lo que el transporte marítimo, o la navegación, en suma, requieren el aporte de energía concentrada en cantidades importantes, pues sus puntos de repostajes pueden estar, y de hecho así suele ser, bastante alejados. Conviene en

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	1,7	48,6	-3,5	109,9	2,9	11,5	3,3	0,94	1.695	1,4	2.064	4,3	1,5
Eurozona	0,1	0,8	448,4	-3,2	85,1	2,4	6,1	2,6	0,94	1.513	2,1	1.093	5,4	1,2
Francia	0,7	0,9	68,4	-4,9	111	2,7	7,4	3	0,94	1.402	2,2	3.137	4	1,9
Alemania	-0,2	0,3	84,7	-1,5	69,6	2,1	3,2	2,6	0,94	1.322	3,1	4.094	7,3	1,4
Italia	0,6	0,5	56	-5,3	151	1,7	7,5	4	0,94	1.657	1,4	2.233	4,7	1,7
Irlanda	0,5	3,2	5,3	-2,7	44,3	2,2	4,2	4	0,94	1.772	1,1	3.241	6,8	0,2
Noruega	0,5	1	5,7	12	37,4	2,6	3,9	3,9	11	1.424	2,1	5.847	6,7	1,6
Polonia	1	2,8	37,9	-5,2	49	3,8	5,3	5,8	4,05	2.023	1,5	2.430	7,4	2,4
R. Unido	-0,2	0,4	69,5	-4,2	107	2,6	4,2	4,2	0,8	1.676	2,9	5.460	4,6	2,2
Rusia	4,9	1,90	143,4	-1,8	17	6,4	2,8	13,4	92,3	1.874	nd	1.400	12,1	4,1
EE. UU.	3,1	1,8	341,4	-6,1	129	2,7	3,8	4,7	1	1.783	3,4	3.600	13	3,5
China	5,3	4,70	1.425,5	-4,6	71,5	1	5,2	2,1	7,25	2.174	2,4	1.820	7,8	1,6
Japón	1,2	1,3	126	-4,7	262,5	2,3	2,6	0,9	155	1.712	3,3	2.808	8	1,1
India	8,4	6,6	1.435,20	-5,3	84,2	4,8	7,6	7,2	83,3	2.117	nd	1.454	1,6	2,4
Corea Sur	3,2	2,3	51,5	-1,3	51,3	2,5	3	3,6	1.369	2.113	4,9	3.122	11	2,7

Fin de abril 2024

NOTAS: Pib 24: estimación; IPC: estimación; Desempleo: mes citado. Divisa: mes citado. Horas: mes citado. 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. CO₂ MUNDO: 4,6, 2022. Fuentes: The economist, banco Mundial, OCDE, salary experts, OCDE STI. CO₂ MUNDO: 4,6, 2022. Fuentes: The economist, banco Mundial, OCDE, salary experts OCDE STI

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	9	10	11	10	12	12*
Tráf mar. Mund.Mt-milla	51.113	52.775	53.361	56.996	57.399	56.993	58.365	59.055	65.358	70.780*
Traf. Mar.mundial Mt	10.023	10.295	10.716	11.019	11.071	10.648	11.063	12.119	12.410	12.906*
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	85	82,4	83
Comb Ifo-380 \$/t (Rott)	162	213	370	367	251	450	458	418	449	566
Comb MGO/VLSFO \$/t	335	383	593	544	567/502	687/580	697	535	640/582	740/577
Metanol \$/t Verde/gris									575	492
LNG \$/MMBTU. H.Hub	1,93	3	3,12	2,73	2,33	5,08	5,05	3	6	3
Acero plancha. \$/t (Ch)	420	460	580	600	580	850	750	905	900	820
PIB MUNDIAL 2023. Mill US\$	74.954	76.153	80.823	85.883	87.390	84.971	94.935	103.860	105.568	108.313
Emisiones CO ₂ % Total mund.				2,3	2,2	2,5	3	2,3	2,3	

abr-24. Emisiones CO₂ del transporte marítimo totales en 2022: 855 millones de toneladas. Fuentes: UNCTAD, Lloyds, OCDE, datos macro, maritime ex., Fearnresearch, ABS, World bankWorld 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

este punto dar un vistazo al cuadro de “Indicadores marítimos” de esta “Coyuntura”, especialmente en su apartado de toneladas-milla.

Estamos acostumbrados, hasta hace poco, a diseñar buques que quemen combustibles de origen fósil, como el fuel o el diesel según las restricciones de las áreas de navegación,

Tabla 2. 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	87
Aframax (110.000 tpm)	48	47	61	64	66	71
Panamax (70.000 tpm)	45	41	36	42,5	54	52
Handy (47.000 tpm)	36	34	33	33	52	48
GRANELEROS						
Capesize (170.000 tpm)	50	46,5	60	61	67	70
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	29
PORTACONTENEDORES						
1.000 teu	19	18,5	18,5	16,7	23	24
3.500 teu	40	40	50	32	27	28
6.700 teu**	72	72	72	66	42	43
8.800 teu***	89	88	95	81	86	110
13.000 teu****	109	108	140	112	126	141
20.000 teu	145	144	182	150	190/240**	240
GASEROS						
LNG 174.000 m ³ *)	186	186	208	260	260	260
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/amoniaco. Fearnleys O. Report Athenian R 11/2022 R.3/24. (**) Metanol

a los que podríamos calificar aquí como “convencionales”, y a lo que esto viene representando dentro de una arquitectura-estructura del negocio del transporte marítimo ya muy trillada y conocida.

Sin embargo, los nuevos combustibles que se contemplan, tienen en general menor poder calorífico volumétrico en estado líquido que los convencionales, por lo que los buques que los utilicen, a igualdad de tiempo de viaje y de capacidad de carga deberán ser de mayores dimensiones que los que consuman los combustibles convencionales. Por otra parte, la peligrosidad de algunos de los “nuevos”

combustibles requieren que los tanques o receptáculos que los contengan no sean estructurales o estar separados por cofferdams de la estructura del buque, por lo que la solución que muchos elegirán, en función de sus posibilidades, será la de tener los tanques de combustible sobre cubierta, lo que también alteraría el centro de gravedad y las condiciones de estabilidad de dicho buque.

Hay que reconocer que, en los buques más grandes de carga, especialmente los de graneles sólidos y líquidos hay reserva de estabilidad más que suficiente para que esto no sea un escollo. Hasta ahora, pero ya desde hace

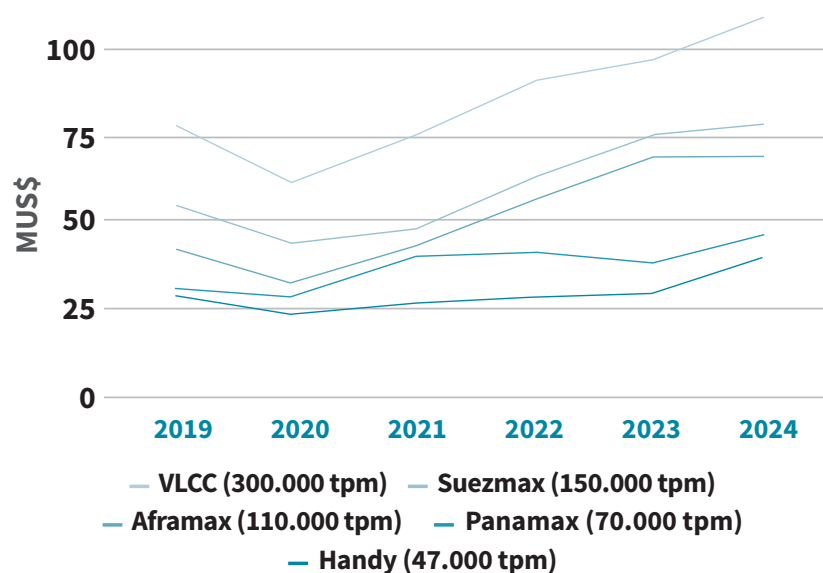


figura 1a.
**Precios petroleros
segunda mano**

Fuente: ATHREP,
Baltic Exchange,
Fearnleys, Clarkson,
OCDE, ITF. abr-24

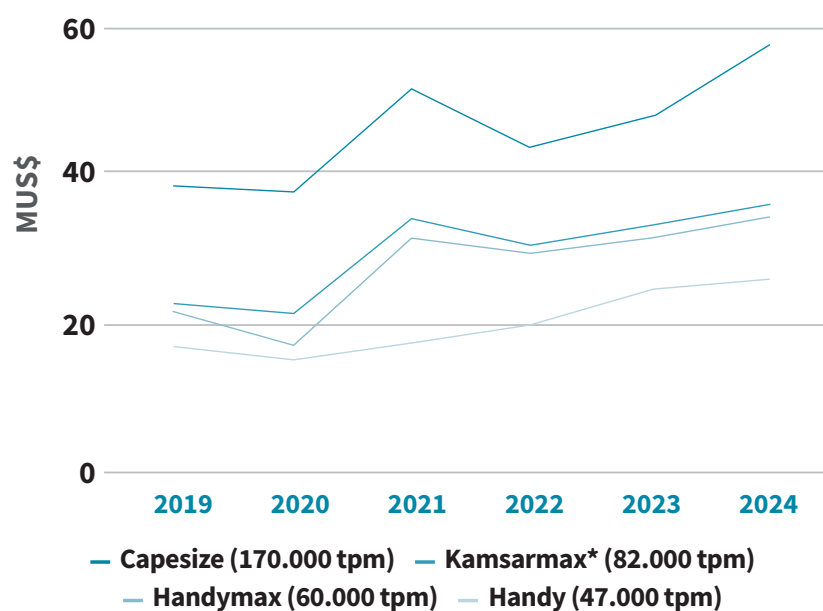


figura 1b.
**Precios graneleros
segunda mano**

Fuente: ATHREP,
Baltic Exchange, Fearnleys,
Clarkson, OCDE, ITF.
abr-24

Mes	ene	feb	mar	abril	TOTAL
Petroleros	30	29	23	21	103
Graneleros	46	65	61	52	224
Gaseros	4	2	2	6	14
Contenedor	5	9	8	15	37
Multi propósitos	0	1	0	1	2
Frigoríficos	0	0	0	0	0
Ro-Ro	2	8	7	22	39
Ferry	0	0	0	0	0
Cruceros	2	1	0	6	9
Totales	89	115	101	123	428

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**

Fuente: ATHREP,
Baltic Exchange, Fearnleys O.
Report, Clarkson, OCDE, ITF,
Athenian R 5/23
feb-24

