ecodes
tiempo de actuar

Cómo puede ayudar la IA a descarbonizar el transporte marítimo

Junio de 2025

www.ecodes.org

Autora

Lola Berna Gascón. Project Manager en ECODES, especializada en temas de transporte marítimo y biocombustibles.

EDITA: ECODES

DISEÑO GRÁFICO: ECODES

FECHA: 12 de junio de 2025

Índice

Glosario 4
Introducción. Transporte marítimo, IA y clima 5
El sector en el mundo 5
Por qué hay que descarbonizar: cambio climático y el impacto ambiental del sector marítimo 6
Regulación en torno al transporte marítimo y la IA 7
Europa 7
FuelEU Maritime 7
Artificial Intelligence Act (EU) 2024/1689 8
España 9
Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 9
Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial 10
La IA en el transporte marítimo 11
Cómo puede ayudar en la descarbonización 11
Riesgos de la aplicación de la IA en el transporte marítimo para la descarbonización 13
Seguridad 13
Desigualdad 13
Impacto ambiental de la IA 13
Conclusiones y recomendaciones 15
Resumen de las oportunidades y desafíos para la descarbonización mediante IA 15
Recomendaciones para políticas y futuras inversiones en IA en el sector marítimo 15
Referencias 17

Glosario

ECA: Área de Emisiones Controladas (Emission Controlled Area)

ENIA: Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial

GEI: Gas(es) de efecto invernadero

GPS: Global Positioning System

GPT: Generative Pre-Trained

IA: Inteligencia Artificial

ILUC: Cambio del uso indirecto de la tierra

LIDAR: Light Detection And Ranging

LSCI: Liner Shipping Connectivity Index

NASA: National Aeronautics and Space Administration

OMI: Organización Marítima Internacional

ONG: Organización no gubernamental

ONU: Organización de las Naciones Unidas

PNIEC: Plan Nacional Integrado de Energía y Clima

PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

PSSA: Particularly Sensitive Sea Area

RFNBO: Renewable Fuel of Non-Biological Origin

UE: Unión Europea

UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

Introducción. Transporte marítimo, IA y clima

El transporte marítimo es un sector esencial en el mercado global, pues mueve el 80% de las mercancías. En Europa, tres cuartos de su comercio internacional y dos tercios de las mercancías internas1. A su vez, los buques tienen un impacto en el medio ambiente por las emisiones de sus combustibles y los desechos que vierten al mar. En un contexto de expansión del comercio globalizado y de urgencia en el contexto climático, es de gran importancia considerar cómo las nuevas tecnologías pueden ayudar a reducir el impacto ambiental del transporte marítimo.

La inteligencia artificial (IA) es una de las tecnologías más disruptivas que se están desarrollando actualmente. La IA, según la NASA, es el sistema computacional que puede llevar a cabo tareas complejas llevadas a cabo por razonamiento, decisiones o creaciones humanas2. Aprende con la experiencia y mejora con nuevos datos. La IA va a afectar a prácticamente todos los aspectos de nuestras vidas. En el transporte marítimo tiene potencial para hacer el sector más eficiente y para reducir su huella ambiental de diferentes maneras, aunque también presenta retos tanto ambientales como sociales y de seguridad.

Este informe trata de indagar en los beneficios ambientales que la IA puede tener en el transporte marítimo, las maneras de implementarlo, y los riesgos que puede plantear. Se analizará la normativa actual, tanto española como europea, y el por qué es tan importante mitigar los efectos del transporte marítimo en el cambio climático, para luego dar recomendaciones de cómo implementar esta tecnología evitando las amenazas que implica.

El sector en el mundo

El transporte marítimo mueve el 80% de las mercancías en el mercado global3 y emite cerca del 3% de los gases de efecto invernadero (GEI) globales según la Organización Marítima Internacional (OMI)4. La OMI es el organismo especializado de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) responsable de la seguridad y protección de la navegación y de prevenir la contaminación del mar por los buques5, por lo que regula la circulación marítima internacional. Temas tan relevantes en la situación actual como la geopolítica del Ártico, los aranceles o las guerras y sus consecuentes problemas en el Canal de Suez se convierten en barreras relacionadas con el transporte marítimo que conforman el tablero actual. Esto provoca que se limiten las posibilidades de conseguir logros en temas tan cruciales como la reducción de emisiones de carbono negro o la ambición climática en la reciente aprobación del Estándar Global de Combustible (o conocido en inglés como Global Fuel Standard)31. Que organismos como la OMI sigan reuniendo a representantes de casi todos los países del mundo, además de organizaciones supranacionales, industria y ONG es un claro ejemplo de éxito del multilateralismo y de los beneficios de trabajar en cooperación para crear unos estándares globales que estipulen unas reglas claras e iguales para todos.

