

Manuel Carlier de Lavalle\*

# EL TRANSPORTE MARÍTIMO: SU IMPORTANCIA PARA LA ECONOMÍA MUNDIAL. TENDENCIAS A MEDIO Y LARGO PLAZO

*En este artículo se pone de manifiesto y cuantifica la relevancia del transporte marítimo para la economía mundial y las principales tendencias que cabe esperar caractericen su desarrollo en los próximos decenios. Del carácter intrínsecamente internacional del transporte marítimo se deduce la necesidad de una normativa también uniforme en el ámbito internacional. Se cuantifica la demanda de transporte atendida en 2017 por tipos de mercancías, las tendencias experimentadas en los 15 últimos años y las tendencias esperadas, tanto de evolución cuantitativa de la demanda como en aspectos que se espera resulten claves como la descarbonización, digitalización y los avances hacia los buques autónomos.*

**Palabras clave:** *tráficos tramp, líneas regulares, descarbonización, buques autónomos, digitalización.*  
**Clasificación JEL:** *F6, F17, O3, Q54, R41.*

## 1. Introducción

### Dos tipos de servicios de transporte marítimo

En el comercio mundial y, por tanto, en el tráfico marítimo, cabe distinguir principalmente dos ámbitos, que vienen determinados por dos modalidades claramente diferenciadas de prestación del servicio de transporte:

— Tráficos *tramp*. La mayor parte de los países desarrollados han agotado sus materias primas, por razones obvias de proximidad, y precisan importarlas. Son excepción Estados Unidos, Canadá y Australia,

por su historia mucho más reciente y su baja densidad de población. En el caso de China, pese a estar considerada aún hoy día como una economía *emergente*, ha desarrollado en los últimos 15 años una enorme capacidad industrial, lo que la ha convertido en el primer importador mundial de materias primas.

Las mercancías que se transportan en estos tráfico son, en general, productos sin ninguna o con poca elaboración y de un valor específico (por unidad de peso o volumen), relativamente bajo, casi siempre menos de 500 dólares/tonelada, por lo que no pueden soportar un elevado coste del transporte. Por ello, en el comercio de estos productos resulta clave reducir al mínimo el coste de transporte por unidad de carga. Por este y otros motivos, en estos tráfico las mercancías se mueven en grandes partidas, de decenas e

---

\* Director General de la Asociación de Navieros Españoles. Profesor de Economía Marítima, Universidad Politécnica de Madrid. European Community Shipowners Associations, Member of the Board.

incluso cientos de miles de toneladas, y en la mayor parte de los casos a granel, es decir, sin envase.

Las distancias son asimismo relativamente muy grandes, del orden, en general, de varios miles de millas. Por todo ello, no existe prácticamente otra alternativa para su transporte que el modo marítimo. Estos tráficos constituyen la parte más importante de la demanda de transporte marítimo en términos de tonelaje, casi el 77 por 100.

Es este el caso del crudo y productos del petróleo, mineral de hierro, carbón, cereales, productos químicos, gases licuados, minerales diversos, etc. Normalmente se transportan a granel y en cargamentos completos de gran tamaño, en buques que son contratados (fletados) especialmente para cada transporte, constituyendo lo que se llaman «tráficos *tramp*», equivalentes a los transportes discrecionales por carretera. Estos servicios de transporte se suelen contratar para uno o pocos viajes, quedando a continuación el buque libre para contratar el transporte de otro cargamento para otro puerto cualquiera, llevando de este modo una vida errante (de ahí su nombre: *tramp* = vagabundo).

Los buques utilizados en estos tráficos se proyectan específicamente para ser capaces de transportar un determinado tipo de carga a granel en condiciones adecuadas de seguridad y de economía. Cabe citar, como ejemplos, los buques-tanque conocidos como petroleros, gaseros y quimiqueros en el caso de los graneles líquidos y los llamados graneleros en la carga seca.

— Servicios de líneas regulares. Contrariamente al caso anterior, tradicionalmente, los países en vías de desarrollo, que disponen de abundantes materias primas, debían importar productos manufacturados de toda índole, por no disponer de industria propia suficiente. Asimismo, los países desarrollados se han especializado en determinados tipos de productos, que exportan a los demás. De nuevo en este caso, desde comienzos de este siglo, China constituye un caso singular, por haberse convertido en el primer exportador

mundial de productos manufacturados, a pesar de ser considerada como una economía emergente. También hay ciertos productos semielaborados como café, algodón, tabaco, cacao, té, frutas, etc. que, por su valor relativamente elevado y su carácter delicado y perecedero, se transportan habitualmente en partidas relativamente pequeñas.

Sin duda, el kilo de ordenador, o de televisores, o incluso de café, resulta mucho más caro que el de carbón. Es decir, estas mercancías tienen un valor específico, por unidad de peso o volumen, mucho mayor. Por los mismos motivos, las partidas comerciales tienen un tamaño medio mucho menor, de modo que resultaría imposible obtener un cargamento del volumen suficiente para llenar un buque completo, por lo que se transportan habitualmente en buques que sirven «servicios regulares» con itinerarios predeterminados, salidas previamente anunciadas, y que ofrecen su bodega a todos los cargadores que deseen utilizarlas simultáneamente.

Los servicios prestados por estos buques se conocen como servicios de líneas regulares, y las mercancías que en ellos se transportan, como «carga general». Hoy en día, más del 70 por 100 de estas mercancías se transportan en contenedores.

El tonelaje total de mercancías que se transportan en régimen de línea regular es mucho menor que el de las transportadas en régimen *tramp* (poco más del 23 por 100 del total del comercio mundial), pero no por ello las líneas regulares tienen menos importancia, ya que los fletes pagados por estos servicios son en conjunto sensiblemente mayores (del orden del doble) que los abonados por todos los transportes de graneles.

Ello se debe, principalmente, al mayor coste de la manipulación (carga, descarga, estiba y desestiba) de este tipo de mercancías, que se transportan embaladas y además requieren un cuidado especial para evitar su deterioro. En la manipulación de cargas secas a granel (carbón, grano, etc.) las velocidades de carga-descarga son muy superiores a las de la carga general convencional, si bien la generalización del uso de los

**CUADRO 1**  
**CARACTERÍSTICAS Y DIFERENCIAS ENTRE TRÁFICOS *TRAMP***  
**Y SERVICIOS DE LÍNEAS REGULARES**

Concepto	Tráficos <i>tramp</i>	Líneas regulares
Tipos de mercancías	Cargamentos homogéneos. Materias primas o poco elaboradas, de bajo valor específico. A granel.	Cargamentos heterogéneos. Mercancías elaboradas o materias primas valiosas y/o perecederas. Envasadas y/o en contenedores.
Cargas típicas	Graneles líquidos (petróleo crudo y derivados, gases licuados, productos químicos). Graneles sólidos (carbón, mineral de hierro, otros minerales, grano, madera).	Carga general convencional ( <i>break bulk</i> ), contenedores, cargas rodadas (vehículos y semirremolques), refrigeradas.
Buques típicos	Buques tanque (petroleros, quimiqueros, gaseros). Graneleros ( <i>bulk carriers</i> ). OBOS (mixtos).	Portacontenedores celulares. <i>Roll-on/roll-off</i> . Polivalentes convencionales. Cargueros frigoríficos.
Cargadores	Uno o muy pocos.	Numerosos (incluso miles por buque).
Itinerarios	Discrecionales ( <i>tramp</i> ).	Fijos y predeterminados.
Mercado	Muy transparente.	Cartelizado. Cooperación entre empresas: conferencias, <i>pools</i> , consorcios, alianzas.
Fletes y condiciones	Se negocian en cada caso.	Tarifas públicas. Contrato de adhesión.
Documento contrato	Póliza de fletamento + conocimiento de embarque.	Conocimiento de embarque.

**FUENTE:** Elaboración propia.

contenedores ha elevado enormemente su productividad. En todo caso, la importancia económica de los servicios regulares es muy elevada y comparable a la de los servicios *tramp*.