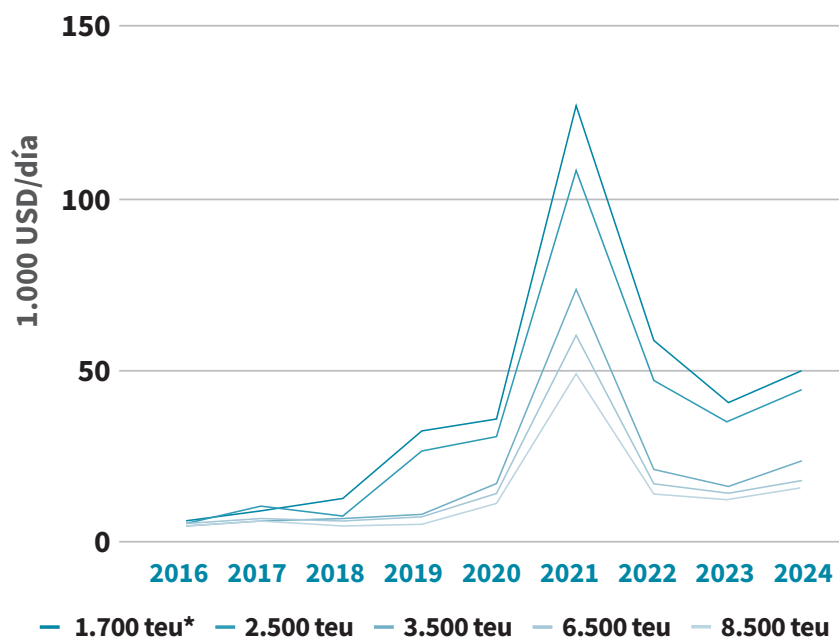


figura 2.
Portacontenedores.
T/C a 1 año
en 1.000 USD

Fuente: Harper Petersen
abr-24



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

Tipo	1 / 2 Año		1 Año		2 Años	
	Atlant	Pacific	Atlant	Pacific	Atlan	Pacific
Capesize	24	24	14,5	24,5	22	22
Pan/kmax	22	17	18	17	16,6	16
Sup/Ultra max	16,5	16,2	17	15,2	15,3	14,2
Handy	14	14,5	15	14	13	12,5
Fin abril 2024						
Capesize	25,5	25,5	25,2	25,2	23,5	23,5
Pan/kmax	20,8	17,8	19	17,8	16,5	16
Sup/Ultramax	16,2	16,2	16,8	15,2	15	14,2
Handy	13,8	15	14,2	14	12,5	12,5
Fin marzo 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	39	47,5	52,5	47,5
Smax	42	43,5	43,5	38,5
Aframax	42	49	43,5	37,5
LR 2		50,5	42,5	38,5
LR1		38,5	32,5	30,5
MR IMO 3		31	28,5	24
Handy		28,5	24	21
Fin abril 2024				
VLCC	41	47,5	52,5	49,5
Smax	40	45	43,5	38,5
Aframax	40	48,5	42,5	37,5
LR 2		47,5	44	38,5
LR 1		37,5	42,5	30,5
MR IMO 3		30	28,5	24
Handy		28,5	24	21
Fin marzo 2024				

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

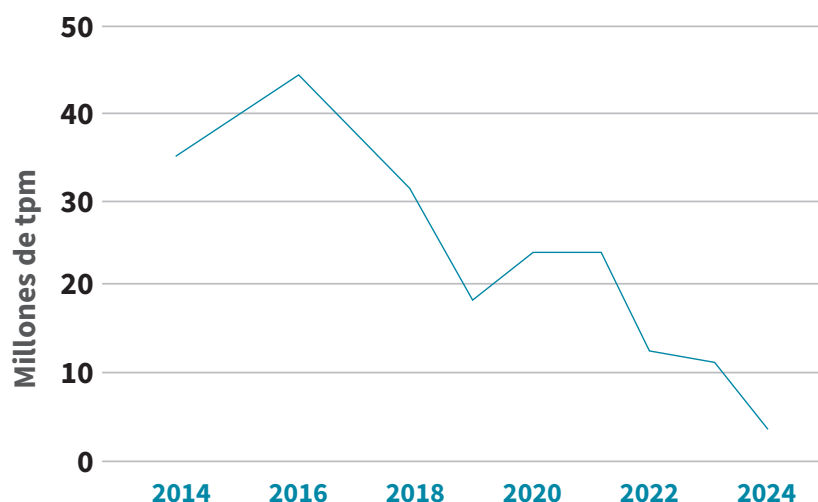
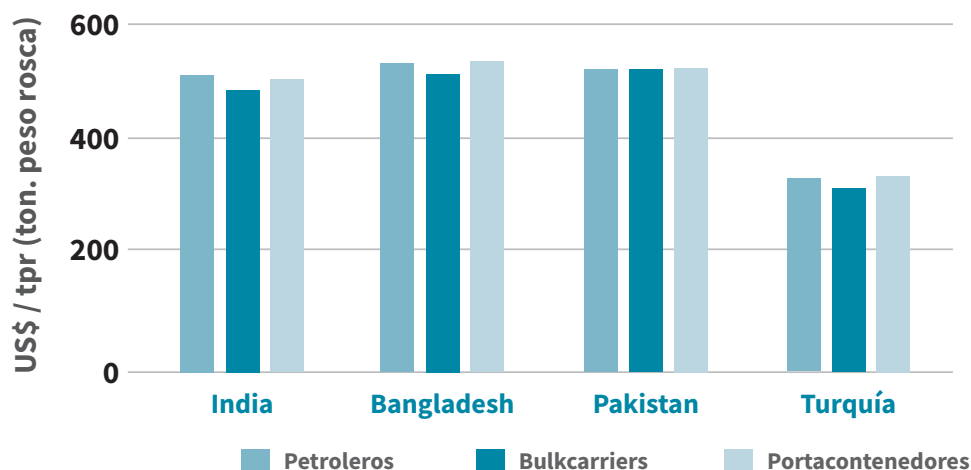
Fletes buques gaseros

Año 2024 abril	2021	2022	2023	2024
LLPG 82.000 spot. Butano Mar del Norte. US\$/t	426	557	500*	499
LNG 160.000.Spot Oeste Suez. 1.000 US\$/Día	150	200	95	36
LNG 160.000 TC 1 Año. 1.000 US\$/Día	47	184	67,5	60

mar-2024.Fuente: Fearnleys. (*) Butano. Fines de año o del mes indicado.

tiempo, se ha manejado la variante de rebajar la velocidad en servicio para disminuir los consumos de combustible y, por tanto, también, la aportación a la atmósfera de gases de efecto invernadero GEI. Esta circunstancia se

ha vuelto más discutible en los últimos meses con las dificultades en el mar Rojo debida a los ataques en el estrecho de Bab-el-Mandeb, y la necesidad para muchos buques de utilizar la ruta de el cabo de Buena Esperanza.



Una de las soluciones que se ha contemplado y ejecutado antes de los sucesos mencionados y de la variación de rutas, con objeto de reducir la emisión de GEI utilizando combustibles fósiles, ha sido la reducción de velocidad de servicio, en virtud de la relación ya mencionada entre la velocidad y la potencia, y, por lo tanto, con el consumo de combustibles. Si nos retrotraemos al año 2021, cuando muchas de las situaciones externas que ahora afectan, no habían sucedido, y la presión de los requerimientos para 2030, aunque crecía pero no con la aceleración que ahora lo hace, un estudio del Profesor

Martin Stopford, Presidente de Clarkson Research y respetado autor del libro “Maritime Economics”, pronosticaba que la inversión necesaria para renovar la flota existente con fecha de cumplimiento 2050 se elevaría hasta los 3,4 billones (españoles) de US \$. Esta cifra ya se mencionó en la Coyuntura de la RIN del mes de diciembre de 2023. Cifra que se superaría si se aplicase de una manera generalizada la medida de la reducción de velocidad media de la flota. Según el propio Stopford, si esa velocidad se redujera a 8 nudos, el ahorro de emisiones podría llegar al 70 %. Es evidente que esto no pasa de

ser una suposición teórica muy gráfica pero prácticamente imposible. Se puede imaginar uno a un petrolero o a un bulkcarrier grandes navegando a esa velocidad, pero no a un buque portacontenedores, a un ferry o a un buque de cruceros, por ejemplo.

Diremos, siguiendo estas hipótesis teóricas, resultaría por ejemplo que, en números redondos, si la velocidad media de la flota de buques portacontenedores se redujera un 30%, haría falta añadir a esa flota nuevos buques con una capacidad de carga que totalizara la capacidad perdida por el alargamiento del tiempo de navegación, reestructuración de las rutas, adaptación de los puertos, y otras muchas variables que afectarían a la economía, a los precios, etc., etc. Pero esto no pasa de ser una disquisición teórica que. En todo caso, muestra lo complicadas que pueden ser las implicaciones de una sola decisión que afecte al transporte marítimo.

Pero, además, hay otros muchos aspectos del proyecto del buque que conviene comentar, aunque sea de pasada.

Cuando se modifica la velocidad de servicio respecto a la estipulada en el proyecto, los elementos fundamentales de la propulsión, especialmente el motor principal y la hélice no funcionan en sus puntos óptimos de rendimiento ^A. Nuevas iniciativas contemplan una modificación radical en el motor propulsor que consiste en reducir el diámetro interior de los cilindros y cambiar el diseño de la cámara de combustión, modificando así el rendimiento del motor para adecuarlo así a las nuevas condiciones de navegación. Según informa Wärtsilä, propietaria del proyecto, esta modificación ha sido ya probada con éxito en un buque portacontenedores en el que se ha reducido en un 25 % el diámetro interior de los cilindros del motor, con ahorros importantes de emisiones de CO₂ y, obviamente, de combustible. La transformación del motor se podría llevar a cabo en un mes de estancia en un astillero de reparaciones, con todo lo necesario provisionado previamente.

Evidentemente, esto es aplicable a los buques existente en los que los beneficios obtenidos, respecto a la aplicación de IMO-CII, y su



vida útil restante justifiquen la intervención. La realización de la obra no requiere entrada en dique, en el caso de que no se quiera modificar el paso de las palas de la hélice para adaptar el rendimiento de la misma a la nueva condición de navegación. En este caso, sí habría que varar el buque para desmontar la hélice y llevar a cabo la operación sobre las palas, equilibrado, etc. Otra posibilidad sería tener previamente la hélice de respeto en el astillero, ya transformada; pero esto es menos recomendable, pues habría que realizar la operación de ajuste entre los dos conos, hélice y eje de cola, que obliga a sacar el eje de cola, generalmente por una sangría en el costado, lo que alargaría el tiempo de varada.