Las nuevas tecnologías llegan al sector en forma de nuevos combustibles, herramientas para mejorar la eficiencia o navegación autónoma, entre otros. En este contexto, la IA tendrá un rol relevante para conseguir estos objetivos.

La aplicación de estas nuevas tecnologías se enmarca en un momento global de mucha incertidumbre. Los gobiernos intentan proteger a sus ciudadanos de los peligros de la IA con leyes nacionales y supranacionales que intentan asegurar que los beneficios de esta tecnología no conlleven unos perjuicios semejantes y que los que existan se puedan prevenir y evitar en la medida de lo posible. Hay documentos de gran consenso como las recomendaciones de la UNESCO sobre la ética de la IA35 en donde se menciona el medio ambiente como parte de aquello que se debe proteger y en lo que la IA puede tener un impacto negativo. Sin embargo, la mayoría de documentos se centran en la seguridad de los seres humanos para la regulación, como la ENIA en España o el Reglamento de Inteligencia Artificial en la UE.

Por qué hay que descarbonizar: cambio climático y el impacto ambiental del sector marítimo

“La humanidad está en una autopista hacia el infierno climático con el pie en el acelerador”, dijo ya en 2022 el actual secretario general de la ONU Antonio Guterres6. El cambio climático es uno de los principales retos que enfrentamos como sociedad y todos los sectores deben reducir emisiones para mitigar el problema, mientras se adaptan para sufrir sus consecuencias en la menor medida posible.

El transporte marítimo tiene un 1.7% del peso global de estas emisiones a nivel global7. Su papel en la descarbonización es importante. Un dato curioso es que se estima que si se dejaran de utilizar los combustibles fósiles las emisiones del transporte marítimo se reducirían un 30%, no por las emisiones de los buques en sí, sino solamente porque ese es el porcentaje de barcos que está destinado al transporte de este tipo de combustibles. Aunque se pudiera producir una sustitución de mercancías, el dato es interesante y refleja la cantidad de combustible fósil que se está moviendo por el océano, con los riesgos ambientales que eso también supone. Las mareas negras son una de las consecuencias más comunes de los accidentes marítimos, tanto por el combustible que usa el buque como el que transporta si es parte de ese 30%.

En la Unión Europea (UE) el transporte marítimo produce el 14.2% de todas las emisiones de CO2 del transporte1. Aunque las medidas de eficiencia energética y mejoras técnicas han reducido las emisiones por unidad de trabajo (en gramos por tonelada-kilómetro), las emisiones absolutas siguen aumentando, mostrando las dificultades de atajar el impacto del transporte marítimo en el cambio climático si no hay mejoras más disruptivas.

Regulación en torno al transporte marítimo y la IA

Europa

FUELEU MARITIME

El Reglamento 2023/1805 FuelEU Maritime es un reglamento europeo que forma parte del paquete "Fit for 55". Su objetivo es aumentar el uso de combustibles renovables y bajos en carbono para reducir las emisiones de GEI del transporte marítimo8. Esto es muy relevante, ya que el transporte marítimo representa el 13,5% de las emisiones de GEI del transporte de la UE como se ve en la Imagen 1.