En la práctica, los tráfico *tramp* y los servicios de líneas regulares constituyen dos mercados muy diferentes en casi todos los aspectos, existiendo poca relación entre ambos, como resume el Cuadro 1.

### **Carácter internacional del transporte marítimo.** **Necesidad de una normativa uniforme**

A pesar de estas diferencias tan notables en tantos ámbitos, los tráfico *tramp* y los servicios de líneas

regulares tienen en común una característica muy importante: se trata de servicios intrínsecamente internacionales por su propia naturaleza, por lo que los buques deben poder moverse por el mundo sin obstáculos técnicos o reglamentarios.

Y, al mismo tiempo, se trata, en ambos casos, de una actividad económica que se desarrolla en un medio hostil y que entraña cierto riesgo para las personas (tripulaciones, pasajeros y terceros), los buques, las mercancías que transportan y el medio ambiente. Por eso es necesario establecer y hacer cumplir un conjunto de normas de seguridad que prevengan en lo posible la incidencia de accidentes y, en caso de ocurrir, minimicen sus consecuencias y establezcan

procedimientos para indemnizar económicamente a quienes hayan resultado perjudicados.

Teniendo en cuenta ambas consideraciones, es evidente que el transporte marítimo necesita un marco normativo que cubra todas estas áreas y, a la vez, sea lo más uniforme posible en el ámbito internacional. A este fin, la Organización de las Naciones Unidas creó una agencia especial, la Organización Marítima Internacional (OMI), con sede en Londres, que comenzó a funcionar en 1959, con el encargo de «fomentar, a través de la cooperación, un transporte marítimo seguro, protegido, ecológicamente racional, eficaz y sostenible. Esta misión se cumplirá mediante la adopción de las normas más estrictas posibles de protección y seguridad marítimas, eficacia de la navegación y prevención y control de la contaminación ocasionada por los buques, así como mediante la consideración de los asuntos jurídicos conexos y la implantación efectiva de los instrumentos de la OMI para que se apliquen de manera universal y uniforme».

La OMI tiene actualmente 172 Estados miembros y, en sus 58 años de existencia, ha desarrollado una ingente labor, consiguiendo el consenso y la entrada en vigor de unos 50 instrumentos legales que van desde la seguridad de la vida humana en la mar (convenio SOLAS), la prevención de la contaminación marina y atmosférica (MARPOL), la formación de los marinos y sus horarios de trabajo y descanso (STCW), la prevención de abordajes (COLREG), la compensación por daños producidos por contaminación (CLC, FUND y BUNKERS), y un larguísimo etcétera.

## 2. Importancia del comercio marítimo para la economía mundial

En el mundo actual, la globalización es un hecho tan cotidiano, no solo en el mundo de las comunicaciones sino en todos los ámbitos de nuestra vida, que no siempre se aprecia la importancia clave del papel que el transporte marítimo ha jugado para hacer posible la globalización.

El transporte marítimo era ya muy importante hace 40 años para el comercio de materias primas a granel, como mineral de hierro y productos energéticos como carbón, petróleo crudo y productos del petróleo. No obstante, en los últimos 15 años el desarrollo de los tráficos de contenedores para mercancías elaboradas y semielaboradas ha sido extraordinario.

Se estima que, hoy día, alrededor del 90 por 100 del comercio mundial (en tonelaje) se transporta por vía marítima. En concreto, el *broker* y consultor marítimo Clarkson calculaba, a mediados de octubre que, en el año 2017, se moverán por mar 11.536 millones de toneladas (Mt), con un aumento del 3,7 por 100 respecto de 2016. Se trata de una cantidad tan elevada que no es fácil de asimilar, pero su importancia se aprecia aún mejor si se analizan cuáles son los productos que se transportan (Cuadro 2).

En otros términos: el transporte marítimo movió en 2017 unos 5.170 Mt de combustibles fósiles, unos 3.380 Mt de otros minerales y unos 2.690 Mt de productos manufacturados, además de 510 Mt de granos. Se trata de productos vitales para la economía. Esto justifica plenamente la frase de William O'Neil, secretario general de la OMI entre 1990 y 2003, quien afirmaba que «sin el transporte marítimo, la mitad del mundo se helaría y la otra mitad se moriría de hambre».

## 3. Tendencias observadas y previstas del comercio marítimo

### Evolución en los últimos 15 años

¿Cuáles han sido los efectos de la globalización sobre la demanda de transporte marítimo, en toneladas? En los últimos 15 años, la demanda de transporte marítimo, en toneladas, ha sufrido un cambio extraordinario, no solo en valor absoluto (pues ha aumentado un 75 por 100 respecto de 2002, sino también en su estructura por grupos de mercancías, que han evolucionado de forma muy dispar, como muestra el Cuadro 3.

**CUADRO 2**  
**PRINCIPALES MERCANCÍAS Y CANTIDADES TRANSPORTADAS POR MAR EN 2017**  
(En millones de toneladas)

Grupo	Principales mercancías y cantidades transportadas en 2017				Total
Graneles sólidos .....	Mineral de hierro: 1.482	Carbones: 1.183	Grano: 510	Otros: 1.899	<b>5.074</b>
Graneles líquidos.....	Petróleo crudo: 1.997	Productos petróleo: 1.093	Gases licuados: 387	Productos químicos: 292	<b>3.769</b>
Carga general.....	En contenedores: 1.817	Convencional: 874	-	-	<b>2.691</b>
<b>Total .....</b>					<b>11.536</b>

**FUENTE: CLARKSON, 2017.**

**CUADRO 3**  
**EVOLUCIÓN DEL COMERCIO MARÍTIMO MUNDIAL ENTRE 2002 Y 2017**

	Principales graneles sólidos*	Graneles sólidos menores	Crudo y productos petróleo	Otros graneles líquidos	Carga en contenedores	Carga general convencional	Total
2002	1.310 19,9%	1.199 18,2%	2.190 33,3%	323 4,9%	693 10,5%	871 13,2%	<b>6.586</b> <b>100%</b>
2017	3.175 (+142%) 27,5%	1.899 (+58%) 16,5%	3.090 (+41%) 26,8%	679 (+110%) 5,9%	1.817 (+162%) 15,8%	874 (+0,3%) 7,6%	<b>11.536</b> <b>(+75%)</b> <b>100%</b>

NOTA: \* Mineral de hierro, carbón y granos.  
**FUENTE: CLARKSON, 2017.**

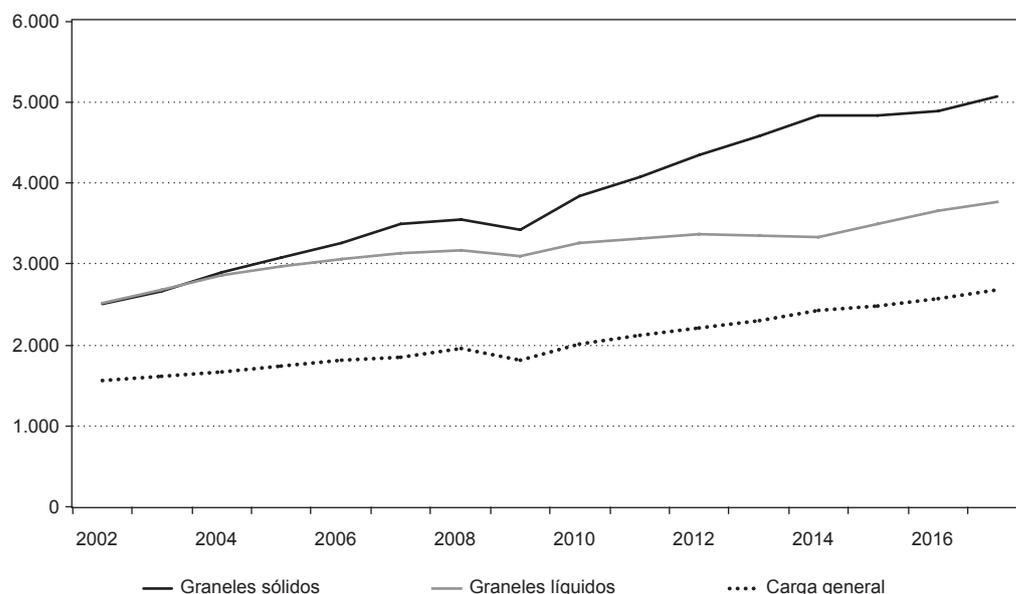
Se aprecia que los mayores aumentos los han experimentado las cargas en contenedores (+162 por 100) y los graneles sólidos principales (+142 por 100), crecimientos motivados en ambos casos por el enorme tirón de las manufacturas e importaciones de China.

