

El transporte marítimo de CO₂, un nuevo subsector en expansión

TRADUCCIÓN Y RESUMEN DE ANAVE DEL LIBRO BLANCO DE DNV SOBRE TRANSPORTE MARÍTIMO DE CO₂: PROYECTO, SEGURIDAD Y CONSIDERACIONES NORMATIVAS PARA UNA FLOTA EMERGENTE

El despliegue de proyectos de captura y almacenamiento de carbono (CCS) está generando un creciente interés por el transporte marítimo de CO₂, que se perfila como un eslabón necesario para conectar las plantas emisoras (por ejemplo, las industrias de tierra) con los emplazamientos de almacenamiento geológico. Esta actividad, hasta ahora limitada a unos pocos buques en nichos muy específicos, podría convertirse en un

nuevo segmento de la marina mercante con un importante recorrido en los próximos años. En esta Tribuna Profesional se resumen los principales aspectos normativos, técnicos y de mercado recogidos en el libro blanco publicado por DNV 'CO₂ Shipping – Design, safety, and regulatory considerations for an emerging fleet', con especial atención a las oportunidades y retos que este nuevo tráfico plantea para los armadores.

General

El transporte marítimo de dióxido de carbono (CO₂) se está erigiendo como un subsector de relevancia creciente dentro del transporte marítimo internacional. Su desarrollo se relaciona estrechamente con la expansión de las cadenas logísticas de captura y almacenamiento de carbono (CCS, por sus siglas en inglés), consideradas una herramienta imprescindible para reducir emisiones en sectores industriales de difícil descarbonización, como el del acero o el cemento.

Hasta ahora, el transporte de CO₂ por mar se limitaba a un tráfico muy especializado en el norte de Europa, con pequeños buques que abastecían a la industria alimentaria y de bebidas. El salto que se plantea en la actualidad es de gran magnitud: de transportar unas decenas de miles de toneladas anuales en rutas cortas, a constituirse en la columna vertebral de proyectos internacionales de CCS que muevan millones de toneladas de CO₂ capturado.

Las instalaciones de captura y almacenamiento de CO₂ en desarrollo se concentran actualmente en Europa

septentrional y en la región Asia-Pacífico, con proyectos destacados en el mar del Norte, Japón, Corea y Australia. Estas zonas, donde coinciden grandes emisores industriales y emplazamientos geológicos adecuados para el almacenamiento, serán previsiblemente los primeros focos de demanda de transporte marítimo de CO₂. De hecho, en los próximos cinco años, la capacidad global de captura y almacenamiento podría más que cuadruplicarse hasta alcanzar entre 210 y 270 millones de toneladas anuales, y seguir creciendo hasta 2050. Este aumento necesitará de una expansión paralela de la flota de transporte marítimo de CO₂.

La flota mundial de buques de gran capacidad dedicados a este tráfico está todavía en sus inicios. En 2025 solo se habían entregado dos unidades (*Northern Pioneer* en diciembre de 2024 y *Northern Pathfinder* en enero de este año, ambos de 7.500 m³ para Northern Lights), además de contar con otras en cartera, pero las previsiones de crecimiento son positivas.

Esta evolución recuerda a lo ocurrido con el transporte de GNL: un comienzo

experimental con unos pocos proyectos pioneros que, en pocas décadas, dio lugar a un sector maduro, con astilleros especializados, armadores de referencia y mercados de fletamento consolidados. El transporte marítimo de CO₂ está aún en el punto de partida, pero el potencial de desarrollo es similar.

Marco regulatorio

El marco normativo aplicable a este tráfico se encuentra en fase de evolución. El instrumento de referencia es el *International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk* (Código IGC), que ya contempla requisitos específicos para el transporte de CO₂.

En la actualidad, el CO₂ se clasifica en el Código IGC como 'gas inerte (asfixiante)'. Sin embargo, el Subcomité de Transporte de Cargas y Contenedores de la OMI está estudiando su reclasificación como producto tóxico, lo que implicaría mayores exigencias de seguridad. Aunque estas enmiendas estaban inicialmente previstas para su aprobación en el MSC 110 celebrado en junio de 2025, finalmente se decidió posponerlas para su revisión técnica en el CCC 11, antes de su adopción formal por el MSC a lo largo de 2026. La entrada en vigor se mantiene prevista para el 1 de julio de 2028.