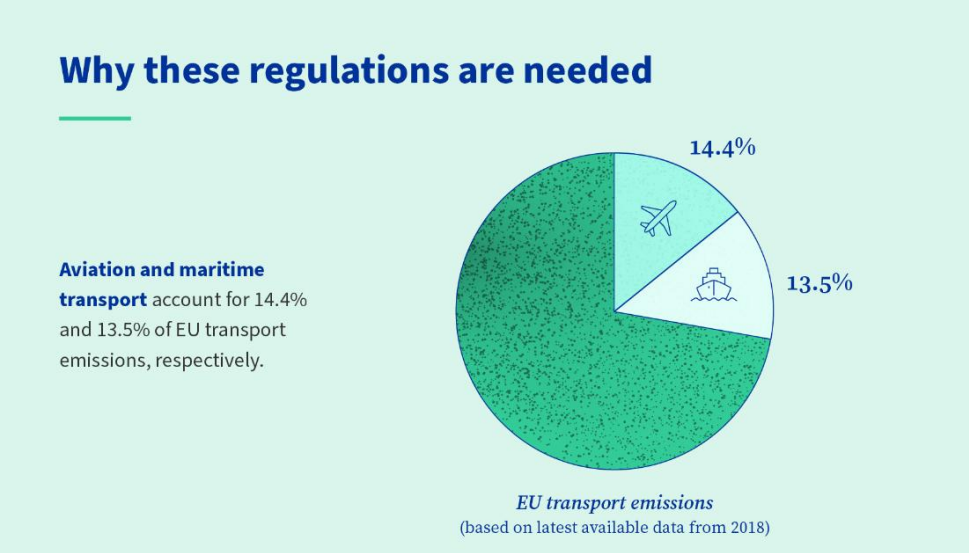


Imagen 1: Emisiones de la aviación y la navegación por transporte en la UE. Fuente: Consejo Europeo[9]

FuelEU Maritime establece objetivos de reducción de intensidad de emisiones, y para ello se centra incentivar en el uso de combustibles renovables de origen no biológico (RFNBO, por sus siglas en inglés), en obligar al uso de suministro eléctrico en tierra y en excluir de los combustibles fósiles del proceso de certificación[8]. Es interesante que los ingresos generados por la aplicación del reglamento con las llamadas "penalizaciones FuelEU" se destinarán a proyectos de apoyo a la descarbonización del sector marítimo con un mecanismo de transparencia mejorado. Los objetivos de reducción de la intensidad de carbono se representan en la imagen 2, con grandes perspectivas para las décadas de 2030 y 2040.

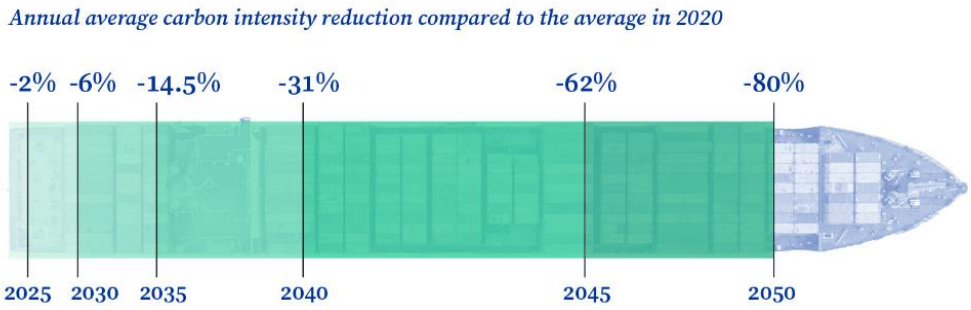


Imagen 2: Reducción media anual de la intensidad de carbono en comparación con la media en 2020. Fuente: Consejo Europeo[9]

La normativa entrará en vigor en 2025 e impone un requisito de intensidad de GEI de lo que se llama "well-to-wake", abarcando toda la cadena de suministro del combustible desde la adquisición de la materia prima hasta la conversión en energía en las embarcaciones[10 42]. Una de las características del FuelEU Maritime, y un tema en discusión en la OMI, es la posibilidad de agrupar el cumplimiento entre varios barcos de la misma o diferentes empresas. De este modo, cada barco individual no tendría que cumplir con la intensidad de GEI del combustible requerida, sino que podría contar con la contribución de otros barcos para lograr un nivel combinado de intensidad de GEI por debajo del umbral establecido. La organización experta en temas marítimos DNV estima que, en términos de coste total por tonelada de reducción de emisiones de GEI, la implementación de un mecanismo de intercambio podría disminuir el coste de la descarbonización en un 6%[10].

FuelEU también incentiva la adopción de tecnologías de propulsión alternativas con energías renovables, la infraestructura portuaria verde, los créditos de carbono, la eficiencia energética y promueve la investigación para el desarrollo de combustibles alternativos y de soluciones innovadoras para reducir emisiones. Entre las energías renovables que incentiva se encuentran los biocombustibles, que se consideran una alternativa escalable y lista para el mercado actual, pero que es muy peligrosa ambientalmente si se permite cualquier tipo de biocombustible, también el que tiene un alto riesgo de cambio indirecto del uso de la tierra (ILUC, por sus siglas en inglés). Las nuevas regulaciones y tecnologías deben tener en cuenta este tipo de impactos y apostar por las maneras más sostenibles de innovar en el transporte marítimo.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE ACT (EU) 2024/1689

A nivel de IA, la UE estableció el reglamento Reglamento 2024/1689, cuyo objetivo es que los sistemas de IA utilizados en la UE sean seguros, transparentes, trazables, no discriminatorios y respetuosos con el medio ambiente[11]. Además, buscan mejorar el funcionamiento del mercado interior y promover la adopción de la IA centrada en el ser humano y digna de confianza. A la vez, debe hacerlo garantizando un alto nivel de protección de la salud, la seguridad, los derechos fundamentales consagrados en la Carta, incluida la democracia, el

Estado de Derecho y la protección del medio ambiente, contra los efectos nocivos de los sistemas de IA en la Unión y apoyando la innovación[12].