También han aumentado de forma muy notable los transportes de gases licuados (+110 por 100), sobre todo por el auge del gas natural, como combustible más limpio que los derivados del petróleo y competitivo en

precio con el mismo. Esta tendencia es previsible que siga aumentando a medio plazo.

Mucho menor ha sido el aumento del transporte del conjunto de crudo y productos del petróleo (+41 por 100) y de los graneles menores (+58 por 100), mientras que la carga general convencional (no en contenedores) ha permanecido en las mismas cifras absolutas que hace 15 años, habiendo bajado su cuota del 13,2 por 100 a solo el 7,6 por 100 del comercio marítimo global.

**GRÁFICO 1**  
**EVOLUCIÓN DEMANDA DE TRANSPORTE MARÍTIMO POR GRUPOS DE PRODUCTOS**  
(En millones de toneladas)



FUENTE: CLARKSON, 2017.

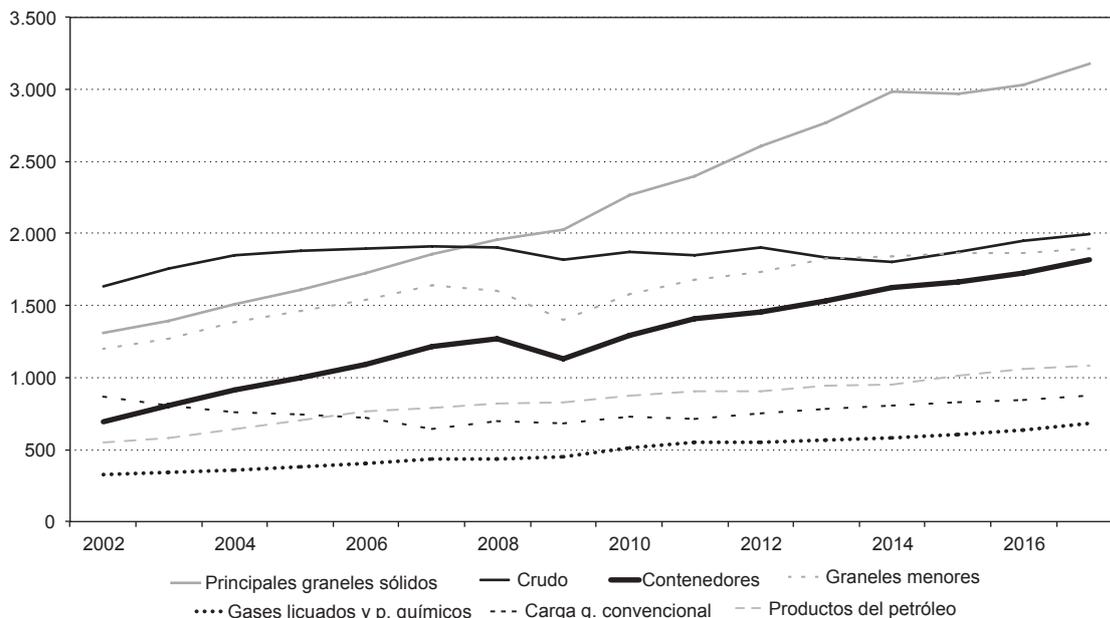
Estas tendencias y su evolución en el tiempo se pueden apreciar en el Gráfico 1 y, con mayor desglose, en el Gráfico 2. En los últimos 15 años, la importancia relativa de los graneles sólidos ha ido creciendo en detrimento de los graneles líquidos. En 2002, ambos suponían el 38 por 100 del comercio mundial, dejando a la carga general el 23 por 100 restante. Hoy día los graneles sólidos suponen el 44 por 100 de la demanda de transporte marítimo mundial, los graneles líquidos el 33 por 100 y la carga general mantiene el 23 por 100 restante (si bien ha aumentado drásticamente la proporción de mercancías en contenedores).

En el Gráfico 2 se aprecia que este enorme crecimiento en los graneles sólidos se debe principalmente al aumento de demanda de transporte marítimo de los llamados principales graneles (mineral de hierro,

carbón y granos). Esta partida se ha multiplicado por 2,4 desde 2002 y supuso en 2017 más del 62 por 100 de los graneles sólidos totales, con 3.175 Mt.

Por otra parte, también es evidente en el Gráfico 2 que la demanda de transporte marítimo de petróleo crudo se mantuvo bastante estable, en unos 1.800 Mt, entre 2004 y 2014, para iniciar desde entonces una tendencia creciente, debido al notable descenso de los precios de los crudos en 2014. En paralelo, los productos elaborados del petróleo prácticamente han duplicado su cantidad transportada, de 600 a 1.200 Mt entre 2002 y 2017. Esto responde a un interés creciente de los países productores de crudo de transformar el mismo en origen y exportarlo en forma de productos y, por tanto, con mayor valor añadido. En los últimos años, la aparición en el mercado de EE UU como

**GRÁFICO 2**  
**EVOLUCIÓN DEMANDA TRANSPORTE MARÍTIMO CON MAYOR DESAGREGACIÓN**  
 (En millones de toneladas)



FUENTE: CLARKSON, 2017.

exportador neto de petróleo ha supuesto un aumento de la distancia media de los transportes, por lo que la demanda medida en t-milla está aumentando a una tasa mayor que en toneladas.

### Previsiones de la demanda de transporte para el futuro

Con vistas a estimar la evolución futura de la demanda de transporte marítimo resulta útil comparar las tasas de variación anual del PIB mundial y por grupos de países con la variación del comercio marítimo, en toneladas (Gráfico 3).

Es significativo apreciar que, en el periodo precrisis, 1984-2007, la tasa anual de variación del comercio marítimo mundial (línea negra continua en el Gráfico 3) fue,

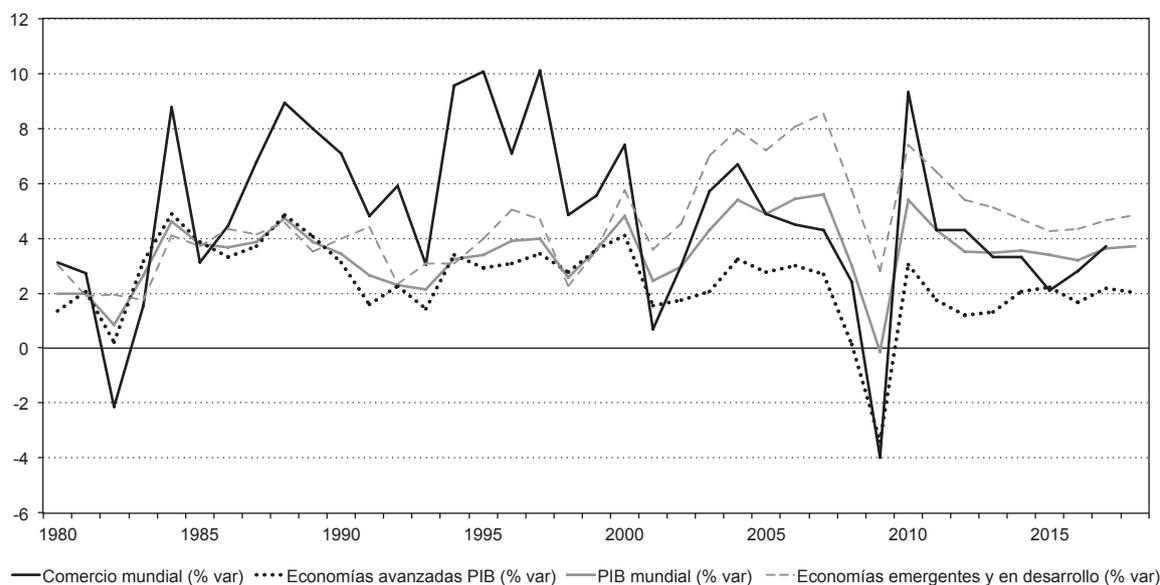
en promedio, del orden del 6,5 por 100, mientras que la de la economía mundial fue del 3 por 100 (la mitad). Es decir, en esos años el comercio mundial estaba creciendo más del doble que la producción mundial de bienes o, en otros términos, se transportaba por mar una parte creciente de la producción mundial. Nuevamente, sobre todo a partir de 2000, ello era consecuencia del rápido desarrollo de la economía de China.