En cualquier caso, las circunstancias cambian cuando pasamos a fijar nuestra atención en el escenario de los últimos doce meses en los astilleros de nuevas construcciones en el mundo y su contratación en este periodo relacionada con el asunto de la propulsión. Si llamamos contratación convencional a las que corresponden a buques cuya propulsión no está ligada al uso de nuevos combustibles, la cuota de estos en número es de un 83 % aproximadamente. El 17 % restante corresponde^B a contratos de buques con combustibles alternativos: metanol, 8 %, LNG 6 %, LPG 2 %, amoníaco 1 %, e hidrógeno 0 %.

Algunos de los últimos ya se usaban en buques “convencionales”, sean sus motores duales o no lo sean.

A todo el panorama anterior, hay que añadir que los combustibles “nuevos” o alternativos y renovables en los motores marinos, como se ha dicho brevemente con anterioridad, requerirán consideraciones especiales que se superponen, para la toma de decisiones a las relacionadas con la reducción de la velocidad de servicio, el diseño hidrodinámico, y otras medidas incluyendo la captura de CO₂, en su caso, tras la combustión de los

combustibles convencionales. La densidad de energía por unidad de volumen, incluso en el caso que se consideren en estado líquido (mediante licuefacción o compresión en caso necesario), tienen una densidad de energía, no sólo por unidad de masa, sino también por unidad de volumen, bastante inferiores a las de los combustibles fósiles convencionales. Además del volumen y el peso añadido al del buque, debido a sus confinamientos no estructurales, resulta que, por sus características físicas se necesitará mucho más espacio a bordo lo que modificaría el tamaño y la disposición general del buque. Como caso extremo citaremos al hidrógeno, que se licua a la temperatura de -259 °C y hierve a -253 °C y una densidad de energía volumétrica bastante menor que la de los combustibles fósiles convencionales.

Como se puede observar, y sin entrar en más detalles (puertos, rutas, autonomías, puntos de repostaje), la combinación y concertación de parámetros para decidir el encargo de un buque, se ha convertido en un entretenido y crítico puzzle para los que tienen que estudiarlo y proceder en consecuencia.

¿Más buques, más grandes?

A la vista de lo que está ocurriendo, todo parece conducirnos hacia un crecimiento de la demanda de transporte en el sentido de “más buques y más grandes”, y obviamente más caros en sí mismos y en su explotación. Hay una circunstancia que conviene mencionar, y que tiene que ver con lo que podríamos llamar, la transversalidad energética que vivimos en este siglo XXI. Los usos de nuevos combustibles son las asignaturas a aprobar, no sólo por el transporte marítimo, sino por los demás medios de transporte, incluidos los que manejan la electricidad como último eslabón de la cadena que permite el movimiento de personas y cosas.

Para hacernos una idea del escenario damos unas cifras de la previsión de demanda actual y futura de combustibles fósiles en los tres principales modos de transporte^c en E J / año (E J = Exa julio = 1.000 TW-h). Estimaciones totales aproximadas.

Año	2020	2030	2050
Carretera	75	90	45
Aviación	7	15	13
Marítimo	12	13	3

El ferrocarril y otros medios consumidores de electricidad (Doméstico, industria y otros) las estimaciones de consumo de energía eléctrica son de entre 31 y 36 miles de TW-h para 2030, y de entre 52 y 71 miles de TW-h para 2050. La estimación que correspondería a un supuesto de aumento de la temperatura global de 1,5 °C desde 2008, que ya incluiría al transporte en general^d, sería aproximadamente de 40 miles de TW-h. Como se puede comprender, todas estas estimaciones son realizadas por diversas entidades y siempre dependerán de otras previsiones de desarrollo y crecimiento económico, así como de las transformaciones estructurales que han de llevarse a cabo. Lo que sí se puede imaginar es la magnitud del desafío que tenemos todos por delante, partiendo de una duda que nunca ha sido resuelta y que se refiere a cuanto debe el aumento de temperatura global a la intervención humana. Lo que es indudable es que sí se conoce el volumen de emisiones de gases de efecto invernadero que se deben a la actividad humana. Hay que tener en cuenta también que el aumento de temperatura que se puede producir en los océanos liberaría metano (CH₄) desde los fondos que contengan hidratos de metano. Recuérdese que el efecto invernadero del metano es ochenta veces más poderoso que el del CO₂, aunque desaparecería de la atmósfera en aproximadamente veinte años, lo que no sucede con el CO₂. Además, acidificaría el agua de los océanos en su camino a la superficie. Los efectos debido a la subida

de la temperatura, ya se ha podido comprobar en el permafrost ártico, rico en hidratos de metano.

Lo que sí se aprecia en el comportamiento general de los medios consumidores de energía, es que el mundo marítimo parece un alumno aventajado en el camino hacia las cero emisiones netas marcadas.

Efectos

Visto el escenario desde un punto de vista marcado por la descarbonización y el cambio de paradigma, se puede esperar que a partir del año 2030 se pueda producir un descenso de la demanda de nuevas construcciones, como efecto del incremento de la cartera actual y las los plazos de entrega derivados de ella. La caída de la demanda de combustibles fósiles que ahora suman aproximadamente un 40 % de los volúmenes transportados por vía marítima, representa un importante desafío para la industria de la construcción naval, debido a lo cual, los astilleros mayoritariamente constructores de los tipos de buque concernidos, quedarán más expuestos que otros. Solamente observando las cifras de la pequeña tabla anterior, nos hacemos una idea de ese gran descenso que se prolongará, al menos, hasta el año 2050.

Sólo el descenso de demanda energética de origen fósil de todo el transporte mundial, sería aproximadamente de 57.000 TW-h, que deberá ser sustituida por energía procedente de combustible limpios, y éstos, en la parte que les toque, serían “fabricados” más cerca de los puntos de consumo, por lo que, tanto los volúmenes a transportar de los nuevos combustibles y la cantidad de toneladas-milla de la flota sustitutiva irá descendiendo. Si las cuentas se extienden al consumo global y su sustitución en el periodo hasta 2050, el descenso calculado será mayor.

Otro de los escenarios para la situación que se está describiendo en este artículo será el encarecimiento de los costes de construcción de los buques y de explotación de estos. La cadena de suministros de materiales y equipos encarecerá su coste por el uso en su fabricación, de energías en parte más caras, y los nuevos combustibles para la propulsión son más caros que los de origen fósil.

Dicho lo anterior, parece un hecho incontrovertible que la descarbonización de la economía global llevará consigo una subida de los costes de explotación y de construcción.

Paralelamente, importantes capacidades de transporte (volúmenes de combustibles fósiles como el crudo y sus derivados) se irán eliminando, y la demanda de nuevos buques se enfrentará al encarecimiento de los mismos.

Se podrá argüir, en base a lo comentado al principio del artículo, que los buques para el transporte de los nuevos combustibles limpios, deberían ser más en número y más grandes, pero esto juega en contra de la idea de que la producción de energía tenga lugar más cerca de los puntos de consumo.

Resulta evidente que la resolución de esta ecuación está condicionada por la evolución del crecimiento económico en el mundo, y es posible que el sector se enfrenta a lo dicho al principio: descenso de la demanda, lo que pondrá todo más difícil.

También es cierto que en la fabricación de los nuevos combustibles hay que consumir energía, y ésta debe ser renovable y limpia. Considerando, como ejemplo, que tales fuentes procedan de Aero generación y/o instalaciones solares, también la situación geográfica de estas fuentes, que no se pueden colocar a discreción, influirá en el em-

plazamiento de las fábricas de nuevos combustibles. Todo ello también influirá en el transporte de los mismos.

Lo comentado anteriormente abona la intención, en algunos casos ya en curso de realización, de que grandes armadores construyan fábricas de combustibles limpios, (ahora lleva ventaja el metanol como el caso de Marsk, pero las predicciones más recientes apuestan más por el amoniaco) localizadas en puntos de sus rutas verdes. Esto puede llevar a una estrategia de dinámica de inversiones y de niveles y contratos de fletes distintas a lo visto hasta el momento presente.

En cualquier caso, y desde un punto de vista general, el cambio energético necesario, tanto en la industria del transporte como en el amplio conjunto de la fabricación y distribución de energía sería interesante saber si la velocidad del crecimiento de la producción global de nuevos combustibles se ajusta, física y financieramente a los requerimientos de un consumo creciente.

Si no fuera así y se produjera un desfase amplio entre la demanda y la oferta, los precios del transporte marítimo tendrían que incrementarse por este efecto.

Sin embargo, siempre conviene tener presente que la participación del coste del transporte marítimo en los precios de los bienes en destino es ínfima comparada con otros costes intermedios.

Mercado

De todo lo comentado anteriormente se puede desprender una interrogación interesante, que posiblemente no estemos ahora en posición de responderla, pero al menos sí de enunciarla para tenerla en cuenta en el próximo futuro.

En los últimos tiempos, hablamos de decenios, la columna vertebral del comercio marítimo venía determinada por la evolución del crecimiento económico mundial, que cada vez más dependía parcialmente del aumento de las disponibilidades energéticas en todos los campos de la actividad humana. Pero en el horizonte próximo que ya imaginamos, y en virtud de lo ya explicado, aunque las necesidades energéticas sigan creciendo, el volumen de transporte de los propios productos energéticos disminuirá porque su curva, muy dependiente hasta ahora del crecimiento económico se irá separando de la de este, en consonancia con el nuevo paradigma que se prevé.

Es interesante registrar los movimientos^E de las dos variables de las que hablamos desde el principio del siglo XXI.

Decenio	2000-2010	2010-2020	2020-2023	2020-2030
Δ Trans marítimo	3,7 %	2,4 %	1,8 %	¿?
Multiplicador PIB	1,04	1,02	0,66	¿?

Se espera que en 2024 el multiplicador del periodo 2020-2024 suba a 0,75, registrando que el efecto de la pandemia del Covid 19 es ya irrelevante.

Las guerras, las tensiones geopolíticas y las disrupciones creadas por el clima y el aumento de las distancias, han creado, desde 2020 según los casos, deficiencias en la estructura del transporte, reduciendo la capacidad del mismo y su eficiencia, pero manteniendo, por el contrario, una alta utilización de las flotas. Los mercados de fletes han estado manteniéndose en un buen nivel y el mercado de nuevas construcciones se ha mantenido equilibrado aparte del incremento de las carteras de pedidos de buques gaseros y de portacontenedores, muchos de estos últimos ya con motores duales para poder utilizar metanol. En el campo de buques usados, el mercado se ha mantenido

bastante activo. En términos generales, en lo que va de siglo XXI podemos decir que, relativo al nivel medio de fletes, éste ha crecido desde el año 2000 hasta el 2023, en un 20 %; del que no ha estado ausente en los últimos dos años el efecto inflacionario.

