

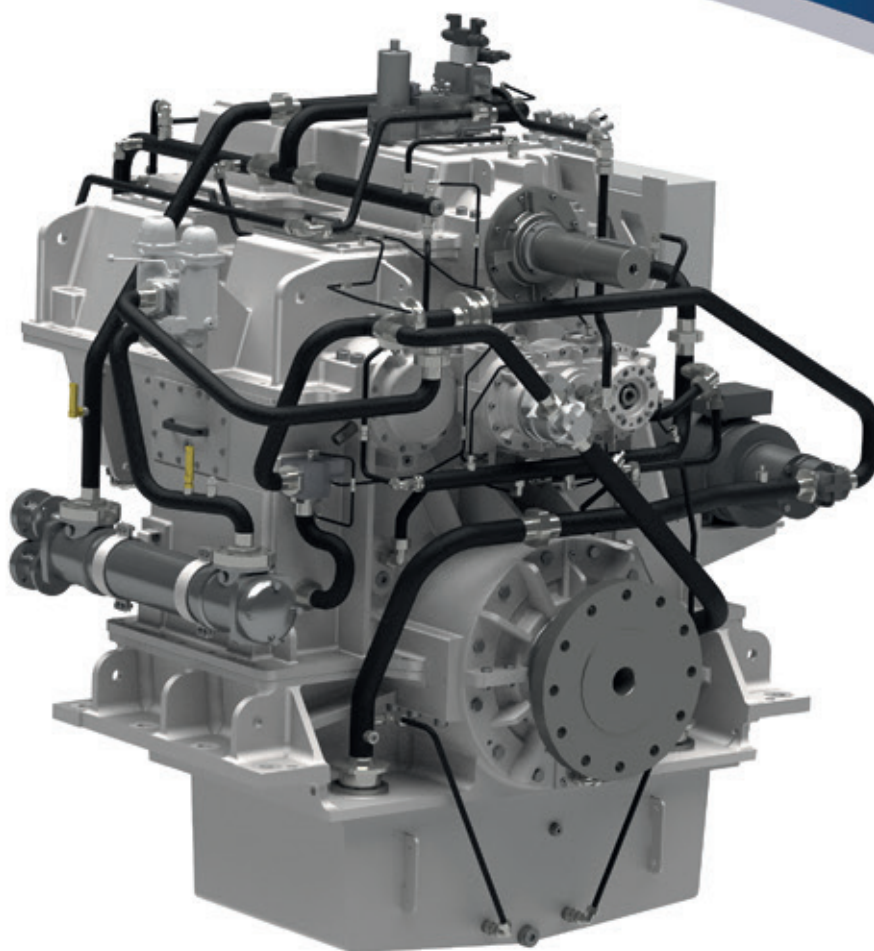


INGENIERÍA naval

REVISTA DEL SECTOR MARÍTIMO

sectormaritimo.es

AÑO XCIV · N°1041 · ENERO · 2025



REINTJES Power Train Solutions

Robustez y fiabilidad garantizada por Reintjes

REINTJES ESPAÑA, S.A.
Avda Doctor Severo Ochoa, 45- 1ºB
P.A.E. Casablanca II
28100 Alcobendas - Madrid
www.reintjes-gear.de

+34 916 572 311

comercial@reintjes.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

Redacción

N.º 1041 • ENERO • 2025

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

PRESIDENTE DE AINE Y DE LA COMISIÓN DE LA REVISTA

Diego Fernández Casado, I.N.

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@sectormaritimo.es

ADMINISTRACIÓN

Noemí Cezón López

DIRECCIÓN

Castelló, 66 - 28001 Madrid

Tels.: 915 751 024 / 915 771 678

e-mail: revista@sectormaritimo.es

www.sectormaritimo.es

DISEÑO Y MAQUETACIÓN

DiseñoPar Publicidad S.L.U.

parpubli@parpubli.com

www.parpubli.com

IMPRESIÓN

Imedisa Material de Oficina, S.L.

Tel: 914861606

SUSCRIPCIÓN ANUAL

SUBSCRIPTION FEE (2024):

Electrónica general 90,00 €

Electrónica estudiantes 45,00 €

Papel + electrónica 110,00 €

(sólo España)

SUSCRÍBETE AQUÍ:
sectormaritimo.es



AÑO XCIV • N.º 1041

enero 2025

Publicación mensual

ISSN: 0020-1073

Depósito Legal: M 51 - 1958

REVISTA DEL SECTOR MARÍTIMO



NOTAS:

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

CONSEJO TÉCNICO ASESOR

D. Francisco de Bartolomé Guijosa
D. Manuel Carlier de 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 1041 • ENERO • 2025

6. artículo técnico

“Hydrogen in the marine industry; safety in hydrogen ships/submarines”, por M^a. Penedo Baeza; R. Villa Caro; S. Bellón Pose

“Navigating a greener marine future with vessel electrification and DC power management systems”, por B. Burnett; J. Juriga

41. entrevista

Rice Propulsion y VICUSdt: uniendo innovación y experiencia para construir un futuro más fuertes juntos

45. conectados

48. en profundidad

“El año sin metanol”, por R. Gutiérrez Fraile

53. construcción naval

56. actualidad

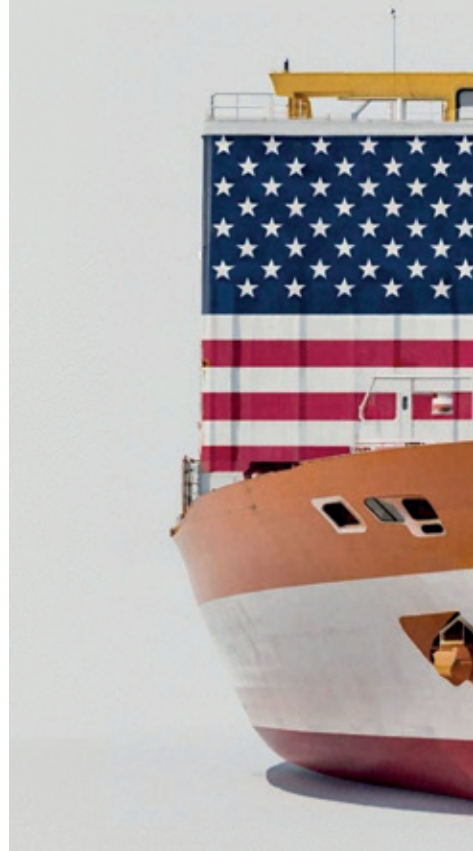
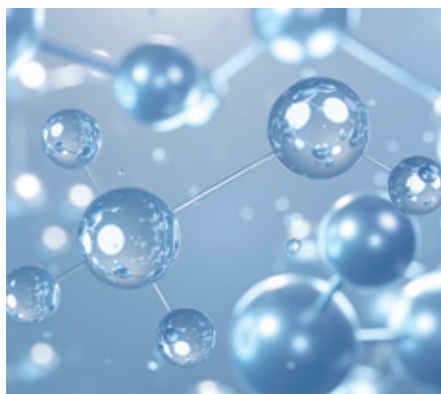
63. coyuntura del sector naval

“Nuevo orden mundial y la construcción naval. Capacidad y las cgt como medida”, por J-E. Pérez García

77. guía de empresas

48 en profundidad

El año sin metanol.
Por Rafael Gutiérrez Fraile





63

coyuntura

“Nuevo orden mundial y la construcción naval. Capacidad y las cgt como medida”, por J-E. Pérez García



47

conectados

Los decanos en Madrid y Cataluña del Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos visitan el Museo Marítimo de Barcelona



41

entrevista

RICE Propulsion y VICUSdt: uniendo innovación y experiencia para construir un futuro más fuerte juntos

Editorial

Quedan menos de 60 días para que nos reunamos en Gijón con motivo de la sexagésima cuarta edición del Congreso Internacional de Ingeniería Naval e Industria Marítima. Una nueva edición que mantendrá la estructura de ediciones anteriores, tras la inauguración el miércoles, la presentación de trabajos seguirá estando dividida en las cuatro áreas principales ya conocidas por todos: “Defensa”, “Pesca”, “Eólica Marina” y “Marina Mercante, Pasaje y Cruceros”, que serán abiertas con ponencias inaugurales impartidas por nombres de gran peso de nuestra industria. Pero antes, durante la inauguración, os adelantamos que la conferencia magistral correrá a cargo de un compañero de profesión y excelente profesional, presidente de Astilleros Gondán y de Pymar, Álvaro Platero. El programa de este año además, incluirá una actividad lúdica para los asistentes, que en este caso tendrá lugar el miércoles por la tarde. Desde estas líneas, también queremos recordaros como viene siendo habitual, ofrecemos un programa específico para acompañantes.

Ponencias de empresa, mesas redondas y la presentación de los trabajos bajo concurso repartidos en tres días completan el programa de esta edición. Podemos avanzar que dichas mesas redondas analizarán temáticas como: la propulsión asistida mediante velas rígidas, los criterios de diseño de grandes yates, los retos y oportunidades en la formación de ingenieros navales, la innovación en la economía azul, los buques al servicio del Estado, la electrificación en buques, la renovación de la flota pesquera, el desarrollo de capacidades industriales para acompañar al sector militar, y se analizará la cadena de suministro de la eólica marina. En breve estará disponible el programa y las inscripciones. Os mantendremos informados en todo momento.

Abierto plazo de candidaturas a los Premios AINE 2024

Mejor Empresa o Institución relacionada con actividades relacionadas con el Sector Marítimo: hasta las 14:00 h del 03 de marzo de 2025.

Mejor trayectoria profesional, Mejor trayectoria profesional para menores de 35 años e, Ingeniero Naval con trayectoria más destacada durante 2024: hasta las 14:00 h del 09 de junio de 2025.

Para participar enviar un mensaje a aine@ingenierosnavales.com.

Hydrogen in the marine industry; safety in hydrogen ship/submarines



Dra. Maria Penedo Baeza,
Navantia



Dr. Raúl Villa Caro,
Armada / Exponav



Sonia Bellón Pose,
Navantia

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

ÍNDICE

Abstract / Resumen

1. Introduction to use hydrogen in maritime industry
2. Regulations, codes and standards for hydrogen as marine fuel
3. Hydrogen safety risk analysis in the marine industry
 - 3.1. Safety Risk Analysis
 - 3.2. Prescriptive Approach versus Risk-Based Approach
 - 3.3. Risk analysis techniques for Hydrogen Ships
 - 3.4. Possible Safety Controls: Preventive and Mitigative Controls
4. Conclusions
5. References

Resumen

Con la crisis actual y la incertidumbre frente a la seguridad en el suministro energético, la demanda de hidrógeno se ha ido aumentando en todos los sectores de energía a medida que el mundo intenta alcanzar sus objetivos de cero emisiones netas. El diseño de buques de hidrógeno seguros y optimizados es un factor importante en el ámbito marino.

El hidrógeno es una fuente de energía limpia que no produce gases de efecto invernadero cuando se utiliza, pero es necesario asegurar que se usa como combustible en los buques de manera segura y se analizan todos sus posibles impactos en la seguridad del propio buque, de su tripulación y del medioambiente. El concepto de seguridad aplicable debe ir más allá del cumplimiento de las obligaciones legales y los reglamentos marítimos. Es necesario, además tener en cuenta, el empleo experimentado de herramientas avanzadas para la identificación, evaluación y gestión de los riesgos de seguridad, como soporte para la administración y la toma de decisiones.

Es imprescindible, conseguir altos niveles de seguridad en los buques de hidrógeno verde: tanto en el diseño e ingeniería, como en su operación y mantenimiento, de manera que aseguremos la continuidad de la operación y del negocio.

ABSTRACT

With the current crisis and uncertainty regarding safety of energy supply, demand for hydrogen has been increasing across all energy sectors as the world seeks to achieve its net zero emissions goals. The design of safe and optimized hydrogen ships is an important factor in the marine industry.

Hydrogen is a clean energy source that does not produce greenhouse gases when used, but it is necessary to ensure that it is used as fuel on ships safely and all its possible impacts on the safety of the own ship, its crew, and the environment. The applicable safety concept must go beyond compliance with legal obligations and maritime regulations. It is also necessary to consider the experienced use of advanced tools for the identification, evaluation, and management of safety risks, as support for administration and decision making.

It is essential to achieve high levels of safety in green hydrogen ships: both in design and engineering, as well as in their operation and maintenance, so that we ensure the continuity of operation and business.

1. INTRODUCTION TO USE HYDROGEN IN MARITIME INDUSTRY

The shipping industry is under increasing pressure to act upon the COP 21 Paris Agreement, the new carbon dioxide (CO₂) reduction targets from the International Maritime Organization (IMO), and to reduce greenhouse gas (GHG) emissions in general. The next big deadline for the industry

is 2050. The IMO's commitment to have emissions from shipping by 2050 sets an ambitious target for the maritime world. Alternative and zero carbon fuels offer a pathway to achieve this goal, but there are still challenges with all alternative energy carriers / fuels. Many stakeholders consider hydrogen as a viable solution for coastal and short-sea shipping. It can be a more flexible energy carrier, can facilitate onboard storage of more energy than batteries, and it is also more suitable for transport to bunkering sites. Hydrogen fuel cells might be the only zero-emission alternative given the lack of sustainable biogas. Whether hydrogen is a truly zero-emission option depends on the value chain and whether it is produced from renewable energy sources [1], [2].

There are many projects with hydrogen on going as [3], [4], [5]:

- Navantia has the first hydrogen system ready to power the third submarine in the S80 series: Cosme García. This hydrogen-powered submarine has batteries that can be fully recharged at any depth. This alternative will allow the submarine to remain submerged for weeks, compared to the current series, the S70, which in just a few days has to surface to recharge its batteries in contact with the atmosphere.
- Robert Gordon University in Scotland is conducting a study into hydrogen to provide green energy for offshore platforms. The study, which is part of the Integrated Energy research program conducted at the National Submarine Center (NSC), was created in partnership between the university and the Net Zero Technology Center.
- The British government is building an eco-friendly driverless cargo hydrogen submarine. It involves developing hydrogen-powered and driverless maritime equipment, which is used to collect microplastics from the sea while moving along the ocean floor.

- The English company Oceanways wants to be revolutionary in the underwater transportation systems market. Offers an ecological cargo submarine to regenerate the oceans. These submarines are superior to a cargo ship in almost every way. They do not alter the climate since they have zero emissions. Additionally, they can reach hard-to-reach areas and are much cheaper to build and operate. Their advantages continue: they are quieter, safer, more stable, and cleaner.
- Technology development company Steamology Motion and its R&D partners have been awarded £164,488 for a feasibility study into an electric propulsion vessel powered by a turbine powered by superheated steam produced by the combustion of hydrogen and oxygen.
- The Dutch company C-Job Naval Architects will have a ship to transport liquid hydrogen by 2026. It is 141 meters long and has three dams with a capacity of 12,500 cubic meters each. In this way, it achieves a total storage capacity of 37,500 cubic meters of liquid hydrogen. The tanker has enough capacity to supply hydrogen to 400,000 fuel cell cars, or 20,000 heavy duty trucks...

Hydrogen has the potential to become a popular solution for several maritime segments. Attention on hydrogen technologies is growing, and industries are increasing investment in hydrogen solutions throughout the range of foreseen hydrogen related value chains.

Hydrogen gas is flammable, highly explosive, and has different safety-related properties and behavior compared with other gases including natural gas. As experienced with other new and alternative fuel solutions, an accident may result in safety and economic consequences that put the development on hold for many years. Since codes and standards for maritime hydrogen are

incomplete, it is necessary to apply 'first principles' where the true behavior of systems that experience failures is discovered before measures are implemented to prevent and reduce risks. Available codes and standards for other low-flashpoint fuels are among the tools used, with the basis for these being challenged by the actual physical behavior of hydrogen compared with conventional gases. The method used to apply first principles is safety risk analysis in which the physical behavior of hydrogen in incidents is a main part of the safety assessment. Accelerating the large-scale roll-out of hydrogen ships can be more effectively achieved through applying information from previous accidents and, where knowledge is missing, from new experiments. Such information is used to validate and ensure that the safety risk-assessment models are true and representative for the situations at hand [5].

Hydrogen can be stored both as a pressurized gas and a cryogenic liquid, and the different impacts has different safety assessments. On a ship, pure hydrogen will be stored either as a liquefied gas at very low temperature (-253 °C) and a slight overpressure (typically 1–10 bar) or as a compressed gas at very-high pressure (typically 250–700 bar). As hydrogen is the smallest of all molecules, hydrogen gas is more challenging to contain than other gases; it has a wide flammability range, ignites easily, and may self-ignite. This combination of properties may lead to increased overall risk, unless applicable safety assessment, systems and practices concerning hydrogen are implemented. The output of the safety analysis is to obtain a tolerable safety risk that it was maintained in the ALARP zone [1].

A safety purpose is to avoid the chain of events that may lead to an accident if proper countermeasures are not in place

and effective. A formal and structural safety risk assessment process with involvement from people having the right competence is essential to identify, control, and mitigate the potential risks related to hydrogen use as a fuel. Leaks associated with the bunkering operation and onboard fuel-storage system can potentially lead to high-risk events.

As the number of ships expected to be deployed in the future rises, so does the importance of understanding the safety risks and repercussions of maritime incidents involving hydrogen fuel cell as a preventative measure to eliminate the hazards. With regard to Hydrogen use on merchant ships, unless appropriate safety measures and practices are implemented, the properties of hydrogen may increase the overall risk aboard ships relative to other fuels. When hydrogen fuel and fuel cells are used on ships, especially in enclosed spaces such as fuel cell space and hydrogen storage space, there is a risk of low flash fuel leakage, which poses a fire and explosion hazard.

Consequently, understanding of hydrogen and its safety-related properties in a maritime context will be essential for safe and efficient introduction of hydrogen as a ship fuel. Among many important risk-related factors are the use of materials not fully compatible with hydrogen operation; the marine environment, reliable detection of process and operational deviations; ignition-source control; and systems for maintaining safe operations.

It is essential to achieve high levels of safety in green hydrogen facilities: both in design and engineering, as well as in their operation and maintenance, so that we ensure the continuity of operation and business [6].

Given the characteristics of hydrogen, the applicable safety concept must go far beyond

mere compliance with legal obligations, industrial regulations, technical regulations, or design standards. It is essential develop the formal safety assessments in order to ensure that all the hazards associated to the use of the hydrogen has been identified and treated. This identification, evaluation and management of risks will support the administration to the decision process and possible updates of the regulations and standards.

2. REGULATIONS, CODES AND STANDARDS FOR HYDROGEN AS MARINE FUEL

As we said, the hydrogen, being versatile and abundant (it is the most abundant element in the universe), undoubtedly has a role to play in efforts to reduce carbon emissions. Today, organizations are willing to move at the pace of their projects, but the major concern is that safety challenges are underestimated or the connection between specific risk factors and the resulting operational hazards is not sufficiently appreciated with the actual regulations and standards. It is necessary to develop a combined approach between prescriptive approach and risk-based approach [1].

• IMO: INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION:

When specific prescriptive rules and regulations are not yet in place SOLAS II-I Regulation 55 and guidelines referenced by footnote MSC.1/Circ.1212, or associated guidelines found in MSC.1/ Circ.1455 opens the way for a structured design process based on safety risk assessments in cases where a ship is deviating from prescribed rules. The purpose is to prove that the chosen solution is providing an equivalent safety level to the one required in SOLAS. This process is commonly referred to as the

‘Alternative Design’ approach based on the risk-based approach [7].

IMO’s in IMO CCC 8 Draft Interim Guidelines for the Safety of Ships using Hydrogen as Fuel, has been initiated in covering storage of hydrogen as fuel. These Interim Guidelines have been developed to provide international standard provisions for ships using fuel cell power installations. The goal of these Interim Guidelines is to provide criteria for the arrangement and installation of fuel cell power installations with at least the same level of safety and reliability as new and comparable conventional oil-fuelled main and auxiliary machinery installations, regardless of the specific fuel cell type and fuel [7],[8],[9].

The IMO conventions examined were the International Chemical Code (ICQ Code) and the Safety Code for Ships Using Gases or Other Low Flashpoint Fuels (IGF Code) among others.

In the 9th session of the IMO Sub-Committee on Carriage of Cargoes and Containers (CCC 9) was held from 20 to 29 September 2023. CCC 9 continued work on interim guidelines for use of ammonia and hydrogen as fuel, finalized amendments for the IGF Code, and discussed amendments to the IGC Code for gas carriers and the IMSBC and IMDG Codes on dangerous cargoes.

The CCC 9 reviewed the updated proposal for the “Interim recommendations for carriage of liquefied hydrogen in bulk”.

The revised recommendations will be further considered for approval by MSC 108 in 2024. immediately before CCC 10 (subject to approval by MSC 108 and endorsement by Council), to finalize the guidelines.

The work plan, updated in this session, foresees that the guidelines will continue

to be developed in 2024 and 2025 with the finalization of mandatory instruments related to methyl/ethyl alcohols and to continue considering the development of mandatory instruments related to fuel cells in the CCC 12 in September 2026.

The CCC Sub-Committee plays a vital role in developing technical provisions for alternative fuels and related technologies, ensuring that the safety implications and potential risks associated with the use of alternative fuels and related technologies are appropriately addressed.

Regulations, codes, and directives are legal requirements imposed by legislative bodies, and are mandatory. Directives are implemented at EU level and are not used as an instrument by IMO. In contrast, standards, guidelines, and codes of practice are voluntary documents unless mandated in the regulations [1].

Maritime regulations and rules exist on three levels. They are:

- International regulations developed by IMO.
- National regulations; and,
- Class rules.

Other international codes and standards can support these processes. The main objective of the codes and standards presented is to assist and support the approval process for hydrogen-fuelled vessels. The use of some of these standards may be requested by a Class Society and/or the Flag State, and some may be required as part of the approval process for specific components and/or sub-systems. The main international Code applicable to hydrogen-fuelled SOLAS vessels is the International Code of Safety for Ship Using Gases or Other Low-flashpoint Fuels (IGF Code, 2016). Please note that for gas carriers, the IGC Code Chapter 16 applies, not the

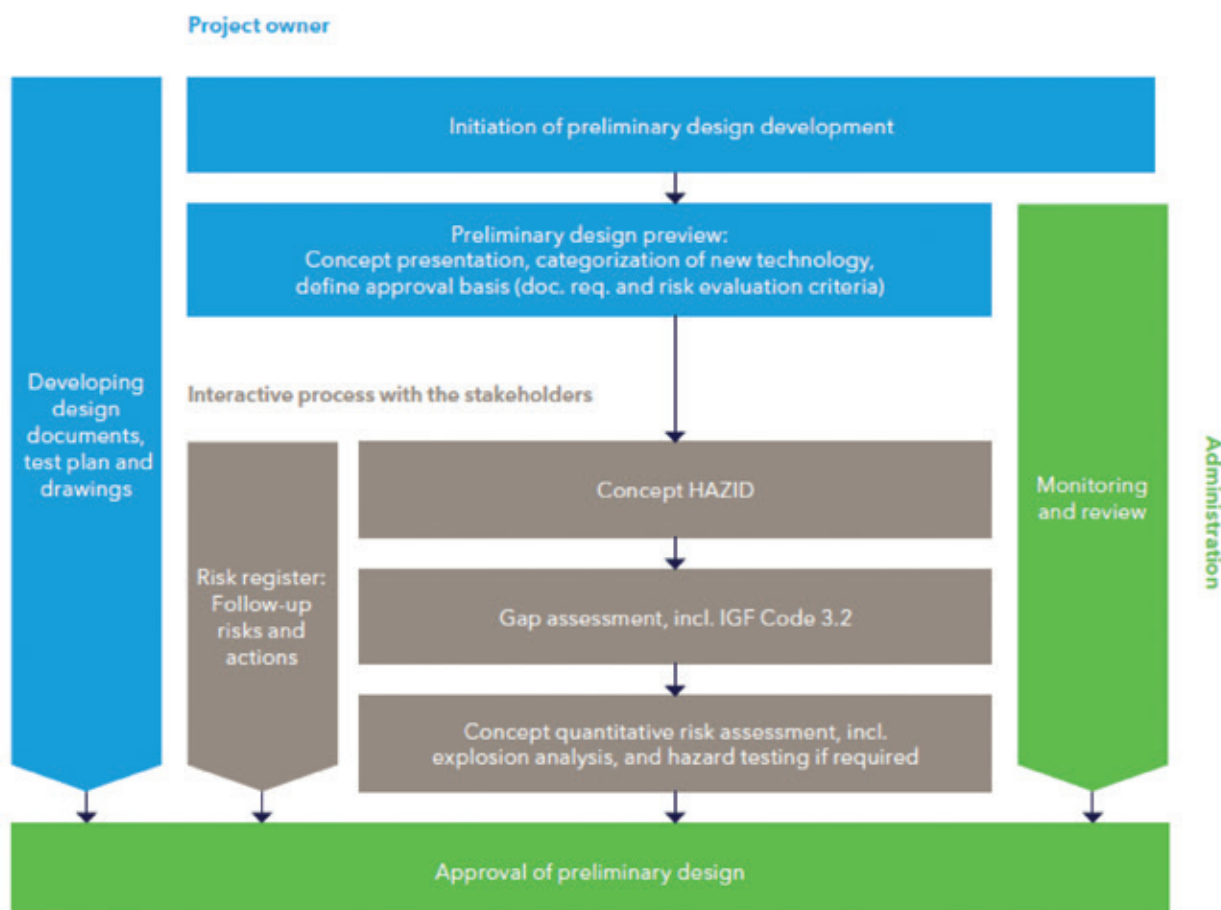


Figure 2.1: Approval of preliminary design for hydrogen-fuelled ships [1].

IGF Code. The IGF Code contains detailed prescriptive requirements only for liquefied natural gas (LNG) as fuel.

For fuels other than LNG, the IGF Code refers to the 'Alternative Design' approach. This means that the IGF code does not contain specific requirements for fuels other than LNG, but these fuels can still be used if it is proven that the safety level is maintained compared with a ship using conventional fuel. This is a risk-based approval process with a high degree of uncertainty while IMO is under development of the safety guidelines of the Hydrogen fuel. Several Classification Societies have developed their own rules for Fuel Cell installations.

Although the approval of conventional oil fuelled ships is a wellknown and predictable process with prescriptive rules and

regulations based on decades of experience it is necessary to have a combined approach of Prescriptive Approach and Risk- Based Approach, to identify possible inherent hazards to the design that could be not cover by regulations under a development of a Safety case.

For new technologies like hydrogen-fuelled ships, there are no prescriptive rules or regulations in place. The approval will therefore be based only on a risk-based approval process where an equivalent level of safety compared to a conventional oil fuelled ship needs to be demonstrated. This risk-based approval process is referred to as the Alternative Design approach. The Alternative Design approach opens for solutions not covered by prescriptive rules, and it is developed for new technologies and novel solutions.