Sin embargo, dejando aparte las cifras de 2008 a 2010, que reflejan fuertes altibajos debido a la crisis financiera mundial, entre 2011 y 2017 las tasas de crecimiento de la economía y el comercio mundial han tendido a igualarse; incluso durante varios años ha sido menor la segunda.

Hoy día, en términos globales, la mayor parte de los analistas tienden a prever una continuidad de la

GRÁFICO 3

TASAS DE VARIACIÓN DEL PIB Y DEL COMERCIO MUNDIAL EN TONELADAS



FUENTE: FMI, 2017 y CLARKSON, 2017.

tendencia de los últimos años: tasas de crecimiento del comercio marítimo mundial más moderadas y del orden de las del PIB mundial (entre el 2,5 y el 3,5 por 100). Más aún, dando por hecho que se producirá gradualmente una descarbonización generalizada de la economía mundial (incluyendo el propio comercio marítimo como se describe en el apartado siguiente), hay que prever que en algún momento el comercio mundial de los combustibles fósiles, que actualmente supone casi el 50 por 100 de la demanda de transporte marítimo en tonelaje, va a disminuir significativamente. Estas hipótesis se han aplicado en el apartado 5.

4. Perspectivas tecnológicas del transporte marítimo a medio y largo plazo

Del mismo modo que prácticamente todos los sectores económicos (y cabría incluso decir todas las

actividades humanas), el transporte marítimo se enfrenta en estos momentos a dos extraordinarios retos que, seguramente, van a condicionar de forma decisiva su evolución hasta finales de este siglo: la descarbonización y la digitalización.

Ninguno de estos se ha originado en el propio sector. Ambos vienen impuestos desde fuera, pero su ímpetu es tal que prometen arrasar con quienes no se adapten a los mismos a un ritmo cada vez más acelerado.

Descarbonización

El primero de estos retos es resultado del fenómeno del cambio climático, debido al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero. Tras varias décadas de vacilaciones, finalmente, en París, en diciembre de 2015, se alcanzó un acuerdo internacional para mantener el calentamiento global «bien por debajo de

1,5 °C a finales de este siglo». Para ello es necesario avanzar sin tardanza hacia una sociedad que se ha dado en llamar «descarbonizada», tanto en los procesos industriales en general como en los de transporte y en la vida diaria de las ciudades (calefacción, movilidad, etc.). Cada Estado debe contribuir a este proceso estableciendo y cumpliendo sus propios objetivos que, en la terminología del Acuerdo de París se han denominado «contribuciones determinadas a nivel nacional».

El transporte marítimo tendrá que contribuir también a este proceso de descarbonización, aunque con algunas particularidades. Por una parte, como ya ocurriese con el Protocolo de Kioto, el transporte marítimo y aéreo están por el momento al margen del Acuerdo de París. La reducción de sus emisiones no será un objetivo atribuible a los diferentes países, sino que, al menos por el momento, deberán regularse en el ámbito internacional, es decir, en el caso del transporte marítimo, en la OMI. Esto resulta enormemente lógico y positivo porque, como ya se dijo en relación con las normas de seguridad marítima, si cada país estableciese sus reglas, propias y diferentes, la navegación internacional sería casi imposible.

Este régimen, que permite por el momento al transporte marítimo «ir por libre» no es exclusivo del mismo (ya que se aplica también al modo aéreo) y, como se acaba de indicar, es más que lógico. Pero no va a permitir ni mucho menos al sector tomarse las cosas con calma, porque hay una presión creciente de organizaciones ecologistas pidiendo que se regulen lo antes posible mecanismos que aseguren la reducción de sus emisiones de CO<sub>2</sub> del transporte marítimo. En algunos países desarrollados, como en Europa y muy especialmente en Escandinavia, esta presión ecologista tiene una fuerza política enorme.

Para valorar de forma más ecuánime la verdadera urgencia de esta regulación, conviene conocer que el transporte en conjunto (todos los modos) generaba en 2015, según la Agencia Internacional de la Energía (2017) (IEA por sus siglas en inglés), el 24 por 100 de las emisiones totales mundiales de gases de efecto

invernadero. Entre las demás actividades, la que supone el mayor volumen es la generación de energía, con un 42 por 100.

Dentro del sector transportes, el transporte por carretera en camiones supone alrededor de un 24 por 100, los autobuses un 6 por 100 y los vehículos ligeros (coches y furgonetas) nada menos que un 44 por 100. El transporte marítimo genera solo un 11 por 100 de las emisiones del transporte, que suponen del orden del 2,5 por 100 de las totales mundiales.

De todo lo anterior se deduce sin lugar a dudas que es mucho más urgente reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de la generación de energía y de los coches privados que las de los buques. Pero las organizaciones ecologistas parecen aceptar sin más que, dado que aquellas actividades sí están incluidas en los compromisos de los distintos Gobiernos (sus «contribuciones determinadas a nivel nacional»), sus emisiones se reducirán a cualquier coste y en plazos tan cortos como sea necesario.

Sin entrar en si ello será o no cierto, vistas desde otra perspectiva, las emisiones totales de CO<sub>2</sub> del transporte marítimo, comparadas con las de los mayores países, son ligeramente superiores a las totales de Alemania (2 por 100 de las mundiales) y solo inferiores a las de China (27 por 100), EE UU (17 por 100), Rusia (5 por 100), India (5 por 100) y Japón (4 por 100). Por tanto, parece plenamente justificado poner en juego todos los esfuerzos posibles para la reducción de las emisiones de los buques. De hecho, tanto los Estados miembros de la OMI como todas las organizaciones internacionales de empresas navieras han declarado formalmente su compromiso para avanzar hacia este objetivo.

Antes se indicaba que el transporte marítimo tendrá que contribuir a este proceso de descarbonización, aunque con algunas particularidades. Además de esta vía propia, regulada por la OMI y no por los diferentes países, hay otra evidente y que dificulta técnicamente la descarbonización mucho más que en los modos terrestres de transporte: a diferencia de estos, los buques navegan aislados, desconectados físicamente de cualquier

red de energía, debiendo ser energéticamente autosuficientes, es decir, deben transportar consigo su propia energía o ser capaces de obtenerla del medio ambiente.

Como un breve inciso al margen del tema principal, es importante recordar que, aunque los modos terrestres de transporte no tengan el importante hándicap del aislamiento, la descarbonización tampoco va a ser fácil para ellos. Tomando el modo en principio más sencillo, el ferrocarril, no hay ningún obstáculo técnico serio para electrificarlo por completo, pero con ello no basta para la descarbonización; toda la energía eléctrica que se les suministre debería proceder de fuentes renovables (solar, eólica, hidráulica, etc.) o bien de fuentes que no emitan CO<sub>2</sub>, como la nuclear. Lo mismo cabe decir del transporte urbano e interurbano por carretera (coches, furgonetas, camiones y autobuses), en los que la electrificación, aunque posible, será técnicamente más compleja. Por ejemplo, se ha propuesto instalar en las autopistas tendidos eléctricos (catenarias) a los que puedan conectarse camiones y autobuses (el mismo principio del «trolebús»). En una fase intermedia, ya se está recurriendo al uso del gas natural (principalmente comprimido, GNC) que, aunque solo reduce las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 20 a 25 por 100, mejora drásticamente las emisiones de óxidos de azufre y nitrógeno, algo muy importante, incluso prioritario, para mejorar la calidad del aire en las ciudades.

