

Presente y futuro del transporte marítimo para las sociedades de clasificación

IV MESA REDONDA ORGANIZADA POR ANAVE CON LOS RESPONSABLES DE LAS SOCIEDADES DE CLASIFICACIÓN CON MAYOR IMPLANTACIÓN EN ESPAÑA

El 20 de noviembre de 2025 ANAVE reunió a los responsables de las tres sociedades de clasificación (SSCC) con mayor implantación en España —Bureau Veritas, DNV y Lloyd's Register— para conversar sobre asuntos de la actualidad marítima y acerca del futuro del sector del transporte marítimo.

Es la cuarta ocasión que celebramos estas mesas redondas, que venimos organizando con carácter bienal desde 2017. Nos acompañaron Javier de Juana, director de

negocio de Lloyd's Register para España, José María Izquierdo, Area Manager de DNV para España, Portugal, Italia y Malta; y Luis Guerrero, director de la División Naval de Bureau Veritas.

Los temas que les propusimos fueron: la presión regulatoria en el transporte marítimo; los nuevos combustibles alternativos y posibles tecnologías de propulsión marítima; los efectos de la geopolítica en el sector; y por último, la protección del medio ambiente marino.

BLOQUE 1: Emisiones y normativa

Un año más, la presión regulatoria internacional para reducir las emisiones del transporte marítimo continúa intensificándose. Desde el 1 de enero de 2024, el transporte marítimo está incluido en el régimen de comercio de derechos de emisión de la UE (EU ETS) y, en 2025, entró en vigor el Reglamento FuelEU Marítimo. Además, en octubre de 2025, el Comité de Protección del Medio Marino (MEPC) de la Organización Marítima Internacional (OMI) aplazó la adopción de su nuevo marco regulatorio *Net-Zero Framework* (NZF), acentuando la incertidumbre normativa en un contexto caracterizado por la coexistencia de regulaciones regionales que configuran un entramado especialmente complejo.

¿Cuál es la valoración del primer año de aplicación del EU ETS al transporte marítimo? ¿Qué problemas prácticos se han detectado en materia de datos, responsabilidades contractuales o volatilidad de precios? ¿Cómo afecta este marco a las sociedades de clasificación y qué perspectivas existen respecto a la convergencia o fragmentación regulatoria?

Bureau Veritas (BV): La aplicación simultánea de los sistemas MRV y EU ETS ha incrementado de forma notable la complejidad operativa. El principal elemento crítico es la calidad y la granularidad de los datos, que deben ser precisos, consistentes y disponibles prácticamente en tiempo real para cada viaje. Se observan incidencias recurrentes, como diferencias entre el combustible adquirido y el efectivamente consumido, errores en los sistemas de reporte, formatos no armonizados y dificultades en la gestión de periodos *off-hire*, que afectan a la liquidación entre armador y fletador.

Existe, además, un riesgo de fuga de carbono por desvío de tráfico hacia puertos no pertenecientes a la UE con el objetivo de reducir costes, lo que puede traducirse en un aumento de las emisiones globales y en una pérdida de competitividad de los puertos europeos.

Otro aspecto especialmente sensible es la asignación de responsabilidades. La compañía titular del *Document of Compliance* es la responsable de la entrega de los derechos de emisión (EUA), mientras

que el fletador controla la velocidad de navegación y las rutas. Esto introduce un riesgo de contraparte, especialmente si el fletador no entrega los EUA en los plazos previstos.

A ello se suma un incremento notable de la carga administrativa, con la exigencia de apertura y gestión de una Cuenta de Haberes de Operadores Marítimos (MOHA), nuevos procedimientos, falta de claridad inicial en algunos requisitos nacionales y plazos de verificación más ajustados, junto con carencias de automatización en numerosas navieras. Finalmente, la falta de armonización entre Autoridades Competentes da lugar a interpretaciones diferentes sobre planes de monitorización, exclusiones de viajes o factores de emisión, generando incertidumbre y duplicando esfuerzos en flotas asignadas a varias autoridades. Esta fragmentación complica de forma apreciable el papel de las sociedades de clasificación como verificadores.

DNV: El primer año de aplicación muestra avances relevantes, aunque persisten dificultades operativas y de comprensión del sistema. La lógica económica comienza a impulsar mejoras de eficiencia y una mayor demanda de combustibles con menor huella de carbono, especialmente si se mantiene la tendencia alcista de los precios de los EUA. No obstante, la disponibilidad global de combustibles alternativos crece a un ritmo inferior al de

DNV



De izda. a dcha: Javier de Juana, director de negocio de Lloyd's Register para España; Araiz Basurko, directora de ANAVE; Luis Guerrero, director de la División Naval de Bureau Veritas; Elena Seco, directora general de ANAVE; José María Izquierdo, Area Manager de DNV para España, Portugal, Italia y Malta; y Marina Ronda, responsable de Política Marítima de ANAVE // ANAVE.

la demanda potencial, lo que mantiene la incertidumbre sobre la viabilidad económica de la transición energética.

A nivel práctico, los operadores han tenido dificultades para automatizar y estandarizar datos debido a formatos incompatibles, diferencias en la definición de viajes entre MRV y ETS y fricciones contractuales en la asignación de responsabilidades y la liquidación de los derechos de emisión. Para facilitar el cumplimiento, DNV ha contribuido a un proyecto conjunto para armonizar más de 140 campos de datos, ya integrados en el Compendio de la OMI, reforzando la interoperabilidad entre MRV, DCS, FuelEU y CII.

En cuanto a la convergencia regulatoria, no se anticipa a corto plazo la proliferación de nuevos ETS regionales, salvo la posible inclusión del transporte marítimo en el sistema británico a partir de 2026. China, aunque dispone de un sistema nacional de comercio de carbono, no parece inclinarse hacia esquemas regionales y prioriza la negociación multilateral en la OMI. Así, el riesgo de fragmentación existe, pero no se anticipa una expansión significativa de sistemas paralelos.