La Ley clasifica las aplicaciones de IA en tres categorías de riesgo. En primer lugar, se prohíben las aplicaciones y sistemas que supongan un riesgo inaceptable, como los sistemas de puntuación social gestionados por el gobierno, como los que se utilizan en China. En segundo lugar, las aplicaciones de alto riesgo, como una herramienta de escaneo de CV que clasifica a los solicitantes de empleo, están sujetas a requisitos legales específicos. Por último, las aplicaciones que no están explícitamente prohibidas o catalogadas como de alto riesgo quedan en gran medida sin regular.

Este reglamento establece que haya revisiones de conformidad obligatorias previas a la puesta en marcha de sistemas de IA, el requisito de la vigilancia humana en decisiones críticas como la navegación autónoma, la obligación de asegurar calidad en los datos, transparencia y robustez, y la creación de organismos nacionales de IA para que apliquen la normativa.

España

PLAN NACIONAL INTEGRADO DE ENERGÍA Y CLIMA

Los Planes Nacionales Integrados de Energía y Clima (PNIEC) son planes nacionales regulados por el Reglamento sobre la gobernanza de la unión de la energía y la acción por el clima (UE) 2018/1999 que establecen estrategias y medidas que garantizan que los objetivos energéticos y climáticos, y los compromisos de GEI a largo plazo, sean coherentes con el Acuerdo de París[8]. Se presentan a la Comisión Europea, que los evalúa y opina sobre la precisión o ambición de las medidas. Mientras que el PNIEC español presentado en 2021 pretendía una reducción del 23% de las emisiones de GEI para 2030[15], la nueva versión publicada en 2024 aumentó el objetivo hasta el 32%[15]. Esta actualización también creó un nuevo objetivo de reducción de la intensidad de las emisiones para el transporte del 16,3%, aumentó al 28% la energía renovable en el transporte y al 17,26% los RFNBO y los biocombustibles avanzados del Anexo IX parte A, todos ellos para 2030[15]. El PNIEC no tiene carácter vinculante, sino que funciona como guía y estrategia de trabajo para las políticas nacionales.

La primera versión tenía una medida específica (1.7) para los biocombustibles avanzados en el transporte, mientras que el nuevo borrador menciona el mismo tema en la medida 1.12 y relaciona los biocombustibles con el transporte marítimo en la medida 1.13.

La medida 1.12 se centra en el desarrollo de biocombustibles avanzados para el transporte, enmarcándola en la importancia de descarbonizar el sector que más GEI emite en España (30,8% en 2022)[15]. El objetivo es incrementar el uso de biocombustibles avanzados y RFNBO en el sector transporte, planteando la posibilidad de establecer mecanismos para forzar la venta o el consumo de biocombustibles y RFNBO, promoviendo etiquetas para las gasolineras

que fomenten el uso de biocombustibles, al tiempo que se limita el uso de biocombustibles de cultivos.

La medida 1.13 se refiere a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero del sector marítimo y se basa en el Reglamento marítimo FuelEU y en la estrategia "Fit for 55". Promueve los biocombustibles y hace hincapié en la rápida implantación de biocombustibles avanzados. También menciona la importancia de las asociaciones público-privadas y la transferencia de conocimiento[15]. Esta medida funciona como transposición del reglamento FuelEU Maritime y sus objetivos no son ni más ni menos ambiciosos.

ESTRATEGIA NACIONAL DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial (ENIA) se publicó en España en 2020 y se reforzó en 2024 con la intención de aprovechar la palanca que supone la IA para una transformación económica, teniendo en cuenta el notable salto computacional que se ha producido desde entonces y que estima su uso en tecnologías cada vez más potentes[16].

La estrategia está basada en tres ejes:

- reforzar las palancas claves para el desarrollo de la IA, dotando de las capacidades necesarias al país para hacer frente a una demanda creciente de productos y servicios de IA;
- facilitar la expansión de la IA en el sector público y privado, fomentando la innovación y el emprendimiento y reforzando la ciberseguridad; y
- desarrollar una IA transparente, responsable y humanística, estableciendo con un alto consenso social la capacidad de toma de decisiones y la forma de interactuar entre las personas y los desarrollos realizados por IA.