Un vistazo rápido a algunos buques^F

Portacontenedores

Durante los últimos diez años, la oferta de transporte ha superado a la demanda. Incidentes tales como la pandemia, la mengua de agua disponible para el correcto funcionamiento del canal de Panamá, las tensiones geopolíticas en el mar Rojo y los ataques hutíes, han dañado a las cadenas de suministros de manera intermitente, lo que ha llevado los precios de los fletes hasta niveles sin precedentes. La capacidad de la flota se ha doblado entre 2010 y 2023 y los volúmenes del comercio marítimo de contenedores han registrado un crecimiento del 49 %, mientras que en toneladas-milla lo ha hecho en un 40 %, lo que indica una reducción en las distancias recorridas. Sin embargo, la situación puede cambiar ya en la estadística en 2024, ya que los ataques hutíes comenzaron en octubre de 2023. A partir del verano de 2024 se podría producir un exceso de capacidad dado el volumen de entregas de nuevos buques y las previsiones del PIB en la economía mundial, abriendo la posibilidad de caída de los fletes y de los precios en la compra-venta de estos buques.

Las complicaciones geográficas actuales a las que nos hemos referido previamente, prevén que el volumen transportado medido en toneladas milla crezca durante 2024 un mínimo del 9 %, mientras en toneladas lo haría aproximadamente un 4,1 %. Las rutas principales de los buques más grandes desde el Extremo Oriente hacia Europa serán las que menos crezcan, poco más del 1 %, tanto en este año como en 2025.

A principios de este año, un 26 % de la cartera de pedidos de buques portacontenedores incluían scrubbers, y 81 % de estos eran propulsados por motores duales.

Con relación al crecimiento del comercio marítimo durante 2024, expresado en TEU, el tráfico intra-asiático crecerá un 4 %, el Norte-sur, 4 %, Extremo Oriente-EE. UU. 6 %; Extremo Oriente-Europa un 2 %; Europa-EE. UU. un 7 %; y el resto, un 4 %.

Graneles sólidos

En este segmento del mercado, la relación entre oferta y demanda parece equilibrada en el corto y medio plazo, sin embargo, los cambios estructurales del comercio mundial debidos al proceso en marcha de descarbonización, sí puede afectar, de manera tanto más importante a los dos cargamentos más considerables de este segmento, el carbón de manera primordial, y el mineral de hierro.

La demanda global de transportes de graneles sólidos se ha incrementado un 0,4 % en el primer cuatrimestre del año en curso, que en términos de carga transportada y distancia añade otro 0,3 % derivado de las dificultades geopolíticas ya citadas y la sequía en la zona del Canal de Panamá. En el tránsito por el mar Rojo, el número de bulkcarriers ha descendido en lo que llevamos de 2024 en un 30 %. En el Canal de Panamá el descenso de pasos de este tipo de buque ha sido obviamente afectado por la decisión de las autoridades de reducir el número de tránsitos totales en aproximadamente un 80 % en el primer trimestre. Esta situación ha impulsado la subida de los fletes de los buques más grandes.

La cartera de pedidos de los en este segmento de buques está estabilizada y, representa un 9 % de la flota, pero con una particularidad que ha cambiado la composición de la cartera, en la que los tipos Capesize, antes

mayoritarios, representen ahora sólo un 30 %. Parte de la demanda perdida se ha desplazado a buques más pequeño, como los Supramax y los Panamax, que recogerán parte de los tráficos de mineral de hierro, que por ahora suponían casi el 70 % de ocupación de los Capesizes.

La demanda de graneles secos está y estará fuertemente determinada por la evolución de la economía china, que influye en un 40 % del total del transporte marítimo global de graneles secos. De momento, el crecimiento económico chino se está viendo ralentizado, y sus importaciones afectan a los dos cargamentos más importantes: el hierro y el carbón. Desde un punto de vista global, las estimaciones la caída de transporte marítimo para el año próximo es calculan en un 0,5 % para el mineral de hierro, y un 12 % para el carbón. Los tráficos de grano pueden crecer algo, dependiendo de la evolución de la guerra en Ucrania; mientras los tráficos menores, como los de acero y fertilizantes, aguantarán razonablemente debido a las mayores distancias de navegación.

A principios de 2024, la cartera de pedidos reflejaba que un 27 % de los buques con scrubbers, de los cuales el 35 % tendrán motores duales. Los pronósticos para 2024 indican que, respecto a la evolución de las cargas, el transporte de mineral de hierro se incrementará 0 %, el de carbón -1 %, el grano un 5 %, y el de graneles menores un 4 %.

Petroleros de crudo

Si hay un segmento de buques mercantes más beneficiados por la situación actual que afecta a las rutas, estos han sido los petroleros, tanto en el nivel de los fletes como en el precio de los buques de segunda mano. Las restricciones creadas por la geopolítica, los cortes de producción de la OPEP, las distancias en las obligadas nuevas rutas ha dado

lugar a una situación, cuando menos, interesante. La demanda de petróleo crudo medida en toneladas-milla ha superado al doble de la representada por la demanda medida en volumen de carga, es decir, aproximadamente, el petróleo ha recorrido el doble de distancia para transportar lo mismo.

Esta evolución positiva de los fletes y ventas ha aumentado la liquidez de los armadores petroleros, que se han encontrado con que los plazos de entrega de nuevas construcciones (por otra parte, muy copadas por otros tipos de buque) eran largos para la situación del mercado en su posición actual, aunque a largo plazo sea uno de los llamados a reducirse, pide a voces más capacidad de transporte. Por ello, los precios de segunda mano se han disparado, y se registran precios que en algunos casos (Aframax por ejemplo,) superan a los de nuevas construcciones. Este estado de cosas, mientras dure, crea una cierta disfunción, ya que aumenta la compra venta y disminuye el volumen de desguace. Habrá, pues, más buques viejos navegando durante este periodo. Actualmente, la cartera de pedidos de estos buques, en la que predominan los Suezmaxes y Aframaxes representa el 7 % de la capacidad de la flota existente.

En general, para 2024 las previsiones indican un incremento global del volumen a transportar del 1,5 %, y del 1,7 % en toneladas-milla. Es evidente que si a corto o medio plazo la situación en el mar Rojo se resuelve, tanto los fletes como los precios de los buques de segunda mano caerán sensiblemente, pero no hay predicción sobre cuando puede pasar tal cosa.

En cuanto a las importaciones, se prevé que en el caso de Europa sean prácticamente nulas, mientras las importaciones en Asia crecerán aproximadamente un 3 %, siendo destacable el flujo desde Rusia a India,

y por eso lo citamos. Este flujo pasó desde un crecimiento del 2 % en 2021 hasta un 30 % en 2023. Las importaciones de crudo de China desde Rusia lo hicieron en los mismos periodos, de un 6 a un 10 %. Estas evoluciones tienen que ver con la manera de cómo Rusia se defiende de las sanciones occidentales, y además aprovechando la reducción de exportaciones de los países de la OPEP, organización de la obviamente Rusia no forma parte. También esta situación arroja algo de claridad sobre la geopolítica reinante a partir de la invasión de Ucrania por parte de Rusia. Teniendo en cuenta que India y China son los países de mayor población del mundo, y la evolución de su PIB, principalmente de India, puede indicar que, desde el punto de vista medioambiental global, la consecución de los objetivos de 2030 se revela más complicada.

Con relación a algunas cifras indicativas en lo que respecta a la situación actual de, tanto de la flota como de la cartera, el 37 % de los buques de aquella tienen scrubbers, y de estos, el 8 % tienen motores duales. Respecto de la cartera de pedidos, el 54 % dispone de scrubbers, y de estos, el 48 % tienen motores duales.

Buques LNG

La cartera de pedidos de estos buques es importante, pero las entregas hasta el año 2027 no serán suficientes para cubrir la demanda de transporte. Situación que persistirá, aunque con mayor equilibrio en el mercado. Todo ello hará subir la utilización de la flota y por tanto también los niveles de fletes. Estas previsiones están basadas en que los buques más antiguos, propulsados por turbinas de vapor, como por ejemplo todos los construidos en España, salgan del mercado. En concreto, en la actualidad, de los 570 buques grandes de la flota, 128 son propulsados por turbinas de vapor, que con los 90 de

tamaño medio (100.000 a 140.000 m³) son los candidatos al desguace en los próximos años, para que se materialice la previsión antes comentada. Puede observarse que las cifras no son baladíes.

El transporte marítimo de gas natural licuado LNG ha crecido de manera continua desde 2012, tanto por el número de buques en servicio como por su capacidad de carga. El crecimiento registrado desde 2012 hasta 2022 ha sido de un 65 % en toneladas y un 65 % en toneladas-milla. El mapa del transporte indica que el Oriente próximo y Australia son los mayores exportadores, mientras Asia y Europa suman el 90 % de las importaciones.

En lo que se refiere al primer cuatrimestre del año en curso los crecimientos provisionales acusan cifras de un 3 % en toneladas y un 12 % en toneladas-milla, aumentando para Europa la importación desde los EE. UU., en detrimento de las importaciones desde Qatar por los problemas en el mar Rojo, pero fundamentalmente por la guerra desatada en el Próximo Oriente y la creciente inestabilidad en la zona. En cualquier caso, en el pasado año la capacidad de la flota ha crecido aproximadamente lo mismo que la suma de los volúmenes transportados, tanto en toneladas como en toneladas milla.

El 75 % de la flota activa dispone de propulsión dual, mientras el 100 % de los buques que se están construyendo (principalmente en Corea), llevan y llevarán propulsión dual. Respecto al transporte marítimo de LNG, la predicción en condiciones normales nos dice que durante este año 2024 las importaciones de Asia crecerán un 5 %, las de Europa, un 2 %, las de Iberoamérica 11 %, las del medio Oriente un 4 % y las de Norteamérica, un 14 %.

Nota

Hay al menos dos ausencias en este artículo: El sistema de captación de CO₂ al que hemos hecho mención de pasada, y la propulsión nuclear. Respecto del primero, cabe decir que requeriría un transporte posterior a su separación de los gases de escape, comprimido, o bien licuado a por debajo de -31 °C, y combinando las dos condiciones. Al conservar a los combustibles fósiles como combustibles marinos, habría que proveer de una flota adicional de buques de transporte de CO₂ a los lugares de almacenamiento, o a los centros en los cuales este gas se pueda comercializar. De momento, no parece que esto vaya a suceder.