Lloyd's Register (LR): La inclusión del transporte marítimo en el EU ETS ha convertido el combustible en un elemento central de decisión comercial. El cumplimiento regulatorio conlleva ahora un coste directo, con penalizaciones

significativas en caso de incumplimiento. Además, la combinación del marco europeo con el nuevo Reglamento FuelEU Marítimo ha acelerado la necesidad de una gestión estratégica del combustible, al convertir su disponibilidad y certificación en factores determinantes para la cuenta de resultados de los operadores.

¿Cómo se preparan las sociedades de clasificación para la entrada en vigor del doble marco regulatorio global (OMI) y regional (UE)? ¿Se prevén nuevos índices o límites? ¿Cómo interactuarán ambos sistemas?

BV: BV colabora con armadores, fletores y fabricantes tanto en planes de eficiencia energética como en el desarrollo de nuevos reglamentos para combustibles alternativos. Participa en proyectos europeos y españoles para la captura de CO₂ (PERTE Naval), en el desarrollo de tecnologías para generar hidrógeno a bordo mediante amoníaco (Proyecto Apolo) o en la inyección de hidrógeno en motores diésel. También colabora en proyectos de hibridación con baterías, como el nuevo buque de Baleària para el estrecho de Gibraltar.

Asimismo, continúa desarrollando reglamentos técnicos que faciliten la adopción segura de combustibles alternativos y tecnologías de transición, de forma que el sector pueda cumplir las exigencias tanto de la OMI como de la UE sin generar contradicciones regulatorias.

DNV: DNV trabaja en protocolos de verificación armonizados, en el sistema de certificación de combustibles sostenibles de la OMI y en asesorar a armadores en estrategias que integren las exigencias europeas y globales. La coexistencia entre FuelEU y el futuro marco OMI podría generar una importante sobrecarga regulatoria, dada la divergencia de ámbitos de aplicación, calendarios y metodologías (como por ejemplo el mandato OPS de FuelEU frente al enfoque de intensidad de combustible de la OMI). Sin una armonización más profunda, podrían duplicarse procesos, aumentar los costes y elevarse los riesgos de incumplimiento.

LR: Pese a que no se lograron adoptar las medidas del *Net Zero Framework* de la OMI, es evidente la necesidad de una vía global coherente. Sin ella, aumentará el

riesgo de normas regionales divergentes que conlleven cargas administrativas y financieras. Además, tanto el sector como los Estados miembros están comprometidos con la estrategia de 2023 de la OMI, cuyo objetivo es alcanzar cero emisiones netas de GEI en torno a 2050. Este riesgo de fragmentación normativa es uno de los principales desafíos para armadores y operadores.

El uso de combustibles alternativos será fundamental para cumplir los objetivos de descarbonización del sector. Aunque la gran mayoría de los armadores sigue optando por el GNL como alternativa al fuelóleo convencional, aumentan los encargos de buques preparados para operar con dos o más combustibles, como el amoníaco, el metanol, el hidrógeno o biocombustibles avanzados. ¿Qué avances concretos se han producido en el desarrollo y la disponibilidad real de estos nuevos combustibles marinos? ¿Cuáles son las principales barreras para su adopción y qué regulaciones o guías existen? ¿Cómo afecta su despliegue al trabajo de las sociedades de clasificación?

BV: La principal limitación para una adopción masiva es la disponibilidad global de estos combustibles, que no es viable a corto o medio plazo. Hoy, el suministro y el almacenamiento se concentran en puertos europeos, estadounidenses y en los principales enclaves de Asia, al requerir infraestructuras específicas. A ello se añaden condicionantes técnicos y de seguridad, como el riesgo de ignición o la toxicidad, que obligan a adoptar medidas adicionales en buques y puertos. Además, los costes siguen siendo muy superiores a los de los combustibles fósiles, y la adopción avanzará en la medida en que se reduzca esa brecha.

La OMI ya ha publicado guías para el uso de metanol, etanol y GNL. En febrero de 2025 emitió medidas provisionales para el empleo del amoníaco como combustible y, en el caso del hidrógeno, ya se ha aprobado un borrador de guía. BV participa activamente en el desarrollo de normas y guías de seguridad para la manipulación de estos nuevos combustibles, apoyándose en la experiencia operativa tanto a bordo como en tierra. Además, el Código IGF puede utilizarse como punto de partida tanto para el diseño de los equipos como para la elaboración de las guías correspondientes.



NOMBRE: Javier de Juana Gamó.

CARGO: Director de Negocio para España. Director Comercial para el suroeste de Europa. Lloyd's Register.

ESTUDIOS: Doctor Ingeniero Naval por la Universidad Politécnica de Madrid.

TRAYECTORIA: En Lloyd's Register desde 2005 donde ha desarrollado su carrera profesional ocupando diferentes posiciones técnicas y de gestión entre España y Reino Unido. Ocupa su puesto actual desde 2018. Con anterioridad, ha trabajado en Navantia y SENER.

Las sociedades de clasificación verifican el cumplimiento de la normativa aplicable, así como de su propia reglamentación técnica, en la certificación de los equipos. Los procesos operativos no forman parte de dicha certificación, si bien deben tenerse en cuenta y comprobarse durante la verificación de la operación de los equipos una vez instalados. Asimismo, las sociedades de clasificación son responsables de las inspecciones de las instalaciones a bordo, de su seguridad y del manejo seguro de los combustibles.

DNV: Entre los combustibles alternativos que han registrado un mayor grado de desarrollo en la descarbonización del sector destacan el metanol y el amoníaco. Actualmente, operan más de 60 buques propulsados por metanol y hay otros 300 en construcción. En cuanto al amoníaco, se están construyendo alrededor de 32 buques propulsados por este combustible. Varios fabricantes han anunciado la finalización del desarrollo de sus motores de amoníaco y el inicio de proyectos

piloto para la operación comercial de buques. Además, se están llevando a cabo pruebas de suministro de combustible, aunque siguen registrándose problemas de seguridad (toxicidad, emisiones de NOx) y brechas en la infraestructura de la cadena de suministro. El hidrógeno se enfrenta a importantes desafíos de almacenamiento y costes, lo que limita su adopción a corto plazo. Los biocombustibles, como HVO y FAME, son prometedores, pero presentan limitaciones de suministro y certificación que dificultan su escalabilidad.