El gas natural también se está ya introduciendo en el transporte marítimo, en este caso principalmente licuado (GNL) y por el momento de forma muy limitada. Aunque es previsible que aumente su penetración de forma notable en los próximos 20 o 30 años, no pasará de ser una tecnología intermedia en el avance hacia la descarbonización total.

Ya se están llevando a cabo notables esfuerzos de investigación y desarrollo sobre las baterías para la acumulación de energía eléctrica, con vistas a los modos terrestres de transporte. Sin duda se traducirán en una mejora de esta tecnología, que permitirá introducirla progresivamente en buques, inicialmente de pequeño tamaño y en distancias cortas. Hay que tener

en cuenta que para un camión de 500 kW de potencia que reposte, por ejemplo, cada 10 h, la energía a transportar acumulada en baterías serían 5.000 kWh. Un buque con potencia de 25.000 kW (los hay con más del doble) que necesite disponer de una autonomía de 15 días sin repostar tendría que almacenar 9.000.000 de kWh (una cifra 1.800 veces superior). Y todo ello, conviene recordarlo, solo conduciría a una verdadera descarbonización si la energía eléctrica empleada para recargar en tierra las baterías fuese generada totalmente a partir de fuentes renovables o nucleares.

Existe una alternativa teóricamente atractiva que seguiría un proceso similar (la generación de energía eléctrica en tierra desde fuentes que no produzcan CO<sub>2</sub>), pero utilizaría un mecanismo de almacenamiento diferente: la producción de hidrógeno líquido, a unos -253 °C, y su suministro y uso a bordo como combustible (similar al caso del GNL, si bien este se almacena «solo» a -160 °C). Aunque las complicaciones y el coste serían muy notables, es posible que esta solución pueda acabar resultando técnica y económicamente viable antes que las baterías para los grandes buques transoceánicos.

En paralelo, las energías renovables (eólica, solar, mareomotriz,...) necesitan por el momento espacios muy amplios para su utilización, por lo que no parece que vayan a jugar un papel protagonista en la descarbonización de los buques. Pueden aportar parte de la energía necesaria a bordo, pero difícilmente en porcentajes que superen el 20 o 25 por 100, al menos a medio plazo.

Para coordinar y regular este proceso, en la OMI se ha acordado formular, ya en 2018, una estrategia provisional que se elevaría a definitiva en 2023 incluyendo los objetivos a medio y largo plazo y las normas concretas para regulación y disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub> del transporte marítimo.

La Unión Europea acaba de dar un paso importante y positivo. Durante varios años, el Parlamento Europeo ha estado presionando para que la UE se adelante a las normas internacionales de la OMI, cuyos avances

considera demasiado lentos, y regule las emisiones de CO<sub>2</sub> de los buques, incluyéndolas en el sistema europeo de comercio de emisiones. Esto habría sido muy negativo con vistas a conseguir un acuerdo global en la OMI. Afortunadamente, el 8 de noviembre de 2017, Consejo, Parlamento y Comisión han acordado seguir confiando en la OMI y no regular esa materia al menos hasta 2023. Esto es una excelente noticia que permitirá a la OMI seguir su hoja de ruta con los plazos ya marcados.

Conviene saber que estas no serán las primeras medidas de la OMI en este campo. Ya en 2011 se adoptaron medidas obligatorias para buques existentes y otras para buques de nueva construcción que son obligatorias desde 2013 y que se irán endureciendo progresivamente para reforzar la eficiencia energética de los buques mercantes. De hecho, con estas medidas, el transporte marítimo fue la primera actividad económica (y continúa siendo hasta ahora la única) en contar con un marco normativo de carácter obligatorio y aplicación universal para impulsar la eficiencia energética y reducir, en última instancia, las emisiones de efecto invernadero. Por tanto, la incesante presión del Parlamento Europeo se antojaba excesiva e injustificada.

Sea como fuere, el reto tecnológico que plantea la descarbonización completa del transporte marítimo, primero en materia de investigación y a continuación de construcción de una flota completamente renovada tecnológicamente, es verdaderamente colosal y cabe afirmar, sin riesgo a equivocarse, que no va a estar completado para 2050. Se trata de un desafío verdaderamente apasionante en el que deberán participar empresas navieras, pero fundamentalmente empresas tecnológicas, y que precisará la disponibilidad de cuantiosos fondos para los trabajos de I+D.

## Digitalización

El segundo gran reto, la digitalización del transporte marítimo, tiene también un carácter marcadamente tecnológico, pero con connotaciones bastante diferentes al anterior.

Por una parte, no es una carrera contrarreloj a nivel sectorial. No existen organizaciones *digitalistas* que presionen al sector para que incorpore las tecnologías digitales. Pero sí existe en la práctica dicha presión sobre cada empresa individual, porque aquellas que hagan un uso eficiente de las nuevas herramientas digitales podrán ganar competitividad relativa, posiblemente hasta el punto de dejar atrás irremisiblemente a sus competidoras que no sean capaces de seguir las. No en vano, Pierre Nanterme, director general de Accenture, afirmó en el Foro Económico Mundial de Davos 2016 que: «la digitalización es la principal razón por la que más de la mitad de las empresas del Fortune 500 han desaparecido desde el año 2000».

Como ejemplo, hace solo cinco años, las mayores compañías dedicadas a la venta minorista, como, en España, El Corte Inglés, Mercadona, Carrefour, etc., no se sentían prácticamente inquietas por la existencia de empresas de venta global a través de Internet, como Amazon o Alibaba. Hoy día es evidente para todas ellas que, si no aprovechan eficientemente el canal web para sus ventas, estarán probablemente fuera del mercado en muy pocos años.

¿De qué se trata? ¿Cuál es el reto? Todas las navieras que prestan servicios de pasaje ya venden pasajes a través de Internet, en muchos casos más que por cualquier otro medio, como agencias de viajes. Este canal se ha desarrollado mucho gracias a las técnicas informáticas que garantizan la seguridad de las transacciones, como *Blockchain* y otras. ¿Hay algo más?

Desde luego que sí. Se trata no solo de vender por Internet, sino de hacer el mayor y mejor uso posible de las tecnologías de la información en áreas como *Big Data*, Inteligencia Artificial, etc.

La expresión *Big Data* hace referencia al manejo de conjuntos de datos cuyo volumen, complejidad, variabilidad y velocidad de crecimiento dificultan su captura, gestión, procesamiento o análisis mediante tecnologías y herramientas convencionales, como las bases de datos relacionales y estadísticas o paquetes

de visualización convencionales, y todo ello dentro del tiempo necesario para que sean útiles.

Lo que hace que un uso eficiente de *Big Data* sea muy útil para muchas empresas es que les proporciona respuestas a muchas preguntas que las empresas ni siquiera se habían formulado y les proporciona puntos de referencia sobre su propia operación. Permite simular o probar estrategias con una cantidad muy grande de datos de cualquier manera que la empresa considere adecuada. Al hacerlo, las organizaciones son capaces de identificar los problemas de una forma más comprensible y encontrar soluciones a los mismos.

Hasta hace poco tiempo, no se disponía de capacidad de cálculo suficiente (tanto por limitaciones de *hardware* como de *software*) para tratar cantidades muy grandes de datos tan rápidamente como exige lo que ahora conocemos como *Big Data*. Hoy día, la disponibilidad de esas herramientas a unos costes moderados permite la recopilación de grandes cantidades de datos y la búsqueda de tendencias dentro de los mismos. Y ello, a su vez, hace posible que las empresas se muevan mucho más rápidamente, sin problemas y de manera eficiente. También les permite eliminar los problemas antes de que acaben con sus beneficios o su reputación.