En cuanto a la propulsión nuclear, aún es pronto para poder estudiar sus posibilidades reales y económicas.

Bibliografía

[A] Ingeniería Naval. Coyuntura 12-2023: Pronósticos en la niebla medioambiental. El asunto de la velocidad.

[B] El autor recomienda, para un mayor y más completo conocimiento de todo lo relativo a los combustibles marinos, su futuro en la navegación y sus pros y contras, la serie de trabajos publicados por el ingeniero naval Rafael Gutiérrez Fraile en la Revista Ingeniería Naval (<https://sectormarítimo.es>) en los artículos mensuales de 10/2021; 11/2021; 12/2021; 1/2022; 2/2022; 3/2022 (tres artículos); 5/2022; y 4/2024. Así como su presentación como Académico de la Real Academia de la Mar, hecha en la ETSIN de la UPM, el 8 de mayo de 2024.

[C] Fuente: DNV Maritime Forecast 2024

[D] Fuente: Stasística,

[E] Fuente: Danish Shipfinance mayo 2024

[F] Fuente: Danish Ship Finance y 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.

Algunas consideraciones sobre el patrimonio documental de la construcción naval española. El caso Astano



JOSÉ MARÍA DE JUAN-GARCÍA AGUADO

Doctor Ingeniero Naval. Miembro de la Comisión de Historia de la Ingeniería y de la Construcción Naval de la AINE

ÍNDICE

1. Introducción
2. Los archivos documentales históricos de la construcción naval
3. Tipos de documentación generados en los procesos industriales de la construcción naval
4. Algunas consideraciones sobre el patrimonio documental histórico de la construcción naval. El caso Astano
- 5.1.- Astano, medio siglo de historia de la construcción naval
- 5.2.- El fondo documental de Astano. Una decisión pendiente

1. Introducción

El objeto de este artículo es el promover una reflexión sobre la importancia del patrimonio documental de la construcción naval española, poniendo una atención especial en el caso de los astilleros que, por diversas circunstancias, han cesado en su actividad a lo largo del siglo XX, etapa que puede considerarse sin caer en hipérbole alguna como uno de los Siglos de Oro de la construcción naval española.

El patrimonio documental industrial es uno de los vestigios que a lo largo del tiempo forma el testimonio histórico de una actividad técnica y del impacto social y económico que produce en su entorno. A la pregunta so-

bre cuáles son las razones para conservar el legado documental de la industria, podemos contestar en palabras del estudioso José Andrés González Pedraza .

Dos (razones) aparecen claras: primero porque los archivos son, en sí mismos, patrimonio industrial, y deben incluirse en todos los planes de salvaguarda que se elaboren así como otorgarles todas las figuras de protección que la ley permite.....En segundo lugar, son una fuente insustituible para el conocimiento de la actividad industrial, de las características y usos de las máquinas, de la autoría y distribución de los edificios industriales, del uso social de los distintos ámbitos de trabajo, de la modificación que la actividad industrial ha causado en el entorno. Los documentos son testimonio de todo ello..... los contratos, escrituras, planos, inventarios, fotografías, facturas, proyectos, libros de actas, manuales técnicos, licencias de importación, análisis de laboratorio, entre otras series documentales...Son también imprescindibles para la historia de los empresarios, para la historia del trabajo y de la cultura del trabajo, de las ciencias, de las técnicas, de las maneras de construir.

La referencia normativa para su protección es la Ley 16/1985 del Patrimonio Histórico Español. En el artículo 49.2 se establece que el patrimonio documental español está formado por los documentos de cual-

quier época que pertenezcan a personas jurídicas en cuyo capital participe mayoritariamente el Estado, que puede aplicarse por tanto a las empresas públicas. A continuación, el artículo 49.4 amplía la protección a los documentos de otras entidades particulares con una antigüedad de más de cien años.

2. Los archivos documentales históricos de la construcción naval

La documentación histórica relativa a la actividad ligada a la construcción naval española a lo largo de los siglos se encuentra recogida en los archivos nacionales, Archivo General de Simancas (Simancas, Valladolid), Archivo General de Indias (Sevilla) y Archivo General de Marina (Viso del Marqués, Ciudad Real).

Existen otros archivos de titularidad estatal, autonómica o particular que incluyen documentación de este tipo, en general subordinados al objetivo principal de sus fondos, como es el caso de los archivos de los Arse-



Archivo General de Indias (Sevilla)

nales de Marina, Museo Marítimo de Barcelona, Archivo General de la Administración (Alcalá de Henares, Madrid), Centro de Documentación y Archivo Histórico de la Sociedad Estatal de Participaciones Industriales (SEPI) (Madrid) y otras instituciones.



Archivo General de Simancas (Simancas, Valladolid)

En el siglo XX la creación del Museo El Dique (1989) en Puerto Real, Cádiz, que fue pionero en la preservación del patrimonio ligado directamente a la construcción naval, permitió la conservación y catalogación de los fondos documentales del astillero de Matagorda al que se añadieron fondos del astillero

Museo de El Dique
(Puerto Real, Cádiz)

de Puerto Real y colecciones pertenecientes a la Acción Concertada, Astilleros de Cádiz, Factoría de Manises, empresas participadas, Sede Central de Astilleros Españoles, astilleros de Euskalduna y Sestao y astillero de Sevilla.



Estos documentos corresponden a fichas de personal, planos de buques, expedientes técnicos de buques, memorias de construcción, manuales gremiales, documentación de servicios médicos y memorias administrativas.

El Museo de la Construcción Naval de Ferrol que nació en el seno de la Fundación Exponav, creada en el año 1995 bajo el patrocinio de la Armada y la Asociación de Ingenieros Navales de España, tiene entre sus objetivos reunir, exponer y conservar el patrimonio documental relativo a la construcción naval y al sector marítimo de España.

En sus fondos se encuentran colecciones documentales formadas por planos, fotografías y otros documentos procedentes principalmente de astilleros, como es el caso de Astano, la E.N. Bazán, Navantia, Tecnor y otras oficinas técnicas.

Reúne también un fondo bibliográfico de carácter histórico formado por libros técnicos, así como colecciones de las revistas técnicas del sector de la construcción naval y publicaciones de las principales sociedades técnicas internacionales.

3. Tipos de documentación generados en los procesos industriales de la construcción naval

Por su contenido pueden establecerse en general dos grandes tipos de documentación, la que se encuentra directamente ligada a los procesos de producción, y por tanto de carácter técnico, y aquella derivada de la actividad empresarial, necesaria como apoyo directo o indirecto a estos procesos, que tiene en general carácter administrativo.

En la etapa que podemos denominar analógica, que se extiende hasta el último tercio del siglo pasado, la documentación de carácter técnico estaba formada fundamentalmente por los planos, cartillas, hojas de instrucciones, manuales, normas, procedimientos y otros documentos similares elaborados sobre soporte papel, y en algunos casos conservados en microfichas.

La documentación de carácter administrativo estaba formada principalmente, aunque no de forma exclusiva, por los documentos societarios y de carácter jurídico, la correspondencia ligada a la alta dirección

y la información de carácter general formada por fotografías, películas y videos bien en soporte físico o digital, con objeto de documentar los avances de obra ante los armadores, las efemérides relevantes del astillero como botaduras, entregas etc., así como servir de material publicitario en sus diversas expresiones. En la etapa considerada esta documentación se elaboraba de forma mecanizada, aunque el archivo y la distribución se realizaba de forma manual. La utilización del ordenador, a partir de la década de los setenta del siglo pasado, promovió un rápido proceso de digitalización de la documentación técnica y administrativa con la paulatina eliminación de los soportes físicos de forma progresiva en todos los ámbitos de generación de la documentación, aunque no de una forma total hasta los primeros años del siglo XXI.

4. Algunas consideraciones sobre el patrimonio documental histórico de la construcción naval. El caso Astano

Denominamos documentación histórica de la construcción naval aquella que, una vez cumplidos los objetivos empresariales para los que

fue generada, reúne los requisitos necesarios para incorporarse a un archivo permanente cuyo objetivo final sea la disponibilidad de sus fondos por parte de los investigadores, profesionales del sector o simplemente aquellos interesados en conocer en profundidad lo que ha sido una actividad industrial desarrollada, en el caso que nos ocupa, brillantemente a lo largo de la historia y en particular en la segunda mitad del siglo XX.

Esta disponibilidad requiere su ubicación en un lugar que reúna las condiciones adecuadas, donde previamente puedan realizarse los trabajos de catalogación y conservación requeridos de acuerdo con los procedimientos archivísticos aplicables.

En el sector de la construcción naval cada empresa, factoría o centro de trabajo, debe establecer el momento en que la documentación pasa a tener el carácter de documentación histórica en función de circunstancias específicas en cada caso, como son el periodo de garantía de las unidades construidas establecido con el armador, el periodo que establezcan las leyes para el mantenimiento de esta información, etc. Este debe ser un proceso continuo y debería estar definido por un Procedimiento Específico dentro del Sistema de Garantía de Calidad.

La casuística que puede presentarse es muy amplia: empresas de titularidad pública (SEPI-Navantia), astilleros de titularidad privada, centros o unidades productivas que mantengan actividad o que



Archivo General de Marina
(Viso del Marqués, Ciudad Real)

Museo de la Construcción
Naval (Fundación Exponav).
Ferrol

hayan desaparecido en el proceso de reconversión y reestructuración del sector, fabricantes de equipos navales, oficinas técnicas y otros.

5.1. Astano, medio siglo de historia de la construcción naval

Astilleros y Talleres del Noroeste (ASTANO) se fundó como sociedad de responsabilidad limitada en el año 1941, comenzando sus actividades en el municipio de Fene (A Coruña), situado en la ribera sur de la ría de Ferrol. En 1944 pasó a ser una sociedad anónima.

El ingeniero naval José María González-Llanos y Caruncho fue su director desde los comienzos hasta la entrada del INI (Instituto Nacional de Industria) en la propiedad de la empresa, que se produjo en el año 1972. Pedro Barrié de la Maza, presidente del Banco Pastor se incorporó en el año 1948 al consejo de administración que pasó a presidir, iniciándose una época de rápida expansión.

En el año 1972, se convirtió en una filial de AESA (Astilleros Españoles), incorporándose al sector público de astilleros en el seno del Instituto Nacional de Industria (INI).

En 1984, coincidiendo con la entrada de España en la CEE (Comunidad Económica Europea) y atendiendo a sus requerimientos se inició el proceso de reconversión del sector de construcción naval que supuso

para Astano una importante reducción de plantilla.