Los marcos regulatorios continúan evolucionando. El Código IGF cubre combustibles de bajo punto de inflamación, como el GNL y el metanol, mientras que las directrices provisionales para el amoníaco y el hidrógeno están pendientes de una implementación completa.

Para las sociedades de clasificación, este contexto se traduce en una mayor demanda de certificaciones específicas, la ampliación de los sistemas de gestión de la seguridad, la verificación de emisiones a lo largo del ciclo de vida y un incremento de los servicios de asesoramiento relacionados con infraestructuras de abastecimiento y la viabilidad de conversiones.

LR: Durante muchos años, el mercado de combustibles marinos estuvo impulsado por la demanda, con un sector marítimo que disfrutaba de una posición ventajosa como uno de los pocos consumidores a gran escala de fuelóleo residual. Los combustibles alternativos han invertido esta dinámica. El GNL, el metanol, el amoníaco y los biocombustibles están condicionados por la capacidad de producción, la infraestructura regional y, en muchos casos, por la competencia con otros sectores, particularmente la aviación. En este escenario, los proveedores han adquirido una posición dominante.

La oferta sigue siendo muy ajustada y la certificación se vuelve esencial. Los armadores ya no pueden dar por hecho que los combustibles estarán disponibles en cualquier zona de operación. Esta dificultad es especialmente acusada en los tráficos *tramp* y en los contratos *spot*, en los que no es posible prever las rutas con meses de antelación y existe el riesgo de quedar sin acceso a combustibles reglamentarios.

Más allá de la disponibilidad, la adquisición de combustible se complica por diversos condicionantes operativos y regulatorios. El diseño de cada buque impone límites al tipo de combustible utilizable, lo que implica que las flotas puedan necesitar distintas soluciones de suministro en lugar de una única respuesta. La infraestructura de combustibles alternativos

sigue siendo escasa, con inversiones desiguales y cuellos de botella regionales. Los precios son volátiles, con escasas referencias transparentes, y presentan amplias diferencias entre regiones.

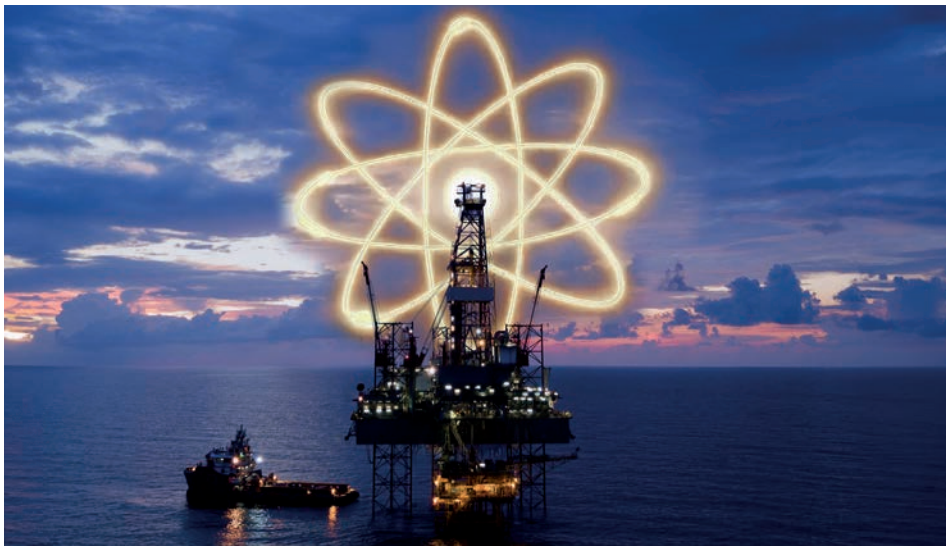
La certificación es otra complejidad añadida. Los reguladores aplican metodologías diferentes de cálculo, umbrales de sostenibilidad y factores de emisión. Un combustible que reduce emisiones en un régimen puede aportar beneficios mucho menores en otro. El resultado es un mercado donde la documentación es tan valiosa como el propio combustible y en el que la capacidad de demostrar el cumplimiento normativo determina si una decisión de compra genera realmente ahorros.

En respuesta a esta complejidad, LR ha desarrollado el *Marine Fuel Disclosure Statement*, un instrumento documental que consolida información técnica y normativa, incluyendo las notas de entrega de combustible (*Bunker Delivery Notes, BDN*), los esquemas de certificación, los factores de emisión y las circulares regulatorias más recientes. Este enfoque proporciona a los compradores la garantía de que sus adquisiciones podrán superar auditorías en distintos regímenes y de que podrán beneficiarse de los mecanismos de cumplimiento sin exponerse a sanciones.

Junto a los combustibles, emergen también tecnologías de propulsión menos convencionales. Los sistemas de propulsión auxiliar eólica están volviendo a considerarse para mejorar la eficiencia energética, y también resurge el debate sobre la propulsión nuclear en buques mercantes (con proyectos de pequeños reactores modulares). ¿Qué potencial tienen estas soluciones en el mercado marítimo actual?

BV: La propulsión eólica auxiliar es una solución probada y económicamente viable. Más de 100 buques mercantes ya operan con estos sistemas a nivel mundial, que pueden aportar reducciones de emisiones de entre un 5% y un 80% si se combinan con combustibles alternativos y optimización operativa. Las instalaciones se duplican aproximadamente cada año.

Tres tecnologías concentran la mayor parte del mercado: los rotores (40%), las velas de succión (30%) y las velas rígidas (20%). Todas ellas han obtenido la aprobación de la sociedad de clasificación y demuestran su viabilidad operativa y su madurez. La instalación de estos sistemas a bordo debe hacer frente a algunas barreras técnicas, como el impacto en la estabilidad y la maniobrabilidad del buque o las restricciones portuarias por calado aéreo, así como a condicionantes operativos, como la actual incertidumbre



Los portacontenedores, petroleros y graneleros de gran porte son los candidatos más factibles. También se exploran centrales nucleares flotantes para suministrar energía a zonas remotas y a instalaciones industriales offshore // LR.

regulatoria y la escasez de datos de rendimiento validados. No obstante, estos sistemas aportan un beneficio directo en términos de reducción del consumo y de las emisiones.