Cuando el CO₂ se transporta con destino a su almacenamiento permanente bajo el lecho marino, entran en juego

DNV

además otras normas de la OMI como la Convención de Londres sobre vertidos y su Protocolo asociado. Una enmienda de 2006 a este último introdujo la posibilidad de inyectar CO₂ en formaciones geológicas submarinas, pasándolo a considerar una actividad permitida con requisitos de seguridad específicos y no un vertido contaminante.

En la UE, el marco jurídico lo conforman la Directiva sobre almacenamiento geológico de CO₂, centrada en la fase de almacenamiento pero que reconoce al transporte como parte de la cadena, y el EU ETS, que desde 2024 cubre las emisiones del transporte marítimo y contempla la no contabilización del CO₂ destinado a almacenamiento permanente. No obstante, la regulación específica de su transporte por mar aún está por desarrollar.

Además, las sociedades de clasificación también han comenzado a publicar orientaciones específicas. La Asociación Internacional de Sociedades de Clasificación (IACS) ha emitido la Recomendación 174, que recoge procedimientos para evaluar el límite elástico, el pandeo y la resistencia a la fatiga de los tanques tipo C mediante análisis por elementos finitos. Este tipo de documentos técnicos complementa la normativa de la OMI y ofrece a astilleros y armadores criterios más detallados para el diseño y la seguridad estructural de los buques para el transporte de CO₂.

Este marco normativo, aún en consolidación, constituye además un factor clave para los armadores. La existencia de reglas claras, homogéneas y estables será determinante para que el sector pueda atraer inversiones y desarrollarse con seguridad jurídica, como ya ocurrió en su día con el GNL.

El transporte marítimo de CO₂: similitudes con otros gases y especificidades

El transporte marítimo de CO₂ guarda una estrecha relación con el de GLP, hasta el punto de que muchos de los primeros diseños de buques se han inspirado directamente en los gaseros semirrefrigerados. Ambos utilizan tanques independientes tipo C y comparten buena parte de los sistemas de manipulación de la carga, lo que significa que los conocimientos adquiridos en la construcción y operación de estos gaseros pueden aprovecharse de manera directa. Para armadores y astilleros con experiencia en este segmento, se trata por tanto de una transición relativamente natural.

Sin embargo, el CO₂ presenta propiedades particulares que lo convierten en un producto distinto. Es más denso que el GLP o el GNL, y no puede mantenerse líquido a presión atmosférica. Si la



presión desciende por debajo de 5,1 bar a -56 °C, pasa a estado sólido en forma de hielo seco, con el riesgo de bloquear válvulas y tuberías.

Esta condición obligará a mantener un control muy preciso de la presión y la temperatura, y a reforzar los tanques y la estructura del buque para soportar los mayores esfuerzos dinámicos generados por el peso de la carga.

En ese sentido, la elevada densidad del CO₂ hace que estos buques se vean más limitados por el peso muerto de la carga que por el volumen disponible en los tanques. Por ello, se tiende a utilizar configuraciones con múltiples tanques en hileras para repartir esfuerzos, en lugar de diseños que optimicen únicamente el espacio de bodega.

Otro aspecto clave es la composición del CO₂ transportado. Mientras que el destinado a usos alimentarios es casi puro, el procedente de procesos industriales suele contener impurezas que pueden alterar sus propiedades termodinámicas y generar entornos corrosivos que comprometan la integridad de tanques y tuberías. La ausencia de estándares universales sobre la pureza del producto es una fuente de incertidumbre y obligará a cada proyecto a definir unas especificaciones propias, con las consiguientes implicaciones técnicas y contractuales.

En lo relativo a su almacenamiento y transporte, se distinguen tres categorías: baja, media y alta presión, aunque los límites entre ellos no son taxativos. Los primeros buques se han proyectado para operar a media presión, en torno a 15-18 bar y temperaturas de -21 a -26 °C. Estas condiciones, ya utilizadas en la industria terrestre, ofrecen fiabilidad y seguridad, pero limitan el tamaño máximo de los tanques por el grosor del acero necesario.