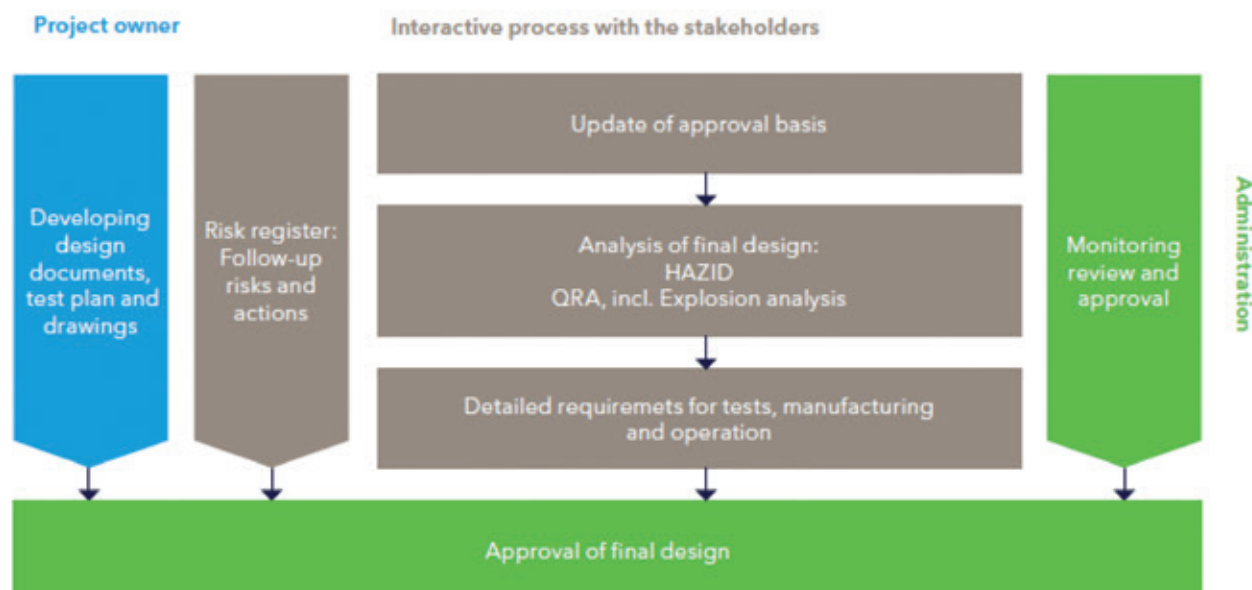


Figure 2.2: Final approval for hydrogen-fuelled ships [1].

The proposed steps in the process towards 'Approval of preliminary design' for hydrogen-fuelled ships is representing in the following figure 2.1:

The proposed steps in the process towards final approval for hydrogen-fuelled ships is representing in the following figure 2.2:

When applying the Alternative Design approval process, several iterations may be needed to build confidence towards the approval body (Flag Administration) and prove equivalent safety. A key challenge is how to apply and adopt the process for the hydrogen-specific risk cases.

For a categorization of new technology, as the use of hydrogen storage and Fuel Cell solutions in ships, these components and onboard solutions will typically be classified as new and unproven (IMO Category 4) will be apply different safety analysis and testing. IMO provides the Guidelines to develop safety analysis through a Formal Safety Assessment (FSA), that is a structured and systematic methodology, aimed at enhancing maritime safety, including protection of life, health,

the marine environment and property, by using risk analysis and cost benefit assessment. FSA can be used as a tool to help in the evaluation of new regulations for maritime safety and protection of the marine environment or in making a comparison between existing and possibly improved regulations, with a view to achieving a balance between the various technical and operational issues, including the human element, and between maritime safety or protection of the marine environment and costs. [10].

The Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process were approved in 2002 (MSC/Circ.1023/MEPC/Circ.392). The Guidelines have since been amended by MSC/Circ.1180-MEPC/Circ.474 and MSC-MEPC.2/Circ.5. The above Guidelines have now been superseded by MSC-MEPC.2/Circ.12/Rev.2.

The measure and tolerable risk can be done by the ALARP (As Low As Reasonably Practicable) concept: refers to a level of risk that is neither negligibly low nor intolerable high. ALARP is actually the attribute of a risk,

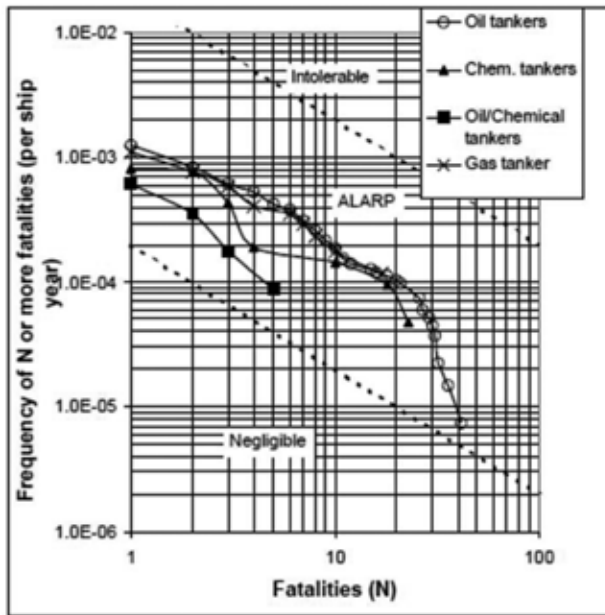


Figure 2.3: FN Diagram from MSC 72/16 [1]

for which further investment of resources for risk reduction is not justifiable. The principle of ALARP is employed for the risk assessment procedure. Risks should be As Low As Reasonably Practicable. It means that accidental events whose risks fall within this region have to be reduced unless there is a disproportionate cost to the benefits obtained [11].

• CLASS RULES IN THE CLASSIFICATION SOCIETY:

Classification Societies' rules are normally more detailed and specific to reflect the safety level of international regulations such as the SOLAS Convention.

For example:

- **ABS:** The ABS criteria to be applied to gas or other low flashpoint fueled ships is detailed in Part 5C, Chapter 13 of the ABS Rules for Building and Classing Marine Vessels (Marine Vessel Rules), which incorporates the IMO International Code of Safety for Ships using Gases or Other Low Flashpoint

Fuels (IGF Code). For supplemental information on hydrogen as a marine fuel, refer to the ABS Sustainability Whitepaper Hydrogen as Marine Fuel, and the ABS Requirements for Fuel Cell Power Systems for Marine and Offshore Applications [12].

- **DNV:** DNV's Rules for Ships, Pt.6 Ch.2 Sec.3 (DNV GL FC Rules) The DNV rules for FC installations provide requirements aiming to ensure safe and reliable operation of the FC power installation. DNV Class Rules, Pt.4 Ch. 1 on machinery systems is relevant for required environmental conditions. [1].
- **BV:** BV has the Rules for hydrogen-fuelled ships (NR678) to support the safe development of hydrogen propulsion in the maritime sector. The rules outline technical requirements for the safe bunkering, storage, preparation, distribution, and use of hydrogen as fuel for power generation on board. Monitoring and control systems are also covered, addressing specific safety challenges relating to the transport and use of hydrogen on ships [13].
- **LR:** Lloyd's Register has issued the first maritime hydrogen fuel rules in July 2023 "Appendix LR3" component of the Rules and Regulations for the Classification of Ships using Gases or other Low-flashpoint Fuels. They provide both general and specific hydrogen fuel rules ships using H₂. The intention of these regulations is to fill the IMO International Code of Safety for Ships Using Gases or Other Low-flashpoint Fuels (IGF Code) gap, as it does not yet provide guidance for using H₂ safely [14] ...

• INTERNATIONAL HYDROGEN STANDARDS:

Standards from the American Society of Mechanical Engineers (ASME) and the American Petroleum Institute (API) are the

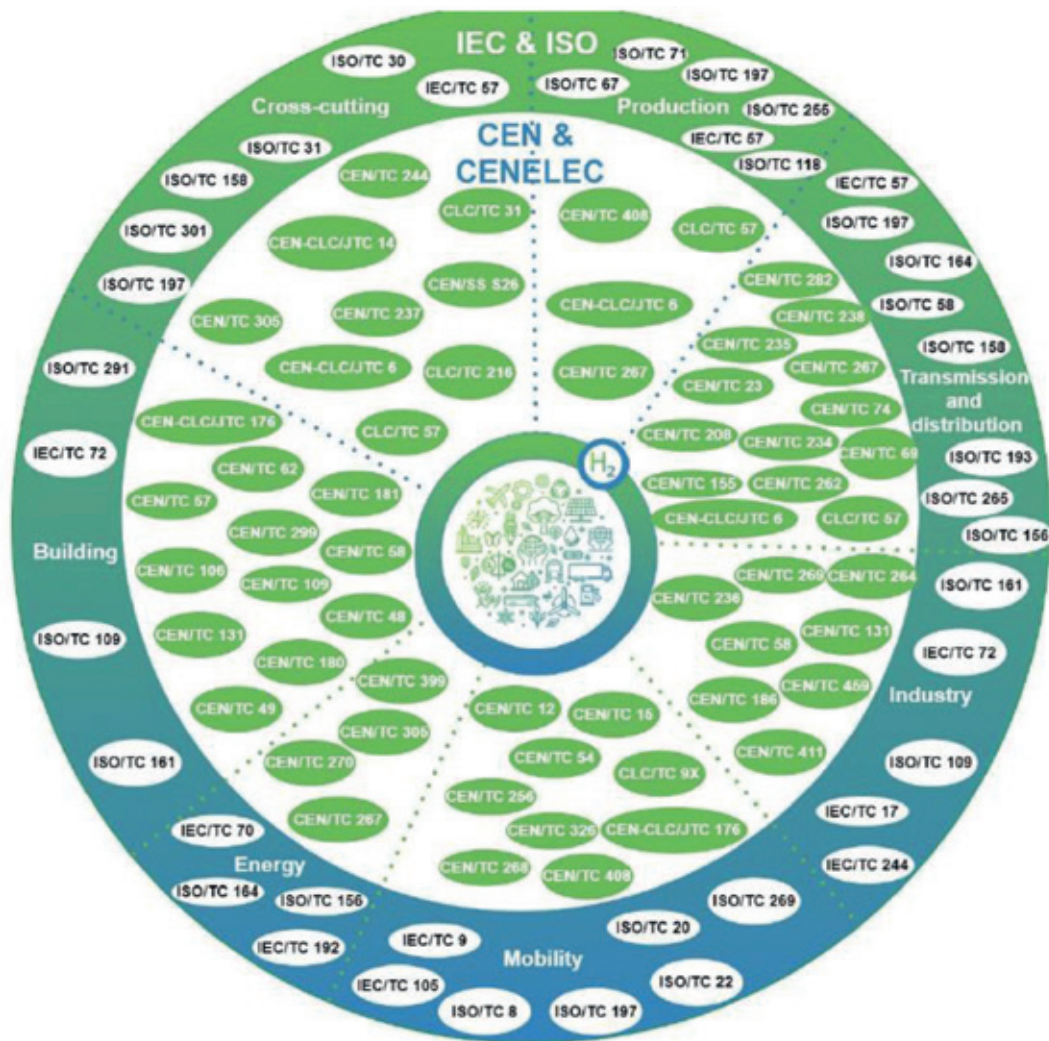


Figure 2.4: European and international standardisation landscape for hydrogen topics [15].

most used for maritime applications in general.

Other standards are used depending on geography; for example, EU directives and standards may be used in the EU area. ISO and IEC standards are also relevant for introducing hydrogen as ship fuel [1].

Several European and international standardisation committees are responsible for hydrogen standardisation topics along the entire hydrogen value chain. Figure 2.4 shows a graphic summary of these Technical Committees at European and international level and their relationship. Further Technical Committees are to be expected over time to tackle additional

hydrogen standardisation aspects. The graph highlights the complexity and the large number of actors involved in the hydrogen standardisation process [15].

Examples of hydrogen standardisation in ISO and IEC:

- **ISO/TC 197 Hydrogen Technologies**

One important ISO Technical committee on Hydrogen is ISO/TC 197 “Hydrogen Technologies”. It is focused on standardisation in the field of systems and devices for the production, storage, transport, measurement and use of hydrogen. Some relevant standardisation projects in this context are:

- ISO 22734: Hydrogen generators using water electrolysis — Industrial, commercial, and residential applications.
- ISO 19880: Gaseous hydrogen — Fuelling stations.
- ISO 19885: Gaseous Hydrogen – Fuelling protocols for hydrogen-fuelled vehicles.
- ISO 19887: Gaseous Hydrogen — Fuel system components for hydrogen fuelled vehicles. Besides, a Joint Working Group (JWG) has been set up with TC 22/ SC41.
- ISO/TR 15916: Basic considerations for the safety of hydrogen systems. A revision is foreseen with regards to the (i) materials compatibility table, and (ii) a new chapter will be included on LH₂ (as a result of FCH 2 JU Project PRELSHY).

A new Subcommittee has recently been created (ISO/TC 197/ SC1), focused on applications 'requirements of hydrogen technologies at large scale and in horizontal energy systems.

• IEC/TC 105 Fuel cell technologies

One important IEC Technical committee (International Electrotechnical Committee) on Hydrogen is IEC/TC 105 „Fuel cell Technologies”. It is focused on standards regarding fuel cell (FC) technologies for all FC types and various associated applications such as stationary FC power systems for distributed power generators and combined heat and power systems, FCs for transportation such as propulsion systems, range extenders, auxiliary power units, portable FC power systems, micro-FC power systems, reverse operating FC power systems, and general electrochemical flow systems and processes. (Except applications in the field of road vehicles which are coordinated by ISO TC 22 and its relevant SCs using the cooperation modes defined in the ISO/IEC Directives). This TC is currently very active, and 13 standards or projects are now under development.

• Safety European Directives

For a safety perspective the following European Directives are considered relevant in the safety analysis:

- Maritime dangerous goods as cargo code (IMDG Code. Even it is cover hydrogen as cargo only (not as fuel), the code can provide valuable input regarding requirements for hydrogen as a fuel in shipping.
- The Atmospheres Explosible (ATEX) Directive, 2014/34/ EU covers equipment for potentially explosive atmospheres, and is relevant for hydrogen storage and piping. It established key definitions and sets the boundary conditions for ATEX zoning.
- The Pressure Equipment Directive 2014/68/ EU (97/23/EC) (PED) is relevant for pressurized hydrogen storage and piping.

3. HYDROGEN SAFETY RISK ANALYSIS IN THE MARINE INDUSTRY

As shipping moves forward in the transition from existing energy sources, the industry must proactively develop standard safeguards and control measures for the deployment of future fuels, and it is necessary develop safety risk analysis to support the safety issues that can appear in novel designs. [16].

For example, the maritime sector safety consortium, initiated the "Future Fuels Risk Assessment", a cross-industry study with nine partners to assess the potential operational risks of LNG, methanol, hydrogen and ammonia. Partners in the Future Fuels Risk Assessment study include APM Terminals, Carnival Corp, Chevron, Euronav, Lloyd's Register, Maersk, MSC Ship Management, Oil Companies International Marine Forum (OCIMF) and Shell.

One of the main benefits from performing a risk assessment is to quantify the effect of

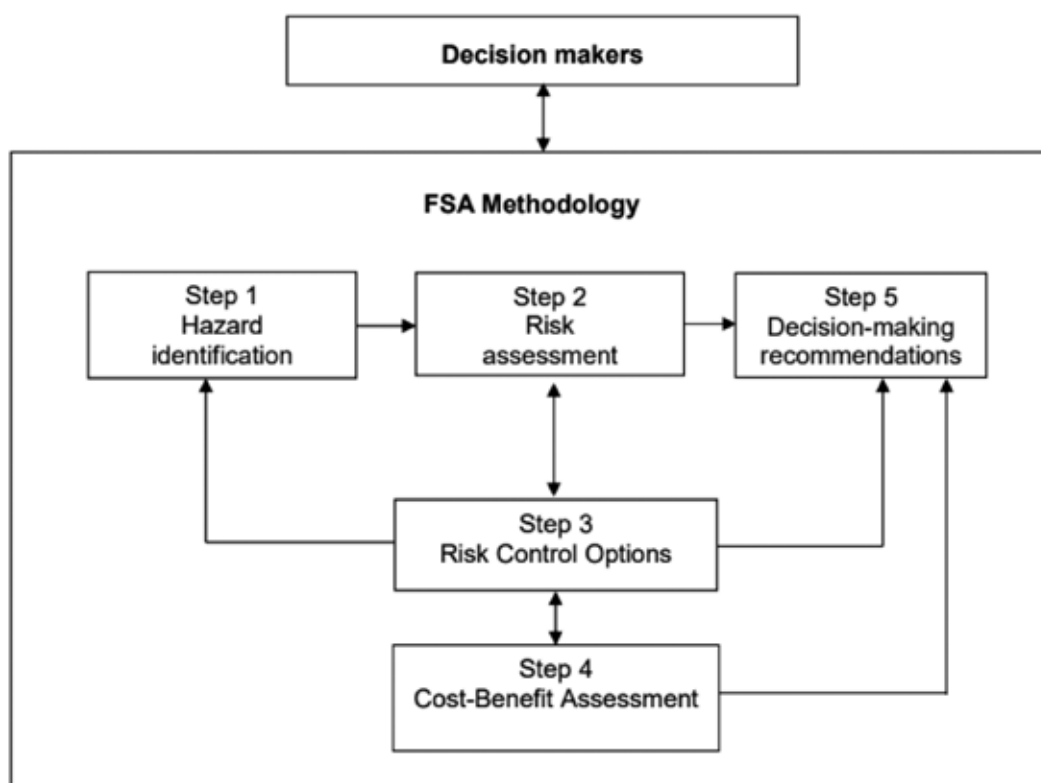


Figure 3.1: Flow Chart of the FSA Methodology [11].

different design solutions and safety systems and, in this way, to compare risks and use the comparison actively to decide how the safety can be improved to an acceptable level.

The final solutions can then further be documented and used to obtain final approval when following the Alternative Design process.

A set of risk assessments for different ships and hydrogen systems, and experience from early vessel designs and prototypes, can be used, leading to robust hydrogen- fuelled ships. When robust systems and designs are established in the industry, it is time to establish Class rules and regulations. When the rules and regulations are in place to ensure safe constructions and operations, then a compliance-based regime can be developed.

However, in the meantime, and before good designs and rules are available, the innovative process involving risk assessments, yards,

designers' architectural drawings, and safety systems design, can be used to find safety and cost optimal solutions that provide equivalent or better safety at affordable cost.

3.1. Safety Risk Analysis

When specific prescriptive rules and regulations are not yet in place it is recommended to establish a safety risk management analysis. The purpose is to prove that the chosen solution is providing an equivalent safety level to the one required in the prescriptive rules that are not available due to the novel products. The safety risks analysis is also used to ensure that all safety aspects of the design are considered. It should be developed a combined approach between the prescriptive approach and risk-based approach that provides a safe design through a safety formal process as is provided in IMO with the Formal Safety Assessment (FSA). This formal and structural process permit to us to provide a robust

Safety Case for the products that ensures that all the safety considerations are in place. We will have a “Safe Product”.

The FSA is a structured and systematic methodology, aimed at enhancing maritime safety, including protection of life, health, the marine environment, and property, by using risk analysis and cost-benefit assessment.

The FSA should comprise several steps presented in the figure 3.1, but the scope proposed in the article propose provides a combination between the IMO scope and the scope of the biography [17], based on the MIL-STD-882E:

• FSA STEP 1 – IDENTIFICATION OF HAZARDS

The purpose of step 1 is to identify a list of hazards and associated scenarios prioritized by risk level specific to the problem under review. The hazard identification exercise should be undertaken in the context of the functions and systems of the product. Therefore, the hazards are identified through a systematic analysis process that includes system hardware and software, system interfaces (to include human interfaces), and the intended use or application and operational environment.

Consider and use mishap data; relevant environmental and occupational health data; user physical characteristics; user knowledge, skills, and abilities; and lessons learned from legacy and similar systems.

The hazard identification process shall consider the entire system life cycle. Identified hazards shall be documented in the Hazard Tracking System [11], [17].

• FSA STEP 2 – RISK ANALYSIS

The purpose of the risk analysis in step 2 is a detailed investigation of the causes

and initiating events and consequences of the accident scenarios identified in step 1. This can be achieved using suitable safety techniques. This allows attention to be focused upon critical areas and to identify and evaluate the factors which influence the level of risk. The severity category and probability level of the potential mishap(s) for each hazard across all system modes are assessed using the agreed Risk Matrix.

The risk analysis to the personnel, equipment / functionalities and environmental should be considered. The appropriate control measures should be taken account to eliminate or minimize the risk until an ALARP level. It should be presented the current hazards, their associated severity and probability assessments, and status of risk reduction efforts at technical reviews [11], [17].

Many different existing methodologies can be employed to assess safety risk in a structured manner. They can be divided into two main groups, qualitative and quantitative risk assessments. These two methodologies are often combined, with the assessment starting with the qualitative approach, and the quantitative approach being used on the most critical, risk-driving effects [1].

• FSA STEP 3 – RISK CONTROL OPTIONS

The purpose of step 3 is to first identify the Potential risk mitigation(s), and the expected risk reduction(s) of the alternative(s) shall be estimated and documented in the Hazard Tracking System. The goal should always be to eliminate the hazard if possible. When a hazard cannot be eliminated, the associated risk should be reduced to the lowest acceptable level within the constraints of cost, schedule, and performance by applying the system safety design order of precedence. The system safety design order of precedence identifies alternative mitigation approaches

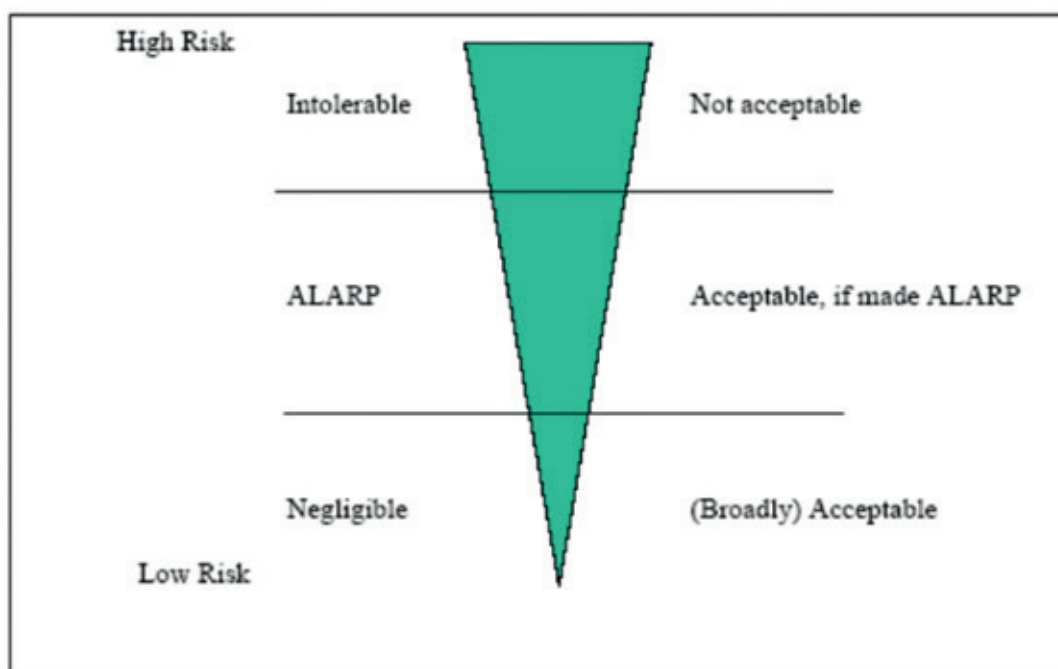


Figure 3.1: Flow Chart of the FSA Methodology [11].

and lists them in order of decreasing effectiveness. The requirements derived from the Control Measures identified in the Risk Control Options shall be verify and validate the effectiveness of all of them through appropriate analysis, testing, demonstration, or inspection.

The step 3 aims at creating risk control options that address both existing risks and risks introduced by new technology or new methods of operation and management. Both historical risks and newly identified risks (from steps 1 and 2) should be considered, producing a wide range of risk control measures [11], [17].

Mitigation measures are selected and implemented to achieve an acceptable risk level. Consider and evaluate the cost, feasibility, and effectiveness of candidate mitigation methods processes are developed in step 4.

• FSA STEP 4 – COST-BENEFIT ASSESSMENT

The purpose of step 4 is to identify and compare benefits and costs associated with

the implementation of each Control Measure identified and defined in step 3.

Costs should be expressed in terms of life cycle costs and may include initial, operating, training, inspection, certification, decommission, etc. Benefits may include reductions in fatalities, injuries, casualties, environmental damage and clean-up, indemnity of third-party liabilities, etc. and an increase in the average life of ships.

• FSA STEP 5 – RECOMMENDATIONS FOR DECISION-MAKING

The purpose of step 5 is to define recommendations which should be presented to the relevant decision makers in an auditable and traceable manner. The recommendations would be based upon the comparison and ranking of all hazards and their underlying causes; the comparison and ranking of risk control options as a function of associated costs and benefits; and the identification of those risk control options which keep risks as low as reasonably practicable.

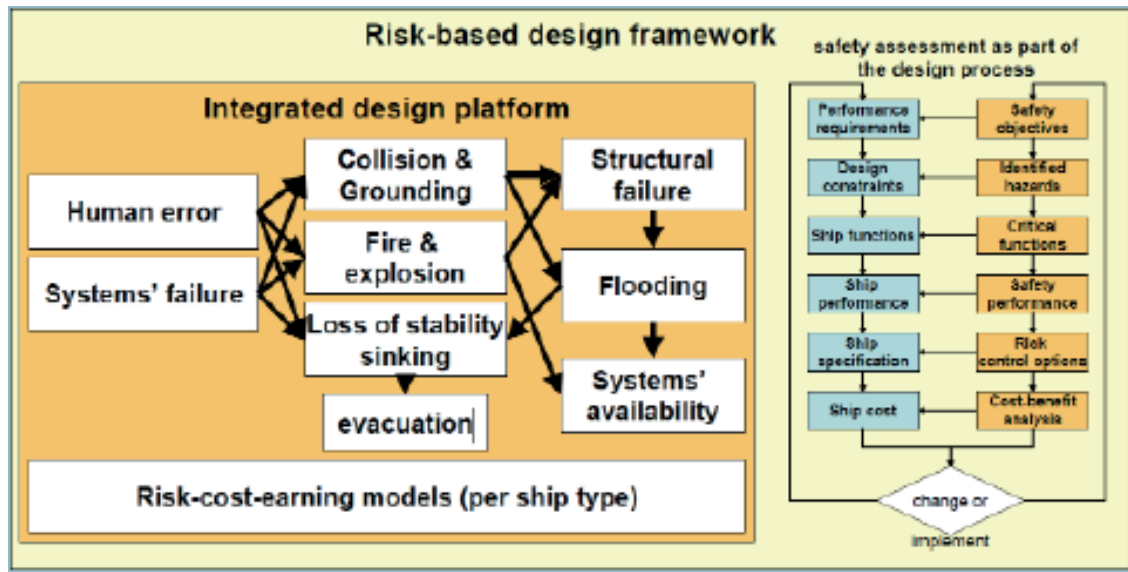


Figure 3.3: Risk- Based Approach [18].