Sobre propulsión nuclear, un estudio de la New Energies Coalition, liderado por BV, concluye que su potencial es real, dado que otras soluciones de descarbonización difícilmente estarán disponibles a escala y a costes competitivos antes de 2050. Los primeros candidatos serían buques con una potencia instalada cercana a 50 MW, que representa el rango inferior de los reactores modulares pequeños (*Small Modular Reactors, SMR*). Según Clarksons, existirían alrededor de 2.200 buques con una potencia instalada de 40 MW o superior, principalmente grandes portacontenedores, graneleros, petroleros y metaneros, que concentran en torno al 80% de las emisiones. Muchos de estos buques acaban de ser renovados o están a punto de hacerlo, usando las tecnologías actualmente disponibles y, dentro de unos 20 años, cuando vuelvan a renovarse, podrían adoptar la propulsión nuclear como solución de cero emisiones.

Podrían identificarse cuatro señales para evaluar si el sector se toma en serio la opción nuclear: la revisión del Código de seguridad para buques mercantes nucleares de la OMI, ratificado en 1981; el lanzamiento oficial del proyecto ATLAS

del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) junto con la OMI, previsto para el primer trimestre de 2026; el reconocimiento por parte de los líderes financieros del potencial de la energía nuclear para la descarbonización, al mismo nivel que las energías renovables; y la actualización y reactivación de la Convención de Bruselas de 1962 sobre la responsabilidad de los operadores de buques nucleares.

DNV: Si se entregan a tiempo los pedidos en cartera de finales de 2024, DNV estima que podrían alcanzarse 100 buques nuevos equipados con sistemas de propulsión eólica (*Wind Assisted Propulsion Systems, WAPS*) para finales de 2027 o antes. Además, los fabricantes están invirtiendo en ampliar su capacidad de producción para cubrir la demanda actual y anticipar un crecimiento del mercado.

Los sistemas de propulsión eólica han alcanzado la madurez comercial, convirtiéndose en una solución viable para reducir el consumo de combustible y las emisiones. La empresa española bound4Blue lidera la integración de estos sistemas en buques en servicio. Tecnologías como *WindWings* están consiguiendo ahorros de combustible verificados de hasta 1,5 toneladas diarias, reduciendo las emisiones en más de 3.800 toneladas de CO₂ anuales por buque. Los sistemas actuales están totalmente automatizados y requieren una formación mínima para

la tripulación. Además, los incentivos regulatorios, como el factor de recompensa por viento del FuelEU, impulsan aún más su adopción.

DNV ha publicado su notación *WAPS ready*, un libro blanco y una práctica recomendada para evaluar el rendimiento de estos sistemas con una metodología transparente y datos verificables.

En cuanto a la propulsión nuclear, el interés por los SMR está aumentando. No obstante, persisten obstáculos relevantes para su desarrollo, como vacíos regulatorios, estrictos requisitos de seguridad, una aceptación social limitada debido a riesgos percibidos y cuestiones pendientes relacionadas con la formación de la tripulación, la responsabilidad y el acceso a puertos. DNV publicó su libro blanco sobre tecnología nuclear marina en octubre de 2025 y recientemente emitió una Aprobación en Principio (*Approval in Principle, AiP*) para un portacontenedores de 15.000 TEU en Corea, lo que supone un hito en la evaluación nuclear marítima.

LR: Los buques propulsados por energía nuclear ofrecen autonomía operativa, alcance global e independencia de las cadenas de suministro de combustible. Los portacontenedores, petroleros y graneleros de gran porte son los candidatos más factibles. También se exploran centrales nucleares flotantes para suministrar energía a zonas remotas y a instalaciones industriales *offshore*.

Sin embargo, persisten preocupaciones relacionadas con la seguridad nuclear, especialmente en lo relativo a la aceptación social de la entrada de buques nucleares en puertos próximos a zonas pobladas. La energía nuclear continúa percibiéndose como un riesgo potencial. Se trata de una situación comparable a la que existía con el GNL hace 15 años, cuando muchos puertos rechazaban su entrada y cuyo uso hoy está ampliamente extendido. La clave reside en comprender y gestionar adecuadamente estas preocupaciones.

La tecnología nuclear actual es muy distinta a la del pasado. Los reactores modulares pequeños ofrecen mejoras significativas en materia de seguridad, menores costes de construcción y un mantenimiento más simplificado. Pueden fabricarse en entornos controlados y transportarse listos para su instalación, reduciendo plazos y costes.



NOMBRE: José María Izquierdo García.

CARGO: Area Manager para España, Portugal, Italia y Malta. DNV Maritime.

ESTUDIOS: Ingeniero Naval por la Universidad Politécnica de Madrid.

TRAYECTORIA: Comenzó su andadura con DNV en 1994 como CMC y FIS Surveyor en Barcelona. En 2014, asumió el cargo de Station Manager para la costa este de España, supervisando las operaciones de las oficinas de DNV en Barcelona, Valencia y Cartagena. Antes de ser nombrado Area Manager, Iberia, Italia y Malta, en 2019 fue NB & CMC Service Line Manager para Iberia.

El marco regulatorio está evolucionando con rapidez. El OIEA, en colaboración con LR, ha lanzado la iniciativa ATLAS (*Atomic Technologies Licensed for Applications at Sea*) para desarrollar marcos regulatorios aplicables al ámbito marítimo. El objetivo es completar este marco en un plazo de cinco a ocho años. LR también colabora con Microsoft en el uso de inteligencia artificial generativa para agilizar los procesos regulatorios, un paso esencial para que la energía nuclear pueda convertirse en una solución viable.