¿En qué áreas pueden ser útiles estas técnicas, concretamente a las empresas navieras? Habría que distinguir dos ámbitos de información: de naturaleza comercial y de índole técnica. En el primer caso se podrían incluir aquellas empresas navieras que se mueven en un mercado con un número muy elevado (potencialmente millones) de clientes. Este es, desde luego, el caso de las empresas navieras que operan servicios de líneas regulares de mercancías y/o pasajeros, pero ciertamente no de aquellas que solo operan tráficos *tramp* de mercancías, ya que, en este segundo caso, el número de clientes a los que atiende simultáneamente una empresa naviera puede oscilar entre uno solo y algunas decenas, como máximo.

Las técnicas y servicios que el *Big Data* ofrece a las navieras con millones de clientes no se diferencian de

forma sustancial de los que ya utilizan las líneas aéreas, cadenas de hostelería, etc.: gestión más eficiente de reservas, espacios y tarifas; diseño de ofertas a medida de cada cliente, basadas en las preferencias ya detectadas en transacciones anteriores; técnicas de fidelización, etc. Es evidente que, en aquellos tráficos en los que exista competencia, la orientación a mejorar la experiencia del cliente en todos sus aspectos puede ser fundamental para la competitividad de una empresa.

Junto a ello, dentro de las líneas regulares de transporte de contenedores hay una actividad concreta que puede tener una importancia singular y que está un poco a caballo entre lo comercial y lo técnico. Las cinco mayores compañías navieras operadoras de buques portacontenedores operan, en noviembre de 2017, una media de 441 buques, con una capacidad media por empresa de casi 2.500.000 TEU (una TEU es una unidad equivalente a un contenedor estándar de 20 pies de largo). Junto con los contenedores que están en un momento dado a bordo de los buques, las navieras deben gestionar al menos otro tanto de unidades que están en terminales portuarias, a la espera de ser embarcadas o entregadas a los clientes.

Cada vez que la naviera tiene que mover un contenedor (con un peso bruto de unas 11 toneladas/TEU) para cargarlo, descargarlo o para hacer sitio para mover otros situados por debajo de él, ello le cuesta a la naviera una cantidad del orden de unos 50 dólares/TEU. La cosa se complica porque no todos los contenedores son iguales: unos pesan más que otros (y el peso y su situación influye en la estabilidad del buque), otros son contenedores frigoríficos y deben almacenarse y transportarse enchufados a la red eléctrica, etc. Una empresa que maneje, digamos, 5.000.000 de cajas, y con cada una haga unos diez movimientos al año, estaría gastando al menos unos 2.500 M\$ al año en esa actividad y optimizarla en un 10 por 100 (es decir, decidiendo la situación óptima de cada unidad para reducir un 10 por 100 el número de movimientos) le reportaría 250 M\$ de ahorro en costes.

Quede bien claro que esta problemática existe desde hace casi 50 años y que hace al menos 30 que se están utilizando algoritmos numéricos basados en ordenadores para buscar soluciones a la misma. No hay, por tanto, nada nuevo en esto. Lo único nuevo es que los procesadores actuales tienen por primera vez capacidad para ejecutar *software* muy eficiente con cantidades enormes de datos y que, por tanto, cabría esperar que permitiesen optimizar esta gestión de forma mucho más rápida, flexible y eficiente que hasta ahora.

En el segundo terreno, el más propiamente técnico, un primer ejemplo más que evidente es la ya urgente digitalización de los numerosísimos documentos y certificados de todo tipo que los buques deben obligatoriamente llevar a bordo, hasta ahora casi exclusivamente en papel y con firmas autógrafas. Esta documentación, que es objeto de inspección en los puertos de escala, se puede clasificar en varios bloques:

— Certificados que acreditan el cumplimiento por el propio buque de las normas de seguridad y de protección medioambiental aplicables (los convenios internacionales, antes mencionados). Para un buque de tipo medio, puede tratarse de unos 70 documentos, algunos de ellos muy complejos y de muchas páginas. Por lo general, cada cierto tiempo (2,5 y 5 años es lo más frecuente) se deben llevar a cabo inspecciones y refrendos o renovaciones de cada uno de estos certificados. Esto incluye la cumplimentación de varios libros de registro de las operaciones con hidrocarburos, aguas de lastre, etc.

— Documentos relativos a la tripulación: certificados profesionales, certificados médicos, contratos laborales, convenio colectivo aplicable. En un buque mercante normal, con unos 15 a 20 tripulantes, es una información manejable, pero en un gran buque de crucero con 1.000 o más trabajadores a bordo, constituye una burocracia muy considerable.

— Documentos relativos a las mercancías transportadas: características físicas (especialmente importante en el caso de mercancías peligrosas), cantidades, etc. Para un buque portacontenedores que

transporte varias decenas de miles de contenedores, puede tratarse de hasta cientos de miles de documentos (conocimientos de embarque).

Manejar el conjunto de toda esta documentación ha pasado de ser una tarea farragosa y burocrática para ser cada vez más una verdadera pesadilla. En unos tiempos en los que es posible pagar en el supermercado, seleccionar entradas para el cine y llevar las tarjetas de embarque del avión, todo ello con el teléfono, es no solo posible, sino urgente, digitalizar toda esta información. De este modo no solo se podrá descargar de esta tarea al personal de a bordo, sino que los inspectores encargados de verificarla podrán tener acceso a la misma desde tierra y planificar mucho mejor su visita a bordo cuando sea necesaria. No merece la pena extenderse mucho más sobre ello, porque es una tarea más compleja desde el punto de vista jurídico y administrativo que desde el técnico o informático, pero es evidente su necesidad.

Otra área de gran interés puede ser el mantenimiento preventivo. Los armadores podrán, por una parte, recopilar muchos datos sobre operación de sus buques, gracias a lo que se ha dado en llamar el Internet de las cosas, es decir, sensores y equipos dotados con microprocesadores y conectados a la red del buque a la que podrán aportar incesantemente, en tiempo real, datos sobre velocidad, consumo, temperaturas y presiones de funcionamiento, tensiones en las estructuras, etc. Y, a continuación, podrán utilizar eficazmente toda esa masiva información para prevenir el fallo de piezas o sistemas antes de que se produzcan, optimizando los costes de mantenimiento y evitando el tiempo fuera de servicio en averías.

Tampoco hay nada conceptualmente nuevo en esto. Ya en los años ochenta, con el soporte de unos enormes ordenadores IBM-370 o similares, que operaban con fichas perforadas y tenían mucha menos velocidad y capacidad de cálculo que cualquier teléfono de hoy día, se hacía lo posible y de hecho se conseguían resultados que, al partir de la nada, resultaban apreciables. Hoy día casi todas las empresas navieras, en

mayor o menor medida, ya sea directamente o a través de empresas de servicios, utilizan estas técnicas. La diferencia es que, con los equipos y el *software* de que hoy se dispone, pasarán de aplicar los tiempos de mantenimiento recomendados en general por los fabricantes para un uso medio de los equipos a un verdadero mantenimiento basado en la condición real de los equipos de cada buque, de modo que podrán mejorar sus resultados de forma muy notable. Por fin se hará realidad el llamado *Condition Based Maintenance and Monitoring*, una materia sobre la que se habla ampliamente hace más de diez años.

Dentro del mismo terreno del mantenimiento, hay una herramienta que comenzó a utilizarse hace relativamente poco y que ofrece interesantes perspectivas: la posibilidad de confeccionar un modelo digital en 3D, ya sea del buque completo o de partes del mismo, tanto de un buque nuevo como de uno adquirido de segunda mano. Esta herramienta permitirá a los ingenieros navales, una vez confeccionado el modelo, planificar operaciones de mantenimiento o transformaciones e instalaciones de nuevos equipos utilizando realidad virtual o realidad aumentada, como si se encontrasen en el interior del propio buque. Sus posibilidades son enormes.