The basis on which these comparisons are made should take into account that, in ideal terms, all those entities that are significantly influenced in the area of concern should be equitably affected by the introduction of the proposed new regulation. However, taking into consideration the difficulties of this type of assessment, the approach should be, at least in the earliest stages, as simple and practical as possible [11].

It is essential define the tolerable level of risk in the ALARP process to ensure the efficiency of the risk analysis process developed in the product.

3.2. Prescriptive Approach versus Risk- Based Approach

We use the system safety engineering that employs specialized knowledge and skills applying scientific and engineering principles, criteria, and techniques to identify hazards and then to eliminate the hazards or reduce the associated risks when the hazards cannot be eliminated.

This system safety engineering is based on a combination of Prescriptive and Risk- Based

Approach, but mainly is focused on the Risk Approach.

We can define both approaches as follow [18]:

Prescriptive Approach

This is the approach in which one party, usually the government of a country or an international organization such as the International Maritime Organization (IMO), designs formalized regulations for an activity, function, etc., which are to be obeyed by other parties, such as product and service providers and users.

Risk – Based Approach

In these cases, a systems management is used to process the scheme which involves identifying what aspects can go wrong, how important these things are, how their effects can be reduced and devising methods to deal with emergency situations.

Recognizing that safety is not absolute, a method based on risk analysis is used. For a given situation, identifying which aspects could go wrong and evaluating their importance to



Figure 3.4: Hydrogen Ship Roadmap.

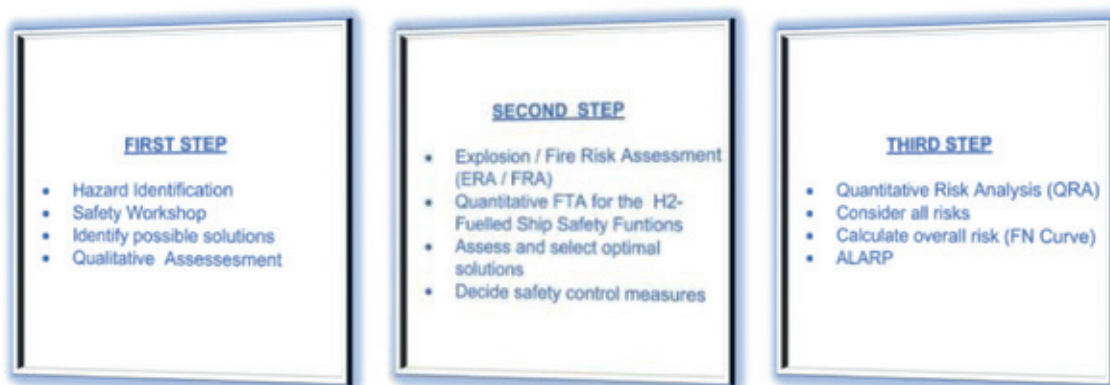


Figure 3.5: Hydrogen Ship Risk-based Flow.

focus attention on the most important ones is a step in dealing with uncertainties associated with system safety problems.

This approach is used for novel systems where regulations are not in place (Alternative Design process) and with designs with important safety aspects that need to ensure that all the possible hazards are identified through a systematic approach that ensure that all safety issues were considered in the product design.

The H₂ industry should use both approaches to ensure all the safety issues are traced in the design.

3.3. Risk analysis techniques for Hydrogen Ships

Many different existing methodologies can be employed to assess risk in a structured

manner. They can be divided into two main groups, qualitative and quantitative risk assessments. These two methodologies are often combined, with the assessment starting with the qualitative approach, and the quantitative approach being used on the most critical, risk-driving effects.

These techniques are used in combination with other experiences from maritime and other industries in combination with modeling and testing options.

These steps can be used for each new/converted hydrogen-fuelled ship where the risk is identified by qualitative safety analysis and quantified through a Quantitative Risk Analysis (QRA) and compared with conventional ship risks to achieve approval in an iterative process. The last step can be undertaken when the technology is mature enough and enough experience is gained

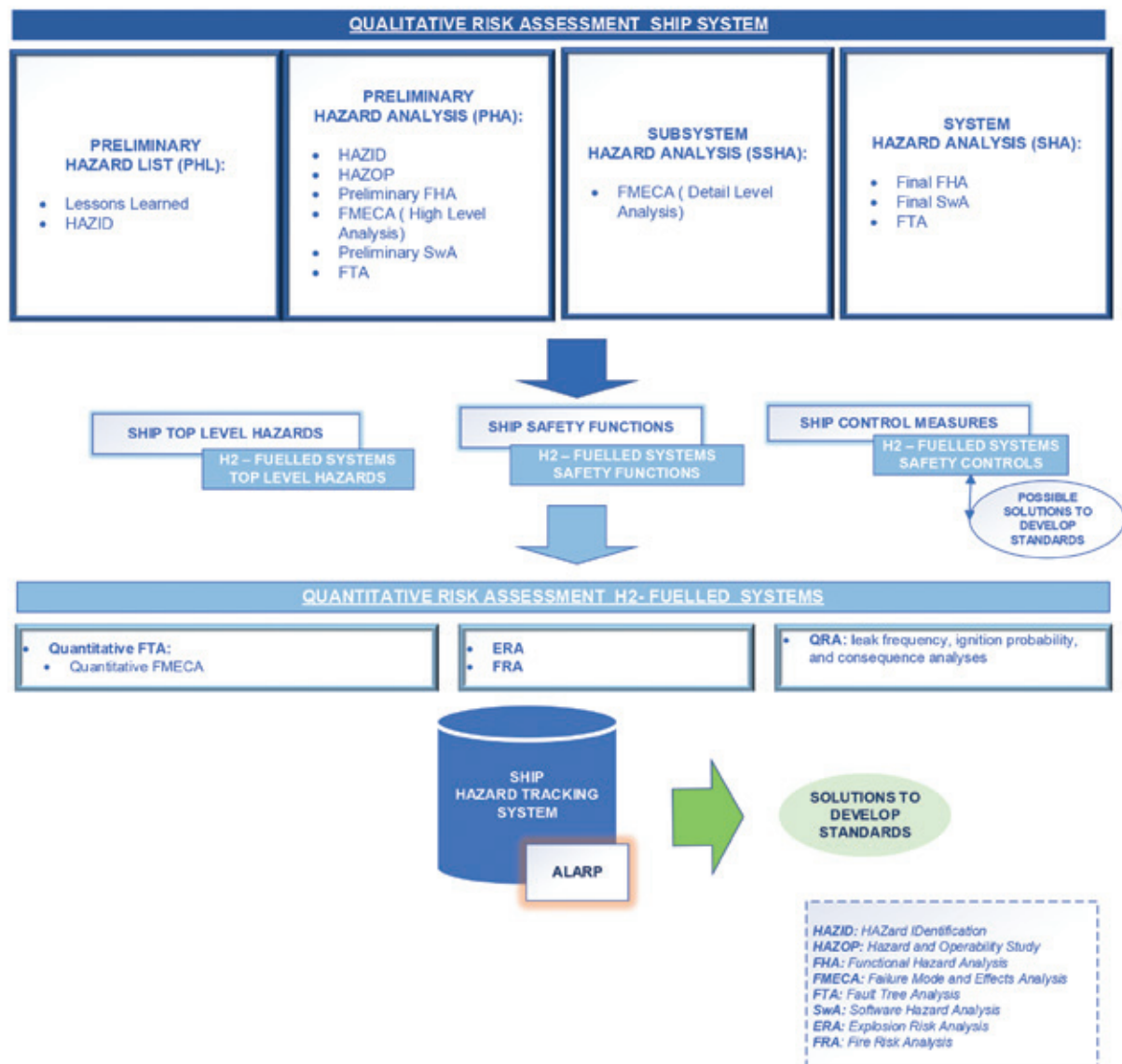


Figure 3.6: Safety Analysis.

from earlier projects and QRAs so that safe and robust standards can be developed.

Figure 3.5 shows the typical flow in a risk-based development process (based on figure 3.1), typically starting with qualitative hazard identification and assessments, moving forward with quantitative analysis, and based on this, selecting more detailed explosion and/or fire risk analysis.

The first step is based in hazard identification and assessment with qualitative safety techniques and the second and third step is developed with a quantitative safety technique used for the specific hazards identified in step 1 for the H₂- fuelled systems.

These systems due to their safety criticality needs a more accurate analysis that can quantified the safety risks and ensure that all of them are eliminate or control to an ALARP level.

Figure 3.6 provides the safety analysis proposed to be develop in H₂ Ships:

The safety analysis is started with a qualitative risk assessment based on the MIL-STD-882E [17] [19] with a:

Preliminary Hazard List: the aim of the PHL is developed to identify potential hazards inherent in the H₂ ship. In this task is reviewed the lessons learned, with historical

documentation on similar and legacy system from other industries.

Preliminary Hazard Analysis: the aim of the PHA will be run in conjunction with the PHL task to ensure each identified hazard is assessed to the maximum extent possible and ensure that acceptable safety controls exist in the system to preclude further detailed assessment.

The purpose of the PHA is to identify hazards and perform a preliminary evaluation of severity, probability, and risk from a qualitative risk matrix defined in the program. Those mitigation measures to eliminate or reduce risks that are already included in the design will be recorded, together with any recommendations for additional mitigation measures.

We use HAZID / HAZOP techniques to develop the PHL and PHA activity. The PHA will also include a high-level preliminary Functional Hazard Analysis (FHA), that includes a FTA, FMECA (high level analysis) and a preliminary software hazard analysis in the functional assessment to identify H₂ ship safety functions and with of them has critical consequences.

Subsystem Hazard Analysis: the aim of this analysis is to verify subsystem compliance with safety requirements contained in subsystem specifications and other applicable documents; Identify previously unidentified hazards associated with the design of subsystems including component failure modes (FMECA detail level analysis) , critical human error inputs, and hazards resulting from functional relationships between components and equipment comprising each subsystem; and recommend actions necessary to eliminate identified hazards or control them.

System Hazard Analysis: the purpose of the SHA is to assess the hazards and levels of

risk associated with potential ship system failures at the higher capability/function level. In order to assess the risks associated with the failure of the higher platform system capabilities/functions it is necessary to consider how these may result in hazards, leading to harmful consequences.

The SHA includes the final Functional Hazard for the failure modes identified in the previous analysis. This includes an analysis of the H₂ fuelled systems that perform functions in support of those capabilities, including consideration of the influence of the control, monitoring and alarm functions provided by the software safety analysis. The results of the FTA in this stage, enables to the SHA to present an assessment of the risks associated with ship system failures. The SHA presents a risk assessment for each type of harmful outcome identified as a result of failures of elements of the H₂ ship system, to take into consideration the controls engineered into the design of the ship, as well as procedural controls where applicable to manage the risks.

The final SHA should be included the QRA final risk for the H₂- fuelled systems assessed in order to validate de final ALARP for the ship and their total systems. We have to ensure that all the hazards shall be identified and reduce to an ALARP level to guarantee a safety H₂ ship.

The quantitative risk assessment is developed for the safety critical systems as the H₂- fuelled systems included in the ship. The assessment will use the qualitative approach as input to the development of the quantitative analysis. It will be developed a quantitative FTA for tor the H₂- fuelled systems and a quantitative FMECA that feeds as causes in the quantitative FTA. As we explained, before a quantitative

risk assessment can be carried out, it is necessary to identify the hazards that should be assessed in previous qualitative safety assessments to determine which hazards should be taken forwards for further analysis. The analysis we would include specific activities to understand the worst-case consequence of the hazardous events (though the ERA and FRA for example). Depending on the consequence being considered, specialist software tools may be used to carry out the modelling. We should also include various activities to determine the likelihood of the hazardous event. as quantitative Fault Tree Analysis (FTA) and others may be used. Once the quantitative risk analysis is complete and risk reduction requirements have been identified, it may be necessary to carry and ALARP analysis to confirm the acceptability of the proposed risk reduction [20].

A typical quantitative assessment method is the Quantitative Risk Analysis (QRA) which will provide a numerical value to the overall risk considering all hazards. The QRA will rely on many sources and models for the underlying failure modes, such as leakage frequencies, ignition probabilities, inventory and leak rate, ventilation and dispersion effects, explosion and fire consequence, and structure response [1]. The impact of external risks and high frequency or high consequence scenarios shall be quantified during the QRA process. The QRA should consider threats to the ship's main functions and the maintainability of the ship's safety arrangements. Since gas explosions can be a critical driver for the overall risk, a separate explosion risk analysis (ERA) should be developed. The ERA is used to quantify and consider the risk of explosions on a detailed level. The risk assessment methodology includes a systematic and complete assessment of both the frequencies and the consequences of the events that can lead to an explosion.

The ERA is integrated with the QRA. Results from the ERA are used to calculate the contribution from explosions to the total risk in the QRA. Ventilation, gas dispersion and explosion models in the ERA are detailed usually with CFD to take into account geometry effects and mitigating measures such as ventilation rates. The ERA can also be used to decide necessary explosion loads on the decks and walls to the hydrogen installation so that an explosion event does not escalate to the rest of the ship. The QRA should also apply qualitative fire models to account for fire risks from the hydrogen systems.

When the QRA and ERA are completed, they are used to calculate the total risk due to the hydrogen system, and the SHA is updated and the ALARP region is selected and accepted.

The Hazards analysis and management are tracked in the Hazard Tracking System as is reflected in Figure 3.6.

3.4. Possible Safety Controls: Preventive and Mitigative Controls

The possible measures in this point, will control the potential risk related to the use of hydrogen as a ship fuel. It is presented some examples of possible safety controls. Ensuring safe layout and process designs at an early stage can be an advantage for reducing explosion and fire risks.

- Safety Design: some general principles can be considered as a means to improve safety at an early stage [1], [21]:
 - Storage of high-pressure hydrogen tanks in the open, above deck can be advantageous since leaks can be dispersed in the open air, reducing cloud size, and the lack of confining walls will reduce the explosion severity.
 - With hydrogen storage and FC rooms under deck, segregation from manned and

critical areas by distance and/or strong walls and decks should be considered.

- Hydrogen spaces for storage and FCs should be placed with at least one wall or deck bordering an area without people and critical equipment.
- Pressurized hydrogen tanks and other equipment need to be segregated to limit the amount of gas that can leak.
- Single failure criteria: this means that the FC system shall be designed in such way, that no single failure can lead in a hazardous situation...
- Detection and alarms: Gas detection can be provided with point gas detectors that detect gas concentrations and give an alarm or a signal for automatic shutdown at a pre-set gas concentration.
- Ignition control: Ignition control is to shut down possible ignition sources on gas detection. This is typically done on electrical and other systems that are not critical to have running during an incident. Another key factor is to control and minimize the presence of potential ignition sources, and to ensure physical separation between ignition sources and locations with potential for leaks.
- Isolation and shutdown: Hydrogen flowing from or to a tank is isolated with isolation valves upon gas detection. The isolation of a smaller hydrogen volume is essential to minimize the amount of gas that can leak. When the valves are closed, the hydrogen system also needs to be shut down. The hydrogen volume within the isolated segment will leak (if the hole is in that segment) and therefore represents the amount of gas that can lead to an explosion or a fire.
- Vents and pressure-relief systems / masts: the vent system handles controlled releases of gas, such as blowdown releases and planned releases during maintenance etc. Blowdown may be initiated either automatically or manually as a result of gas detection or other abnormal process

conditions, and the target is that this is done before a leak has caused a fire or an explosion. Pressure relief is typically initiated automatically when the pressure in a tank exceeds a pre-set level during a fire. Pressures are released through the Pressure Release Valves (PRV). The purpose is to empty the stored gas tanks to a safe location to prevent tanks from bursting, and to reduce the duration of the fire. For LH₂ tanks, the design case for pressure relief is typically loss of vacuum insulation. This will result in a rapid heating and boiloff.

- Ventilation: In case of a hydrogen leakage into an enclosed volume, ventilation may be needed both for hydrogen dilution and extraction purposes.
- Storage system leak control: gas storage systems can be safety critical since they contain enough gas to cause a critical explosion if a leak releases the stored hydrogen. As an example, this could be a leak in the first connecting valve, potentially leading to a long-lasting leak. With insufficient ventilation, this can lead to a critical cloud with explosion and long-lasting jet fires as possible consequences.
- Fire control and fire protection: The main goal of the fire strategy should be to prevent escalation of the incident to other parts of the ship or fuel systems that can lead to yet more escalation.

4. CONCLUSION

The European Union (EU) is embarking on studying the use of hydrogen as fuel for ships and the effects it can have on people in the event of an accident and the asset itself. To this end, through the European Maritime Safety Agency (EMSA), it has put out to tender a contract valued at almost half a million euros (450,000 euros without VAT) under the title Study on the safety of hydrogen as fuel for ships, according to the community public procurement platform [22], [23].

Therefore, the hydrogen use as fuel on ships shall be done safely and it is necessary to analyze all its possible impacts on the safety of the own ship, its crew, and the environment. The applicable safety concept must go beyond compliance with legal obligations and maritime regulations, more of them, as we mentioned in the article are in development, increasing the necessity of safety analysis in this H₂ industry. It is essential to consider the use of advanced tools for the identification, evaluation, and management of safety risks, as support for administration and decision making to develop H₂ safety systems.

This article provides an alternative to develop a security analysis applied to the H₂ ship, explaining the specific security techniques that we can develop in the novel H₂ system. This safety analysis focused on the H₂ systems provides important value in arguing that the H₂ ship is safe to operate. We use qualitative and quantitative risk assessments, starting with the qualitative approach for the vessel and the quantitative approach for the most critical effects that generate risks for the H₂ systems to be aware of the total impact on the safety of the H₂ vessel. The conclusion of the article is that we should use the H₂ systems security risk approach to provide a strong argument about the security impacts that could appear and how we can eliminate or reduce them to an ALARP level that minimizes the security effects on the ship, personnel and the environment. Through this evaluation we will be able to improve the established regulations, understanding the dangers of H₂ and the necessary control measures that we must implement in H₂ vessels.

5. References

- [1] DNV (2021). HANDBOOK FOR HYDROGEN-FUELLED VESSELS. MarHySafe JDP Phase 1. 1st Edition (2021-06).
- [2] IMO. International Maritime Organization (IMO) adopts revised strategy to reduce greenhouse gas emissions from international shipping. Revised GHG reduction strategy for global shipping adopted.
- [3] David Nuevo (2022). EL SUBMARINO ECOLÓGICO DE HIDRÓGENO.
- [4] Gabriela Reyes Delgado, Juan Santos Remesal, Pablo Navarro González (2024). MAFRE Global Risk. LA SEGURIDAD EN LA INDUSTRIA DEL HIDRÓGENO VERDE
- [5] Francisco González (2023). EL BUQUE DE HIDRÓGENO: LA SOSTENIBILIDAD EN EL TRANSPORTE MARÍTIMO.
- [6] Vicente Cortés Galeano (2020). INERCO La seguridad en la industria del hidrógeno verde.
- [7] Chahrazed Tigha (2022). The Maritime Commons: Digital Repository of the World Maritime University. Part of the Energy Policy Commons.
- [8] Diario Digital. Actualidad Marítima y Portuaria. Avances en la elaboración de directrices para la seguridad de los buques que utilizan hidrógeno y amoníaco como combustible.
- [9] OMI (2023). Subcomité de transporte de cargas y contenedores (Subcomité CCC 9), 9º periodo de sesiones, del 20 al 29 de septiembre de 2023.
- [10] IMO (2024). Formal Safety Assessment.
- [11] IMO (2018). REVISED GUIDELINES FOR FORMAL SAFETY ASSESSMENT (FSA) FOR USE IN THE IMO RULE-MAKING PROCESS. MSC-MEPC.2/Circ.12/Rev.2.
- [12] ABS (2023). Requirements for Hydrogen Fueled Vessels.
- [13] BUREAU VERITAS UNVEILS (2023). RULES FOR HYDROGEN-FUELLED SHIPS.
- [14] Tami Hood. Hydrogen Fuel News (2023). Lloyd's Register releases the first maritime hydrogen fuel rules in the world.
- [15] European Clean Hydrogen Alliance (2023). ROADMAP ON HYDROGEN STANDARDISATION. Working Group on Standardisation on Hydrogen set.
- [16] Maritime London (2022). Together in Safety consortium launches 'Future Fuels Risk Assessment' study. Operational scenarios used in cross-industry study to evaluate the risks of future fuels.
- [17] Department of Defence Standard Practice. MIL-STD-882 System Safety. Versión E. 11 mayo 2012.
- [18] SAFEDOR. "Design, Operation & Regulation for Safety". Final Conference. IMO London. IPSAFEDOR IP--516278516278: An Integrated Project supported by the European Union. 27 y 28 de abril 2009.
- [19] Penedo Baeza, María. "Implantación del concepto de Seguridad ("Safety") en el diseño de proyectos de un Astillero. UDC 2019/20.
- [20] Method Functional Safety (2024). What is Quantitative Risk Assessment (QRA)?.
- [21] Vogler, F; Dr. Würsig, G. Safety Considerations and Approval Procedures for the Integration of Fuel Cells on board of ships.
- [22] Antonio Martos Villar (2023). LA INFORMACIÓN. La UE invertirá medio millón en estudiar los riesgos de usar hidrógeno en los barcos.
- [23] Raúl Villa Caro (2022). El hidrógeno en el ámbito marítimo: posibilidades del buque de hidrógeno.

Navigating a greener marine future with vessel electrification and DC power management systems



Ben Burnett
ComAp a.s.



Jaroslav Juriga
ComAp a.s.

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

ÍNDICE

Abstract / Resumen

1. Introduction to use hydrogen in maritime industry
2. Electrification and the necessary control systems
 - 2.1. Benefits of electrification
 - 2.2. Electrification of the world fleet
 - 2.3. Comprehensive Control Systems
3. Technology and standardization
 - 3.1. InteliGen1000 Marine Electrification Controls Solution
 - 3.2. Simulation, Debugging, and Automated Testing
4. Practical implementation
 - 4.1. Commissioning and Operations Simplification and Cost Optimization
 - 4.2. Case Study: Fully Electric Tugboat
 - 4.3. Real-world Benefits
5. Graphics elements
 - 5.1. Figures
 - 5.2. Tables
6. References

Abstract

The International Maritime Organization has introduced ambitious emission reduction targets to accelerate decarbonization and net zero operations in international shipping by 2050. The industry is examining unique alternatives to enhance vessel efficiency, with the electrification of ships as a vanguard solution that facilitates the integration of multiple onboard energy sources. However, electrification poses various complications for the control and management of onboard power systems.

One method to address the challenges of electrification is through the adoption of a comprehensive marine solution that combines AC and DC Power Management Systems into one powerful control platform.

This paper examines an innovative DC Power Management control system, developed by ComAp, which can manage any onboard energy source, including battery packs, fuel cells, traditional or shaft generators, shore connections, and power converters.

Vessel electrification is relatively new to the industry and often requires complex PLC development. The paper reviews the solution's technology and efforts to standardize PLC functions, simplify commissioning and crew operations, and cost optimization. A practical implementation of this system on a fully electric tugboat is examined, demonstrating real-world benefits. The system effectively controls battery racks, backup diesel generators, and DC shore fast chargers, highlighting its potential for decarbonizing the shipping industry.

Resumen

La OMI introdujo ambiciosos objetivos de reducción de emisiones para acelerar la descarbonización y las operaciones netas cero en el transporte marítimo internacional para 2050. Se están estudiando alternativas de mejora de eficiencia de las embarcaciones, con la electrificación como solución vanguardista facilitando la integración de múltiples fuentes de energía, aunque plantea diversas complicaciones en control y gestión de los sistemas energéticos.

Para afrontar los retos de la electrificación se adopta una solución integral combinando la gestión energética CA y CC en una potente plataforma de control. En este artículo se examina un innovador sistema de control/gestión CC, desarrollado por ComAp, que gestiona cualquier fuente energética, incluidos baterías, pilas de combustible, generadores tradicionales o de eje, conexiones a tierra y microrredes.

La electrificación, emergente en el sector, suele requerir complejos desarrollos PLC. El documento repasa la solución tecnológica y los esfuerzos por estandarizar funciones PLC, simplificar puesta en marcha y operaciones de la tripulación optimizando costes. Se controla eficazmente los bastidores

de baterías, grupos electrógenos diésel de reserva y los cargadores rápidos de CC en tierra, poniendo de relieve su potencial para descarbonizar el sector naval.

Summary

This paper underscores the pivotal role of stringent emissions reduction regulations in driving technological advancements in the maritime industry. These regulations have catalyzed the shift towards more sustainable and efficient solutions, with vessel electrification and hybridization emerging as viable alternatives. The transition to these technologies is not merely a response to regulatory pressures, but also a strategic move that yields operational expenditure savings and significant reductions in emissions.

Electrification offers tangible benefits, including operational cost savings and a marked decrease in emissions. The cost-effectiveness of electricity, when compared to traditional marine fuels, presents a compelling case for vessel owners to transition to electric or hybrid systems. Moreover, the reduction in emissions aligns with global efforts to mitigate the impacts of climate change, making electrification a sustainable choice for the maritime industry.

The successful integration of these technologies hinges on the implementation of standardized and embedded control systems. These systems ensure a smooth and seamless transition, enabling vessel operators to reap the benefits of electrification and hybridization without significant disruptions to their operations. In this context, the InteliGen1000 Marine control system emerges as an enabler of the maritime sector's electrification efforts. This advanced control system, capable of managing a wide array of energy sources and power plant components, makes it highly adaptable to the diverse needs of electric and hybrid

vessels. Its sophisticated algorithms and user-friendly interface simplify the complex task of power management, ensuring optimal performance and efficiency of the vessel's power plant. The confluence of regulatory changes, technological advancements, and the inherent benefits of electrification and hybridization heralds a new era in the maritime industry, characterized by sustainability and efficiency.

1. Introduction

The maritime sector is at a critical juncture, with requirements for decarbonization dominating the agenda. The United Nations has warned that without immediate and significant action, shipping emissions could increase to 130% of their 2008 levels by 2050 [1]. Over the past decade, emissions from maritime vessels have risen by 20%, and the International Maritime Organization (IMO) has reported that international shipping is responsible for nearly 3% of global carbon emissions. This figure may appear small, but critically, around 90% of global commercial goods are transported by sea, and the demand for marine transport continues to grow. As the sector expands, new ships will be built, and the volume and cargo being transported will increase.

Consequently, major global regulatory bodies are asking the sector to take immediate action. 2023 was a turning point, with significant decisions and regulations introduced to promote emission reduction for maritime vessels. Midway through the year, the IMO revised its initial decarbonization strategy and set ambitious new targets for international shipping, with the ultimate goal of achieving net zero greenhouse gas (GHG) emissions by 2050. This represents a significant shift from the previous target of a 50% reduction in GHG emissions by 2050. Additionally, the new strategy includes interim GHG reduction

checkpoints of at least 20% by 2030 and 70% by 2040. Furthermore, all targets will be assessed on a well-to-wake basis to prevent the shifting of reduction responsibilities to other sectors. The industry will also need to focus on improving the energy efficiency design of new ships to reduce their carbon intensity. By 2030, there should be an uptake of zero or near-zero GHG emissions technologies, fuels, or energy sources. These are expected to represent at least 5% of the energy mix used by international shipping [1].