A partir de 1986, centró su actividad en el mercado de unidades off-shore, y en el año 2000 pasó a formar parte de la empresa IZAR, formada por la fusión de AESA y la E.N. Bazán de C.N.M.

Tras un periodo de brillante actividad en este competitivo sector, en el año 2003 entregó la última unidad y sus instalaciones pasaron a integrarse en la empresa NAVANTIA.

En relación con su evolución respecto a los mercados y productos que marcaron su actividad pueden destacarse tres etapas.

Primera etapa

Las primeras unidades construidas fueron buques de madera dedicados a la pesca y al transporte, pero pronto el astillero se reorientó hacia la construcción de buques de acero, inicialmente remachados y posteriormente soldados. Ante una demanda creciente se especializó en el proyecto y construcción de buques de pesca de gran altura.



En 1953 se llevó a cabo la primera gran modernización del astillero. Se construyó un primer dique seco de reparaciones, y se ampliaron y construyeron nuevos talleres y gradas de construcción.

Ante las carencias de una industria auxiliar nacional y las dificultades de acudir al mercado internacional, Astano proyectó y fabricó las maquinillas de pesca, servomotores, maquinas alternativas de vapor, motores diésel, hélices propulsoras y otros elementos necesarios para sus construcciones durante las primeras décadas de su actividad.

Segunda etapa

En el año 1968 botó el metanero Laieta de 40.000 m³ de capacidad que mostró la competencia del astillero para introducirse en mercados que requerían un gran nivel tecnológico.

Tras el cierre del Canal de Suez, aumentó la demanda de grandes petroleros que hacían la ruta por el cabo de Buena Esperanza en Sudáfrica. Astano apostó por este mercado consiguiendo un gran contrato de once petroleros : dos de 100.000, cuatro de 230.000 y cinco de 325.000 TPM que colocó a Astano en el grupo de los astilleros líderes a nivel mundial.

Uno de ellos, el *Arteaga* botado en 1972, fue el mayor buque construido en grada inclinada, superado poco después por otro buque de la misma serie.

Este hecho generó un fuerte sentimiento de orgullo en los trabajadores y directivos del astillero que actuó como elemento de prestigio nacional e internacional, alcanzando la categoría de elemento identitario en la comarca como símbolo de profesionalidad en el sector de la construcción naval.

Tercera etapa

A partir de la reconversión del sector naval del año 1984, el astillero se introdujo en el mercado de unidades offshore, segregándose la División Industrial del Astillero, para dedicarse a la fabricación de maquinaria.

En marzo de 1987 entró en vigor el primer contrato para la construcción de una plataforma semisumergible de perforación, tipo L-1033, *Drillmar I*, que fue entregado al armador después de unas pruebas altamente satisfactorias.

Entre los años 1991 y 2003, se entregaron un total de nueve unidades offshore, del tipo *Floating & Storage Unit (FSU)*, *Floating, Production & Storage Unit (FPSO)* y *Drillships*,



Construcción del buque *Arteaga* en Astano. 1972

junto con cinco unidades más con diferentes proyectos.

En la actualidad, la actividad industrial en las instalaciones de Astano continúa a través de la empresa Navantia-Seanergies que constituye una apuesta de futuro en el mercado de las energías verdes, eólica marina y tecnología del hidrógeno, con una larga trayectoria ya ejecutada a lo largo de los últimos años.

Este breve resumen de la actividad de Astano, pone en evidencia el carácter de astillero representativo de la construcción naval española a lo largo de la segunda mitad del siglo XX cuyo fondo documental, que se ha mantenido íntegro hasta la fecha, puede y debe convertirse en una referencia y testimonio de este periodo.

5.2. El fondo documental de Astano. Una decisión pendiente

El caso de la documentación histórica del astillero Astano reúne unas características singulares que lo convierten en un modelo único y de gran interés, que debe servir para resolver en primer lugar su propia conservación y puesta en valor, así como establecer pautas aplicables a otros casos dentro del sector de la construcción naval.

Estas características, que no pretenden ser exhaustivas, son las siguientes :

- Astano fue un astillero que comenzó su actividad, como empresa privada, en el año 1941 y cesó en ella, dentro del sector público (SEPI) el año 2002.
- Dentro del mercado de construcción de buques alcanzó cotas de producción que lo situaron entre los más importantes del entorno europeo y mundial.
- A partir del proceso de reconversión naval se introdujo en el mercado de construcción de unidades *offshore* realizando la transfor-

mación correspondiente, en los aspectos comercial y tecnológico, de manera exitosa como lo demuestra el haber construido unidades de este tipo para las compañías más exigentes de este mercado.

- Durante el periodo inicial llevó a cabo un proceso de proyecto y fabricación de maquinaria y equipos a cuya demanda no podía atender el mercado nacional.
- Desde la fecha del cese de su actividad, se han mantenido intactos, hasta la fecha, tanto el archivo técnico de planos como el técnico-administrativo, caso único entre los astilleros del sector público que han cesado en su actividad.
- Parte importante de la documentación técnica que se encuentra en los archivos del astillero, relativa a la organización del trabajo, procedimientos del sistema de calidad, procedimientos de soldadura, métodos de fabricación y construcción siguen, y seguirán teniendo interés para los profesionales del sector de construcción naval y otros sectores similares.

Como corresponde a un astillero que se mantuvo en actividad durante casi medio siglo el volumen de esta documentación es muy importante, por lo que las acciones a realizar deberían consistir en un primer proceso de conservación de los materiales que forman el conjunto, un segundo proceso de ordenación y determinación de los materiales que deben formar el archivo histórico y un tercer proceso de catalogación y custodia en una ubicación definitiva.

Astano preservó a lo largo de su actividad el archivo de los planos principales de todas las unidades construidas, que en los últimos meses de actividad del astillero fueron transferidos al archivo del Museo de la Construcción Naval (Fundación Exponav) de Ferrol. Está considerada como la colección de planos de construcción naval mas completo de los existentes en nuestro país e incluso en

el entorno europeo, con un total de 25.000 planos.

Queda pendiente resolver el destino de los fondos documentales de carácter administrativo y técnico-administrativo que todavía se encuentran en las antiguas dependencias de Astano, de gran importancia para completar los aspectos empresariales y de gestión de su actividad.

Por parte de Navantia-SEPI se han dado los primeros pasos para iniciar el proceso de conservación de estos fondos, quedando pendiente completar este primer proceso que deberá de ir seguido de la importante decisión acerca de la ubicación definitiva, y posteriormente de los procesos de depuración, ordenación y catalogación, estableciendo el cuadro de clasificación de los fondos y las

necesarias interrelaciones archivísticas de las diferentes series documentales.

De esta manera podrá el archivo documental de Astano, que simboliza uno de los periodos de mayor esplendor de la construcción naval española, salvarse de una eventual dispersión, desorganización o simplemente destrucción como ha sido el caso de algunos archivos documentales industriales de nuestro país.

Por último, es importante resaltar que para conseguir este objetivo hará falta también la concurrencia de las instituciones, autonómicas y estatales, implicadas en la protección del patrimonio histórico español, que siendo en este caso de carácter “documental e industrial” no por ello reviste menor importancia.

¹ González Pedraza, José Andrés. El patrimonio documental de la industria española. Áreas, Revista Internacional de Ciencias Sociales, nº 29 (210)

100 aniversario de Unión Naval de Levante

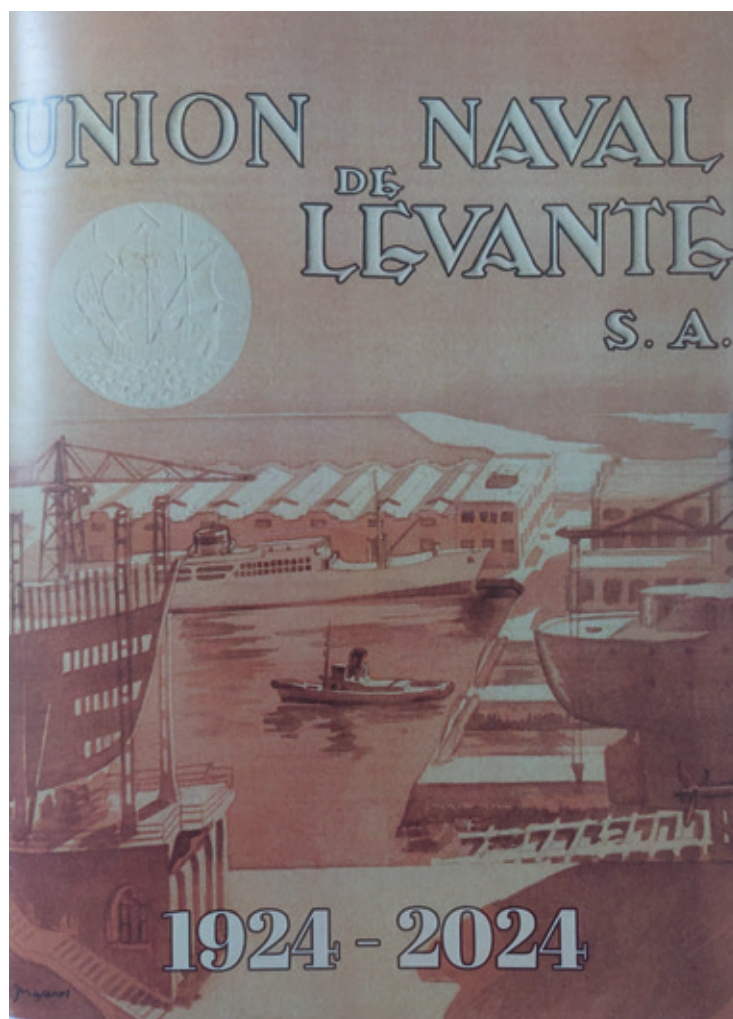


Hacia el año 1878, D. Manuel Gómez Jiménez, estableció unos Talleres de construcción y reparación de maquinaria, con el apoyo de D. Juan José Sister, director de la Compañía Valenciana de Navegación. Unos años más tarde se constituyó la sociedad “Talleres Gómez” en la Playa de Poniente del puerto de Valencia, partiendo de una concesión de 15.700 m² en el año 1906. Quedó como dueño de esa empresa, D. Ricardo Gómez Cano, hijo del anterior dueño.

Con su afán emprendedor ideó la construcción de un astillero con un anteproyecto realizado en 1913, con el que se solicitó la concesión de terrenos entre el Malecón del Turia y el muelle de Poniente junto a sus talleres, dando lugar en septiembre de 1915,

al expediente administrativo de la Factoría de Valencia, señalando los terrenos de la entonces Playa del Caro, junto al Muelle de Poniente que son en los que finalmente se instaló el Astillero. El proyecto de la factoría realizado por el ingeniero de caminos D. Justo González sirvió para que la Junta del Puerto de Valencia hiciera la concesión de 58.350 m², según una Real Orden el 24 de mayo de 1916, iniciando sus obras en diciembre de 1916.