BLOQUE 2: Geopolítica

Los acontecimientos geopolíticos recientes, como la guerra en Ucrania o los ataques de los hutíes en el mar Rojo, están redefiniendo las rutas y dinámicas del transporte marítimo mundial, obligando a desviar tráfico y reconsiderar ciertos

itinerarios tradicionales. También está resurgiendo el interés por la posibilidad de utilizar las vías de navegación árticas. A ello se une la proliferación de la denominada 'flota fantasma', al margen de las normas para sortear sanciones, así como la incidencia en el comercio global de las disputas comerciales entre grandes potencias.

¿Qué impacto están teniendo estos desvíos y cambios de rutas en las cadenas logísticas y en el día a día de las sociedades de clasificación?

BV: Para BV, la consecuencia más palpable del desvío de los tráfico por el cabo de Buena Esperanza está siendo el aumento de la actividad de nuestros inspectores en las islas Canarias. Aunque los ataques de los hutíes en el mar Rojo parecen estar reduciendo su intensidad, la vuelta a la ruta tradicional por el canal de Suez no tiene por qué ser inmediata. Otro factor que contribuye a disuadir el tráfico marítimo en esta zona es la reaparición intermitente de la piratería, que ha experimentado un resurgimiento significativo desde 2023.

DNV: El efecto es claro: más millas y más días en el mar significan mayores costes, pero también mayores ingresos. La guerra en Ucrania impulsó los segmentos de petroleros de crudo y de productos en un 9% y un 12%, respectivamente, un fenómeno sin precedentes y de carácter coyuntural. La pandemia de COVID-19 desencadenó una rentabilidad récord en el transporte de graneles sólidos, con ganancias diez veces superiores para los operadores. El reabastecimiento de los stocks tras el levantamiento de las restricciones en China generó un crecimiento superior al 6% en el comercio de mineral de hierro y carbón, aunque esta tendencia se revirtió en 2025. Finalmente, las disrupciones en el canal de Suez, que canaliza alrededor del 14% del comercio mundial, vieron caer su capacidad en un 70% debido al conflicto, provocando desvíos y viajes un 30% más largos.

Varios países y navieras están explorando las rutas árticas, tanto la vertiente rusa a lo largo de las costas de Siberia como el denominado paso del Noroeste, en Canadá, ante la posibilidad de reducir sustancialmente los días de navegación entre Asia y Europa o América. Desde un punto de vista técnico, ¿cuáles son las principales dificultades que plantea la navegación regular por el Ártico?

BV: La navegación por el Ártico reduce la distancia entre Shanghái (China) y Hamburgo (Alemania) en unas 4.000 millas respecto de la ruta tradicional a través del canal de Suez. A pesar de que las investigaciones confirman el deshielo progresivo del Ártico, la falta de infraestructura marítima, de cartografía adecuada

y de medios de salvamento hace improbable su consolidación como corredor habitual del tráfico Asia-Atlántico a corto y medio plazo. Los buques que navegan por zonas Árticas están sujetos al Código Internacional para los Buques que Operan en Aguas Polares (Código Polar), que regula el diseño, la construcción, el equipamiento y la operación de los buques, así como la formación de las tripulaciones, la protección del medioambiente y la respuesta a emergencias. Al tratarse de ecosistemas extremadamente sensibles, estos buques son más complejos y requieren una mayor inversión tanto en construcción como en explotación. La puesta en servicio del paso del Norte exigiría el desarrollo de nuevas infraestructuras por parte de Estados Unidos y Canadá, y no está claro que forme parte de sus planes a medio plazo.

DNV: Más allá de pequeñas actualizaciones en regulaciones específicas como el Código Polar, no se esperan cambios importantes a corto plazo. Mientras que las rutas del sur registran decenas de miles de travesías anuales, los pasos árticos apenas suman unas decenas, lo que refleja su limitada viabilidad operativa. Requieren tripulaciones altamente capacitadas y buques con notaciones avanzadas de clase de hielo, lo que restringe su utilización a un número reducido de operadores especializados. A pesar del creciente interés, los elevados costes y la complejidad operativa hacen poco probable un aumento significativo del tráfico.

BLOQUE 3: Nuevas tecnologías

El sector marítimo acelera su digitalización y la adopción de tecnologías innovadoras. La pandemia impulsó cambios como inspecciones remotas, formación online de tripulaciones y certificados electrónicos, que se generalizaron con la movilidad restringida y mostraron la capacidad de la digitalización para sostener la operativa. En este contexto, destacan dos ámbitos: el desarrollo de buques autónomos, apoyado en la digitalización y la IA, y nuevas necesidades vinculadas a la economía baja en carbono, como el futuro transporte de CO₂ licuado para proyectos de captura y almacenamiento de carbono (CCS).

¿En qué punto de madurez tecnológica real se encuentran los buques autónomos? ¿Existen ya casos de uso comerciales a corto plazo o continuaremos en la fase experimental durante varios años más? ¿Se están resolviendo cuestiones críticas como la seguridad, las responsabilidades en caso de incidente, la certificación de algoritmos o la formación de operadores remotos?

BV: Los buques autónomos se sitúan en un nivel intermedio de madurez: hay



DNV participa en el proyecto 'Northern Lights' para el desarrollo de una cadena de suministro de captura y almacenamiento de carbono (Carbon Capture and Storage, CCS) en Noruega // NORTHERN LIGHTS.

soluciones viables en casos concretos, pero todavía no permiten una operación plenamente autónoma sin restricciones. El sector continuará previsiblemente en una fase experimental, al menos, hasta el periodo 2026-2028.

El despliegue comercial a corto plazo existe, pero es limitado y se concentra en entornos controlados: navegación de corta distancia y operaciones costeras, vías navegables interiores y operaciones portuarias, buques de apoyo *offshore* con monitorización remota y rutas con condiciones predecibles. En todos los casos, la autonomía es parcial y está sujeta a restricciones operativas.