Later, in September 2023, the European Parliament and Council co-legislators signed regulations to adopt the FuelEU Maritime initiative, which aims to reduce the carbon footprint of the European maritime sector by up to 80% by 2050 and promote the use of renewable and low-carbon fuels [2], [3]. This initiative forms part of the broader EU Fit for 55 package, which seeks to decarbonize the EU economy and reduce net greenhouse gas (GHG) emissions by at least 55% by 2030. Additionally, localized maritime emissions governance from organizations such as the California Air Resources Board and others provides a complex regulatory environment for maritime stakeholders [4]. Nevertheless, the end goal is clear, and compliance with these various pieces of legislation will require new decarbonization technologies and solutions.

A range of such technologies and alternatives have been proposed and are being tested, piloted, and in some cases, adopted. These technologies include, among others, onboard carbon capture and storage (CCS), and the use of alternative fuels such as Liquefied Natural Gas (LNG), hydrogen, methanol, and ammonia [5], [6]. Each of these technologies offers impressive emissions reduction potential, but as is the case with many emerging technologies, there are challenges and limitations presented with each of them,

and their implementation is not suitable for all vessel types worldwide.

Some of the common challenges to each of these technologies are the need for additional onboard storage space and improved infrastructure for logistics, production, or supply. In the case of CCS, storage and liquification of sequestered CO₂ present difficulties as onboard space and power are limited [7]. Production, supply, and onboard hydrogen storage are challenging due to the fuel's relatively low volumetric energy density [8]. Similarly, ammonia's energy density is roughly three times less than that of conventional fuels, and it is also highly toxic to both humans and marine life [9]. Methanol, too, has a lower energy density, requiring storage tank sizes to be about 2.4 times larger than those installed for traditional fuels [10]. Additionally, it is toxic to humans and corrosive to certain materials which may require the redesign of combustion engine parts, storage tanks, and piping [11].

In contrast to these technologies, electrification in the maritime industry presents a promising and viable solution. Electric and hybrid propulsion systems, powered by batteries or a combination of batteries and other onboard traditional sources, are increasingly being adopted due to their high efficiency, near-zero emissions at the point of use, and compatibility with renewable energy sources [1]. Onboard direct current (DC) grids offer both power stability and quality benefits as well as economic and environmental benefits [12]. Battery electric vessels are particularly suitable for short-sea shipping and ferry operations, where the vessels operate close to shore and can be recharged frequently [13]. However, adopting these technologies also presents challenges, such as the need for significant infrastructure investment for charging

stations. Nevertheless, electrification is economically viable for a large portion of the fleet. It provides significant reductions in GHG emissions and air pollution, making it a key strategy in the decarbonization of the maritime industry [14], [15].

While electrification offers a promising path toward decarbonization, it is not a panacea for all vessel types and operational profiles. In this paper, we will examine the control and automation solutions developed by ComAp which enable efficient and optimized electric vessel operation. The paper provides an overview of the technology, the standardization of application functionality and inter-system communication protocols, the simulation, debugging, and testing of the software, and the benefits that all of these provide to the end user. It explains some of the challenges that vessel electrification presents and offers an answer to these challenges using the pivotal developments of ComAp's control systems, furthering the ongoing dialogue of sustainable practices in the maritime industry.

2. Electrification and the necessary control systems

2.1. Benefits of Electrification

In the pursuit of sustainable practices in the maritime industry, the electrification and hybridization of ships emerges as a potentially feasible solution. This process involves the utilization of electricity as the primary power source for both propulsion and auxiliary systems, entirely replacing conventional prime movers, or in some cases, augmenting them. The integration of diverse onboard energy sources, such as diesel generators, batteries, fuel cells, and solar panels, is facilitated by ship electrification. Coupled with an increased implementation of shore power, this integration enhances

the flexibility, reliability, and sustainability of the onboard power system.

The benefits of ship electrification are vast. Firstly, it can significantly reduce fuel consumption and emissions by optimizing the operation and efficiency of onboard energy sources [16] and enabling the use of renewable and low-carbon energy sources. Secondly, it can improve the performance and safety of ships by providing more precise and responsive control of propulsion and auxiliary systems, and by enhancing the redundancy and fault tolerance of the onboard power system. A study by DNV, one of the leading accreditation and certification organizations globally for the maritime industry, demonstrated that ship electrification could enhance the maneuverability, stability, and availability of ships, and reduce the risk of blackouts [16]. Lastly, ship electrification can lower the operating and maintenance costs by reducing fuel consumption and emissions, and by simplifying the design and configuration of the onboard power system. A study by Siemens Energy estimated that over 70% of the ferry fleet could economically benefit from electrification, thereby reducing the total cost of ownership [14].

2.2. Electrification of the world fleet

These benefits are well recognized across the globe, and the resulting uptake in battery ship proliferation has been documented in DNV's Alternative Fuels Insight database. The number of vessels with these technologies is dynamic, and the data indicated in Tables 2.1 through 2.3 and Figures 2.1 through 2.3 was retrieved in March 2024 [17]. This data shows the varying degrees of adoption of battery technologies in the maritime sector across different regions, and vessel types, highlighting the areas where significant progress has been made and where further electrification potential exists.

The data presented in Table 2.1 and Figure 2.1 provide a comprehensive view of the adoption of battery technologies by vessels across various countries and regions. Norway leads the fleet with 380 vessels, accounting for 36% of the total, demonstrating a strong commitment to sustainable maritime practices. The rest of Europe follows closely with 349 vessels, making up 33% of the total. Asia, with 148 vessels, and the Global category, with 112 vessels, represent 14% and 10% of the total respectively, indicating a growing interest in ship electrification. America, with 69 vessels, contributes to 6% of the total, while Oceania, with 13 vessels, represents a small fraction at 1%. Africa, with only 1 vessel, has almost negligible representation, indicating a need for increased focus on sustainable maritime practices in the region.

The data presented in Table 2.2 and Figure 2.2 provide insight into the distribution of battery ships by their mode of operation. Looking at the numbers, hybrid vessels dominate the sector with a total of 767 units, accounting for a significant 64% of the total. This dominance can be attributed to the flexibility and efficiency that hybrid systems offer, allowing for the use of electric power in optimal conditions and switching to conventional methods when necessary. Purely electric vessels, with a total of 247 units, make up 21% of the total. The adoption of pure electric vessels is likely driven by their zero-emission operations and lower operating costs, although their range and speed may be limited compared to hybrid vessels. Plug-in hybrid vessels, with 175 units, represent the smallest group at 15% of the total. These vessels offer the benefits of both hybrid and pure electric vessels, with the ability to operate on electric power when near shore or in port, and switch to conventional methods for longer voyages. This distribution underscores the growing

trend towards electrification in the maritime sector, with hybrid systems leading the way due to their versatility and efficiency. Nonetheless, the substantial presence of purely electric and plug-in hybrid vessels suggests a varied strategy toward achieving sustainable maritime operations through electrification. Further advancements in battery technology and charging infrastructure are likely to influence these trends in the future.

The data presented in Table 3 and Figure 3 provides an overview of the adoption of battery technologies across various types of vessels. Car and Passenger ferries lead the adoption with 330 vessels in operation and 95 on order, representing 35% of the battery fleet. This dominance can be attributed to the frequent short-distance travels that these ferries undertake, making them ideal candidates for battery operations due to regular docking schedules and battery charging opportunities. Offshore supply ships also have a significant number of vessels with battery technologies, likely due to their operational patterns and energy requirements being well-suited for batteries. In contrast, crude oil tankers, container ships, and fish factories have the least adoption. Several factors may contribute to this including long-distance travel, heavy energy requirements, or imposed legislation making investment in these sectors less feasible.

However, it is important to note that the slower adoption of electrification in certain vessel categories does not necessarily reflect their incompatibility with this technology. Many of these categories are capable of electrification, albeit with certain considerations. A study published in Nature Energy illuminates a potential pathway for the battery electrification of container ships, suggesting that over 40% of global

container ship traffic could be electrified within this decade [15]. This indicates that even for vessel categories with traditionally high energy requirements and long-distance travel, such as crude oil tankers and container ships, electrification is not only feasible but also potentially beneficial. The key to further adoption across the world fleet lies in the continuous advancement of battery technologies and the development of efficient operational strategies tailored to the unique requirements of each vessel category.

2.3. Comprehensive Controls Systems

When considering the practicalities of electrification in the maritime sector, it becomes increasingly clear that the potential energy source configurations, power plant topologies, vessel functionalities, and operating profiles vary significantly across the world fleet. Therefore, the adoption of standardized control systems with embedded functionality becomes a key enabler. These control systems, based on advanced microprocessor technology, provide a unified platform for managing various aspects of a ship's operations, including electric propulsion and power management. By standardizing these systems, shipbuilders and operators can leverage economies of scale, reduce development time, and ensure compatibility across different types of vessels and equipment.

The embedded functionality in these control systems allows for seamless integration of electric and hybrid power systems. This is particularly important in the context of hybridization, where the control system must manage the interaction between conventional engines and electric motors to optimize performance, efficiency, and emissions. With embedded functionality, the

control system can dynamically adjust the power mix based on real-time conditions, such as speed, load, and battery state of charge, all through the simple selection of setpoints via drop-down menus, or adjustment of parameters via value entry in free-text fields. This not only simplifies the engineering and commissioning needs of electric and hybrid vessels but also enables quick and efficient system adjustment during the life of the vessel.

As we transition to a more detailed discussion of a specific control technology, it is worth noting that the effectiveness of such a system on a wider scale is largely dependent on its adaptability and scalability. A well-designed control system should be able to accommodate a wide range of vessel types, power configurations, and operational scenarios. It should also be scalable to handle future upgrades and expansions, such as the addition of new electric propulsion units or energy storage systems. This flexibility is crucial in the rapidly evolving maritime sector, where new technologies and regulations can quickly render systems obsolete that lack the ability to adapt.

3. Technology and standardization

3.1. IntelliGen1000 Marine Electrification Controls Solution

To support maritime electrification efforts, and to enable shipowners' compliance with emission reduction regulations, ComAp, a pioneer for control solutions for power generation and energy management, developed a new generation of marine controllers for paralleling applications, the IntelliGen 1000 Marine. This product is capable of managing and controlling any onboard energy system, encompassing both Alternating Current (AC) and Direct Current

(DC) sources or buses, which is a precedent for the industry. The details in this section describe ComAp's IntelliGen1000 control system and are extracted from ComAp's website [18].

When starting the development of the solution, the goal was to introduce a unique concept of a pre-programmed controller to facilitate rapid and straightforward power plant commissioning and operation, while still providing the capability to customize and adjust system configuration as needed for non-standard applications. The IntelliGen1000 Marine utilizes dedicated application firmware for each type of onboard power plant element, such as AC generators, DC generators, AC-bus connected Battery Energy Storage Systems (BESS), DC-bus connected BESS, grid-forming inverters, AC bus-tie breakers, DC bus-tie breakers, AC or DC shore connections, and more. Users can select the appropriate application firmware for each power plant element, and the IntelliGen1000 Marine will automatically configure the parameters and functions according to the selected application. It also includes a large built-in Programmable Logic Controller (PLC) interpreter to cater to individual project requirements. Additionally, the standardization approach carries over to user interfaces where all dedicated displays offer a plug-and-play solution in which pre-programmed screens present a unified and structured set of relevant data and graphical icons for each application.

The large built-in PLC interpreter allows users to customize the parameters and functions according to the specific needs and preferences of each project, using a dedicated PC tool for configuration and monitoring. This drastically reduces the engineering and commissioning time requirements for both simple and complex

marine power management projects. The PLC interpreter utilizes function blocks to create customized access and control of any parameter, input, output, or function of the IntelliGen1000 Marine. It can also communicate with other devices and systems using various protocols, such as Modbus or Controller Area Network (CAN).

The IntelliGen1000 Marine utilizes high measurement accuracy for both AC and DC sources or buses. It can measure AC voltage with an accuracy below 0.25% up to 690 VAC, AC current with an accuracy below 0.75%, and frequency with an accuracy below 0.001 Hz on a range of 20 Hz to 520 Hz. This frequency range enables the monitoring, control, and protection of various applications such as slow-speed shaft generators or variable-speed generators. Additionally, it can measure DC parameters via a new extension module named Intelli-DC4/4. This enables DC voltage measurement with an accuracy below 0.2% up to 1500 VDC, and DC current measurement with an accuracy below 0.5% up to 3000 ADC. The Intelli-DC4/4 measurement module, like the IntelliGen1000 Marine, is type-approved, offering a proven and safe package for measurement and insulation monitoring of a wide range of DC systems. The high measurement accuracy of the IntelliGen1000 Marine ensures precise control and protection of onboard energy sources and other power plant components and the accurate monitoring and reporting of the power quality and consumption.

Additionally, the controller complies with the latest industry standards and legislation including the International Association of Classification Societies (IACS) Unified Requirements, the International Maritime Organization (IMO) regulations, and the International Electrotechnical Commission (IEC) standards. Specifically, the IntelliGen1000 Marine satisfies the

IACS Unified Requirements E10 and E22, which delineate the test procedures and performance criteria for the type of approval of marine controllers. Furthermore, the IntelliGen1000 Marine aligns with the IACS Unified Requirement E27 and pertinent IEC standards, such as IEC 62443. These provide guidelines and requirements for the cybersecurity of industrial automation and control systems.

A wide range of communication capabilities are built into the controller's functionality, facilitating remote communication and control of the onboard power system. The controller can concurrently handle up to 16 ComAp clients (remote displays and/or, PC tools), 6 Modbus TCP clients, 1 Modbus RTU client, and 1 SNMP agent. This multi-user and multi-device support caters to the increasing complexity of marine power management systems. The IntelliGen1000 Marine also incorporates an integrated Modbus master function, enabling it to act as a Modbus client and poll data from any Modbus-based device. It can connect up to 64 controllers on one CAN bus segment, with all data being user-configurable. This communication capability enhances the connectivity and interoperability of the onboard power system, enabling data collection and analysis for system optimization and maintenance.

The controller ensures the reliability and scalability of the onboard power system by providing built-in CAN redundancy for the essential communication bus between controllers and "Hot-Swap" capability. The CAN redundancy feature allows the controllers to communicate and operate even if one of the CAN lines fails. The Hot-Swap feature allows the replacement of a faulty controller without interrupting the operation of the other controllers, providing added reliability for critical applications such as dynamic positioning platforms.

The InteliGen1000 Marine controller also allows the expansion and customization of the I/O capacity by using extension modules and distributed I/Os. It has 4 direct analog inputs, 1 direct analog output, 12 direct digital inputs, and 12 direct digital outputs on board, and can extend these capabilities up to 80 analog inputs, 30 analog outputs, 120 digital inputs, and 120 digital outputs, by using extension modules. It can also share up to 32 distributed binary outputs and 4 distributed analog outputs over the CAN bus, which can be used by any controller on the same site.

Additionally, the InteliGen1000 Marine, in combination with other ComAp marine controllers, can integrate engine monitoring, control, and protection over CAN bus. The extendibility features of the InteliGen1000 Marine controller enable the integration of a wide array of marine power plant topologies and enhances the performance and safety of the onboard power system.

Protecting the vessel's operations from cyber-attacks is another critical function of the controller. It is developed with integrated cybersecurity features and implements resilient security concepts to provide a secure solution for the complete vessel power plant. It covers all aspects of security, including user login, secure ciphering connections with the controller, brute force protection, signed (protected) ComAp firmware, and firewall protection, among others.

The InteliGen1000 Marine complies with the relevant chapters of the IEC 62443 standard, which outlines the guidelines and requirements for the cybersecurity of industrial automation and control systems. It also enables compliance with the IMO MSC.428(98) resolution, which encourages maritime administrations to ensure that cyber risks are appropriately addressed in

the safety management systems of ships. Additionally, the InteliGen1000 Marine complies with the applicable section of IACS Unified Requirement E26 and E27, which defines the requirements for the cyber resilience of Ships and on-board Operational Technology systems and comes into effect on July 1, 2024, for most vessels contracted for new construction over 500 Gross tons [19], [20].

3.2. Simulation, Debugging, and Automated Testing

In the development of an embedded control system such as the InteliGen1000 Marine, capable of managing a diverse range of energy sources and power plant components, the importance of extensive simulation, debugging, and automated testing cannot be overstated. These processes form the backbone of a robust development strategy, ensuring the reliability, efficiency, and safety of the control system. Simulation allows for the modeling of various scenarios and conditions, providing valuable insights into the system's behavior and performance under different circumstances.

Debugging aids in identifying and rectifying potential issues, enhancing the overall stability of the system. Automated testing, on the other hand, ensures consistent performance and functionality across all components, validating the system's readiness for real-world deployment. This section delves into the necessity of these processes and their integral role in the successful development of a versatile and reliable embedded control system.

The Research and Development (R&D) department at ComAp has engaged in the development of numerical models for all elements involved in the technologies controlled by ComAp controllers.

This initiative was undertaken with the objective of developing and testing control algorithms. The REXYGEN System framework, a product of Rex Controls and the University of West Bohemia, serves as the foundation for this endeavor. A close collaboration between ComAp and these entities has resulted in the creation of a library of PowerGrid modeling blocks, encompassing models of synchronous generators, AC/DC converters, batteries, photovoltaic sources, transformers, and more.

The REXYGEN System is a suite of software products designed for real-time control of technical processes. Control algorithms are configured using a graphical editor (REXYGEN Studio) from a prepared list of functional blocks. The system boasts a comprehensive functional block library, RexLib, which facilitates the easy configuration of control logic, PID control, and more complex control algorithms. The models created are compatible with Simulink. Within ComAp, REXYGEN is utilized as a modeling environment (referred to as InteliSiteSim) for simulating power system topologies of both AC and DC types, making it a good fit for marine control systems.

Special communication blocks within the modeling library, coupled with corresponding options in the firmware configuration of ComAp controllers, enable the connection of the simulation model with a real ComAp controller. This results in virtually identical control unit wiring in the controlled technology as in the actual application, in line with the concept of modified hardware-in-the-loop. This approach leverages the ComAp principle of extensive customization of firmware behavior via a configuration tool.

For firmware development and testing of the InteliGen1000 Marine controller, hardware

testbeds equipped with approximately 10 controllers were constructed. Comprehensive simulation tests were developed to support relevant tests, particularly those involving parallel cooperation modes of power sources and real-time changes in power topology (such as connection/disconnection of sources and mode changes of sources, i.e., discharge/charge of battery packs). The R&D department at ComAp employs a Continuous Integration/Continuous Deployment (CI/CD) approach with automatic nightly builds and testing, which facilitates rapid error detection.

Regression tests were efficiently conducted during the development of different project stages at the aforementioned sites, leading to the detection of some very rare anomalies and bugs. However, the approach of working with simulation models does not guarantee satisfaction with the quality of development work achieved.

Tests with real devices and verification of control algorithm behavior in industrial use form an integral part of the development process. These tests are conducted in close collaboration with partner companies and are crucial in proving the development results from the simulation environment on real-world physical devices.

4. Practical implementation

4.1. Commissioning and Operations Simplification and Cost Optimization

Embedded control systems, such as ComAp's InteliGen1000 Marine controller, offer significant advantages over traditional PLC solutions. Both embedded control systems and PLCs are capable of managing and optimizing onboard AC and DC power management systems by controlling, monitoring, and protecting individual

power sources in real-time and managing their cooperation based on vessel-specific requirements.

One of the key benefits of an embedded control system is the significant reduction in engineering and commissioning time frames for a given project. Based on ComAp's experience, a typical vessel electrification project can require approximately 120 man-days for control system design, functional development, documentation preparation, Hardware-in-the-Loop testing, and commissioning. However, the embedded control system comes with application guides that satisfy the documentation component, and additional aspects such as functional development, regression testing, and debugging are already completed. This pre-emptive approach eliminates the need for extensive time investment in these areas, thereby reducing the overall project timeline and costs.

Moreover, the embedded control system allows for commissioning within 5 to 10 man-days, a significant reduction compared to PLC solutions. The system's inherent efficiency via the elimination of extensive debugging, regression tests, and reprogramming contributes to this shortened timeframe. When compared to a comparable PLC control system project, which could require 60 – 80 man-days for debugging, regression tests, and reprogramming, the benefits of the embedded control system become even more apparent. By reducing the time frames for engineering and commissioning, the embedded control system allows for quicker project completion, leading to cost savings and increased productivity.

Lastly, embedded control solutions offer the added benefit of reproducibility without relying on the same software programmer or team of programmers for each project.

This allows system integrators to install and commission new hybrid or electric projects even if their workforce has changed since the last project, or their programmers from previous projects have left, taking with the requisite knowledge and expertise.

4.2. Case Study: Fully Electric Tugboat

One of the first real-world implementations of ComAp's DC power management system was for a revolutionary electric tugboat for Damen, one of the biggest privately owned shipyards globally. In 2022 Damen unveiled the RSD-E Tug 2513, known as Sparky, marking the introduction of the first fully electric tugboat in their portfolio.

In the preceding years, ComAp was entrusted to develop the new AC/DC PMS for this groundbreaking harbor tug. The PMS, a system that controls the eight-battery pack primary power sources with a total output of 2,784 kWh, enables the tug to safely maneuver vessels to berth at the Ports of Auckland in New Zealand with up to 70 tons of bollard pull [21]. In addition to the battery packs, Sparky's DC PMS controls the backup generators with directly coupled fire-fighting pumps and DC Shore Power. This meticulously engineered tugboat has garnered global acclaim, having been distinguished as one of TIME's most innovative inventions of 2022 [22], bestowed with the prestigious ITS Tug of the Year Award in 2022 [23], and being a contender for the esteemed 2023 Ship of the Year Award [24].

This project is distinguished by its innovative integration of both AC and DC systems onboard the vessel, powering all electric consumers, including the electric propulsion thrusters. However, the technical aspects are not the sole remarkable features of this project. The global collaboration, spanning

from ComAp's headquarters in Prague, Czech Republic, to Damen's headquarters in Gorinchem, The Netherlands, and their Damen Song Cam shipyard in Vietnam, where Sparky was constructed, adds another layer of uniqueness. The operations of Sparky are primarily based in New Zealand's Ports of Auckland, making this project truly international in scope.

Since her initial trials, Sparky has demonstrated exceptional reliability and performance. She is capable of executing two or three berthing operations within a single charging cycle, after which she can be recharged in less than two hours using the DC shore power fast-charging mode and be ready for another set of berthing operations. Operating solely on electricity, Sparky reduces CO₂ emissions by 465 tons annually, while operating at a third of the costs of comparable diesel tugboats in the Ports of Auckland fleet.

4.3. Real-world Benefits

The transition to electric propulsion in the maritime sector has the potential to significantly decrease emissions, thereby promoting more sustainable vessel operations. Electrically powered vessels do not emit greenhouse gases during operation, which can contribute to pollution reduction and minimize the impact on marine ecosystems.

This is made possible by the superior energy efficiency of the electric grid compared to marine engines, which typically operate on marine diesel or heavy fuel oil. Consequently, the emissions per kilowatt of electric energy production are substantially lower than those produced by a marine engine. Moreover, the typically lower cost of electricity compared to marine diesel offers an operational expenditure savings incentive for vessel owners.

Statistical data from 2021 indicates that the average price of industrial electricity is 11.38 euro cents per kilowatt-hour, with even lower prices in regions such as North America and parts of Europe [25]. In contrast, global average bunker prices, which vary by fuel type, equate to around 17.15 euro cents per kilowatt-hour when converted to equivalent units [26]. Although this is dependent on factors such as engine type, size, and load conditions, among others, on average, the equivalent energy output is approximately one-third cheaper when sourced from the grid compared to marine diesel.

In addition, the global average carbon intensity from the electric grid in 2021 was approximately 400g CO₂/kWh. This figure varies by region, with the Americas and Europe producing a lower carbon footprint of approximately 280gCO₂/kWh, and Asia, Africa, and Australia producing an average of 520g CO₂/kWh [27]. The average CO₂ emissions from marine diesel engines vary depending on factors such as engine size, load conditions, operating modes, and the specific emission control technologies implemented by manufacturers. However, the carbon intensity typically falls within the range of 600 - 900 gCO₂/kWh.

5. Graphics elements

The uptake in battery ship proliferation has been documented in DNV's Alternative Fuels Insight database. The number of vessels with these technologies is dynamic, and the data indicated in Tables 2.1 through 2.3 and Figures 2.1 through 2.3 was retrieved in March 2024 [17]. This data shows the varying degrees of adoption of battery technologies in the maritime sector across different regions, and vessel types, highlighting the areas where significant progress has been made and where further electrification potential exists.