Para llevar a cabo el proyecto le presta todo su apoyo D. José Juan Dómine, que funda también ese mismo año la Compañía Transmediterránea a la que se incorporan los “Talleres Gómez” el 17 de noviembre de 1917. Este terreno era la apacible playa de



Terminada prácticamente la construcción del Astillero en 1923, el Consejo de Administración de la Compañía Trasmediterránea propuso la conveniencia de crear una Sociedad Anónima para su explotación con capital y personalidad propia. Y así aconteció que el 11 de abril de 1924 se fundó la nueva Sociedad Unión Naval de Levante S.A. y como primer presidente y fundador el Excelentísimo Sr. D. Juan José Dómine, siendo su objeto, la construcción y reparación de buques situada en el Puerto de Valencia.

El capital social inicial fue de 30 millones de pesetas. Durante el transcurso de los años hubo diversas ampliaciones, tanto de capital como de instalaciones y

Caro, existiendo junto a ella el balneario de la Florida y numerosas casetas de baño y otras pequeñas edificaciones.

Se inician los trabajos ganando al mar 16.568 m², quedando la explanación terminada en 1919. En años sucesivos fueron levantándose los edificios industriales, oficinas, almacenes, gradas y otras instalaciones.

Durante la contienda civil, las instalaciones fueron muy dañadas, y terminada la misma, debido a la escasez de materiales y a la primera guerra mundial, dificultó la reconstrucción como el reinicio de los trabajos, ya que como consecuencia de este conflicto se produjo un gran colapso económico que azotó al mundo entero.

actividades industriales, siendo la más importante la ocurrida en 1962, en que se absorbió a la Isleña Marítima S.A. haciéndose Unión Naval de Levante propietaria de Talleres Nuevo Vulcano, situados en Barcelona y dedicados a la construcción de barcos menores y de grandes reparaciones, para la que posteriormente se construyó un importante dique seco.

El capital social ascendió a 140 millones de pesetas, incluyendo las dos factorías de Valencia y Barcelona.

El astillero de Valencia ocupó en su día, una superficie total de 101.000 m² de los cuales 27.000 m² eran edificios y talleres contando con dos gradas de construcción

una de 152 metros y otra de 180 metros, dotadas todas ellas de los servicios necesarios y ampliamente servidas por numerosas y potentes grúas, en la más larga podían construirse buques de hasta 30.000 toneladas de desplazamiento y una manga de 26 metros.

Para la terminación de los buques a flote, disponía de un muelle de armamento de 260 metros de longitud, donde se situaban los talleres de electricidad, montura de máquinas, chapa fina y tuberías.

En otros aledaños estaban situado los talleres de maquinaria, carpintería en blanco (importante por la fabricación de los elementos de mobiliario y componentes necesarios para los buques de pasaje) y los correspondientes a carpintería de ribera y marineros. Además, se disponía un dique flotante de 8.000 toneladas de ascensión, especialmente dedicado a reparación y mantenimiento de buques.

Existían otros edificios como el de oficina técnica y dirección, gálibos y aceros, así como almacenes y una instalación de apilado de planchas, granallado pintado de aceros y perfiles situadas en la cabecera de las mesas de prefabricación, al lado de ellos se encontraba la clínica para la atención de posibles incidencias.

Lindando con el exterior a la entrada al puerto, se situaban los edificios de contabilidad, comedores y la escuela de aprendices. Me-



rece especial mención esta última, donde se formaron muchos profesionales de diferentes especialidades y que proporcionaron un núcleo importante del conocimiento y experiencia a varias generaciones del personal integrante del astillero y cuyo espíritu perdura hoy en día en todos ellos.

Por la complejidad de sus actividades, puede decirse, que Unión Naval de Levante se dedicaba a la construcción de toda clase de buques y artefactos de la industria naval mercante, habiendo alcanzado una mayor especialización en la construcción de buques de pasaje y buques especiales.

Cabe destacar que el astillero contaba con una oficina técnica de 120 personas para el

proyecto y desarrollo de las construcciones, donde se estudiaron y aplicaron soluciones importantes para la aplicación especialmente a estos buques de pasaje, que también fueron posteriormente adoptadas en otros astilleros dedicados a este sector.

Se construyeron más de 250 buques y artefactos de todas clases, buques de pasaje, buques de carga, buques petroleros y de productos, buques portacontenedores, buques quimiqueros, buques para transporte gases licuados, buques asfalteros, dragas grúas flotantes, diques flotantes, buque hidrográfico (en el año 1935 siendo el primer en España con propulsión diesel eléctrica), central eléctrica flotante, dos transformaciones de buques ferry a buques de cruceros y un alargamiento de un petrolero.

Es de destacar que es el primer astillero de España en construir cuatro buques para cruceros turísticos de muy alto estándar a finales de los años 80 y principios de los 90.

Además, se construyeron algunas embarcaciones menores como gánguiles, pontonas, yates y embarcaciones de recreo.

Además de la construcción y reparaciones de buques tuvo otras fabricaciones secundarias como: calderería, intercambiadores de calor, maquinaria auxiliar de cubierta, grúas, compresores, grupos electrógenos, máquinas de vapor, calderería, estructuras y elementos para centrales eléctricas, y máquinas para la industria petroquímica también del papel y de cemento.

Los armadores para los que construyeron estas unidades fueron los principales del país, como Tramediterránea, Ybarra, Aznar, Cepsa Marpetrol, Petrogas, CAMPSA,

Dragados, así como también distintos armadores del norte de Europa, Croacia, Estados Unidos, Chile, Argentina, Brasil y países árabes como Dubai.

Consecuentemente los barcos fueron abandonados bajo diversos pabellones, siendo la Administración Española, así como las otras administraciones de otros países las que certificaron e incidieron positivamente en la construcción de estos buques.

Por su parte colaboraron con el astillero, las sociedades de clasificación más importantes como el Lloyd's Register, Bureau Veritas, DNorske Veritas, Germanischer Lloyd, American Bureau y RINA.

En su corta existencia, también se clasificó algún buque por la sociedad de clasificación española Fidenavis. Emitiendo y certificando con la cota más alta de clasificación los buques correspondientes.

El Astillero perteneció también al Banco Central y posteriormente a Boluda S.A, finalizando su existencia como tal, al principio del siglo XXI. Sus terrenos y resto edificios que aún perduran, son en la actualidad propiedad de la Junta de Obras del Puerto, a la espera de ser utilizados como terminal de cruceros, buques de diverso tipo u otras actividades.

Con motivo del centenario de su fundación se celebraron varios actos el pasado 11 de abril, asistiendo del orden de 100 personas que habían trabajado en el Astillero, viviéndose un día emotivo lleno de sentimientos, todos con algunos años de más, pero conservando ese espíritu que siempre se produjo en la realización de la producción de todas estas actividades.

Obituario del I.N. Antonio de la Torre Torres

Fallecido el 20.12.2023



Cuando me incorporé a ASTANO en septiembre de 1973, junto con otros 16 colegas, casi todos de mi promoción, en nuestro primer trabajo tras dejar la Escuela, Antonio de la Torre ya llevaba allí unos años por ser de la de 1970, pero durante los 14 que ambos coincidimos en el astillero, laboralmente los más satisfactorios de mi vida, tuvimos muy pocos contactos porque estuvimos siempre destinados en áreas escasamente conexas, él en el Segundo Grupo de Producción (Armamento) y yo en Ingeniería de detalle y producción de Acero del D. Técnico hasta 1983, por lo que en mis primeros 10 años en ASTANO nunca tuvimos que relacionarnos por temas de trabajo.

Como éramos de dos promociones separadas tres años, tampoco habíamos tenido ninguna vivencia común durante la carrera y, para completar la falta de contacto personal inicial, durante esos 14 años él vivió en Pontedeume y yo en Ferrol, lo que descartó cualquier posible conexión por compartir colegio nuestros hijos u otra razón de vecindad.

Las únicas relaciones profesionales que mantuvimos en ASTANO fueron cuando, a partir de 1983, Antonio ya había pasado a trabajar en la División de Reparaciones y yo a Proyectos del D. Técnico, desde el que realizábamos los estudios y documentación requeridos para los casos de grandes trans-

formaciones de buques que les llegaban, escasos contactos que siempre fueron muy satisfactorios.

Pero todo cambió en 1987, porque Antonio dejó ASTANO esa primavera para trabajar en SATENA, empresa formalmente filial de AESA que actuaba como su gabinete de estudios tecnológicos varios en sus oficinas centrales de Madrid. Recuerdo que Antonio pasó por los despachos del D. Técnico para despedirse, suponiendo yo que podría ser una desconexión personal definitiva.

Lo que yo no podía imaginar entonces es que en septiembre de ese mismo año también a mí me destinarían, manu militari y con preaviso de menos de una semana, a integrarme “temporalmente”, pero sin acotar la duración, en un nuevo grupo de trabajo formado en SATENA, bajo la dirección del veterano y muy buen profesional ex Director de Producción de Nuevas Construcciones en ASTANO hasta 1982, Raúl de la Hoz (en cuya memoria tuve el honor de redactar su obituario para estas páginas, cuando falleció en 2016) con el objetivo de gestionar in situ el proceso de la implantación industrial de un nuevo sistema CAD-CAM común en todos los astilleros de la División de Construcción Naval civil del INI (DCN), implantación que se debía llevar a cabo empezando por la factoría de Puerto Real, como piloto.

Se completó el equipo, donde ya estábamos Antonio y yo, con un colega proveniente de ese astillero, Gustavo Paramés, de la promoción 1967, con el que ninguno de nosotros había tenido la mínima relación previamente, puesto que él siempre había trabajado en los astilleros de AESA de la Bahía de Cádiz. Debo decir que congeniamos perfectamente con Gustavo, una de las mejores personas que he conocido.

Así nosotros tres, más un compañero de Sestao, que al mes siguiente abandonó el equipo, iniciamos a mediados de octubre de 1987, tras una estancia de varias semanas en Oslo para conocer el nuevo sistema CAD-CAM, un largo periodo de más de 5 años trabajando secuencialmente destinados en las factorías de AESA, los tres primeros en Puerto Real, siguiendo en Sestao y posteriormente con estancias más cortas en otros astilleros.