Existen avances en sistemas de puente integrados y en las comunicaciones buque-tierra, que son la base para una supervisión remota con intervención humana en caso de necesidad. La expansión depende del marco regulatorio. La OMI está abordando cuestiones críticas como la seguridad, la responsabilidad, la certificación de algoritmos y la formación de operadores remotos, pero estos aspectos aún no están plenamente resueltos.

El sector espera la publicación del Código MASS no obligatorio en 2026 para adquirir experiencia y de un Código obligatorio en torno a 2032 como marco completo y vinculante. Persisten, no obstante, desafíos relevantes como la necesidad de estándares específicos de

ciberseguridad, la vulnerabilidad a interferencias GPS/GNSS, la protección de las comunicaciones buque-tierra, la certificación del *software*, la evaluación de riesgos con datos operativos limitados y la definición de marcos claros de responsabilidad, seguros e investigación de incidentes con implicaciones multi-jurisdiccionales.

Las sociedades de clasificación son fundamentales para impulsar estándares técnicos, desarrollar normas para buques autónomos o remotamente tripulados, evaluar riesgos y participar en los trabajos de la OMI, la IACS y la ISO.

DNV: Existe un alto interés de armadores, astilleros y entidades públicas, pero la adopción a gran escala se percibe aún lejana. El sector necesita marcos sólidos basados en análisis de riesgos ante el potencial de incidentes graves, para proteger la vida humana, la propiedad y el medioambiente sin frenar la innovación.

El principal obstáculo es de carácter regulatorio: las normas actuales presuponen dotación humana a bordo y faltan disposiciones específicas para la operación autónoma o remota, estándares de rendimiento para la navegación autónoma y requisitos claros para centros de operación remota y enlaces de comunicación. Aun así, los Estados de abanderamiento pueden conceder exenciones y aprobar soluciones alternativas en aguas nacionales, habilitando desarrollos caso por caso.

DNV aporta procesos de aseguramiento y verificación. La guía DNV-CG-0264 define la Calificación de Concepto y de Tecnología y Sistemas, compatible con la circular MSC.1/Circ.1455 de la OMI, con un enfoque basado en riesgos. Asimismo, desarrolla una herramienta de evaluación de riesgos para conceptos MASS en un proyecto para la Agencia Europea de Seguridad Marítima, derivada del Análisis Funcional de Peligros adaptado. Este proceso puede culminar en una Aprobación en Principio (*Approval in Principle, AiP*) para fabricantes, verificando criterios de rendimiento.

DNV también presta atención a la dimensión humana, mediante la verificación de las competencias de los operadores remotos conforme a DNV-ST-0324 y DNV-RP-023, y la evaluación de procedimientos con DNV-ST-0322 para sistemas de gestión de operaciones autónomas o remotos. La conectividad eleva los riesgos de ciberseguridad; sus reglas incluyen la notación *Cyber Secure* y procesos de aprobación de tipo. Asimismo, DNV ha lanzado la notación AROS para agilizar la identificación de requisitos y la autorización del Estado de bandera en proyectos MASS.

LR: La inteligencia artificial (IA) se está consolidando como una de las palancas digitales con mayor capacidad de transformación en el transporte marítimo, no tanto por sustituir funciones humanas como por reorganizar la forma en que se toman decisiones y se gestionan las operaciones. En un entorno donde la información es abundante y los márgenes operativos son estrechos, la IA se perfila como un socio de trabajo que asume tareas repetitivas de monitorización, análisis de datos y soporte básico a la toma de decisiones, permitiendo que los profesionales se concentren en actividades de mayor valor añadido, como la planificación, la gestión de riesgos, la formación y la supervisión.

En el ámbito de los buques autónomos, este enfoque implica una autonomía centrada en las personas: los sistemas pueden supervisar el rendimiento de los equipos, anticipar necesidades de mantenimiento y optimizar operaciones, pero las decisiones finales (estratégicas, de inversión o de carácter ético) continúan bajo responsabilidad humana.



NOMBRE: Luis Guerrero Gómez.

CARGO: Director de la División Naval para España y Portugal. Director de Desarrollo para Hispanoamérica. Bureau Veritas.

ESTUDIOS: Doctor Ingeniero Naval por la Universidad Politécnica de Madrid.

TRAYECTORIA: Ha desarrollado toda su carrera profesional en Bureau Veritas, donde ingresó en 1987. Ha asumido responsabilidades de dirección en varias divisiones, como la industrial y la certificación de sistemas, y en diferentes áreas geográficas en España, tanto en el norte como en Galicia y el Mediterráneo. Desde el año 2000 se dedica al sector naval, que le apasiona y a cuyo desarrollo dedica la mayor parte de su tiempo.

La IA aporta evidencias y patrones; el operador aporta criterio, experiencia y una evaluación crítica del contexto. Este reparto de funciones puede mejorar la eficiencia operativa y, al mismo tiempo, liberar tiempo para tareas estratégicas, con impacto también en el equilibrio entre la vida laboral y personal.

Para que este modelo funcione, la formación se convierte en un elemento estructural. La alfabetización digital y la capacidad de interpretar datos se vuelven tan relevantes como la pericia marítima tradicional. De ahí que las organizaciones deban invertir en programas de capacitación que permitan aprovechar la IA de forma efectiva en la toma de decisiones comerciales y operativas.

¿Qué particularidades técnicas tienen los buques de CO₂ licuado en comparación con otros gaseros tradicionales (GLP, GNL)? ¿Existe ya un marco regulatorio específico para estos buques, bien sea en el Código IGC de gaseros o en guías provisionales de la OMI, o se está trabajando caso por caso con aprobaciones de clase (AiP, notaciones especiales) a medida que surgen los proyectos? ¿Están las sociedades de clasificación desarrollando reglas o notaciones ad hoc para el transporte de CO₂ y participando en proyectos piloto?

BV: El transporte marítimo de CO₂ licuado (LCO₂) presenta complejidades técnicas específicas: se opera cerca de su punto triple, lo que puede provocar su solidificación; según su composición, puede existir efecto corrosivo; su densidad es mayor que la de otros gases licuados ($\approx 1,2 \text{ t/m}^3$); y es tóxico por el riesgo de asfixia en situaciones de deficiencia de oxígeno.