5.1. Figures

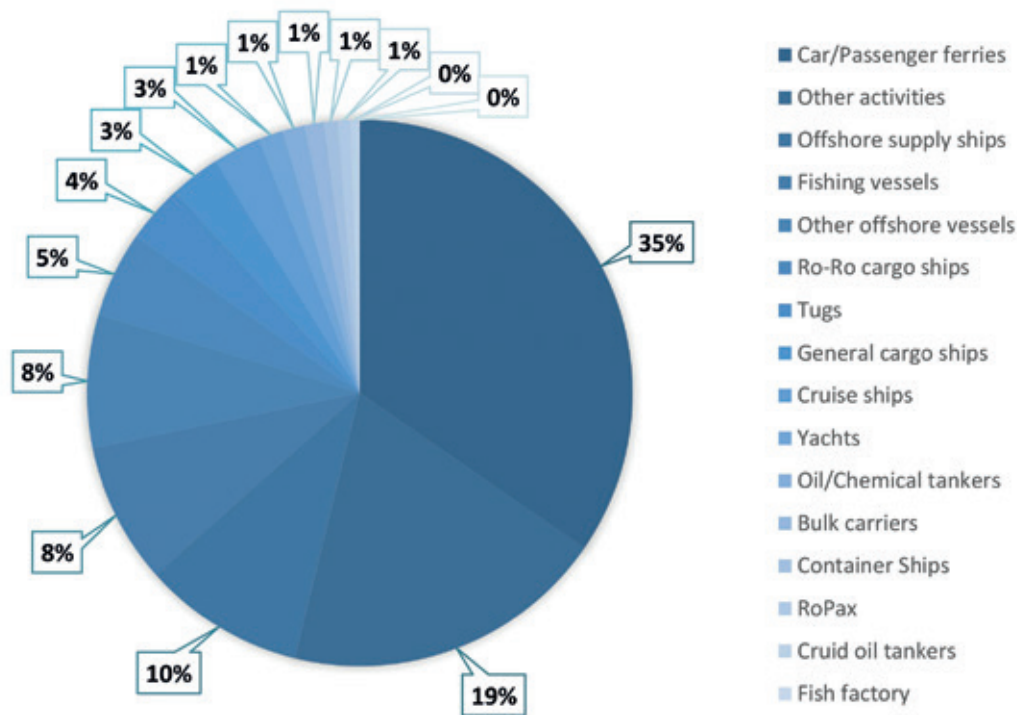


Figure 2.1. Battery Ships by Region

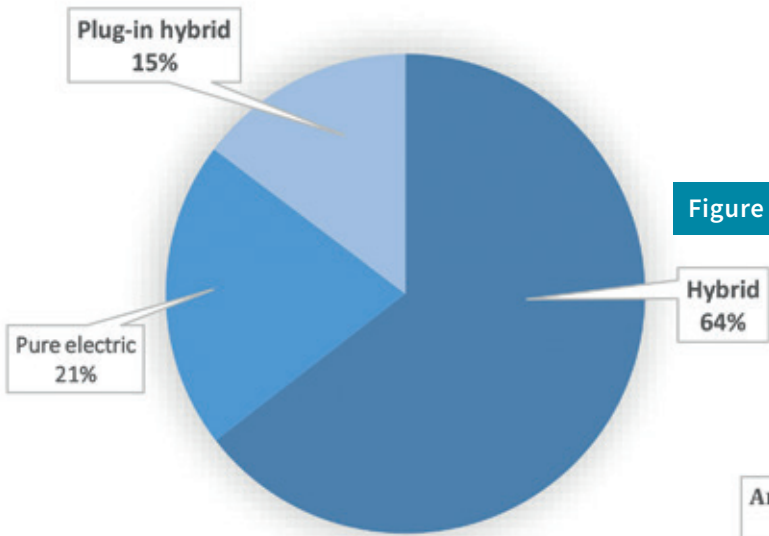


Figure 2.2. Battery Ships by Application

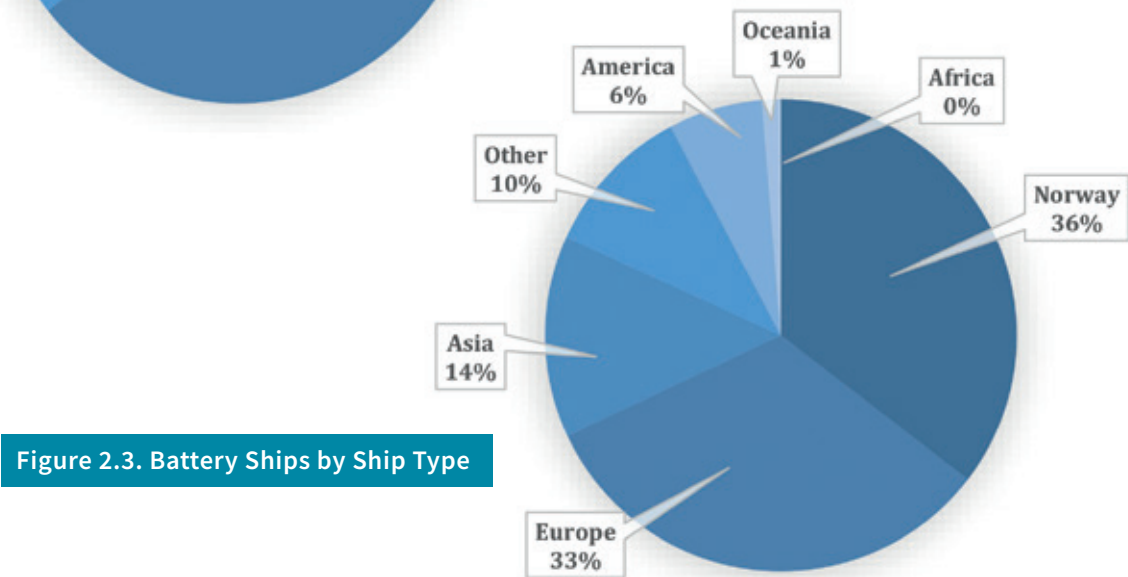


Figure 2.3. Battery Ships by Ship Type

5.2. Tables

Table 2.1. Battery Ships by Region

Region	Vessel Count
Norway	380
Europe	349
Asia	148
Other	112
America	69
Oceania	13
Africa	1

Table 2.2. Battery Ships by Application

Region	Vessel Count
Hybrid	767
Pure Electric	247
Plug-in Hybrid	175

Table 2.3. Battery Ships by Ship Type

Ship Type	In Operation	On order
NCar/Passenger ferries	330	95
Other activities	174	62
Offshore supply ships	99	19
Fishing vessels	75	27
Other offshore vessels	45	52
Cruise ships	34	1
Tugs	29	14
Ro-Ro cargo ships	22	40
General cargo ships	17	19
Oil/Chemical tankers	13	3
Bulk carriers	11	3
Yachts	9	9
RoPax	8	1
Container Ships	6	4
Crude oil tankers	6	0
Fish factory	1	0

6. References

- [1] Shamika N. Sirimanne et al., “Review of Maritime Transport 2023,” United Nations Publications, Sep. 2023.
- [2] REGULATION (EU) 2023/1805 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 13 September 2023 on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport, and amending Directive 2009/16/EC. 2023. Accessed: Mar. 10, 2024. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1805/oj>
- [3] REGULATION (EU) 2023/1804 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 13 September 2023 on the deployment of alternative fuels infrastructure, and repealing Directive 2014/94/EU. 2023. Accessed: Mar. 10, 2024. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A32023R1804>
- [4] “Piecing together the emissions regulation puzzle.” Accessed: Mar. 12, 2024. [Online]. Available: <https://www.ics-shipping.org/news-item/piecing-together-the-emissions-regulation-puzzle/>
- [5] J. Huang and X. Duan, “A comprehensive review of emission reduction technologies for marine transportation,” *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, vol. 15, no. 3, p. 032702, May 2023, doi: 10.1063/5.0150010.
- [6] “Diving Into Decarbonization: Onboard Carbon Capture and Storage and Its Role in Maritime Net Zero Efforts,” Hanwha.com. Accessed: Mar. 12, 2024. [Online]. Available: https://www.hanwha.com/en/news_and_media/stories/innovations/diving-into-decarbonization-onboard-carbon-capture-and-storage-and-its-role-in-maritime-net-zero-efforts.html
- [7] Sean van der Post, “Carbon capture’s role in maritime’s energy transition | LR.” Accessed: Mar. 13, 2024. [Online]. Available: <https://www.lr.org/en/knowledge/horizons/march-2023/carbon-captures-role-in-maritimes-energy-transition/>
- [8] L. V. Hoecke, L. Laffineur, R. Campe, P. Perreault, S. W. Verbruggen, and S. Lenaerts, “Challenges in the use of hydrogen for maritime applications,” *Energy Environ. Sci.*, vol. 14, no. 2, pp. 815–843, Feb. 2021, doi: 10.1039/D0EE01545H.
- [9] Bureau Veritas, “Ammonia as fuel for ships | Bureau Veritas.” Accessed: Mar. 13, 2024. [Online]. Available: <https://marine-offshore.bureauveritas.com/shipping-decarbonization/future-fuels/ammonia>
- [10] Carlos Marquez and Jason Deign, “Marine Methanol Report,” Methanol Institute, May 2023. Accessed: Mar. 13, 2024. [Online]. Available: https://www.methanol.org/wp-content/uploads/2023/05/Marine_Methanol_Report_Methanol_Institute_May_2023.pdf

- [11] ABS, “Methanol as Marine Fuel,” Feb. 2021. Accessed: Mar. 13, 2024. [Online]. Available: <https://safety4sea.com/wp-content/uploads/2021/02/Sustainability-Methanol-as-Marine-Fuel.pdf>
- [12] K. Kim, K. Park, G. Roh, and K. Chun, “DC-grid system for ships: a study of benefits and technical considerations,” *Journal of International Maritime Safety, Environmental Affairs, and Shipping*, vol. 2, no. 1, pp. 1–12, Nov. 2018, doi: 10.1080/25725084.2018.1490239.
- [13] “Electrification Offers Cleaner Maritime Transportation,” IEEE Climate Change. Accessed: Mar. 13, 2024. [Online]. Available: <https://climate-change.ieee.org/news/maritime-transportation/>
- [14] Siemens Energy AG and Bellona, “Decarbonizing Marine Transport: A study on the electrification of the European Ferry Fleet,” 2022. Accessed: Mar. 13, 2024. [Online]. Available: https://p3.aprimocdn.net/siemensenergy/ac9f5414-82aa-441e-960c-b05e00dd5231/Decarbonizing-marine-transport-pdf_Original%20file.pdf
- [15] J. Kersey, N. D. Popovich, and A. A. Phadke, “Rapid battery cost declines accelerate the prospects of all-electric interregional container shipping,” *Nat Energy*, vol. 7, no. 7, Art. no. 7, Jul. 2022, doi: 10.1038/s41560-022-01065-y.
- [16] Henrik Helgesen et al., “Study on Electrical Energy Storage for Ships,” DNV GL AS Maritime, 2019–0217, Rev. 04, May 2020.
- [17] “Alternative Fuels Insight.” Accessed: Mar. 14, 2024. [Online]. Available: <https://afi.dnv.com/statistics/DDF10E2B-B6E9-41D6-BE2F-C12BB5660105>
- [18] Ben Burnett, “Setting the course for more sustainable marine operations with DC Power Management,” ComAp. Accessed: Mar. 22, 2024. [Online]. Available: <https://www.comap-control.com/insights/setting-the-course-for-more-sustainable-marine-operations-with-dc-power-management/>
- [19] International Association of Classification Societies, “Unified Requirement E26.” Nov. 2023. Accessed: Mar. 22, 2024. [Online]. Available: <https://iacs.org.uk/resolutions/unified-requirements/ur-e>
- [20] International Association of Classification Societies, “Unified Requirement E27.” Sep. 2023. Accessed: Mar. 22, 2024. [Online]. Available: <https://iacs.org.uk/resolutions/unified-requirements/ur-e>
- [21] “Sparky - Empowering the first fully electric tugboat,” ComAp. Accessed: Mar. 22, 2024. [Online]. Available: <https://www.comap-control.com/insights/sparky-empowering-the-first-fully-electric-full-sized-tugboat-in-the-world/>
- [22] Mariah Espada, “Ports of Auckland Sparky: The 200 Best Inventions of 2022,” *Time*. Accessed: Mar. 22, 2024. [Online]. Available: <https://time.com/collection/best-inventions-2022/6227293/ports-of-auckland-sparky/>
- [23] Hans Buitelaar, “All-electric RSD-E Tug 2513 wins ‘Tug of the Year’ Awards 2022.” Accessed: Mar. 22, 2024. [Online]. Available: <https://www.damen.com/insights-center/news/all-electric-rsd-e-tug-2513-wins-tug-of-the-year-awards-2022>
- [24] M. Buitendijk, “Sparky, Canopée and E-Pusher vie for Ship of the Year Award.” Accessed: Mar. 22, 2024. [Online]. Available: <https://swzmaritime.nl/news/2023/09/04/knvt-nominates-sparky-canopee-and-e-pusher-1-for-ship-of-the-year-award/>
- [25] “International industrial energy prices,” GOV.UK. Accessed: Mar. 14, 2024. [Online]. Available: <https://www.gov.uk/government/statistical-data-sets/international-industrial-energy-prices>
- [26] “World Bunker Prices,” Ship & Bunker. Accessed: Mar. 22, 2024. [Online]. Available: <https://shipandbunker.com/prices>
- [27] Ember, Energy Institute, “Carbon intensity of electricity generation,” *Our World in Data*. Accessed: Mar. 14, 2024. [Online]. Available: <https://ourworldindata.org/grapher/carbon-intensity-electricity>



A la izda., Adrián Sarasquete. A la dcha. Ramsés Herrera, responsable de ventas en México de rice Propulsion

RICE Propulsion y VICUSdt: uniendo innovación y experiencia para construir un futuro más fuerte juntos

RICE Propulsion, marca mexicana reconocida por sus hélices marinas de alta calidad, inicia una nueva etapa como parte de VICUSdt, ingeniería española líder en dinámica de fluidos computacional (CFD) aplicada a la hidrodinámica y la propulsión naval. Esta adquisición refuerza ambas marcas, combinando más de 100 años de confianza en el mercado, con tecnología de vanguardia y el respaldo del Grupo Emenasa.

Con una trayectoria de 17 años, VICUSdt aporta un conocimiento especializado en propulsión, diseño de hélices y análisis hidrodinámico. Por su parte, Rice Propulsion preserva su esencia: el mismo equipo co-

mercial que ha acompañado a sus clientes desde hace más de tres décadas, liderado por Ramsés Herrera, ahora respaldado por las herramientas y experiencia de un grupo empresarial con presencia global.

“Esta adquisición representa una fortaleza para nuestra oferta de diseño, fabricación y soporte técnico en América. Mantendremos la cercanía y confianza que siempre han caracterizado a Rice, pero ahora con capacidades reforzadas que nos permitirán ofrecer soluciones optimizadas y personalizadas para maximizar el rendimiento y la eficiencia de los buques”, afirma Adrián Sarasquete, Managing Director de VICUSdt.

Ramsés Herrera - Rice Propulsión

“Esta adquisición representa una fortaleza para nuestra oferta de diseño, fabricación y soporte técnico en América”

Biografía

Ramsés Herrera es Ingeniero en Construcción Naval con más de 35 años de experiencia en la industria de la propulsión marítima. Su trayectoria profesional comenzó en Rice Propulsion, donde trabajó inicialmente en la producción de hélices marinas. Esta experiencia le permitió adquirir un conocimiento profundo del producto, sentando las bases para su transición al Departamento de Ventas. La experiencia técnica de Ramsés en el diseño y cálculo de hélices ha sido clave para su éxito, permitiéndole desarrollar y expandir el Departamento de Ventas con confianza y precisión.

Comenzó como representante de ventas en México, luego extendió sus operaciones a Sudamérica y finalmente asumió el cargo de Gerente de Ventas, supervisando las operaciones a nivel global. Su combinación única de habilidades técnicas y comerciales lo ha posicionado como un líder en la industria.

Ramsés lleva 31 años de casado y es padre de dos hijas. Reside en Mazatlán, México, donde su pasión por el mar trasciende su vida profesional. Ya sea pescando, buceando o nadando, disfruta de todas las actividades relacionadas con el océano. Su carrera es un testimonio de su dedicación, combinando maestría técnica con un profundo compromiso con la satisfacción del cliente, lo que lo convierte en una pieza clave en el legado y crecimiento de Rice Propulsion.

RICE Propulsion mantendrá su operativa en México, respaldada con la ingeniería y la fundición en España que está equipada con tecnología de última generación y asegura estándares de calidad excepcionales en la fabricación de hélices y componentes navales. Además, seguirá ofreciendo servicios técnicos desde su centro de reparaciones en Mazatlán, México.

¿Cómo ha evolucionado la demanda de vuestras soluciones de hélices marinas en los últimos años?

En los inicios, nuestra producción se dirigía principalmente a Estados Unidos y Canadá, que representaban el 70% de nuestras ventas, mientras que México y Sudamérica abarcaban el 30%. En aquella época, las hélices se fabricaban de manera artesanal, lo que nos permitía ofrecer una ventaja competitiva frente a las fábricas estadounidenses, donde los costos laborales eran más elevados.

Con el tiempo, decidimos crecer el mercado sudamericano. Al ser Rice la única fundición de hélices en México que operaba a nivel local y continental, pudimos posicionarnos como referentes en la región. Además, identificamos una oportunidad clave: en muchos países de Sudamérica había una carencia de asesoramiento en ingeniería naval. Esto nos permitió ofrecer no solo un producto de calidad, sino también un servicio de asesoramiento técnico que generaba confianza y resolvía problemas específicos para cada cliente.

Hoy en día, Sudamérica representa el 70% de nuestra demanda, mientras que Estados Unidos y Canadá abarcan el 30%. Este cambio no solo se debe a la entrada de nuevos competidores en el mercado estadounidense, sino también a la capacidad de Rice para consolidarse como un aliado estratégico en Latinoamérica. Nuestro enfoque en la personalización, el asesoramiento técnico y la calidad ha sido clave para mantenernos como líderes en el sector. Rice no solo vende hélices, vende confianza, asesoramiento y soluciones que marcan la diferencia.

¿Cuáles son los principales retos que afrontarán en los próximos años?

Uno de nuestros mayores desafíos será recuperar mercado en Estados Unidos y Canadá,

donde las hélices de acero inoxidable predominan por sus características técnicas y durabilidad. Para lograrlo, apostamos por diversificar nuestra oferta, complementando nuestras tradicionales hélices de bronce con modelos de acero inoxidable diseñados específicamente para las demandas de este mercado.

A nivel de marca y estrategia comercial, queremos reafirmar a nuestros clientes que la calidad que siempre nos ha caracterizado sigue siendo el pilar fundamental de Rice Propulsion. Sin embargo, ahora la complementamos con una propuesta técnica e ingeniería avanzada que nos permite ofrecer soluciones aún más personalizadas y eficientes.

Nuestro objetivo no solo es mantener nuestra posición en el mercado, sino evolucionar



Ingeniería



Fabricación



Instalación,
mantenimiento y
reparación



Distribución
y SAT

Somos tu fabricante **en potencia de propulsión**

Soluciones eficientes y personalizadas en sistemas de propulsión y generación completos para todo tipo de buques. Desde la propulsión de una pequeña embarcación hasta la planta de energía de una estación offshore.

+30 países nos avalan



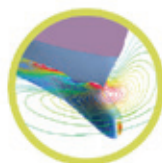
BALÍÑO

SISTEMAS DE PROPULSIÓN Y
GOBIERNO COMPLETOS



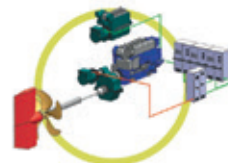
PG progener

MOTORES, PROPULSORES Y
GENERADORES MARINOS



VICUSdt

CÁLCULOS Y DISEÑO
CFD



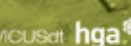
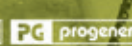
MAIN SOLUTIONS

INTEGRACIÓN DE
PROPULSIONES ELÉCTRICAS



www.grupoemenasa.com

La fuerza de un grupo





continuamente para superar las expectativas de nuestros clientes, ofreciendo productos que combinen innovación, calidad y soporte técnico de primer nivel.

Con el respaldo del Grupo Emenasa, ¿cuáles serán las fortalezas/ventajas que percibirán vuestros clientes?

La integración de RICE Propulsion al Grupo Emenasa nos posiciona como una solución aún más robusta en el mercado, uniendo tradición y experiencia con innovación y tecnología de vanguardia.

Desde el nacimiento de VICUSdt, nuestro enfoque ha sido la mejora de la eficiencia energética en los buques. Ahora, con Rice, reforzamos ese compromiso ofreciendo un producto diseñado con una ingeniería avanzada que garantiza resultados óptimos en velocidad, empuje y rendimiento general, evitando sorpresas para nuestros clientes. La incorporación de herramientas como la simulación CFD (Dinámica de Fluidos Computacional) nos permite llevar los diseños a un nivel superior, optimizando perfiles, distribución de paso, forma de pala y otros elementos clave para garantizar un rendimiento excepcional.

ANTES, RICE ya era reconocido por su calidad, y ahora, al sumar la ingeniería y metodología de diseño y simulación CFD de VICUSdt, nuestros clientes perciben un valor añadido que justifica plenamente su inversión. Además, el respaldo del Grupo Emenasa nos permite ofrecer no solo hélices optimizadas, sino también soluciones completas del sistema propulsivo. Desde palas de paso controlable y hélices transversales, hasta líneas de eje y otros componentes clave, todo fabricado por Baliño, nos permite suministrar sistemas integrales y eficientes.

Por último, hemos ampliado nuestra oferta con apéndices como los Dispositivos de Ahorro de Energía (ESD, por sus siglas en inglés), que se han convertido en una tendencia clave en los últimos años.

Esto nos permite adaptarnos a las demandas actuales del mercado y ofrecer a nuestros clientes soluciones completas que maximizan el rendimiento de sus embarcaciones.

En resumen, la combinación de la ingeniería avanzada de VICUSdt, el legado de calidad de RICE y la fortaleza del Grupo Emenasa nos posiciona como un aliado estratégico que ofrece soluciones innovadoras y personalizadas para el mercado marítimo global.

Imposición medallas a los nuevos colegiados en la DT en Cataluña



El pasado 20 de noviembre se celebró por primera vez, por delegación de la Decana, Sra. Tejo, la imposición de medallas de los nuevos colegiados.

trega y narraron algunas de las motivaciones por realizar estos estudios y anécdotas de su permanencia en la FNB.

El acto fue presidido por el Decano de la Facultad Agustí Martí Mallofré y por el Decano Territorial José María Sánchez Carrión y se acordó que a partir del próximo año este acto se celebrará dentro de la conmemoración de la festividad de la Virgen del Carmen que realiza la Facultad.

Así mismo se entregó un obsequio al colegiado Jose Alberto Portela por sus 25 años de permanencia en el Colegio.

Se colegiaron nueve egresados, pero solo asistieron cinco de ellos: María del Mar Fuentes, Joel Jurado, Eric Pascual, Mario Cano y Valentín Fernández, asistiendo además pero familiares de algunos de ellos. Joel Jurado y Eric García agradecieron la en-



Mesa redonda sobre “Resolución de conflictos en el sector marítimo antes de llegar a los tribunales”

Organizada por la delegación del COIN en Cataluña y especialmente por la implicación del ingeniero naval y mediador Adrián Prada se celebró el pasado día 20 de noviembre en la Facultat de Nàutica de Barcelona una mesa redonda sobre «Resolución de conflictos en el sector náutico y marítimo antes de llegar a juicio». La razón de realizar esta mesa redonda está basada en las palabras del general, estratega y filósofo chino, 544 a.C, que dice: «La mejor victoria es vencer sin combatir y es esta la distinción entre el hombre prudente y el ignorante» y por ello este espacio exclusivo con expertos que revelaron como la mediación y la Ley de Eficiencia Procesar pueden marcar un antes y un después en la gestión de controversias en un sector tan conflictivo como el marítimo que además de moverse en un entorno

variable, complejo y peligroso, es altamente complejo al actuar de forma numerosos actores que además intervienen de forma simultánea. La jornada constó de una apertura de Agustí Martí, decano de la FNB, y José María Sánchez Carrión, decano territorial. La mesa redonda actuando como ponentes: Manel Canyameres, abogado y mediador, Montserrat Mir, abogada y mediadora y Xavier García Bonet, letrado de la Administración de Justicia, Juzgado Mercantil n.º 12 de Barcelona y como mediador Adrián Prada, ingeniero naval y mediador.

Después de un amplio turno de debate que continuó posteriormente durante la copa de vino y networking fue clausurada por Elisabet Saltor, Directora del Centre de Mediació de Dret Privat de Catalunya y Adrian Prada.



Los decanos en Madrid y Cataluña del Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos visitan el Museo Marítimo de Barcelona



En un encuentro marcado por el intercambio de ideas y la promoción de la cultura marítima, los decanos del Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos, Rodrigo Pérez Fernández (Madrid) y José María Sánchez-Carrión (Cataluña), realizaron el pasado 7 de enero, una visita institucional al Museo Marítimo de Barcelona. Durante la jornada, los decanos compartieron un almuerzo con Enric García, director del Museo Marítimo, en el que dialogaron sobre posibles actividades conjuntas que fortalezcan la colaboración entre ambas instituciones y fomenten la difusión del patrimonio maríti-

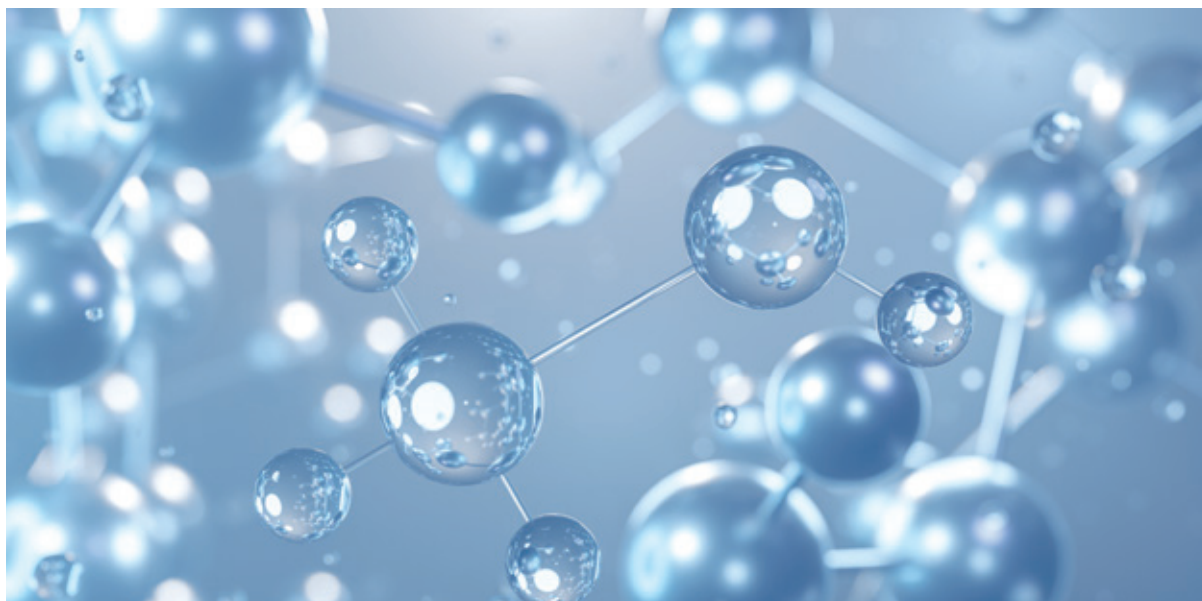
mo y naval. Posteriormente, el director del Museo guió a los representantes del Colegio Oficial de Ingenieros Navales en una visita personalizada por las instalaciones, destacando las principales exposiciones y recursos del centro.

El encuentro subraya el compromiso del Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos y el Museo Marítimo de Barcelona en la promoción del sector naval, así como en la preservación y divulgación de la historia y tecnología vinculadas al mundo marítimo.

El año sin metanol



Por Rafael Gutiérrez Fraile



Introducción

En noviembre de 2023 publiqué en esta revista un artículo titulado “El año del metanol” que comentaba la avalancha de contratos de buques habilitados para usar metanol como combustible.

En agosto de 2021, Maersk anunciaba un contrato de 12 grandes portacontenedores de 16.000 TEU dual-fuel adaptados para usar metanol como combustible. Posteriormente, se amplió la serie a 18 buques. Fue el inicio de una oleada de contratos similares. En los meses siguientes, otros significados armadores, como MSC, CMA-CGM, COSCO, Hapag Lloyd, la propia Maersk, entre otros, encargaron

igualmente grandes series de portacontenedores dual-fuel para metanol, en total más de 200 buques, aparte de varias docenas más de buques de otros tipos. Contratos casi todos en China y en Corea del Sur, por supuesto. Poco o nada por nuestros lares.

A principios de 2024 entraba en servicio el *Ane Maersk*, primer mega-portacontenedores de los 18 contratados en 2021, menos de tres años tras el anuncio de los contratos. A bombo y platillo llegó el buque a Europa, donde fue bautizado con gran alarde mediático. Poco después se anunció que ya estaba operando con metanol. A lo largo del año 2024 se han entregado otros 8 buques de la misma serie.