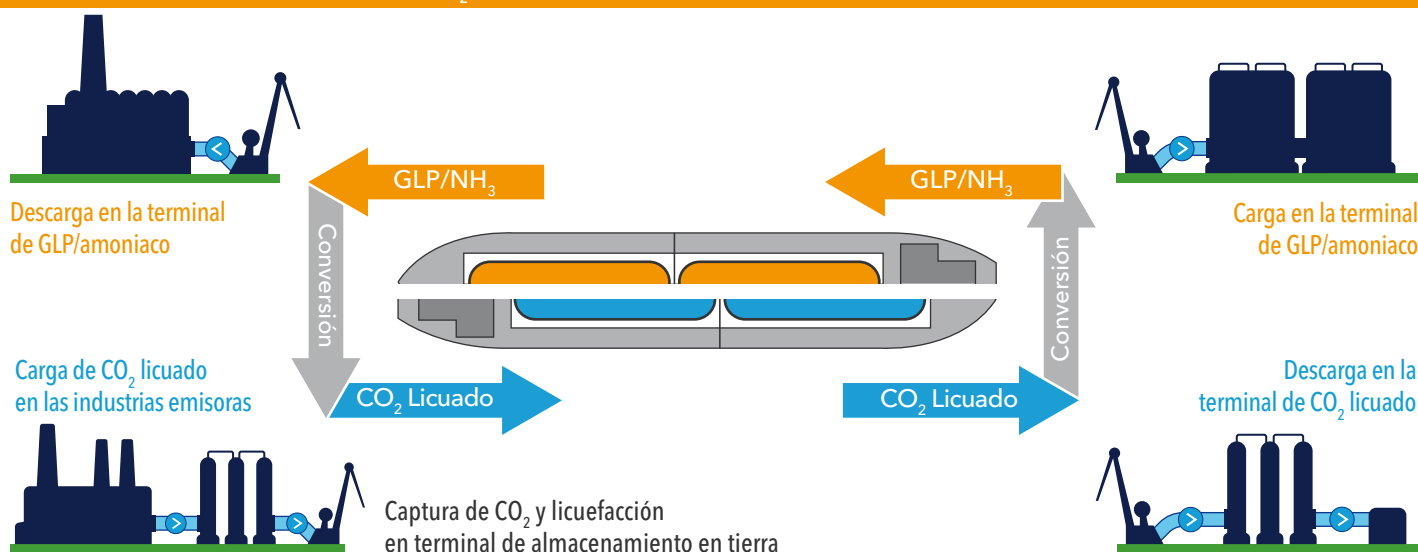
Para proyectos de mayor envergadura se están probando configuraciones de baja presión, que permitan aumentar la capacidad de carga aunque presenten un mayor riesgo de acercarse al punto triple del CO₂ y provocar solidificación; y de alta presión, que reducirían el consumo energético de licuefacción a cambio de una mayor complejidad técnica y regulatoria. Incluso se han planteado iniciativas de transporte de CO₂ sólido a -78 °C y presión atmosférica, una idea aún experimental y sin respaldo normativo.

En cuanto a otros aspectos de la operativa diaria, además del control de las condiciones de presión, temperatura e impurezas, los buques para el transporte de CO₂ presentan ciertas particularidades:

- **Uso como combustible a bordo.** El CO₂ no puede utilizarse como combustible, a diferencia de otros gases. Los buques

(PASA A PÁGINA 20)

PROYECTO DE TRANSPORTE DUAL CO₂ LICUADO Y GASES LICUADOS DEL PETRÓLEO O AMONIACO



(VIENE DE PÁGINA 19)

deberán disponer de sistemas de propulsión y almacenamiento de combustible independientes. Esta circunstancia previsiblemente se traducirá en una mayor complejidad de proyecto y mantenimiento, al tiempo que obligará a los armadores a decidir si emplean combustibles convencionales como gasóleo marino o fuelóleo bajo en azufre, o bien si apuestan por alternativas como metanol o GNL, en función de la normativa ambiental y de sus estrategias operativas y de descarbonización.

- **Transporte dual.** Mientras el mercado del CO₂ madura, se estudia la posibilidad de proyectar buques con capacidad para transportar también GLP o amoníaco. Esta opción podría mejorar la flexibilidad comercial y permitir aprovechar viajes de retorno, aunque exigirá equipos de seguridad adicionales y el cumplimiento íntegro del Código IGC en lo relativo a cargas inflamables o tóxicas.
- **Plantas de reacondicionamiento a bordo del CO₂.** En el futuro se espera que algunos buques estén equipados con sistemas de reacondicionamiento capaces de ajustar la presión y la temperatura del producto para adecuarlo a las condiciones del yacimiento geológico. Estas unidades serían comparables a las FSRU en el sector del GNL y previsiblemente aportarán gran flexibilidad, al permitir la inyección directa

en el subsuelo o la entrega a otra instalación. Su implantación podría acelerar la entrada en funcionamiento de proyectos de almacenamiento, reduciendo la necesidad de infraestructuras fijas de gran envergadura.