Hay algunos otros ejemplos que se pueden mencionar por su potencial. Uno es el apoyo a la selección de ruta y velocidad operativa, que puede conducir a ahorros notables de combustible y, por ende, de las emisiones de CO<sub>2</sub>. El planteamiento del problema es sencillo: un buque se encuentra en el puerto A, que dista una distancia D del puerto B, al que debe llegar, a más tardar, en una fecha y hora determinada. Se conoce la curva de consumo de combustible en función de la velocidad del buque (que, en el caso de los buques, es aproximadamente una cúbica; es decir, una reducción de velocidad del 10 por 100 puede conducir a un ahorro de un 27 por 100 a igualdad de tiempo navegado y del 19 por 100 a igualdad de distancia recorrida). Se conocen también las condiciones meteorológicas actuales y las previstas a lo largo de la ruta y en sus alrededores,

así como el retraso y coste de combustible adicional que puede suponer al buque atravesar un temporal de una fuerza determinada. Se pretende calcular la ruta y velocidad óptima para cumplir el horario previsto con el menor consumo y el menor riesgo para el buque.

Existen desde hace al menos 20 años sistemas informatizados más o menos complejos que auxilian a los buques en esta tarea. Algunos incorporan a bordo sistemas complejos y costosos, como radares especiales para medir la altura de la ola en las proximidades del buque. De nuevo, como en los casos anteriores, la única diferencia es que los procesadores y programas actuales pueden resolver este tipo de problemas manejando muchos más datos, más rápidamente y con mayor fiabilidad y precisión.

Finalmente, hay otro campo, hasta ahora muy poco explorado, en el que la digitalización tal vez podría ayudar. En los tráficos *tramp*, como se ha indicado, los buques suelen transportar principalmente materias primas, desde aquellos países que las poseen hacia aquellos que las han agotado o nunca las tuvieron. Como consecuencia, rara vez existen «cargas de retorno» y un elevado porcentaje de los viajes de los buques se lleva a cabo de vacío (en lastre).

Obviamente, si se pudiese reducir el número de los viajes en vacío, se reducirían el consumo de combustible y las emisiones. Con este objetivo, cuando los niveles de fletes están bajos, es frecuente que los navieros busquen llevar a cabo «triangulaciones» para maximizar el número de días al año que viajan con carga. La búsqueda de cargas que faciliten este objetivo hoy día se lleva a cabo con el apoyo de *brokers*, pero de una manera casi totalmente desestructurada. Es posible que la digitalización pueda permitir mejorar en este terreno y, de ese modo, coadyuvar también a la descarbonización.

### ¿Buques autónomos?

Se habla mucho en los últimos dos o tres años de la posibilidad de proyectar, construir y operar buques

autónomos, probablemente al calor de las iniciativas que se están desarrollando en relación con los automóviles, en las que ha sido pionera la empresa norteamericana Tesla, pero en la que ya trabajan todos los principales fabricantes.

Lo primero que hay que decir es que este interés no surge de una demanda que el propio sector naviero haya planteado a los constructores navales y fabricantes de equipos. Es cierto que los costes de tripulación suponen una partida importante de los operativos y los armadores aspiran a reducir el número de personas a bordo, pasando de dotaciones más numerosas a otras más reducidas, pero integradas por personal de mayor cualificación profesional. También es cierto que, con el crecimiento de la flota mundial, resulta cada vez más difícil encontrar tripulantes cualificados e interesados en desarrollar su vida profesional en la navegación, especialmente en los países desarrollados. Pero nadie del propio sector naviero ha planteado, hasta muy recientemente, la posibilidad de buques totalmente autónomos.

Un argumento que se utiliza con frecuencia (casi siempre desde fuera del sector, porque resulta ofensivo para los marinos) es que, según las estadísticas oficiales, un altísimo porcentaje de los accidentes marítimos tienen como causa directa o indirecta el error humano. Teóricamente, si se eliminase el factor humano en la operación de los buques, podría reducirse notablemente la siniestralidad.

Se han publicado ya numerosos informes y estudios sobre este asunto que contemplan, como parece lógico, varias fases de desarrollo e implantación, comenzando por lo que ya existe: equipos que auxilian a la tripulación, pasando por equipos que conduzcan y operen el buque bajo la supervisión de una tripulación reducida, inicialmente situada a bordo, y finalmente la posibilidad de que existan buques que naveguen de forma totalmente autónoma, bajo supervisión desde tierra (ya sea por supervisores humanos o cibernéticos).

Los dos primeros pasos no ofrecen ninguna duda: todo lo que la tecnología digital y la inteligencia

artificial puedan ya ayudar a la tripulación en la captura y procesamiento de información, descargarles de tareas rutinarias y administrativas para poder concentrarse en la toma de decisiones, también con apoyo de los equipos, será muy bienvenido. El último paso, los buques sin tripulación, es el que, al menos por el momento, parece tener un interés más académico o teórico que práctico.

Pero lo cierto es que ya hay varios proyectos piloto en ejecución: Google y Rolls-Royce por una parte, Kongsberg-Yara Birkeland por otra, la naviera japonesa NYK, entre otros, están trabajando seriamente para desarrollar y probar tecnologías en este campo.

Al final, cuando dichas tecnologías estén disponibles (lo que puede ser muy pronto, probablemente en no más de cinco o como máximo diez años), la cuestión será llevar a cabo una evaluación de costes y riesgos de las diferentes alternativas. ¿Cuánto ahorro se consigue y qué riesgos aumentan por no llevar tripulación ninguna en comparación con la posibilidad de llevar una tripulación supervisora de tres o cinco personas en un buque transoceánico?

Pero lo mejor es que muchos de los avances que se están obteniendo en estos proyectos piloto pueden aportar ya resultados de interés. Así lo reconoce Karno Tenovuo, director del proyecto Ship Intelligence de Rolls-Royce (Computer Weekly, 2017): «si bien los sistemas de inteligencia y conciencia artificial nos ayudarán a crear un buque autónomo en el futuro, pueden también beneficiar ya hoy a las empresas navieras, haciendo sus buques y sus tripulaciones más seguros y más eficientes. Trabajando con Google Cloud podemos mejorar sus sistemas más rápidamente y de este modo salvar vidas».

Este asunto está despertando un interés inusitado, y no solo en el terreno tecnológico, sino también en el jurídico. El Comité Marítimo Internacional (CMI) fundado en 1897 es la organización internacional más antigua en el ámbito marítimo. El propósito inicial del CMI fue, y sigue siendo, la unificación del derecho marítimo internacional. Con este fin, sus fundadores

manifestaron que estaban interesados en recibir los aportes de todo el sector marítimo, incluyendo armadores, banqueros, aseguradores, liquidadores de averías, etc. El CMI promueve la creación de asociaciones nacionales de derecho marítimo, como también la cooperación con otras organizaciones internacionales.

Pues bien, el CMI ha lanzado en el año 2017 un documento en el que pone sobre la mesa las numerosas y complejas implicaciones jurídicas de todo tipo que tendría la operación de buques sin tripulación y un cuestionario abierto y dirigido a todos los intereses marítimos que quieran responderlo para recopilar las opiniones y aportaciones de todos los interesados. El objetivo es ir avanzando en paralelo, de tal modo que cuando la tecnología lo permita, estén ya previstas enmiendas y protocolos a los numerosos convenios internacionales citados al comienzo de este artículo para que la falta de un marco jurídico adecuado no sea una rémora al progreso tecnológico.

En todo caso, dados los cuantiosos riesgos que pueden derivarse de un accidente marítimo, no parece creíble pensar que las autoridades de los Estados ribereños en general vayan a aceptar a medio plazo la operación en sus aguas y puertos de buques sin tripulación cargados con mercancías contaminantes, peligrosas, y no digamos con pasajeros.