¹ Ingeniero Naval, Coordinador de la Comisión para la Transición Energética de AINE, presidente del Comité de Asuntos Marítimos y Marinos del IIE, Académico Correspondiente de la Real academia de la Mar.

Tímidas noticias posteriores indicaban que estos buques, tras un período de pruebas y propaganda con metanol, habían vuelto a operar usando fueloil. Un paso atrás, con una causa: no hay suficiente metanol verde para operarlos y no hay ventaja ecológica en operarlos con metanol gris. La realidad es que se tarda menos en construir un mega-buque de nuevo diseño en China o Corea que en autorizar la instalación de una planta industrial para producir metanol verde en Europa y concretamente en España. De construirla y ponerla en operación, ni hablamos. Conviene centrar el foco en este tema para darnos un baño de realidad sin caer en el pesimismo.

Maersk marca tendencia

A finales de 2022 fue noticia señalada un acuerdo preliminar del grupo Maersk con el Gobierno español para instalar en Huelva una planta industrial para producir metanol verde con destino a los buques de ese poderoso armador. Un plan para asegurarse el suministro de combustible a largo plazo, ante la posibilidad de que durante mucho tiempo la demanda excediese de la oferta. Maersk hizo contratos similares en China, Corea, EE. UU., Singapur y otros emplazamientos alrededor del mundo.

Una búsqueda en la red nos indica que el primer avance claro de este proyecto se dio en julio de 2023, con la solicitud de una concesión administrativa de dominio público portuario para “la construcción y explotación de una planta para la producción y exportación por vía marítima de combustibles sintéticos, e-fuels y/o biocombustibles”. La presentó el grupo AP Möller-Maersk a través de su filial C2X, en partenariat con Moeve (Cepsa) que ya opera instalaciones petroquímicas en Huelva. El tema por lo tanto está en marcha, pero las cosas de palacio van despacio, no a velocidad china o coreana. Hay leyes, reglamentos, ordenanzas que cumplir, informes que presentar, aprobaciones que obtener ...

en fin, tiempo. Se anuncia que el primer metanol verde saldrá en 2028.

Los detalles del proyecto se indican en las referencias correspondientes al final de este artículo. El objetivo es una producción inicial de 300-380.000 toneladas anuales de metanol verde, seguramente bio-metanol, llegando a producir 4 millones para 2040. Son palabras mayores, aunque no tanto si lo comparamos con las necesidades de Maersk para su flota, que estiman en 20 millones de toneladas anuales de metanol verde para reemplazar al fueloil. La inversión inicial es de unos 1.000 millones de euros y la total prevista es de 10.000 millones de euros, por etapas.

En un contexto nacional tampoco es una cifra excesiva. España es hoy día un importante suministrador de combustible a buques, segundo en Europa y quinto en el mundo, con unos 8,5 millones de toneladas anuales. Su reemplazo por combustibles renovables, como metanol o amoníaco, necesitarían un volumen de 18-20 millones de toneladas de estos nuevos combustibles. Es un mercado existente, pero con un matiz nuevo que aporta enorme interés. La diferencia es que actualmente la materia prima es importada, lo que se lleva al extranjero la mayor parte del valor, mientras con combustibles renovables el valor añadido se quedaría íntegro en España. Un salto cualitativo.

Estamos aún lejos, 3-4 años, de tener las primeras toneladas de metanol verde español con este proyecto. Muchas cosas pueden ir mal entretanto, capaces de torcerlo, pero tengamos esperanza en que se desarrolle como está planificado y llegue a buen fin. Es un tema de interés nacional.

Otros proyectos de metanol en España

Maersk no es el único grupo que se ha fijado en el potencial de España para producir

metanol verde. La abundancia de electricidad renovable actual y el enorme potencial que queda por explotar tanto en solar como en eólica, hacen de España una ubicación atractiva para la fabricación de combustibles renovables.

Hay que tener en cuenta que, según la taxonomía aprobada por la UE, la energía eléctrica que proviene en más del 70% de fuentes renovables se considera “verde” y por tanto los combustibles renovables fabricados a base de esa electricidad pueden ser considerados RFNBO (renewable fuel of non-biological origin) si cumplen otras condiciones adicionales (no biomasa, adicionalidad, etc.).

En España, en 2024, el porcentaje de electricidad de origen renovable ha alcanzado el 56% (23% eólica, 17% solar, 13% hidroeléctrica, 3% otros) a lo que se suma un 19% de nuclear, que la taxonomía UE considera por ahora “verde”.

Por tanto, ya se cumple el criterio del 70% lo que facilita que se pueda considerar que los combustibles alternativos (hidrógeno, metano, metanol, amoníaco, etc.) producidos con esa electricidad son RFNBOs, siempre que se cumplan y se certifiquen las otras condiciones indicadas: no biomasa, adicionalidad, etc. Esto es una clara oportunidad de cara al futuro, ya que permitiría a las plantas industriales trabajar 24/7 para fabricar combustibles renovables con electricidad de la red, sin intermitencias o variaciones de capacidad. Para mantener esta ventajosa situación, habría que acompasar en los próximos años el cierre de centrales nucleares -si al final se produce- con el crecimiento de la electricidad renovable. Un tema de la máxima importancia.

Los mismos motivos que impulsan a Maersk, han impulsado a otros inversores para instalar plantas de producción de metanol en

España. Unas para usos industriales terrestres, algunas para dedicar al menos parte de la producción a su uso como combustible. A continuación, se comentan algunos de estos proyectos, pero es probable que haya más:

Ansasol

El proyecto de metanol verde en Huelva, conocido como MetGreenPort, está en la fase de tramitación. Este megaproyecto, liderado por el Grupo Ansasol, se ubicará en el Puerto de Huelva y contará con una capacidad inicial de 200 MW de electrólisis. La planta producirá anualmente 150.000 toneladas de metanol verde de alta pureza, destinado a la descarbonización de la industria y el transporte portuario.

Además, el proyecto busca aprovechar las infraestructuras existentes y conectarse al corredor energético H₂Med, clave para la exportación de hidrógeno verde desde la península ibérica hacia Europa. Este proyecto también estará interconectado con otros proyectos de hidrógeno verde de Ansasol en Badajoz, Cáceres y Salamanca, consolidando una red descentralizada que incrementará la capacidad total de producción y distribución

Triskelion

El Proyecto Triskelion es una iniciativa pionera de Forestal del Atlántico para la producción de metanol verde. Este proyecto, ubicado en la ría de Ferrol, Galicia, tiene como objetivo producir 40.000 toneladas anuales de metanol verde, con la posibilidad de aumentar a 56.000 toneladas en fases posteriores.

El proyecto ha sido adjudicatario del programa de subvención de proyectos a través del Innovation Fund de la Unión Europea, gestionado por la Comisión Europea. La planta utilizará CO₂ capturado y H₂ sintetizado a

través de electrólisis para producir metanol verde, utilizando únicamente recursos de energía renovable.

La ingeniería de detalle del proyecto estará disponible en el primer trimestre de 2025, y se espera que las obras comiencen en el segundo trimestre del mismo año. La inversión necesaria para este proyecto es de aproximadamente 186 millones de euros, y se prevé la creación de 50 nuevos puestos de trabajo directos, 100 indirectos en la fase de operación y 1.500 en la fase de construcción. La primera tonelada de metanol verde se espera obtener el 2027, unos 4 años después de iniciarse el proyecto.

Viridi

La empresa hispano-alemana Viridi Energías Renovables ha obtenido en 2024 la primera Autorización Ambiental Integrada para una planta off-grid de hidrógeno verde y e-metanol empleando energías renovables solar y eólica de forma híbrida en una misma ubicación en España, Arcos de la Frontera. La empresa operadora será SolWinHy Cádiz y la producción prevista es 5.500 t/año de hidrógeno y 29.000 t/año de metanol. No es mucho comparado con el proyecto Maersk-Moeve en Huelva, pero es sin duda uno de los pioneros y posiblemente la que esté en un estado de avance más adelantado, junto con el proyecto Triskelion.

La planta estará alimentada en su totalidad por fuentes renovables: una planta fotovoltaica de 130 MWp y un parque eólico de 54 MW que, funcionando independientemente de la red nacional en modo isla, garantiza que toda la producción de hidrógeno y metanol sea 100% renovable. Para garantizar la sostenibilidad, el agua para generar hidrógeno proviene de la depuradora de Arcos de la Frontera. Un total de 80 MW de electrolizadores PEM producen hidrógeno verde, que se combina

con CO₂ biogénico para crear metanol. Situada en 463 hectáreas de terreno agrícola de secano arrendado, la planta está posicionada para suministrar metanol verde a Alemania, con negociaciones con potenciales compradores ya en conversaciones avanzadas.

La inversión prevista es de 300 millones de euros, creando 300 empleos directos durante la construcción y 50 durante la operación. Está previsto iniciar la construcción en septiembre de 2025. La producción de metanol empezará en 2027.

El mismo grupo tiene previstas plantas en otras dos ubicaciones de España, con producciones de metanol que alcanzarán las 300.000 t/año.

Conclusiones

Hay indicios de que se avanza en la dirección correcta. En España, los proyectos pequeños de producción de metanol verde ya parecen estar en fase de construcción o muy próximos a ello. Los cuatro proyectos descritos parecen progresar adecuadamente, a pesar de lo cual aún tardaremos 3-4 años para ver las primeras toneladas de metanol en el mercado. Puede que aún más para que estén disponibles como combustible marino.

España tiene un enorme potencial y oportunidad en la fabricación de combustibles renovables marinos, que no se debe desperdiciar, y menos por trabas administrativas o rechazos sociales injustificados. La agilidad es un factor de éxito, en beneficio de todos.

Mientras tanto, los buques preparados para metanol tendrán que seguir quemando fueloil o LNG durante unos años, hasta que el metanol esté disponible en cantidades de miles de toneladas en los principales puertos de escala, a precios competitivos una vez tenidas en cuenta las diversas tasas a las

emisiones de GEI. Entre tanto, ante la incertidumbre, una posibilidad que no se descarta es la aparición de buques dual fuel-LNG/metanol o incluso tri-fuel, fueloil/LNG/metanol. All bases covered.

Referencias

1. Gutiérrez Fraile, Rafael, El Año del Metanol, Revista Ingeniería Naval, noviembre 2023, p.806-816.
2. Maersk unveils revolutionary new boxship design - Splash247. <https://splash247.com/maersk-unveils-revolutionary-new-boxship-design/>
3. Maersk pacta con el Gobierno una inversión de 10.000 millones para producir metanol verde en España | Economía | EL PAÍS. <https://elpais.com/economia/2022-11-03/maersk-pacta-con-el-gobierno-una-inversion-de-10000-millones-para-producir-metanol-verde-en-espana.html>
4. La mayor planta de metanol verde de Europa se instalará en Huelva. https://www.huelvainformacion.es/huelva/Cepsa-C2X-Puerto-Huelva-Europa_0_1853215442.html
5. Maersk da el primer paso para construir en Huelva su megaplanta de metanol verde. https://www.huelvainformacion.es/huelva/energia/Maersk-primer-paso-megaplanta-Huelva-metanol-verde_0_1814220450.html
6. El Puerto de Huelva será el hub de metanol verde en Europa. <https://www.moeveglobal.com/es/prensa/el-puerto-de-huelva-sera-el-hub-de-metanol-verde-en-europa>
7. Cepsa prevé comenzar a producir hidrógeno verde en Huelva en 2026. https://www.huelvainformacion.es/huelva/energia/Cepsa-comenzar-producir-hidrogeno-Huelva_0_1834018278.html
8. Las renovables suministraron el 71% del consumo eléctrico en 2024 en Portugal y del 56% en España - pv magazine España
9. Anasol producirá 150.000 toneladas de metanol verde en Huelva. <https://www.msn.com/es-es/dinero/empresas/ansasol-producir%C3%A1-150000-toneladas-de-metanol-verde-en-huelva/ar-AA1wwVlW>
10. Anasol inicia la tramitación de su 'megaplanta' de metanol verde en Huelva. https://www.malahoy.es/economia/ansasol-inicia-tramitacion-megaplanta-metanol_0_2003049604.html
11. Triskelion green methanol plant. <https://tklmetanol.es/index.html#tim>
12. El Proyecto Triskelion dispondrá de la Ingeniería de detalle en el primer trimestre de 2025 para empezar las obras en el segundo. <https://www.ii.es/single-post/el-proyecto-triskelion-dispondr%C3%A1-de-la-ingenier%C3%ADa-de-detalle-en-el-primer-trimestre-de-2025-para-emp>
13. Proyectos · VIRIDI. <https://viridire.com/es/proyectos?countries=espana>



Rodman entrega la primera patrullera de altura para la AEAT



El pasado mes de diciembre, Rodman entregó la primera unidad de la patrullera de altura Rodman 111, del contrato de 3 unidades de este mismo modelo, para la AEAT (Agencia Estatal de Administración Tributaria). Esta nueva embarcación, bautizada como Peregrino I, tiene como destino final Cádiz, dónde desarrollará labores de vigilancia e intervención de altura en la zona. La embarcación entregada salió de las instalaciones de Rodman Polyships SAU, en Meira – Moaña, rumbo a Cádiz, dónde arribó tras una cómoda navegación.

La nueva Rodman 111, es una patrullera de altura, construida en P.R.F.V. y composites, cuya finalidad es la de cumplir con las tareas de patrullaje en el mar, represión del contrabando, interceptación, visita, registro, presencia física y vigilancia del cumplimiento de las leyes nacionales e internacionales. Todas estas tareas se llevarán a cabo, respetando al máximo la comodidad y la seguridad de la tripulación, que estará formada por diez personas.

Este modelo de patrullera, ha sido desarrollado por los equipos de diseño, desarrollo y de ingeniería de Rodman, combinando a la perfección altas prestaciones, fiabilidad, ca-

lidad de construcción y características de navegación. Este importante contrato se completará con la entrega a lo largo del 2025, de otras dos unidades del mismo modelo Rodman 111, lo que refuerza la experiencia, saber hacer y el conocimiento de Rodman en el diseño y construcción de patrulleras de gran eslora, consolidando la relación y confianza de la AEAT, en este modelo Rodman 111, tras la entrega hace unos años del Rodman 138, patrullera de altura de 43 m de eslora, la mayor construida en Poliéster reforzado con fibra de Vidrio, hasta la fecha.

Principales características técnicas:

Eslora total:	35,30 m
Manga total:	6,20 m
Puntal de cubierta principal:	3,40 m
Tripulación	10 personas
Velocidad máxima:	35 nudos
Autonomía (19 nudos):	1.432 millas
Motores Principales:	2 Motores CUMMINS, modelo QSK60-M
Potencia propulsión:	2 x 1.864 kW
Water Jets:	2 Waterjets KAMEWA, modelo S63-3/CA.
Reductor:	2 Reductor ZF, modelo ZF 8000
Capacidad de combustible:	2 x 12.000 l
Capacidad de agua dulce:	800 l
Embarcación auxiliar:	NEUVISA AD55 PRO

Bibby Marine anuncia la construcción de un nuevo eCSOV



El pasado 14 de enero, Bibby Marine anunció la firma de la construcción de un nuevo buque con Astilleros Armón (Vigo). Se trata de un buque CSOV equipado con un sistema de baterías de 24,8 MWh (eCSOV) recargables a través de tres motores duales, alimentados por metanol y por diésel.

Este sistema de baterías le permitirán operar durante un día completo. El diseño también permite la carga directa en alta mar mediante turbinas eólicas sin necesidad de volver a tierra para repostar o recargar. El buque tendrá una autonomía de hasta 28 días para operar en parques eólicos marinos. Bibby Marine está trabajando en estrecha colaboración con

Seaplace en el diseño básico del buque, basándose en el diseño conceptual original desarrollado por Longitude Engineering (tal y como anunció a principios del año pasado). Para el proyecto de este diseño, Bibby Marine, ha

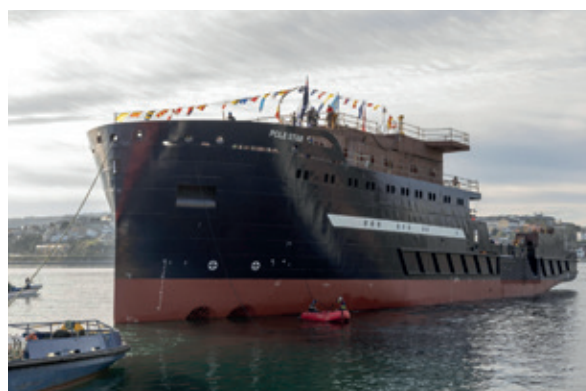
recibido 20 millones de libras del ZEVI (Zero Emission Vessel and Infraestructure). Además de dicha subvención y de la cuantía aportada por Bibby, también recibirán un crédito de 66 M€ concedido por HSBC UK, que contará con el respaldo del Cesce (Compañía Española de Seguros de Crédito a la Exportación).

La financiación de HSBC UK incluye una línea de crédito a 15 años para Bibby Marine que cubre la fase inicial de construcción del buque en los Astilleros Ría de Vigo y la amortización durante la fase operativa de 12 años. Esto supone una primicia para HSBC UK en el sector naval, al combinar una estructura respaldada por Cesce con un Tax Lease español.

Gondán celebra la botadura del *Pole Star*

El pasado 14 de enero, tuvo lugar en las instalaciones de Figueras, Castropol, de Astilleros Gondán, la botadura del buque *Pole Star* para Northern Lighthoyse Board (NLB), autoridad general de faros de Escocia, sus mares e islas adyacentes, incluyendo la Isla de Man.

El nuevo buque, diseñado por OSK Design y Seaplace, cuenta con una eslora total de 70 m y una manga de 16 m, preparado para



acomodar a 26 tripulantes. Posee 3 motores de propulsión híbridos eléctricos de 1.860 kWe. Cuenta con 3 grúas, una de ellas offshore de 20 t a 14 m, y baterías de 4.644 kWh que ayudan a su eficiencia energética.

El nuevo buque de propulsión híbrida está equipado con avanzados sistemas de navegación y comunicaciones, lo que permite

realizar inspecciones hidrográficas del fondo marino. Además, incorpora tecnologías de eficiencia energética que ayudan a reducir significativamente su huella de carbono. Esta embarcación representa una innovación en la gestión de faros y boyas, combinando sostenibilidad y alta tecnología para mejorar la seguridad y la eficiencia de las operaciones en aguas escocesas y de la Isla de Man.

Airbus y Navantia firman un acuerdo para explorar la integración de SIRTAP en el *LHD Juan Carlos I*



Navantia y Airbus Defence and Space han firmado un Memorando de Entendimiento (MoU) para explorar la integración del sistema aéreo remotamente tripulado SIRTAP, de Airbus, con el *LHD Juan Carlos I*, desarrollado por Navantia. Este acuerdo pretende ser el primer paso para garantizar la interoperabilidad de la plataforma SIRTAP con el resto de sistemas del LHD, como el sistema de combate SCOMBA.

Las labores de integración se centrarán en tres pilares: mando y control (C2), integración del sistema de combate y apoyo a la navegación, con especial atención a las operaciones de despegue y aterrizaje. Este esfuerzo conjunto

pretende lograr un sistema totalmente integrado asegurando una absoluta compatibilidad entre el SIRTAP y el *LHD Juan Carlos I*, aumentando sus capacidades de misión, flexibilidad operativa y eficacia general de ambas plataformas en diversos escenarios operativos.

Este acuerdo podría marcar el camino para ofrecer a la Armada capacidades adicionales desarrolladas en España, potenciando la industria nacional y en beneficio de su soberanía estratégica. Asimismo, la presentación de SIRTAP a bordo del buque insignia demuestra el compromiso de la Armada con la industria de defensa nacional como capacidad estratégica. El Ministerio de Defensa se convirtió en el cliente lanzador de SIRTAP a finales de 2023 con la adquisición de nueve sistemas para reforzar las capacidades tácticas del Ejército de Tierra y del Ejército del Aire y del Espacio.

El primer prototipo de SIRTAP se está construyendo en las instalaciones de Airbus en Getafe (Madrid) y se espera que comience su campaña de ensayos en vuelo a finales de 2025.

El COIN y SOERMAR crean el Canal de Emprendimiento e Innovación



Podréis encontrar el acceso al CEIN en www.ingenierosnavales.com

Si no pudiste seguir en directo este webinar puedes verlo aquí:



El Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos (COIN) refuerza el apoyo a sus colegiados en este ámbito tan importante de nuestra actividad profesional, proporcionando el apoyo de profesionales que conocen en profundidad los tipos de mecanismos de ayudas al sector marítimo, a través de la creación del Canal de Emprendimiento e Innovación, donde canalizar las dudas y/o preguntas de relacionadas con estos temas, al cual se accede desde la web de www.ingenierosnavales.com.

La presentación de este Canal tuvo lugar el pasado jueves 23 de enero durante el webinar “Mecanismos de ayudas para empresas del sector naval”, en el que, Eva Novoa, directora general de SOERMAR; y Alfonso Carneros, director técnico de SOERMAR, explicaron los mecanismos que pueden utilizar las empresas para acceder a recursos financieros para innovar y ser más sostenibles, así como las deducciones fiscales que se pueden aplicar por gastos en actividades de I+D+i. Este seminario digital está enmarcado en el acuerdo de colaboración entre SOERMAR y el COIN.

Alfonso Carneros estableció el contexto en el que se encuentra el sector marítimo a tra-

vés de los principales retos a los que se enfrenta, que agrupó en tres: medioambiental, digital y recursos marítimos. En el ámbito medioambiental, destacó la necesidad de avanzar hacia un transporte marítimo más limpio y sostenible mediante el uso de combustibles alternativos de baja huella ambiental, como el hidrógeno, el amoníaco, el gas natural licuado y el metanol. Además, subrayó la importancia de desarrollar sistemas de propulsión eléctrica y tecnologías complementarias, así como de implementar procesos de recuperación de energía y optimización hidrodinámica y aerodinámica en buques y astilleros. Mencionó, asimismo, la necesidad de modernizar astilleros y puertos bajo los principios de la Industria 4.0, promoviendo infraestructuras más eficientes desde el punto de vista energético y sostenibles a largo plazo. En cuanto a la digitalización, señaló la necesidad de integrar tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial, la automatización, los gemelos digitales y la fabricación aditiva, y de promover la seguridad cibernética y la transición hacia buques semiautónomos y autónomos. Y en el área de recursos marítimos, se refirió al desarrollo de energías renovables como la eólica marina y el aprovechamiento de corrientes y mareas. También comentó los avances en la construcción de buques oceanográficos altamente sofisticados y en tecnologías que permitan una pesca más sostenible y eficiente. Y destacó el papel de la acuicultura como un sector estratégico en crecimiento, con oportunidades para impulsar su sostenibilidad y expansión.

En el webinar quedó claro que para afrontar todos estos retos y convertir al sector marítimo en más sostenible y digitalizado se necesitan importantes inversiones. Así, la intervención de Eva Novoa se centró en explicar en detalle los mecanismos de ayuda disponibles, tanto a nivel regional como nacional y europeo. Ayudas cuyas temáticas -apuntó- abarcan desde formación y sostenibilidad hasta digitalización y mejora de procesos, y varían dependiendo del tipo de empresa solicitante. Entre las opciones disponibles, destacó subvenciones a fondo perdido, créditos o una combinación de ambos. Se refirió a ejemplos concretos de programas de ayudas disponibles en diferentes regiones, como el País Vasco, Galicia y Andalucía, destacando iniciativas específicas para transformación digital, sostenibilidad y generación de empleo. A nivel nacional, mencionó las ayudas gestionadas por el CDTI, que incluyen una amplia gama de programas de innovación, investigación y desarrollo industrial. En el ámbito europeo, resaltó la importancia de programas como Horizonte Europa, diseñado para promover la investigación e innovación en múltiples áreas, incluido el transporte marítimo. También mencionó otros fondos europeos, como el 'Conectar Europa', que apoya infraestructuras energéticas clave, de transporte y digitales, o el Fondo de Transición Justa, que apoya la transición hacia la neutralidad climática, atenuando sus repercusiones socioeconómicas. Al mismo tiempo, subrayó que se deben tener muy claros los requisitos necesarios para acceder a estas ayudas, como contar con una documentación financiera sólida, conociendo

los sobre garantías y avales y una adecuada preparación técnica y administrativa. Una vez detallada la forma de acceder a recursos públicos, Eva Novoa abordó los beneficios fiscales que pueden obtener las empresas del sector, como deducciones en el impuesto de sociedades, "que pueden alcanzar hasta un 42% en actividades de investigación y desarrollo".

Durante el seminario se presentó también el caso de éxito del proyecto tractor TECNAVAL 2025, aprobado en la segunda convocatoria del PERTE Naval, y en el que, coordinados por SOERMAR, han participado todos los clústeres y está integrado por 21 empresas. Alfonso Carneros enumeró y explicó brevemente las características de los ocho proyectos primarios que lo integran, centrados en diversificación, digitalización y sostenibilidad.

Para finalizar, los ponentes ofrecieron recomendaciones prácticas para las empresas interesadas en acceder a las ayudas de las distintas administraciones públicas. Resaltaron, sobre todo, la importancia de planificar cuidadosamente las inversiones, identificar los programas adecuados según las necesidades específicas de cada empresa y preparar de manera exhaustiva la documentación técnica y administrativa requerida. Asimismo, subrayaron la necesidad de gestionar los proyectos de manera activa, notificando cualquier desviación o problema a los organismos responsables y asegurando el cumplimiento de los requisitos legales y financieros para justificar las ayudas recibidas.

Revelando opciones de combustible para la flota de portacontenedores de MSC

Autor: Rebecca Moore. **Traducción:** Rafael Gutiérrez Fraile con ayuda de MS CoPilot

Bud Darr, vicepresidente ejecutivo de política marítima y asuntos gubernamentales del Grupo MSC, destaca cuáles podrían ser los combustibles preferidos para el sector

de portacontenedores y lo que la división de portacontenedores de la compañía está haciendo en este ámbito. Un marco regulatorio global que sea adecuado y un estándar

de combustible global, con un precio del carbono y un elemento económico, son los dos pilares básicos que la industria naviera necesita para alcanzar el objetivo de cero emisiones netas para 2050, enfatiza Bud Darr. Habló como parte de una entrevista en la que también subraya la importancia de un futuro multifuel y de ser flexible y creativo. Dice: “Sería mucho más sencillo para nosotros si fuera obvio qué combustible usar y qué regulaciones lo gobiernan. Pero no hay una solución obvia y la disponibilidad de combustibles futuros es casi nula. Es importante no centrarse en un tipo de molécula, ya que es poco probable que tengamos suficiente. Hay mucho espacio para que las empresas adopten diferentes estrategias.”

Para la flota de portacontenedores de MSC, el GNL sintético y el metanol verde son opciones, aunque, como señala, “las formas verdes no existen en el mercado a una escala significativa en este momento”. En contraste con la flota de cruceros del operador, explica que la flota de carga será más receptiva al amoníaco verde. “Hay mucha más tolerancia para ese combustible en el sector de carga. Una vez que entre en el mercado en una forma verde, será muy valioso”, dice Darr. El Grupo MSC tiene una flota amplia y diversa de barcos, desde portacontenedores y cruceros hasta ferrys de alta velocidad, ropax, transportadores de automóviles y remolcadores. Por lo tanto, está considerando “todas las opciones de combustible que puedas imaginar”. Darr amplía: “Nuestra flota es como un microcosmos de toda la industria, por lo que significa examinar todas las opciones de combustible.”