Existe una base formal en el Código IGC de la OMI (edición 2016), que ya contempla el transporte de CO₂ y exige declarar claramente su composición, por su impacto directo en los aspectos críticos anteriores. Antes de esta cobertura normativa, en 1999 se construyó un buque clasificado por BV y abanderado en los Países Bajos, aprobado por la OMI como primer proyecto mundial de este tipo sin un marco internacional específico, lo que dio lugar a una circular de la OMI. Además, se han desarrollado guías sectoriales (una general ya publicada y otra en desarrollo sobre válvulas de seguridad) y la Organización Internacional de Normalización ha elaborado recientemente un documento de estandarización que incluye el transporte marítimo de CO₂.

BV incorpora la notación de servicio *Liquefied Gas Carrier* (CO₂, IMO Tipo 3) y participa como pionera en el proyecto Greensand (INEOS, Dinamarca), cuyo primer buque está en construcción. Entre los aspectos adicionales que deben considerarse en los buques vinculados a CCS destacan los sistemas de trasiego desde tierra, mediante brazos de carga específicos, y la necesidad de estudios HAZID y HAZOP para prevenir la solidificación en los sistemas de carga.

DNV: Los buques de transporte de LCO₂ son un eslabón fundamental en la cadena de valor de la captura y almacenamiento de carbono. Para 2030 está previsto que la capacidad de captura y almacenamiento se cuadruplique, por lo que la disponibilidad de soluciones de transporte escalables y fiables será determinante. Se trata de un segmento especializado con particularidades técnicas y regulatorias: el CO₂ se transporta a presiones moderadas y temperaturas muy bajas ($\approx -50 \text{ }^\circ\text{C}$), lo que exige sistemas de contención Tipo C altamente

especializados, con resistencia a la corrosión y a la fragilización.

Los sistemas de relicuefacción requieren un control más preciso que en los buques de GNL para evitar transiciones de fase a estado sólido o gaseoso. La elevada densidad condiciona el diseño estructural, afectando a la estabilidad y a los cálculos de peso muerto. Algunos proyectos piloto contemplan además el transporte de GLP o amoníaco, lo que añade complejidad en términos de seguridad y compatibilidad de materiales.

DNV: En ausencia de una normativa global específica, DNV ha introducido notaciones como CO₂ RECOND (acondicionamiento antes de la inyección), OCCS (captura a bordo) y DRILL-CO₂ y CCW (para unidades *offshore* de perforación e inyección), permitiendo a los armadores demostrar el cumplimiento normativo. Asimismo, participa en proyectos como *Northern Lights* y en colaboraciones con HHI, MOL y otros, validando proyectos de buques LCO₂ de hasta 62.000 m³.

El desarrollo de la eólica marina, tanto flotante como fija, está impulsando una nueva demanda de buques especializados, desde unidades de instalación de aerogeneradores (WTIV, Wind Turbine Installation Vessels) hasta buques de apoyo a la operación y el mantenimiento (SOV). ¿Cómo se están adaptando las sociedades de clasificación a esta nueva tipología de flota?

BV: La reciente expansión de los parques eólicos marinos de cimentación fija ha impulsado el desarrollo de buques específicos tanto para la fase de instalación como para la de operación y mantenimiento (O&M). En la instalación destacan los buques de instalación de aerogeneradores (WTIV) y los buques cableros; en mantenimiento, los CTV (*crew transfer vessels*) figuran entre los más demandados. Con la eólica flotante aparecen nuevas necesidades, como los CSOV (*commissioning service operation vessels*) y los AHTS (buques ancleros) para las fases de instalación, además de los citados CTV y SOV para O&M.

Para acompañar esta evolución, BV ha desarrollado y actualizado reglamentaciones con requisitos específicos, además de las notaciones de clase que tienen en cuenta la incorporación de soluciones avanzadas como los sistemas de posicionamiento dinámico, la accesibilidad en condiciones de mala mar o las operaciones de carga en alta mar.

La construcción naval europea se sitúa entre las de mayor potencial de crecimiento en este tipo de buques, por su alto valor añadido y la integración de equipos complejos.

DNV: El auge de la eólica marina ha dado lugar a una nueva generación de



La reciente expansión de los parques eólicos marinos ha impulsado el desarrollo de buques específicos tanto para la fase de instalación como para la de operación y mantenimiento // TSM.

buques especializados, para los que DNV ha desarrollado reglas de clase que cubren aspectos como el posicionamiento dinámico (DP), la estabilidad con grúas de gran capacidad y la operación en condiciones meteorológicas adversas. Muchos de estos buques incorporan sistemas de compensación de pasarelas, propulsión alternativa (metanol, baterías) y sistemas inteligentes para optimizar la seguridad y la eficiencia.

Un ejemplo es el nuevo CSOV de Bibby Marine, construido en Armón Gijón y clasificado por DNV para operaciones de cero emisiones en el mar del Norte. DNV respaldó su validación con notaciones de DP, transferencia de personal y eficiencia energética, y mantiene su colaboración con astilleros, operadores y reguladores para garantizar la seguridad, la sostenibilidad y el cumplimiento normativo.

BLOQUE 4: Protección del medioambiente marino

La protección medioambiental en el transporte marítimo incorpora cada vez más ámbitos y, junto a la descarbonización, gana peso la interacción de los buques con la fauna marina. En este contexto, la OMI ha comenzado a actuar en relación con la contaminación acústica submarina y la protección de los cetáceos. ¿Qué avances destacaríais en la última etapa en materia de mitigación del ruido submarino? ¿Se están adoptando tecnologías para buques más silenciosos? ¿Qué factores

técnicos o económicos dificultan aún una reducción efectiva del ruido? ¿Cómo pueden contribuir las sociedades de clasificación?

BV: El marco regulatorio para mitigar el ruido radiado submarino (URN) es el de la OMI, que en 2023 aprobó las Directrices Revisadas y el Plan de Acción, con una Fase de Generación de Experiencia hasta 2026, animando a Estados y armadores a su aplicación.