Aquí debo subrayar que, aunque nuestra amistad tripartita era homogénea, durante esos primeros años en P. Real mi convivencia física con Antonio, fuera del astillero, era lógicamente mucho más intensa que con Gustavo, porque éste seguía viviendo en su casa de Cádiz con su familia, sin trasladarse todavía a Madrid, mientras que Antonio y yo empezábamos nuestra semana laboral el lunes cogiendo en Barajas el primer vuelo de Aviaco a Jerez, creo que despegaba a las 7:25, volviendo siempre en el que salía de Jerez el viernes a las 20:30, puesto que las horas de formación de los proyectistas y delineantes usuarios del sistema y de rediseño de los nuevos flujos de tareas, como consecuencia de implantar los modelos de producto CAD, con sus jefes, se programaban siempre por las tardes.

Así semana tras semana volcados en un proyecto horizontal no especialmente bienvenido por los directores técnicos de los asti-

lleros y, para más inri, tras la jubilación en 1990 de nuestro jefe, Raúl de la Hoz, curtido por 30 años exitosos en ASTANO, pasamos a depender de un nuevo director, no ingeniero naval, que previamente nunca había trabajado en nuestro sector,,,

Ya puestos en contexto, me centro en mi relación con Antonio, recordando nuestros infinitos tres años en P. Real, con un mínimo de 500 pernoctaciones alojados en el tradicional Hotel Atlántico de Cádiz, donde entonces había un pianista fijo actuando desde las 8 de la tarde en el salón grande (allí Antonio, gran amante de la música clásica, me ilustró ampliamente sobre las piezas que interpretaba, descubriéndome a muchos compositores, por ejemplo, a Erik Satie, que me encantó) donde nos tomábamos cada tarde/noche una cerveza cuando llegábamos del astillero, tras recorrer siempre los últimos kms a pie para hacer algo de ejercicio, saliendo luego a cenar.

Nuestro restaurante más habitual era El Candil, en pleno centro de la ciudad, tomando habitualmente ensaladas y buenos pescados de la zona a la parrilla, volviendo al hotel dando un segundo paseo por la bonita Cádiz, más breve, antes de retirarnos a nuestras habitaciones.

Con ese plan de vida empecé a conocer a Antonio y creo que lo hice a fondo tras quinientas cervezas y otras tantas sobremesas de cena (al mediodía comíamos siempre en el astillero en mesa corrida) hablando de todo lo humano y divino, porque él era un buen conversador, no un charlatán de vaguedades.

Recuerdo lo mucho que comentamos sobre la Perestroika, entonces de actualidad previa a la caída del Muro de Berlín y fin de la URSS, del interesantísimo y reciente libro "Breve historia del Tiempo" de Stephen Hawking, que leímos los dos casi a la vez,

de un magnífico programa explicativo sobre el accidente nuclear de Chernóbil que una noche La 2 emitió, mucho de las grandes preguntas del ser humano y sus posibles respuestas, de la muy mal diseñada y peor desarrollada reconversión naval en España, de Historia, a la que los dos éramos muy aficionados, más explicable en su caso por ser sobrino-nieto del Presidente de la Segunda República D. Niceto Alcalá-Zamora y Torres, contándome Antonio algunas anécdotas sobre ese importante personaje.

A esa experiencia gaditana hay que añadirle las posteriores estancias, más cortas, desplazados junto con Gustavo a otras factorías de AESA, mientras duró el proceso de implantación e integración del nuevo sistema CAD-CAM.

En septiembre de 1994, de nuevo nos destinaron a Antonio y a mí, durante seis o siete meses, a nuestro ASTANO original, ya rebautizado entonces como AESA-Fene, esta vez con dietas que cubrían el alojamiento a nuestra elección, teniendo la suerte de que un contacto del astillero nos dio la oportunidad de alquilar por ese periodo una vivienda magníficamente amueblada y con limpieza incluida, donde reviví la experiencia de piso de solteros que había llevado en Ferrol veinte años antes, desde septiembre de 1973 hasta mi boda en julio del 74.

Recuerdo que Antonio sentenció: “De ésta, nos van a bautizar como la extraña pareja”, rememorando la homónima y muy famosa comedia de Neil Simon llevada al cine en 1968. A lo que yo le repliqué astutamente: “En tal caso, me pido el papel de Jack Lemmon y para ti el de Walter Matthau, que tiene peor carácter”.

Tengo que subrayar que siempre nos llevamos muy bien, con nuestras puyas humorís-

ticas, ya que sin una actitud optimista y con un razonable aliño de humor, habrían sido insoportables tantas estancias fuera de casa.

Añado un muy buen recuerdo de nuestras comidas de los viernes en esos meses, en un restaurante cercano tras hacer el check-in en Alvedro (afortunadamente regresábamos a Madrid desde Coruña en el vuelo de las 5, no más tarde), casi siempre coincidiendo con Manolo Moreu, que también estaba en esa época colaborando en el astillero al frente de un equipo de su empresa, SEAPLACE. Eran almuerzos que recuerdo muy agradables, tanto por la buena compañía como por la calidad de la “enxebre” cocina y por la expectativa del inmediato fin de semana en Madrid con nuestras familias.

Antonio y Gustavo se prejubilaron en uno de los EREs de AESA en abril de 1997, de cuya comida de despedida inserto una foto, y a partir de entonces nos reuníamos para merendar las tres parejas de vez en cuando, generalmente en Madrid, aunque Antonio y Mari Carmen vivían desde comienzos de los 90s en Tres Cantos.

Ahora y aquí he querido recordar a Antonio, mi compañero, junto con Gustavo, en aquellos muy incómodos años, rindiendo homenaje a su probado compañerismo, dedicación laboral, hombría de bien, carácter de socarrón jienense y AMISTAD.

Manrique Álvarez-Acevedo

PD (sólo para Antonio): Si lees esto, recibe mi más fraternal abrazo y resérvame una plaza en el más allá para que podamos continuar allí nuestra eterna farsa de puyas humorísticas entre amigos, como hacían Jack y Walter en “La extraña pareja”, pero con la condición de que ... ¡el papel de Jack Lemmon es para mí!

Índice

1. ESTRUCTURA DEL CASCO

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

2. PLANTA DE PROPULSIÓN

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

3. EQUIPOS AUXILIARES DE MÁQUINAS

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

4. PLANTA ELÉCTRICA

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

5. ELECTRÓNICA

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

6. EQUIPOS AUXILIARES DE CASCO

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

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

7. EQUIPOS DE CUBIERTA

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

8. ESTABILIZACIÓN, GOBIERNO Y MANIOBRA

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

9. EQUIPAMIENTO Y HABILITACIÓN

- 9.1 Accesorios del casco, candeleros, pasamanos, etc.
- 9.2 Mamparos no estructurales
- 9.3 Puertas, portillos, ventanas, limpiaparabrisas, vistaclaras, cortinas antideslumbrantes
- 9.4 Escalas, teclas
- 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 Habilitación, 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

2.7 Líneas de ejes



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.

Acoplamiento elástico, 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

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



Inserte
aquí su
publicidad

2.13 Componentes de motores



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



**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)



**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

7. EQUIPOS DE CUBIERTA

7.1 Equipos de fondeo y
amarre



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

8. ESTABILIZACIÓN,
GOBIERNO Y MANIOBRA

8.1 Sistemas de
estabilización y corrección
del trimado



VULKAN Española S.A.

Acoplamiento 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

Inserte aquí su
publicidad



PASCH

TRAC ZIPWAKE
waveless

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

Campo Volantín, 24 - 3º • 48007 BILBAO

Tel.: 94 413 26 60

E-mail: infobilbao@pasch.es

8.2 Timón, Servomotor



Servotimones.

Avda. Cataluña, 35-37
bloque 4, 1º Izquierda

50014 Zaragoza (España)

Tel.: 976 29 80 39 / 82 59

Fax: 976 29 21 34

E-mail: servoship@servoship.com

8.3 Hélices transversales de maniobra



Hélices de maniobra.

Avda. Cataluña, 35-37
bloque 4, 1º Izquierda

50014 Zaragoza (España)

Tel.: 976 29 80 39 / 82 59

Fax: 976 29 21 34

E-mail: servoship@servoship.com

9. EQUIPAMIENTO Y HABILITACIÓN



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

Estrada Diliz, 33
48990 Getxo (VIZCAYA)

Tels.: 94 491 10 81 / 491 40 54

Fax: 94 460 82 05

E-mail: oliver@oliverdesign.es

<http://www.oliverdesign.es>

9.5 Recubrimientos, pintura. Tratamiento de superficies



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

Polígono Santa Rita

C/. Estática, 3

08755 CASTELLBISBAL Barcelona

Tel.: 93 771 18 00 - Fax: 93 771 18 01

E-mail: iberica@jotum.es

9.6 Protección catódica



**Protección catódica.
Fabricante ánodos de sacrificio.
Distribuidor oficial pinturas JOTUN.**

Maquinaria de pesca NOSFOR.

Rúa Tomada, 74 Navia
36212 Vigo (PONTEVEDRA)

Tel.: 986 24 03 37

E-mail: cingal@cingal.net

<http://www.cingal.net>

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



Inserte
aquí su
publicidad



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



GESTENAVAL
NAVAL ARCHITECTS & SURVEYORS

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

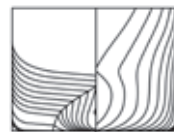
Méndez Núñez, 35 -1º
36600 Villagarcía de Arosa

Phone: +34 986508436

E-mail: info@gestenaval.com

Web: www.gestenaval.com

12.2 Clasificación y certificación



ORP MARÍTIMA S.L.

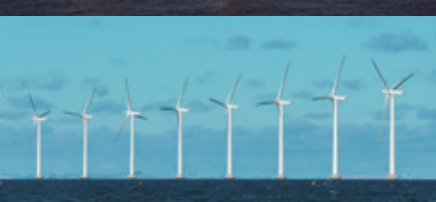
Informes técnicos periciales
Naval, Marítimo, Industrial,
Energía, Transporte.
Asistencia en procesos judiciales,
arbitrales y de mediación.
Nacional e internacional.

Calle Écija 7, Madrid.

Tf. +34 661 83 00 89

frontdesk@orpmar.com

www.orpmar.com



Programa Editorial 2024

Editorial Program

ENERO • JANUARY

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

Propulsion: 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



INGENIERÍA
naval

REVISTA DEL SECTOR MARÍTIMO

sectormaritimo.es



Suscríbete ya en
www.sectormaritimo.es

Filipinas y el Pacífico

La construcción naval,
la navegación y la metalurgia

1575 - 1850



WWW.INGENIEROSNAVALES.COM/TIENDA/



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