Además de proporcionar combustible para nuevas construcciones, MSC también está considerando opciones de reacondicionamiento para la flota actual. “El metanol podría desempeñar un papel adecuado para reacondicionar barcos. El capex y la ingeniería involucrados en las conversiones de

metanol son más manejables que el GNL en muchos barcos.” Señaló que para los portacontenedores existentes, el metanol es una opción especialmente factible.

“Tenemos barcos de más de 20 años y otros, como nuestro próximo crucero MSC World America, que son tan modernos y sofisticados como podrían ser, y barcos intermedios, por lo que se necesitará un enfoque muy flexible y creativo para encontrar el combustible adecuado en el momento adecuado. Dependiendo del ciclo de vida, podría haber una respuesta diferente en el futuro, y la flexibilidad es clave para que funcione”, enfatiza Darr.

El Grupo MSC tiene una gama de barcos que abarcan desde los más nuevos hasta los de 20 años y los intermedios, por lo que necesita un enfoque flexible para los combustibles.

Darr destaca el hidrógeno como de particular interés. “El hidrógeno tiene dos usos potenciales”, explica, “Como combustible marino de nicho tiene potencial. Podría tomar la forma de viajes de corta duración donde los barcos se reabastecen rápidamente en el mismo lugar. Pero no es muy denso y ocupa mucho espacio. Podría usarse como fuente de combustible suplementaria, por ejemplo, si la ingeniería es correcta, podría usarse para cero emisiones de carbono en el puerto.”

Pero Darr indica que el papel más importante del hidrógeno, en su opinión, no es directamente como combustible marino, sino como materia prima crítica para formas sintéticas de metanol, metano y amoníaco verde. Mientras que el hidrógeno verde está comenzando a desarrollarse, con un progreso sustancial, Darr dice que la cantidad necesaria es enorme y hay una gran brecha entre lo que tenemos hoy y lo que el sector marítimo necesitará en última instancia, no solo para el transporte marítimo, sino también para la sociedad.

Esto significa que el sector marítimo tendrá que competir contra la sociedad. Darr dice: “Estamos considerando varias tecnologías que podrían permitirnos producir hidrógeno según sea necesario. Un proyecto en nuestra división de carga que estamos desarrollando con un socio es donde tienen un cracker que convierte el amoníaco en hidrógeno según sea necesario, y teóricamente podrías hacer eso en un barco.

El amoníaco podría ser el combustible principal, el cracker lo convertiría en nitrógeno e hidrógeno, y el hidrógeno podría usarse como combustible piloto o principal. “Está por verse si podemos hacerlo a gran escala, pero tenemos que empezar en algún lugar.”

El Grupo MSC también está considerando el GNL como combustible y convertirlo en hidrógeno a bordo, aunque actualmente esto no es una solución completa ya que el barco queda con carbono que necesita ser tratado. “Esta tecnología se aplica a cruceros o portacontenedores”, dice Darr. “Tenemos una asociación estratégica con Shell en descarbonización y tenemos mucha participación tanto de cruceros como de barcos de carga en esto.”

Pero como telón de fondo de todo esto, Darr subraya la necesidad de un marco regulatorio global que sea adecuado, que incluya un estándar de combustible global. “Estos son los dos pilares básicos que son esenciales”, dice, “Y parte de la solución final es un estándar de combustible global que podría parecerse a algo como FuelEU Maritime, junto con un elemento económico y un precio del carbono que esté conectado con él. Exactamente cómo será es tanto una decisión política como técnica, pero lo más importante es tener algo que funcione y que los gobiernos acuerden, en lugar de centrarse en la forma específica que tome. Esos dos elementos deben estar presentes, y necesitamos que nivelen el campo de juego y aceleren la tran-

sición más allá de las condiciones normales del mercado.”

Darr estuvo profundamente involucrado en el desarrollo de la propuesta de la Cámara Internacional de Transporte y las propuestas del Consejo Mundial de Transporte para un Mecanismo de Balance Verde.

“Ambas tienen mérito y son buenas propuestas. Para los primeros adoptantes, probablemente haya más incentivos dentro del GBM, pero la propuesta de ICS también ha encontrado favor. Sin embargo, no creo que sea realista creer que 176 gobiernos van a elegir una propuesta de la industria para la solución final.

El éxito para la industria será ver las mejores ideas de esas dos propuestas llevadas a algo que los gobiernos puedan adoptar como su propia solución.” Preguntado sobre sus pensamientos sobre si la industria naviera puede cumplir con el objetivo de cero emisiones netas para 2050, dice: “Creo que lo lograremos. Soy optimista. Pero para ello deben suceder un par de cosas: además de un marco regulatorio adecuado, los proveedores de energía deben dar un paso adelante y comenzar a producir las moléculas que necesitamos. Sin el combustible, nada de esto importa. Si las moléculas no están disponibles, no hemos llegado a ninguna parte.”

Darr dice que hay tres factores importantes para el futuro: “Debemos seguir siendo optimistas, ser creativos, por ejemplo, buscando materias primas alternativas, y mantener una mente abierta. Hay un peligro real de tratar de centrarse en la respuesta ‘correcta’ hoy, ya que podría estar totalmente equivocada, y luego te encuentras en un callejón sin salida del que no puedes salir. Es poco probable que la visión que tengamos hoy sea exactamente como será el futuro, y necesitamos poder adaptarnos a esos desarrollos a medida que lleguen.”

El puerto de Vigo acoge por primera vez en España el suministro de bioGNL TTS



El car carrier de propulsión híbrida de la naviera United European Car Carriers (UECC) *Auto Advance* completó a mediados de enero en el puerto de Vigo la primera operación en España de suministro de biometano licuado (bioGNL) como combustible marino de un camión cisterna a un buque (TTS). La empresa energética Naturgy suministró el biocombustible, procedente de una planta de producción de biometano cercana.

Esta operación permite a la naviera, especializada en el transporte marítimo de vehículos, diversificar sus fuentes regionales de suministro de bioGNL más allá de su centro principal en el puerto belga de Zeebrugge, donde tiene un acuerdo a largo plazo para el suministro de bioconbustibles con Titan Clean Fuels. UECC está impulsando la adopción del bioGNL a través de su iniciativa de sostenibilidad “*Sail for Change*”, lanzada el verano pasado, según la cual sus cinco car carriers más modernos, que admiten varios tipos de combustibles, utilizan fundamentalmente bioGNL.

De esta manera, los clientes de la naviera, que son los fabricantes de vehículos, pue-

den reducir sus emisiones de alcance 3. Asimismo, está proporcionando demanda de biocombustible para apoyar el desarrollo de energías renovables, en concreto numerosos proyectos innovadores en los que participa Naturgy para convertir residuos agrícolas y ganaderos en biometano, reforzando la economía circular regional.

Naturgy, junto con Reganosa y Repsol, pretende producir 1 teravatio hora (TWh) al año de biometano a partir del tratamiento de purines animales y otras fuentes de residuos, lo que cubriría el 7% de las necesidades anuales de importación de gas de Galicia y supondría una reducción de 500.000 toneladas de CO₂ al año.

El puerto de Vigo avanza así en su estrategia de descarbonización y apuesta por el medioambiente y la sostenibilidad, con el objetivo de convertirse en el primer puerto en suministrar gas de naturaleza biológica a los buques de UECC de forma regular. En este contexto, en las últimas semanas ha protagonizado el suministro de bioGNL a diferentes buques de la naviera de la mano de Naturgy, el proveedor de este combustible marino que permite una reducción del 21% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en comparación con los combustibles marinos convencionales, las emisiones de otros contaminantes como los óxidos de azufre (Sox) y los óxidos de nitrógeno (NOx). Asimismo, las partículas (PM) son cercanas a cero cuando se usa GNL en comparación con los combustibles marinos convencionales.

Al mismo tiempo, el bioGNL y GNL sintético, ambos totalmente intercambiables con el GNL, ofrecen el potencial de importantes reducciones adicionales de emisiones de GEI. Por ejemplo, una mezcla con solo el 20% de BioGNL reduciría las emisiones de GEI en un 13% adicional en comparación con el 100% de combustible GNL. En concreto, la diferencia con otros suministros de GNL es que este es bio, un gas renovable producido a partir de residuos que se licúan para transportarlo hasta su consumidor final.

Conscientes de la importancia de apostar por estas energías verdes, el Puerto de Vigo ha acogido en las últimas semanas diversos suministros de este combustible, el último de ellos al buque Autoadvance, de la naviera UECC. Para el máximo responsable portua-

rio, Carlos Botana, se trata de una magnífica noticia para la rada olívica, que se posiciona como “el puerto de los buques ecológicos” en su apuesta por las cero emisiones. “Queremos ser los primeros en sostenibilidad y convertir la terminal Ro-Ro en el primer piloto de España”, por lo que felicitó a Naturgy y a UECC por este logro, que se suma a la nueva planta de hidrógeno verde de acceso público prevista en Bouzas y al proyecto de infraestructura OPS (Onshore Power Supply) para abastecer, a partir de energía renovable, las demandas eléctricas de los buques atracados en Puerto, reduciendo así sus niveles de contaminación atmosférica y acústica.

El biocombustible, producido en una planta gallega a partir de residuos, fue suministrado por Naturgy.

Navantia UK completa la adquisición de Harland & Wolff



Navantia UK, filial británica de Navantia, completó a finales de este mes de enero la adquisición de las actividades de Harland & Wolff en sus cuatro centros de trabajo, Irlanda del Norte (Belfast), Inglaterra (Appledore) y Escocia (Methil y Arnish). Con esta operación, Navantia asegura el cumplimiento del programa de construcción naval FSS para el Ministerio de Defensa británico y se dota de

capacidades industriales en Reino Unido, dando un salto en su internacionalización. Navantia UK gestionará los cuatro centros aportando la amplia experiencia del grupo en construcción naval, fabricación y gestión de programas complejos, modernizando y adaptando sus capacidades a las necesidades actuales de los sectores naval y de energías verdes del Reino Unido. La adquisición, que se ha completado una vez obtenidas las necesarias actualizaciones regulatorias, ha contado con el asesoramiento de firmas independientes para garantizar que la operación se concluyera con arreglo a criterios empresariales de mercado. Alantra, Clifford Chance, TLT y KPMG, entre otros, han asistido a Navantia en las negociaciones y han elaborado documentos necesarios para la transacción.



Nuevo orden mundial y la construcción naval.

Capacidad y las cgt como medida.



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.

Según las informaciones que circulan por todos los medios, el presidente Trump tiene claras intenciones de intervenir en el sector marítimo de los EE. UU., y especialmente en cambiar la situación actual de su industria de construcción naval. Lo cierto es que en la década de los años ochenta existían en ese país algo más de 300 astilleros de todo tipo. En especial, en lo que se refiere a la construcción naval mercante, hay que recordar que cara a la competencia en el mercado internacional, estos astilleros eran claramente ineficientes, pero sostenidos para el mercado interno por legislaciones altamente proteccionistas, como la Jones Act, el Title XI y otras, que ya han sido ampliamente descritas en otras entregas de la Coyuntura de esta revista.

Hoy en día se puede estimar que tras cierres y consolidaciones, los astilleros norteamericanos llegan a veinte, entre públicos y privados, pero cuya capacidad y competitividad continúa siendo bastante inferior a la de los grandes astilleros asiáticos, e incluso la de los pocos astilleros europeos que permanecen en la liza internacional, bien por su especialización en el segmento de buques de pasaje (cruceros), como en buques especializados, no de carga, que son demandados por un mercado distinto al del transporte marítimo, (sísmicos, oceanográficos, de apoyo a campos eólicos offshore, y otros, además de buques pesqueros).

Pero retornando a los planes del nuevo presidente de los EE.UU.^A, parece que propulsa un gran movimiento de “reconstrucción y modernización” de la base de la industria marítima como elemento esencial, no sólo relativo a la marina de guerra, sino también a la marina mercante, vital para el comercio global, las cadenas de suministro en muy diversos ámbitos, vitales siempre para la estabilidad económica, los proyectos transformadores hacia las energías renovables, significativamente la eólica de origen marino.

Todo lo dicho entra dentro de las promesas hechas por Tramp durante su campaña electoral. Y como tal, piensa propulsar la colaboración público-privada para iniciar un verdadero “boom” para la modernización de los astilleros y la construcción de otros nuevos en próximos años.

Como se ha resaltado en diversos artículos recientes de Coyuntura ^B, tanto gráfica como numéricamente, el actual dominio de China sobre la producción de buques mercantes en el mundo es absolutamente incontestable, con una cuota de nuevos pedidos de aproximadamente en 2023, que ha ido creciendo durante 2024, que prácticamente dobla a la del segundo constructor mundial, Corea del Sur. **La participación de los EE. UU. en este mercado es de sólo un 0,13 %. Esta situación da obviamente lugar a que sea China la que controla los precios de mercado de la construcción naval mundial, y por tanto, el comercio de bienes esenciales, incluso el de elementos críticos para los buques militares, tanto de los EE. UU. como de sus aliados. En fin, el ya viejo concepto de la “soberanía estratégica”.**

Ya en 2021 el presidente Biden propuso un paquete ^C del orden de 2,25 billones (españoles) relativo a las infraestructuras de la industria de la construcción naval, que por unas razones o por otras, acabó saltando de Comités en Comités y finalmente durmiendo el sueño de los justos en algún cajón del Congreso. A la vista de la situación de su industria naval, y antes de su toma de posesión, Trump decidió tratar de convencer a alguien para colaborar en el fortalecimiento de su propia industria de construcción naval. Obviamente, alguien que no fuera China, que es realmente el verdadero adversario geopolítico de EE.UU.

A uno le puede sonar que lo que podría parecer lógico, mirando la historia y las alianzas,

fuera establecer una colaboración con algún país de la UE, pero no. La cosa fue con Corea del Sur, no sólo por ser la segunda potencia mundial en esta industria, sino, posiblemente porque la UE ya no es considerada por nadie como una potencia mundial en construcción naval. En lo que se refiere a Corea, parece que Trump indicó al gobierno coreano su interés por aumentar y mejorar los esfuerzos bilaterales para incrementar la calidad de los procesos constructivos y la eficiencia de la industria de la construcción naval americana. Recordemos ya la compra del astillero Philly Shipyard por el grupo coreano Hanwha Ocean (ex Daewoo) por 100 MUS \$ en diciembre pasado.

Estas manifestaciones y estos movimientos, reconocen el avance en el poder económico y estratégico de China, por lo que se prevén fuertes inversiones público-privadas en este campo. Otra cosa es la transformación de todo esto en hechos. Esta toma de posición de la Administración Trump parece poner de manifiesto dos cosas; el deseo del gobierno de EE. UU. de que su industria naval adquiriera una competitividad razonable de la mano de sus aliados en la zona Asia Pacífico, es decir, Corea del Sur, Japón y Taiwán, considerando que China es la verdadera potencia mundial marítima a enfrentar. No está claro el papel que en estas intenciones puedan jugar las políticas arancelarias que EE. UU. vayan a poner en marcha.

Hay que recordar que, a finales del siglo pasado, EE. UU. llevó a cabo un intento contra los constructores navales europeos, que se convirtió en una negociación en la OCDE en la que también intervinieron Japón y Corea del Sur y que como es bien sabido fracasó cuando los representantes norteamericanos se percataron de que el problema no residía en las ayudas de la UE a sus astilleros, sino en la falta de productividad de la industria de los EE. UU.

Lo que ahora van a intentar en EE. UU. se puede resumir bien en unas declaraciones del un Senador de Arizona: *“Siempre hemos sido una nación marítima, pero la verdad es que hemos perdido terreno frente a China que ahora domina el sector marítimo internacional y puede construir buques mercantes y militares mucho más rápido que nosotros. (Por ejemplo, el portaviones Enterprise acarrea 18 meses de retraso). “The SHIPS for América Act” parece ser la respuesta a estos desafíos. Apoyando a la industria de la construcción naval, a la industria naviera y al desarrollo de la fuerza laboral podremos fortalecer las cadenas de suministros, reducir nuestra dependencia de buques extranjeros, poner a los americanos a trabajar en ocupaciones bien pagadas y apoyar las necesidades de la Armada y la Guarda Costera”.*

Esta legislación demanda añadir 250 buques durante la década, a la flota abanderada en EE. UU. mediante un “Programa estratégico para la flota comercial”. (Cabe pensar en el aroma a subsidio que tal cosa despierta), y se basa en la asunción de que la “flota oceánica estadounidense tiene menos de 200 buques de los que sólo aproximadamente 80 participan en el comercio internacional, como comparación con los 5.500 buques chinos documentados ^D”.

Al parecer, estos emprendimientos constituyen el mayor intento desde la “Merchant Marine Act” de 1970.

En respuesta a lo anterior, un representante del gobierno chino opina que no tiene ninguna base real y atenta al sentido común culpar a China por los propios problemas industriales estadounidenses.

Todo lo relatado en líneas anteriores puede suscitar en el lector una duda sobre la oportunidad de que en una revista como esta pueda tener unas descripciones que parecen lejanas a nuestro presente.



Bien, en un cambio de situación, que no es patrimonio exclusivo de EE.UU., sino que parece afectar de una manera u otra a todo el globo, y que también parece un cambio real de era, parece que los asuntos referentes al mundo marítimo van aumentando su importancia global sin que al parecer en Europa se tome conciencia de ello, o al menos, conciencia más allá de las palabras. El que la primera potencia mundial esté decidiendo encontrar aliados tecnológicos e industriales para desarrollar su industria marítima entre sus aliados de Asia Pacífico y no de Europa (a pesar de la OTAN), no sólo demuestra confianza industrial en aquellos, sino una minusvaloración patente de las capacidades europeas en dichos campos. En el fondo es hacer patente una realidad que subsiste hace ya bastante tiempo.

Europa, y en concreto la Unión Europea ha dejado de ser un actor relevante en la economía marítima y lo que ella representa en cuanto a soberanía estratégica, capacidad, seguridad, empleabilidad y otras muchas cosas.

Quizá convenga resaltar en la siguiente información de datos, cuál es la situación actual de la industria de construcción naval

en el mundo, y el papel de Europa en ella. Utilizaremos una situación de capacidades medidas en cgt (toneladas de registro bruto compensadas), sobre cuyo concepto haremos algunas precisiones más adelante.

El aplastante dominio chino

Como se puede apreciar, el dominio de la industria china es abrumador, contando con el soporte del sistema nacional de inversiones industriales y el control de las mismas a través del SASAC (Comisión estatal para la supervisión y administración de los activos del Estado). La industria naval china, con un 7% de la producción mundial del año 2000 (medida en gt), ha crecido hasta un 51 % de las entregas mundiales en 2023, así como aproximadamente hasta un 65 / 70 % de los contratos de nuevas construcciones a nivel mundial. Por el contrario, y en el mismo periodo, la cartera de pedidos del conjunto Corea del Sur y Japón ha caído desde 78 % al 31 %, con lo cual, el dominio mundial, aunque siga residiendo en la zona Asia-Pacífico, es ahora claramente chino.

Un informe reciente de la USTR (*US Trade Representative's Office*) de EE. UU. califica la preponderancia china en construcción

naval, industria marítima y logística de “irrazonable” y “enjuiciable” bajo las leyes de EE. UU. El informe cita específicamente la reducción artificial de los costes laborales, de las transferencias de tecnología y apropiación ilegal de propiedad intelectual. Aprovechando el momento y ese informe, los sindicatos han pedido la instauración de aranceles o de tarifas portuarias para todos los buques construidos en China E. (Esto puede no ser tan fácil, si el buque de que se trate, aún construido en China, tiene un armador, un fletador o un dueño de la carga que no son chinos y el buque está abanderado fuera de este país, que suele ser el caso mayoritario en los buques construidos en China para armadores extranjeros.

Según la mencionada USTR, a finales de 2023, la diferencia entre precios indicativos de buques tales como VLCC, transporte de productos petrolíferos, graneleros Panamax y portacontenedores de tamaño medio, eran en China alrededor de un 5 % según los diferentes tipos citados, más baratos que los ofertados por Corea del Sur y Japón. La misma fuente valoraba alrededor de un 7/8 % la diferencia para grandes buques GNL. Desconocemos los criterios y los datos que han dado lugar a estas manifestaciones, pero en opinión de quién esto escribe el problema de los astilleros de EE. UU. reside fundamentalmente en no haber estado en el mercado internacional, afectados fuertemente por el proteccionismo de la política desarrollada en su propio país durante mucho tiempo y que ha frenado extraordinariamente su productividad, lo que en estos momentos puede afectar, en su comparación con China, incluso a su industria de construcción naval militar.

Lo anterior, visto con la óptica de los diversos intentos de los EE. UU. en el pasado contra la industria europea, basados en informes parecidos, suena a algo ya tratado y fracasado (Acuerdo OCDE 1994). Sin embargo, una

vez visto el discurso de toma de posesión del presidente Trump el día 20 de enero y su mención explícita sobre aranceles, se puede esperar algún tipo de acción. Veremos.

En cualquier caso, y aunque ahora parezca extemporáneo, cabe recordar que, en la época de la segunda Guerra Mundial, durante el periodo 1942-1945, la industria naval norteamericana fue capaz de bajar (caso de los buques Liberty) los plazos iniciales de construcción desde 280 días por unidad, hasta 50 días, y las horas-hombre / buque desde 1,1 M a aproximadamente 0,4 M. Obviamente, ha pasado casi un siglo, pero sigue siendo un dato interesante.

EE. UU., petróleo, gas, y calentamiento global

Como se ha dicho, y con independencia de los datos y estudios realizados en EE. UU., pero teniendo en cuenta la especial situación geopolítica mundial seguramente producida por el cambio en la presidencia en los Estados Unidos, volvemos a recalcar la importancia que tienen para Europa y especialmente para la Unión Europea las decisiones que se tomen y que afecten al transporte y al tráfico marítimo y consecuentemente a la industria de construcción naval, a través de ese acercamiento en lo que a ésta se refiere entre los EE. UU. y sus aliados en Asia Pacífico, tendente a transferencias de métodos y de tecnologías para mejorar, o más bien para crear una competitividad industrial naval norteamericana con la total ausencia de Europa.

Un aspecto singular al que quizá merezca la pena referirse por el impacto en el sector marítimo, es el que se deriva de los anuncios del nuevo presidente de EE. UU. sobre la explotación del petróleo y el gas propio, para eliminar toda la dependencia que el país puede tener de las importaciones de estos

productos energéticos e incluso proceder a exportar a los países amigos.

El asunto puede tener cierto interés, pues los caminos a emprender no parece que vayan a ir por la disminución y supresión del uso de los combustibles fósiles. Las posiciones políticas expresadas han sido claramente contrarias a las tendencias mundiales derivadas de la asunción por la mayoría de los países de que las causas del calentamiento global del planeta y sus consecuencias tienen un importante componente antropogénico.

Es reconocido que las reservas de petróleo y gas en EE. UU. son cuantiosas, y hace mucho tiempo se inició allí la explotación de esas reservas por el método del “fracking”, especialmente en el caso del gas. Ya se vio entonces que este método tenía sus limitaciones, especialmente en los costes de extracción, que resultaban antieconómicos en el caso de precios mundiales de petróleo y gas por debajo de ciertos límites.

Las posibilidades son sencillas; si EE. UU. recupera la actividad de extracción por frac-

king para eliminar sus importaciones y exportar, la OPEP podría aumentar la producción haciendo bajar el precio del petróleo por debajo del nivel que necesita el fracking para competir. En el caso de que los países de la OPEP reduzcan la producción, el fracking podría ser rentable. Todo esto sería rigurosamente posible si el juego se redujera precisa y matemáticamente a eso, pero estamos en una coyuntura mundial en la que alborea una nueva guerra fría, distintos bloques, la batalla del medio ambiente, el calentamiento global y otros factores estratégicos. Hace ocho años, el límite para que el petróleo extraído mediante fracking fuera rentable estaba en los 75 US \$ / barril, cuando esto se escribe, el precio Brent está en 76,10.

En cualquier caso, con la política anunciada por el presidente Trump: “vengan a fabricar aquí y les bajaré los impuestos, porque si no lo hacen sufrirán aranceles sobre lo que nos quieran vender...” (Mensaje en la cumbre de Davos de final de enero), es claro que en el caso de los combustibles la línea roja se elevaría dependiendo de la cuantía de los aranceles.



La tesis expuesta respecto al petróleo es igualmente válida para el gas natural, cuya demanda relativa crece más que la del petróleo, por razones que son ampliamente conocidas y que le hacen ser el combustible de elección en el tránsito hacia la total eliminación de la emisión a la atmósfera de gases de efecto invernadero en el “año de promisión” 2050. Ahora, con la nueva administración en los EE. UU., esa fecha cada vez es más problemática.

Desgraciadamente, en el mapa geopolítico mundial, la Unión Europea aparece más sola que nunca como defensora de la más estricta lucha contra el calentamiento global (con algunos agujeros interiores). Se puede tener la razón, pero estar en minoría, y encontrarse en una desventajosa situación para tratar de competir en un nuevo mercado mucho menos multilateral y más proteccionista que el que hemos vivido en la última época.

El nuevo escenario que se presenta es potencialmente distorsionante para el transporte marítimo, y por ende para la industria que hace posible que funcione. Es decir, la industria de construcción naval: los astilleros y todas las industrias que fabrican los elementos de la cadena de valor que hacen posible que un buque sea construido. Esto es verdad en el ámbito general del comercio, de la defensa, de la explotación de los recursos vivos, fósiles o minerales que nos han traído a donde ahora estamos, y así desde el principio de la historia de la humanidad, manteniendo su importancia desde hace miles de años.

Otra cosa es quién domina esto. Esta es la razón en la que todos han creído, pero unos han creído más que otros, y aquí está el fallo actual de Europa, que además se pone de manifiesto en un momento crucial en el que el paradigma del multilateralismo y de

la globalización entran en un túnel del que no se tiene mucha idea de por donde se sale. En estos días el dominio de la logística incluye las bases de datos que son cruciales para los países que están moviendo bienes ya indispensables alrededor de todo el mundo, y esa “soberanía logística” no se puede ejercer como artista invitado.

Por ello, la industria marítima y significativamente la de la construcción naval han tenido, de una manera u otra, apoyos nacionales. No en vano, Adam Smith ^F mantenía que la industria de la construcción naval era una de las pocas industrias que requerían de apoyos de las naciones y no debería ser dejada sola ante las fuerzas del mercado. Y en ningún caso se puede argumentar que Adam Smith fuera un defensor de los proteccionismos nacionales.

Sobre la capacidad, las cgt y el futuro

Las capacidades actuales de construcción de los primeros diez astilleros del mundo ^G, se reparte en seis coreanos y cuatro chinos, cifras que pueden servir de orientación, ya que la capacidad de un astillero admite diferentes criterios de medición.