Existen soluciones probadas que, además, aportan mejoras de eficiencia, como hélices optimizadas, sistemas de lubricación por aire, variadores de frecuencia para hélices de paso variable y timones de compuerta. Bureau Veritas ofrece la notación de clase *Low URN*. Asimismo, la IACS publicó en octubre de 2024 un procedimiento armonizado de medición del URN que está siendo actualizado para aguas poco profundas bajo el liderazgo de BV.

Persisten, no obstante, condicionantes técnicos relevantes: la necesidad de equilibrar objetivos de reducción de emisiones y protección de la biodiversidad, el coste y la logística de las mediciones a escala real, posibles aumentos de URN asociados a tecnologías de eficiencia y la falta de datos globales consistentes. También deben valorarse los costes de los planes de gestión, que en algunos casos superan las rebajas de tasas portuarias basadas en GT, especialmente en buques de menor tamaño.



El diseño optimizado de las hélices y la geometría de las palas son tecnologías fundamentales para reducir el ruido submarino radiado de los buques // VICUSDT.

Las sociedades de clasificación pueden integrar el URN desde la fase de proyecto, armonizar notaciones, reglas y guías, reducir riesgos mediante herramientas como las AiP o los BDA y promover metodologías de medición más rentables e incentivos que aceleren su adopción.

DNV: Durante las dos últimas décadas, el desarrollo de tecnologías para reducir el URN ha sido muy intenso, con avances en modelado predictivo mediante elementos finitos, caracterización acústica y vibratoria de materiales y equipos, y un refuerzo de capacidades en astilleros, oficinas técnicas, fabricantes y armadores. El cumplimiento de niveles bajos de URN es crítico en ámbitos como la oceanografía y la pesca (referencias como ICES 209), la exploración hidroacústica y la defensa, en un contexto de operaciones cada vez más sostenibles y reguladas.

DNV articula su contribución a través de la implantación del marco revisado de la OMI MEPC.1/Circ.906 Rev.1, en vigor desde diciembre de 2024, que introduce la Planificación de Gestión del URN para definir perfiles acústicos, objetivos de reducción y medidas específicas por tipo de buque. Tecnologías fundamentales son el diseño optimizado de hélices y geometría de palas, los montajes elásticos de maquinaria, la propulsión eléctrica y la gestión de la velocidad por debajo del

umbral de cavitación. También vincula la monitorización de vibraciones con el mantenimiento preventivo, el confort y la reducción del URN.

DNV ofrece la notación SILENT, aplicada ya a decenas de buques, y subraya la importancia del modelado y de los planes de gestión del URN para contribuir a la fase de experiencia de la OMI hasta 2026 y alinear la reducción del ruido con los requisitos de eficiencia energética (EEDI, EEXI y CII).

LR: El *Underwater Radiated Noise* (URN) es uno de los impactos más extendidos y menos comprendidos del transporte marítimo. Afecta a la comunicación, la navegación y la alimentación de diversas especies marinas, y su mitigación contribuye directamente al ODS 14 (vida submarina). Han surgido nuevas coaliciones internacionales, como la *High Ambition Coalition for a Quiet Ocean*, que están impulsando este ámbito. Se están promoviendo innovaciones en el diseño y la operación de los buques para reducir la generación de ruido, y LR participa integrando métricas ambientales en herramientas digitales como OneOcean, que permiten identificar zonas sensibles y adaptar rutas u operaciones.

La innovación tecnológica es clave para alinear las operaciones marítimas con los ODS, mediante diseños de hélice

más silenciosos, formas de casco avanzadas, montajes resilientes de motores y nuevos sistemas de recubrimiento.

En los últimos años se han identificado zonas de especial sensibilidad con un elevado riesgo de colisión entre buques y grandes cetáceos, entre ellas el estrecho de Gibraltar, el golfo de Vizcaya, la costa oeste de Estados Unidos y las rutas hacia Canadá. ¿Qué medidas se están adoptando para reducir este riesgo? ¿Cómo pueden las sociedades de clasificación colaborar mediante estándares técnicos, notaciones voluntarias y certificaciones? ¿Qué dificultades técnicas y regulatorias persisten para integrar la protección de los cetáceos en la operación cotidiana?

BV: En relación con lo anterior, el programa californiano 'Protección de las ballenas azules y los cielos azules' logró una reducción significativa del ruido y una disminución del riesgo de colisión cercana al 50%. En algunas flotas se ha incorporado un botón de «modo silencioso», como el instalado en el puente de mando de un ferry de Columbia Británica (Canadá), que permite una reducción inmediata de la velocidad del buque.

DNV: La interacción entre los buques y los cetáceos en áreas sensibles como el estrecho de Gibraltar, el Cantábrico y las rutas hacia Canadá requiere medidas específicas. DNV respalda el uso de tecnologías como cámaras térmicas, hidrófonos, sistemas de alerta a bordo y la planificación de rutas alternativas.

La notación de clase WHALE SAFE (actualmente en desarrollo) tiene como objetivo certificar prácticas operativas que minimicen el riesgo de colisión. Asimismo, DNV promueve la reducción de la velocidad en zonas críticas y la integración de sensores en el diseño de nuevos buques.

La principal limitación radica en la falta de regulaciones vinculantes y en la necesidad de incorporar estas medidas en las operaciones diarias sin afectar a la eficiencia comercial. Como sociedad de clasificación, DNV contribuye a reforzar la confianza pública mediante estándares verificables, transparencia y colaboración con autoridades marítimas y medioambientales.

LR: El debate sobre sostenibilidad suele centrarse en las emisiones de GEI, mientras que la relación con la biodiversidad marina es menos visible. El impacto del transporte marítimo es complejo y acumulativo: ruido radiado, descargas operativas, colisiones con fauna y transferencia de especies exóticas. LR ayuda a las organizaciones a traducir sus objetivos corporativos de sostenibilidad en prácticas operativas, identificando presiones ambientales y definiendo acciones de mitigación.