Descarga e inyección en instalaciones offshore

El transporte marítimo de CO₂ está íntimamente ligado al almacenamiento geológico, que en la mayoría de los casos se localizará en formaciones submarinas. La forma en que se realice la descarga y la inyección en el reservorio condiciona tanto el diseño de los buques como la organización de la cadena logística. Actualmente se estudian varias configuraciones:

- **Inyección directa desde buques lanzadera, que transportan el CO₂ desde la costa hasta el emplazamiento marino y se conectan a un sistema de boyas o a plataformas ya existentes.** Esta solución reduce la necesidad de grandes infraestructuras intermedias, pero requiere que los buques estén equipados con sistemas de posicionamiento dinámico y equipos de bombeo adecuados para garantizar la seguridad durante la operación, además de los sistemas ya citados de reacondicionamiento de la carga.
- **Plataformas fijas, instaladas en aguas someras, que reciben el CO₂ de los buques y lo inyectan al reservorio de**

manera intermitente o continua. Esta opción resulta más estable, pero implica una inversión significativa y está limitada a zonas con poca profundidad.

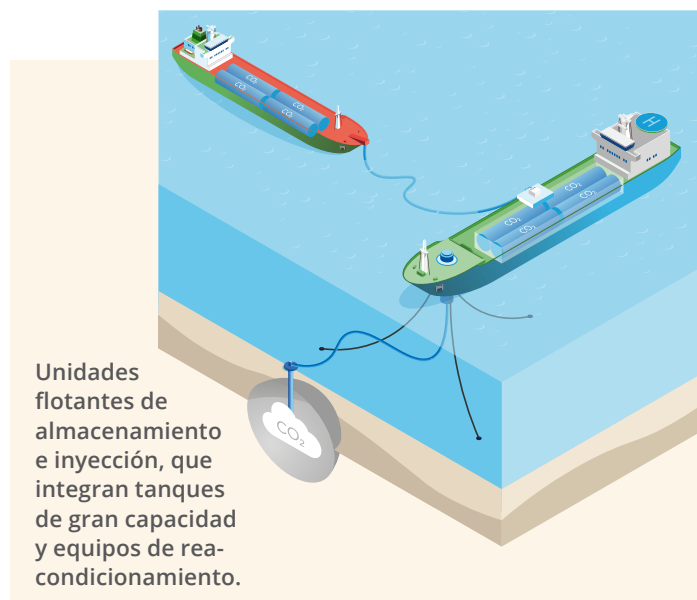
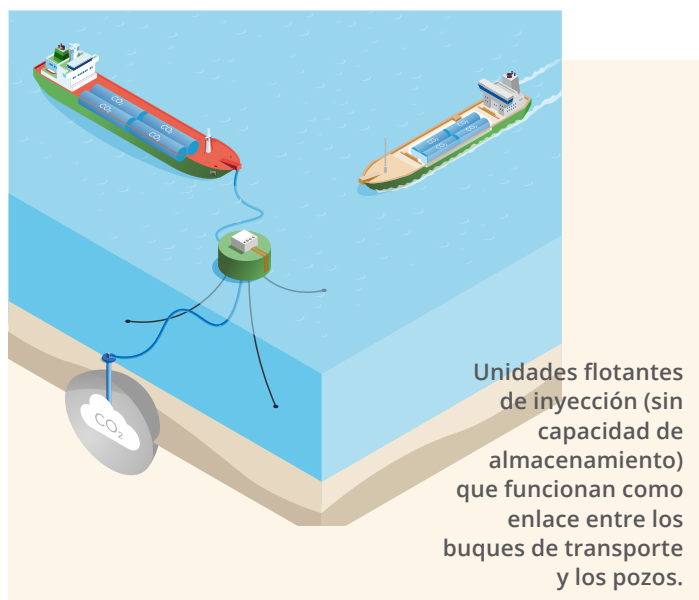
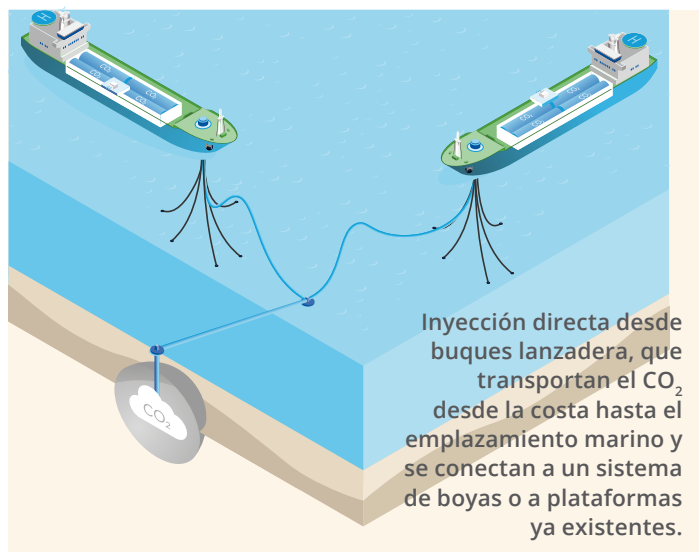
- **Unidades flotantes de inyección (sin capacidad de almacenamiento) que funcionan como enlace entre los buques de transporte y los pozos.** Su ventaja es la flexibilidad para ubicarse en distintas localizaciones y adaptarse a la llegada de buques de diferentes tamaños.
- **Unidades flotantes de almacenamiento e inyección, que integran tanques de gran capacidad y equipos de reacondicionamiento.** Gracias a esta capacidad de almacenamiento, pueden mantener un flujo constante hacia el yacimiento con independencia de la frecuencia de llegada de los buques. Son la opción más compleja técnicamente, pero también la que ofrece mayor seguridad de suministro y estabilidad operativa.