La composición de las capacidades de la industria de construcción naval en el mundo siempre ha sido un asunto que podríamos calificar como “viscoso”, cuando se utiliza para realizar estudios de carácter comparativo entre países constructores. Conviene destacar que, por su historia tanto antigua como reciente, esta industria siempre se ha comparado entre ámbitos de países o grupos de países más que entre constructores individuales. Esta naturaleza se sustenta en la comprensión estratégica de su necesidad y en el hecho incontrovertible de que siempre, de una manera u otra y por causas diversas, los estados han ayudado a que se mantuvieran vivas.

Capacidad estimada en millones de cgt

AÑO	China	Corea S	Japón	Europa	Otros	TOTAL
2015	17	15	9	3,5	4,5	49
2016	16,5	15	9	3	4	47,5
2017	16,5	14,5	9	3	4	47
2018	16	13	9	3	3,5	44,5
2019	15	12	8,5	3,5	3	42
2020	14	12	8	3	2,5	39,5
2021	14	11,5	7,5	3	2	38
2022	13	11	7	2,5	2	35,5
2023	14,5	12,5	7	3	2	39
2024	15,5	12,5	7	2	2,5	40,5
2025	16	13,5	7	3	2,5	42
2026	17	14	7,5	3	2,5	44

Tres últimos años: estimación

Fuentes: Japan Shipbuilders Assoc / Statista

En el seno de la OCDE, específicamente, en su WP-6 del Consejo, que era y es el encargado de tratar los asuntos de la industria de la construcción naval de los países miembros, se suscitó el asunto de sustituir la unidad de medida que servía para poder comparar la

actividad de esta industria entre los países que lo formaban, y sacar las más pertinentes conclusiones de lo que se podía conseguir aplicando los sistemas que regulaban en cada país o grupos de países la actividad, especialmente en los casos de exportación.



A propuesta de las Asociaciones de constructores navales de los países miembros, significativamente AWES (Association of West European Shipbuilders) SAJ (Shipbuilders Association of Japan) se decidió cambiar el sistema utilizado desde 1970, y revisado en 1994, para el cálculo de la cgt como unidad de comparación (cgt: Compensated Gross Ton). Se trataba de definir una unidad de medida que mediante un nuevo sistema o herramienta que sirviera para que tanto estados como empresas, sus representantes y personas individuales pudieran tener una guía estadística lo más cercana a la realidad. El nuevo sistema se aprobó en 2007.

El concepto de cgt desarrollado en principio por algunas Asociaciones nacionales, proporciona un cálculo más ajustado para reflejar el trabajo en el diseño y en los métodos de producción de los astilleros, que no podían proporcionar ni el Peso Muerto ni el Registro Bruto de los buques construidos o en construcción.

Finalmente, el nuevo sistema fue desarrollado por CESA (Community of European shipyards Association), SAJ (Shipbuilders Association of Japan) y KSA (Korean Shipbuilders Association), que conjuntamente representaban el 75 % de la producción mundial.

La definición oficial del sistema emitida por la OCDE es:

<< CGT es una unidad de medida que intenta suministrar una herramienta común que refleje la producción relativa de la actividad de construcción naval mercante en grandes agregados como “mundo”, “regiones”, países, o grupos de astilleros>>.

La fórmula aplicable para la cgt es:

$$cgt = A \times B$$

Según la siguiente lista:

Capacidad estimada en millones de cgt

TIPO del buque	A	B
Petroleros doble casco	48	0,57
Quimiqueros	84	0,55
Bulkcarriers	29	0,61
Combinados	33	0,62
Carga general	27	0,64
Frigoríficos	27	0,68
Portacontenedores	19	0,68
Ro-ro	32	0,63
Car carriers	15	0,70
LPG	62	0,57
LNG	32	0,68
Ferries	20	0,71
Pasajeros	49	0,67
Pesqueros	24	0,71
Buques no de carga	46	0,62

Debido al progreso hacia la construcción de determinado número de contratos de buques iguales, o sensiblemente iguales, muy especialmente para importantes armadores con grandes pedidos y en el campo de los buques de gran tamaño como portacontenedores, LNG, bulkcarriers, petroleros y algunos más, parece evidente que habría que tener en cuenta el efecto serie o curva de aprendizaje.

Se puede producir una disminución, tanto de carga de trabajo como de otros factores en la cadena de valor, y esto reduciría el cómputo de cgt de acuerdo con unos coeficientes que se reflejan en la siguiente ecuación (y es el coeficiente aplicable, y en el número de buques de la serie de la que se trate:

$$Y = -0.1483 \ln(n) + 0.9995$$

Como puede deducirse de todo lo anterior, la cgt no es una magnitud física. Tiene una naturaleza de tipo macroeconómico y este es el sentido en el que debe utilizarse.

Por ello, el cuadro de capacidades expuesto algunas líneas más arriba debe tomarse con

cautela, pues probablemente está basado en la suma máxima de cgt de los tres últimos años entregadas por los países o zonas de las que aparecen los datos.

Las capacidades pueden estar limitadas o favorecidas por parámetros físicos como el tamaño de los diques de construcción, la secuencia de la propia producción, los medios de elevación del astillero. Etc., etc. Lo que si se puede intentar deducir, un poco a “brocha gorda”, es que a la vista del crecimiento de los contratos y de las carteras de pedidos y las entregas en los últimos años y de la estabilidad, al menos aparente, de la capacidad estimada que se muestra en el cuadro en cuestión, es que la productividad de la industria de construcción naval ha estado aumentando en este periodo, y teniendo muy en cuenta quién domina el mercado hoy en día, debería poner aún más en guar-

dia, no ya a los EE. UU., sino a Europa, lo difícil que puede llegar a ser intentar competir, aun teniendo una capacidad física potencial sin utilizar, en un mercado tan especial en el que, además, todas las señales iluminan la rotura de la multilateralidad.

Con alianzas entre EE. UU. con Corea del Sur y Japón pueden dejar definitivamente a la Unión Europea en una “burbuja” de vacío entre estas alianzas y China.

El Informe Draghi, que hemos comentado en entregas anteriores, deja claro, en la parte que dedica a la transformación necesaria de la industria del “shipping” europeo, qué cosas hay que hacer hasta el año 2050. La industria naviera, con el viento favorable actual, ya está tomando posiciones. Parece que la industria de construcción naval europea no está ni parece que se la espera.



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	37,8	3	48,9	-3,2	106,3	2,9	11,2	2,9	0,95	1.695	1,4	2.064	4,3	1,5
Eurozona	56	0,8	448,4	-3,1	88,7	2,4	6,3	2,3	0,95	1.513	2,1	1.093	5,4	1,2
Francia	48,01	1,1	68,4	-6,2	111,6	2,3	7,6	3,3	0,95	1.402	2,2	3.137	4	1,9
Alemania	55,52	-0,1	84,7	-1,6	63,7	2,4	3,4	2,2	0,95	1.322	3,1	4.094	7,3	1,4
Italia	40,29	0,6	56	-4,3	139,2	1,1	5,8	3,4	0,95	1.657	1,4	2.233	4,7	1,7
Irlanda	103,5	1,7	5,3	-2,7	41,2	3,3	4,3	4	0,95	1.772	1,1	3.241	6,8	0,2
Noruega	90,43	1	5,7	12,5	38	2,2	3,9	3,6	11,2	1.424	2,1	5.847	6,7	1,6
Polonia	23,56	2,3	37,9	-5,7	55,1	3,8	5	5,6	4,07	2.023	1,5	2.430	7,4	2,4
R. Unido	52,42	0,9	69,5	-4	104,3	2,9	4,3	4,5	0,79	1.676	2,9	5.460	4,6	2,2
Rusia	14,95	3,5	143,4	-1,7	20,8	8,5	2,3	16,2	104	1.874	nd	1.400	12,1	4,1
EE. UU.	86,46	2,7	341,4	-7,1	123,3	2,8	4,2	4,5	1	1.783	3,4	3.600	13	3,5
China	12,97	4,9	1,425,5	-4,4	88,6	0,3	5	1,4	7,29	2.174	2,4	1.820	7,8	1,6
Japón	32,86	-0,2	126	-4,7	254,6	2,6	2,5	1,1	154	1.712	3,3	2.808	8	1,1
India	27	6,6	1.435,20	-4,9	82,5	4,8	8	6,8	85	2.117	nd	1.454	1,6	2,4
Corea Sur	36,13	2,2	51,71	-1,8	56,6	2,3	2,2	2,8	1.436	2.113	4,9	3.122	11	2,7

dic-24

NOTAS: Pib 24: estimación. IPC: estimación. Desempleo: mes citado. Divisa: mes citado. Horas: 2023. RD: 2022. PIB: cambio en 12 últimos meses. Defensa: gastos anuales % PIB Mundo, defensa 2,3 PIB

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

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

Indicadores Marítimos

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Flota Mundial. 1.000 Mtpm	1.747	1.806	1.862	1.964	2.058	2.016	2,116	2.200	2.309	2.354
Flota Mundial.nº miles/Mgt	93,8/2.769	93,7/1.817	97,3/1.875	98,6/1.937	99,9/1.989	101,7/2.071	103,3/2.134	104,8/2.199	106,7/2.270	108,8/2.346
Cartera mundial NC % Flota	17	17	11	9.1	7.1	10	9.1	10	12	13
Tráf mar. Mund.MT-milla	51.113	52.775	53.361	56.996	57.399	56.993	58.365	59.055	62.170	65.935*
Traf. Mar. Mundial Mt	10.023	10.295	10.716	11.019	11.071	10.648	11.063	12.119	12.410	12.831
Cartera Mundial NC. Mcgt	110	89	83	85	82	8	24	120,9	126	149
Entregas NNCC en Mcgt	39	37	35	33	35	30	45,3	34,2	35	49*
Peroleo Brent \$/barril	36,7	55,2	68,7	62,7	69,3	83,5	77,8	85	82,4	80
Comb Ifo-380 \$/t (Rott)	162	213	370	367	251	450	458	418	449	550
Comb MGO/VLSFO \$/t	335	383	593	544	567/502	687/580	697	535	541/609	541/609
Metanol Gris \$ /t										462,5
LNG \$/MMBTU. H.Hub	1,93	3	3,12	2,73	2,33	5,08	5,05	3	6	3
Acero plancha. \$ / t (Ch)	420	460	580	600	580	850	750	905	900	942
PIB Mundial 2024* m M \$	74.954	76.153	80.823	85.883	87.390	84.971	94.935	103.860	105.568	108.946
Emisiones CO ₂ % Total mund.				2,3	2,2	2,5	3	2,3	2,3	3

nov-dic 2024

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

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

Acero: ASTM A 131 Grade A 20/25 mm Asia.

Comb: Ship & bunker.com marine methanol

(*) Estimación 2024

Fechas: Se entiende fin de año o de mes

Emisiones de CO₂ globales, 2024: 37.400 Millones Toneladas 422,5 partes por millón

Tabla 1. Precios de nuevas construcciones en MUS\$

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

Propulsión: amoniaco

LNG: antes 160.000 m³

(Antes 20.000 TEU)

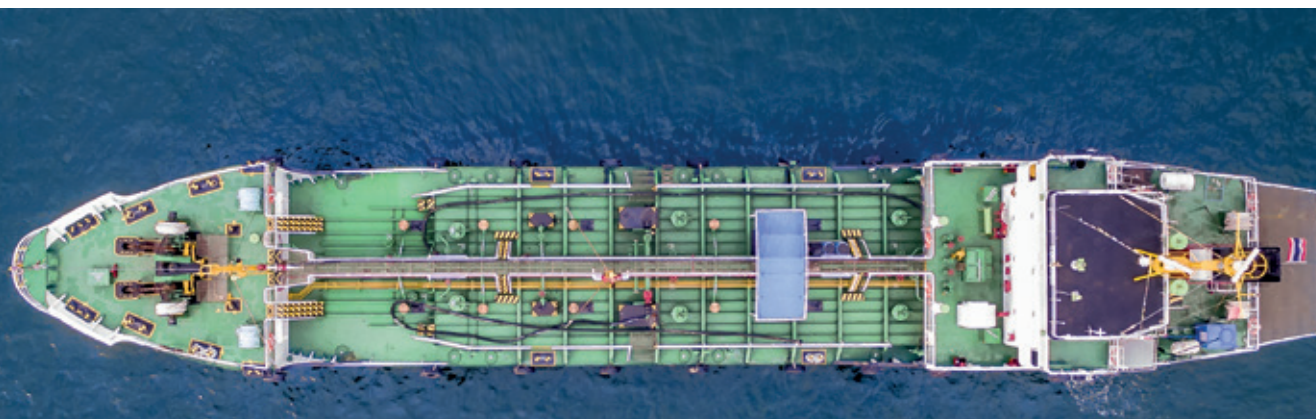
(*) Antes 70.000 (**) Antes 6200. (***) Antes 8000. (****) Antes 12000.

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

(**) Metanol

LPG #: LPG/amoniaco

dic-24



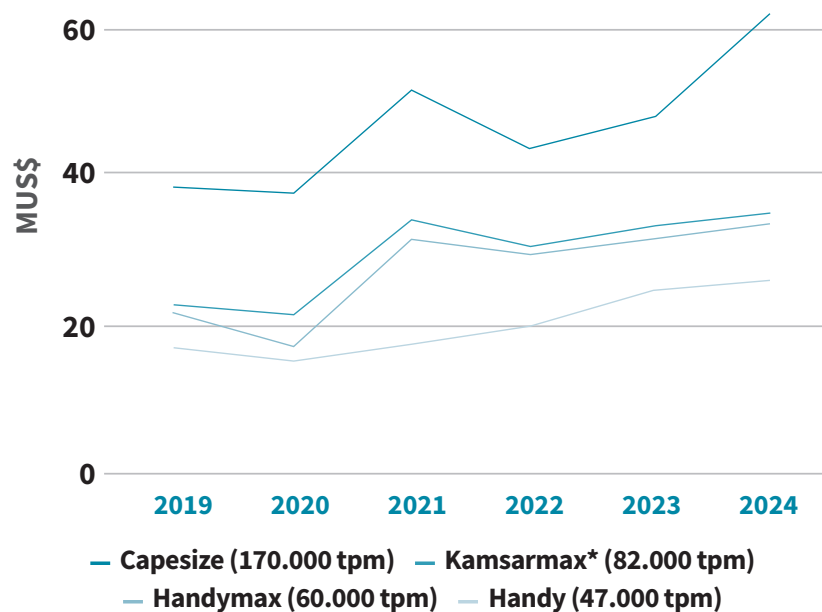
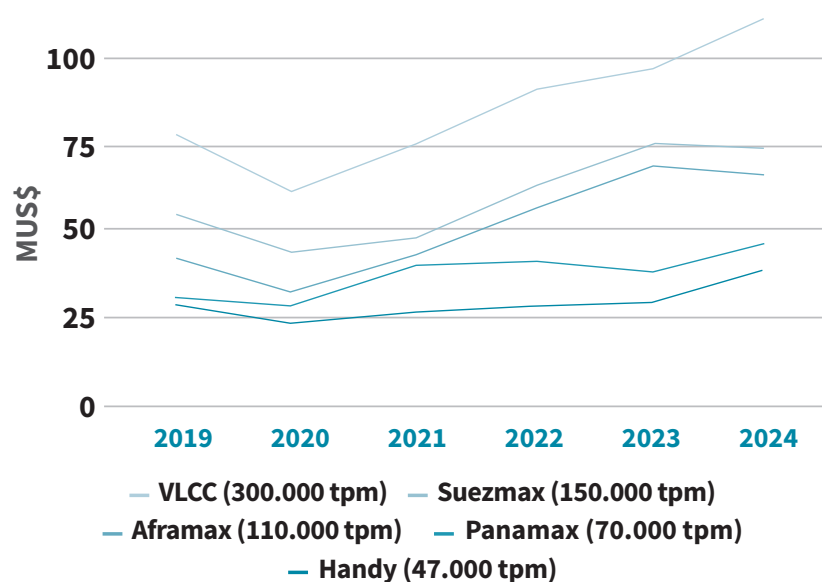
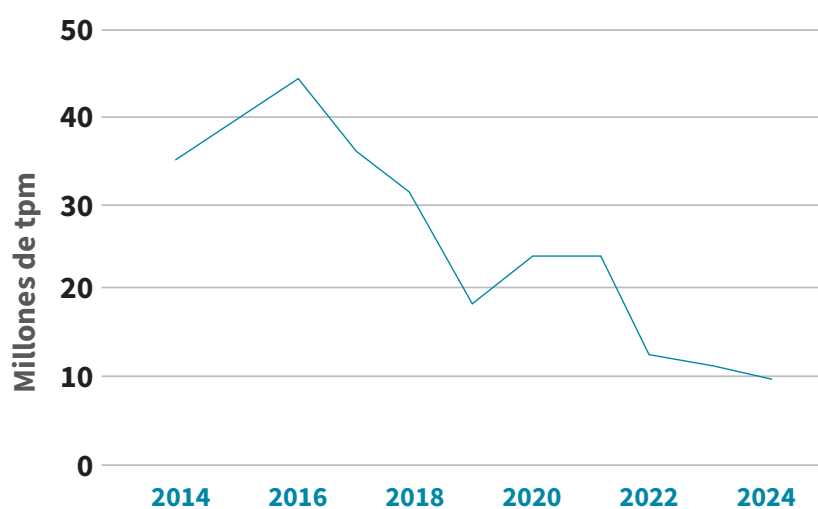
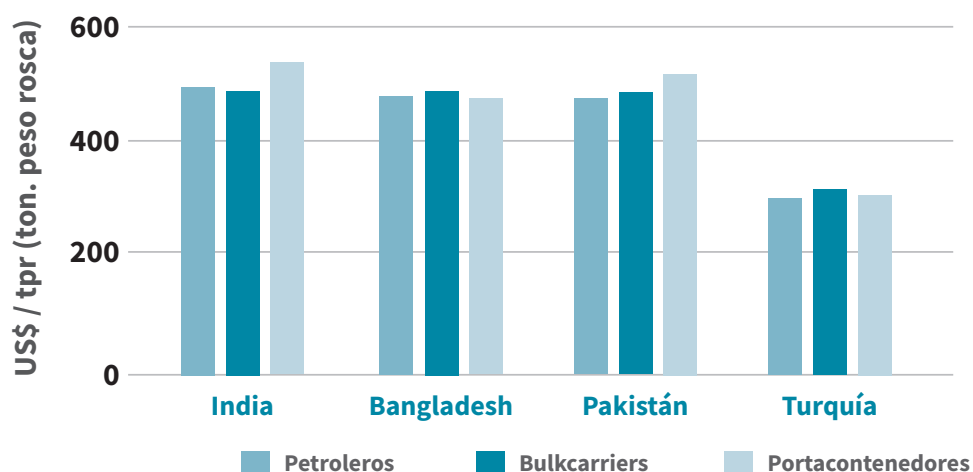
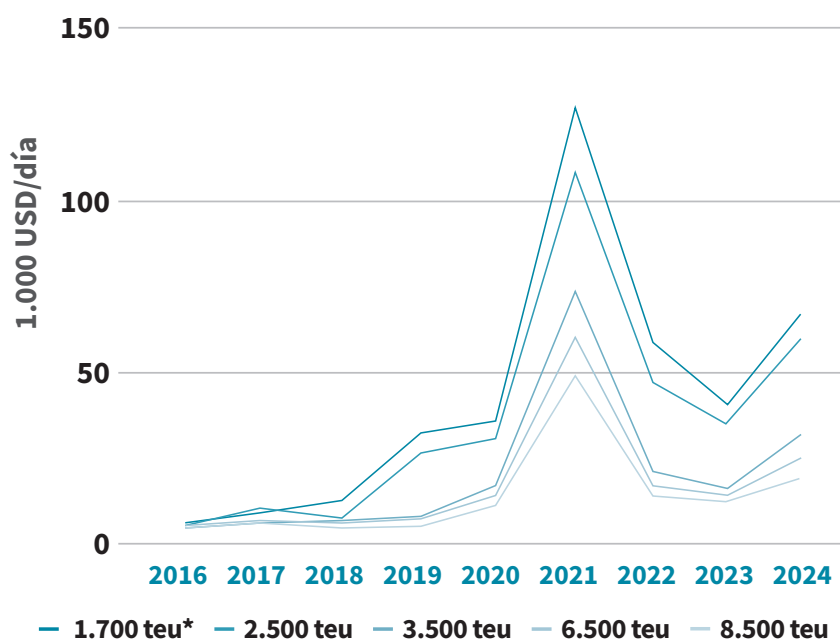


figura 1c. Mercado de compra/venta de buques.

Mes	ene	feb	mar	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	Total
Petroleros	30	29	23	21	19	26	23	18	25	12	15	14	255
graneleros	46	65	61	52	53	40	37	41	41	51	39	30	556
gaseros	4	2	2	6	2	10	7	14	5	2	10	1	65
Contenedor	5	9	8	15	12	8	4	6	15	17	15	11	125
Multipropósitos	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Frigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RoRo	2	8	7	3	5	0	3	1	2	0	1	8	40
Ferry	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
Cruceros	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	6
Totales	89	115	101	99	93	84	74	80	88	82	80	985	1.050

31-dic-24. Fuentes: Athenian SB. Cifras, n° buques al final de cada mes. Se excluyen ventas por desguace



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

Tipo	1 / 2 Año		1 Año		2 Años	
	Atlant	Pacific	Atlant	Pacific	Atlan	Pacific
Capesize	16	16	16	16	18	18
Pan/kmax	16	13,7	14,2	14	14,5	14,5
Sup/Ultra max	16,5	16,2	15,5	16,5	15	15
Handy	14	14,2	13	14,5	12	13,3
Fin noviembre 2024						
Capesize	16	16	16	16	18	18
Pan/kmax	13	12	13	12	13,2	13
Sup/Ultramax	11,5	11,5	13,5	13,5	11,5	11,5
Handy	10	10,5	10,5	10,5	11	11
Fin diciembre 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	21	42,5	50	48,5
Smax	37	40	42	39,5
Aframax	33	32,5	37,5	35
LR 2		33,5	38,5	38,5
LR1		27,5	31	31
MR IMO 3		20	25	25,5
Handy	24	23,5	22	
Fin noviembre 2024				
VLCC	19	41,5	47,5	47,5
Smax	28	36,5	40	37,5
Aframax	30	34	32,5	32,5
LR 2		32,5	32,5	33,5
LR 1		24	25,5	25
MR IMO 3		21,5	23	22,5
Handy		21	21	21
Fin diciembre 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*	537*
LNG 160.000. Spot Oeste Suez. 1.000 US\$/día	150	200	95	16
LNG 160.000 TC 1 Año. 1.000 US\$/día	47	184	67,5	25

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

Bibliografía

[[A] Fuente: Holland & Knight 01/2025
[B] Ver Coyunturas RIN octubre y noviembre 2024
[C] 117 Congress HR 2869 /2021-2022. Shipyard Act
[D] Fuente: Us Naval Institute. 19 /12/2024
[E] Fuente: Splash 24/7

[F] Adam Smith. “La riqueza de las naciones” 1776
[G] Fuente: Mac-net Korea/Key statistics
[H] CESA estaba formada por los países de AWES que entonces eran miembros de la UE.

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

Índice

1. ESTRUCTURA DEL CASCO

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

2. PLANTA DE PROPULSIÓN

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

3. EQUIPOS AUXILIARES DE MÁQUINAS

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

4. PLANTA ELÉCTRICA

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

5. ELECTRÓNICA

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

6. EQUIPOS AUXILIARES DE CASCO

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

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

7. EQUIPOS DE CUBIERTA

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

8. ESTABILIZACIÓN, GOBIERNO Y MANIOBRA

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

9. EQUIPAMIENTO Y HABILITACIÓN

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

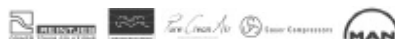
TALLER DE REPARACIÓN MARINO Y TERRESTRE, Y SUMINISTRADOR DE REPUESTOS.

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.

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

Avda. Montes de Oca 19 – Nave 7

E-28703 San Sebastián de los Reyes
Madrid - España

T +34 913590971 | F +34 913453182

vulkan@vulkan.es

www.vulkan.com

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).

Poligono 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

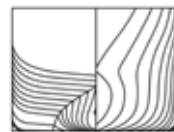
Méndez Núñez, 35 -1º
36600 Villagarcía de Arosa

Phone: +34 986508436

E-mail: info@gestenaval.com

Web: www.gestenaval.com

12.2 Clasificación y certificación



ORP MARÍTIMA S.L.

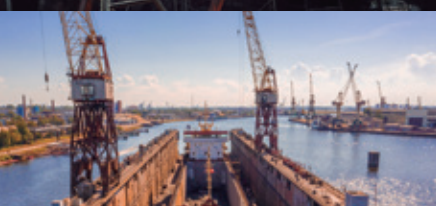
Informes técnicos periciales
Naval, Marítimo, Industrial,
Energía, Transporte.
Asistencia en procesos judiciales,
arbitrales y de mediación.
Nacional e internacional.

Calle Écija 7, Madrid.

Tf. +34 661 83 00 89

frontdesk@orpmar.com

www.orpmar.com



Programa Editorial 2025

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.

Maritime Security & Safety. Tugboats fleet. LNG.

MAYO • MAY

Industria auxiliar. Gobierno y maniobra

Auxiliary industry. Steering and manoeuvre

JUNIO | JUNE

Construcción naval. Tendencias

Shipbuilding. Trends

JULIO-AGOSTO • JULY-AUGUST

Ingeniería. Formación. Sociedades de clasificación

Engineering. Training. Classification societies

SEPTIEMBRE • SEPTEMBER

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

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

OCTUBRE | OCTOBER

Sector naval militar. Electrónica y Automatización

Naval sector. Electronics and Automation

NOVIEMBRE • NOVEMBER

Offshore • Offshore

DICIEMBRE | DECEMBER

Energías renovables y Medio ambiente Resumen del Sector Marítimo 2025

Renewable energy and environment

CADA NÚMERO CONTIENE ADEMÁS • EACH ISSUE ALSO INCLUDES:

Artículos técnicos • Technical articles

Descripciones de buques • Ship descriptions

Noticias nacionales e internacionales • International and national news

Artículos sobre legislación, economía, fiscalidad y normativa

Articles above legislation, economy, taxes and regulations



INGENIERÍA
naval

REVISTA DEL SECTOR MARÍTIMO

sectormaritimo.es



Suscríbete ya en
www.sectormaritimo.es

Bilbao Exhibition Centre
19-21 marzo 2025



WORLD MARITIME WEEK

Innovation, Knowledge & Networking

SINAVAL
Construcción Naval Internacional

eurofishing
Industria Pesquera Internacional

future port
bilbao

**MARINE
ENERGY
week**

Partners principales

 **Foro Marítimo Vasco**
Euskadiko Itsas Klusterra

 **Cluster Energía**
BASQUE ENERGY CLUSTER

 **Uniport
Bilbao**
Port Community

Partner institucional

**GRUPO
spri**
TALDEA

 **EUSKO JAURLARITZA**
GOBIERNO VASCO
Gobierno Vasco
Ministerio de Industria, Comercio
y Turismo

Organizador

**B!
E!
C!** **BILBAO
EXHIBITION
CENTRE**