Además, hay zonas de los océanos (como Somalia-Golfo de Adén, Golfo de Guinea, Malasia, etc.) en las que existe actualmente un riesgo real de piratería, hasta el punto de que en muchas ocasiones los buques actualmente están embarcando para transitar por las mismas a personal armado de seguridad privada para repeler un posible ataque. ¿Qué ocurriría con la amenaza terrorista si los buques navegasen solos por estas zonas?

Frente a este reto, tecnológicamente muy atractivo, pero por el momento aparentemente poco realista en la práctica, hay que reconocer que, como dice Karno Tenovuo, es muchísimo lo que la tecnología

puede ayudar a mejorar la seguridad de la navegación. Los sensores ópticos electrónicos pueden «ver» mucho mejor que un serviola (vigía) y no solo en el rango de luz visible, sino también en el infrarrojo. Casi con seguridad, el uso de la inteligencia artificial podrá mejorar muy notablemente la aplicación de las reglas para la prevención de abordajes, que son excesivamente prolijas y complicadas, por lo que con demasiada frecuencia dan lugar a interpretaciones diferentes del escenario por parte de los navegantes de los dos o más buques implicados. Es muchísimo lo que la tecnología puede ayudar a reforzar la seguridad marítima sin necesidad de pensar en eliminar a los tripulantes.

## 5. Muchas visiones del futuro. Los protagonistas del gran cambio ya están aquí

En el Gráfico 4 se ha representado una posible evolución de la demanda de transporte marítimo hasta 2100 (eje de la izquierda, en billones de t·milla), que se deduciría de las siguientes hipótesis:

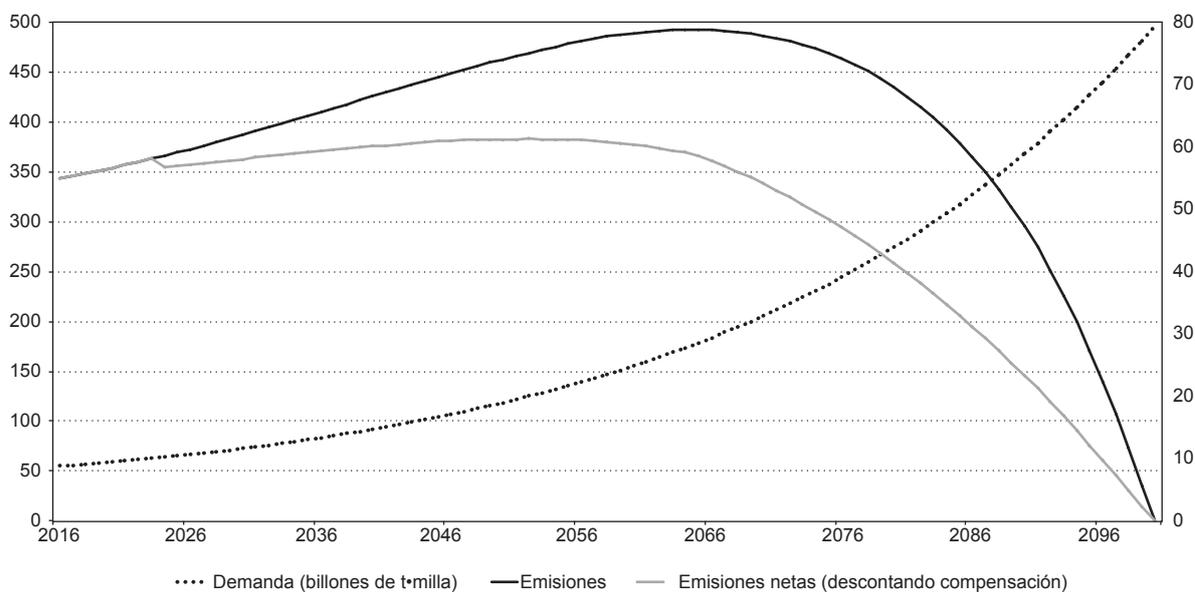
- Graneles sólidos: un aumento sostenido hasta 2100 a razón del 2,5 por 100 anual.
- Crudo y productos del petróleo: su demanda de transporte se reduciría en un 50 por 100 para 2050, y en un 80 por 100 para 2100, en ambos casos en comparación con 2016.
- Otros productos, incluyendo carga general, gases licuados, productos químicos, etc., aumentan de forma sostenida a razón del 3,5 por 100 anual.

Con arreglo a estas hipótesis, que pretenden ser prudentes, la demanda de transporte marítimo aumentaría casi un 120 por 100 para 2050 y para 2100 se habría multiplicado por nueve.

Se han representado también las emisiones asociadas de CO<sub>2</sub> (curva negra continua, medida en el eje de la derecha en millones de toneladas). Para calcularlas se ha supuesto que las emisiones específicas van disminuyendo gradualmente hasta llegar a cero en 2100. Asimismo, que en 2023 la OMI

GRÁFICO 4

POSIBLE EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE MARÍTIMO Y SUS EMISIONES DE CO<sub>2</sub>



FUENTE: Elaboración propia.

acuerda un sistema de compensación económica de las emisiones que comienza a aplicarse ya desde 2024, de modo que las emisiones netas (no compensadas) sigan la curva gris continua, cuyo objetivo es que la curva de emisiones netas no supere sensiblemente a las totales de 2016.

Siga o no estas tendencias, a finales de este siglo es muy probable que el transporte marítimo haya eliminado o reducido sustancialmente sus emisiones de gases de efecto invernadero. Pero, por otra parte, en un momento dado, si la tecnología existente no permitiese eliminar todas las emisiones de CO<sub>2</sub>, alguien (algún organismo internacional) deberá priorizar y decidir a qué actividades se les permite seguir emitiendo dentro de ciertos niveles. El transporte marítimo, por constituir el sistema circulatorio del comercio mundial, y por las dificultades existentes para conseguir una completa descarbonización, podría ser un candidato

para ello. Al fin y al cabo, en este momento solo genera el 2,5 por 100 de las emisiones mundiales.

Si el cambio climático alcanzase dimensiones inesperadas e inasumibles, es posible (aunque no parezca probable a medio plazo) que se puedan alcanzar acuerdos internacionales para limitar la demanda mundial de transporte marítimo, por ejemplo, permitiendo transportar materias primas, pero no tanto productos manufacturados, o bien, por el contrario, obligando a concentrar las industrias manufactureras cerca de los focos de producción de materias primas, para limitar todo lo posible el transporte de estas.

En paralelo, la digitalización avanzará imparable también en el sector del transporte marítimo. Muchos de los buques de finales de este siglo puede que se parezcan más a naves espaciales y serán bastante más seguros que los actuales.

En la segunda mitad del Siglo XX, escritores y cineastas visionarios produjeron obras maestras de ciencia ficción, estéticamente tan provocadoras pero también tan contrapuestas como *2001, una odisea del espacio*, *Blade Runner* o *Mad Max*. Nadie sabe lo que nos deparará el futuro, pero es indudable que dependerá en gran medida de la creatividad y la capacidad de innovación de nuestros hijos y nietos. Los técnicos que protagonizarán la revolución del transporte marítimo en este Siglo XXI seguramente ya han nacido.

### Referencias bibliográficas

[1] AGENCIA INTERNACIONAL DE LA ENERGÍA (2017). *CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion (2017 edition)*. Disponible en [www.iea.org](http://www.iea.org)

[2] CLARKSON (2017). *Shipping Review and Outlook, Autumn 2017*.

[3] COMPUTER WEEKLY (2017). <http://www.computerweekly.com/news/450427638/Executive-interview-Karno-Tenovuo-senior-vice-president-Rolls-Royce> Recuperado por última vez 16 noviembre 2017.

[4] FONDO MONETARIO INTERNACIONAL (2017). *Perspectivas de la Economía Mundial. Octubre 2017*. Disponible en [www.imf.org](http://www.imf.org)