Estas alternativas ponen de relieve la estrecha interdependencia entre el transporte marítimo de CO₂ y la industria offshore. Los armadores interesados en este mercado deberán establecer alianzas con compañías energéticas y con empresas de ingeniería especializadas, y estar dispuestos a operar en esquemas más sofisticados que los habituales en el transporte convencional. Además, el éxito de cada proyecto dependerá de la sincronización de toda la cadena: si alguno de los elementos (captura, transporte o inyección) no funciona a tiempo o a la escala prevista, el conjunto del sistema puede verse comprometido.

Conclusión

El transporte marítimo de CO₂ está llamado a convertirse en un subsector especializado de la marina mercante en la próxima década. Aunque su punto de

DESCARGA E INYECCIÓN EN INSTALACIONES OFFSHORE



partida es reducido, los planes de captura y almacenamiento en Europa y Asia anticipan un crecimiento acelerado de la demanda de buques capaces de operar en rutas de corto, medio y largo alcance.

Se trata de un tráfico con similitudes respecto a los gaseros semirrefrigerados de GLP, lo que permitirá aprovechar la experiencia ya existente de astilleros, armadores y tripulaciones. Pero sus particularidades, como la mayor densidad de la carga, las exigencias de presión y temperatura, el riesgo de solidificación, la corrosión por impurezas y la imposibilidad

de usar el CO₂ como combustible, justifican que se configure como una categoría propia dentro del transporte marítimo de gases licuados.

Para los armadores representa una oportunidad de diversificación vinculada a la transición energética, pero también un reto considerable, tanto por los elevados costes de construcción y la necesidad de estándares regulatorios claros, como por la dependencia de que los proyectos de CCS alcancen escala comercial.

En este contexto, el papel de la OMI será determinante para dotar al sector de

un marco normativo estable y coherente a nivel global. Al mismo tiempo, la Unión Europea tiene la oportunidad de desempeñar un papel decisivo impulsando el desarrollo industrial y la inversión necesaria para que este nuevo tráfico alcance escala comercial. Sin ese respaldo, existe el riesgo de que la regulación avance a un ritmo más rápido que la capacidad tecnológica e industrial, lo que podría dificultar que el transporte marítimo de CO₂ despliegue plenamente su potencial como un eslabón esencial en la cadena de descarbonización industrial.

ANAVE, como editora de anave.es, no se hace responsable de la fidelidad de los datos publicados por las fuentes. Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre que se cite a ANAVE como fuente.