La ENIA puede afectar al transporte marítimo en aspectos transversales como es la transformación digital de la industria, la aplicación de la IA para la sostenibilidad, el impulso a la movilidad inteligente y los sistemas autónomos, en el desarrollo de infraestructuras digitales inteligentes y el fomento de la investigación y la innovación.

La IA en el transporte marítimo

Cómo puede ayudar en la descarbonización

La IA se ha convertido en una herramienta fundamental para acelerar los esfuerzos de descarbonización en múltiples sectores, al permitir una gestión más eficiente de los recursos, optimizar procesos energéticos y facilitar la toma de decisiones basada en datos en tiempo real. Desde la industria energética hasta la agricultura y el transporte, la IA ayuda a reducir emisiones mediante el análisis predictivo, el mantenimiento inteligente y la integración de tecnologías limpias.

La IA en el transporte marítimo se puede ver reflejada en sistemas de autonavegación, con potenciales buques autónomos, la optimización de rutas de navegación, el monitoreo y control de emisiones en tiempo real, la gestión inteligente del consumo de combustible y la adopción de sistemas de propulsión sostenibles. El uso de esta tecnología en el mar es revolucionario a nivel técnico, y no sólo puede tener beneficios en la mejora de la eficiencia operativa, reducción de costes, sino que también permiten al sector cumplir con normativas internacionales sobre emisiones, avanzando hacia una industria marítima más limpia y resiliente frente al cambio climático.

La IA puede ayudar a coordinar el uso de tecnologías emergentes como velas automatizadas, sistemas de energía marina o dispositivos de propulsión alternativa, maximizando su efectividad y reduciendo la huella de carbono. Otro ejemplo disruptivo del uso de IA en el transporte marítimo es el de un **gemelo digital o digital twin** que se está poniendo a prueba en el puerto de Rotterdam[20]. Desde el puerto han estimado que puede ayudar a reducir 775 millones de toneladas de CO2 en esta década, lo que supone el 10% de todas las emisiones del transporte marítimo[20]. Esto se consigue, por ejemplo, reduciendo los tiempos de espera hasta un 20% para buques que marchan del puerto[21].

También existe el caso de ZeroNorth, una start-up basada en Copenhague, que utiliza la IA para mejorar la eficiencia del casco, la hélice, la caldera y el motor auxiliar para así mejorar su rendimiento[41]. Incorpora información sobre la velocidad, las revoluciones por minuto, el tiempo atmosférico y la geolocalización y con los datos internos identifica la mejor ruta para llegar al destino deseado. El sector marítimo necesita de innovaciones como éstas, ya que es un sector muy tradicional ajeno a muchas de estas tecnologías en su mayoría, manteniéndose muy manual. Recoger y compartir más datos ayudaría a optimizar costes y emisiones[20].

El uso de los gemelos digitales y otros modelos predictivos pueden generar simulaciones de las condiciones climáticas, la variabilidad del océano, el impacto ambiental de las actividades marítimas y el consumo de combustible, ayudando a prever y mitigar los efectos del cambio climático en las operaciones del sector[24].

La IA permite ajustar rutas en tiempo real según condiciones meteorológicas y corrientes oceánicas, reduciendo el consumo de combustible y las emisiones. Los algoritmos inteligentes analizan estos datos y generan recomendaciones precisas que ayudan a los capitanes y operadores a tomar decisiones informadas sobre las rutas a seguir[17]. Por ejemplo, sistemas de IA pueden ajustar la velocidad de los barcos para minimizar el consumo de combustible y reducir las emisiones[18]. La capacidad de la IA para analizar grandes volúmenes de datos de diversas fuentes (sensores, satélites, datos meteorológicos, etc.) ayudará a obtener información valiosa sobre el desempeño de los barcos, las condiciones marítimas y las emisiones. Esto además permitirá el acceso a esa información a tiempo real y por tanto la toma de decisiones en momentos clave, usando modelos predictivos que reducen fallos, mejoran la eficiencia y prolongan la vida útil de los sistemas.

Utilizar la IA para la automatización de los puertos, mejorando la logística, el almacenamiento y la distribución de mercancías, lo que optimiza la eficiencia de la cadena de suministro y reduce las emisiones. Por ejemplo, la IA se puede utilizar para estimar el tiempo que pasa un contenedor en el puerto, predecir cuándo va a llegar el buque o ver los patrones de carga y descarga de las embarcaciones puede suponer una reducción en el número de operaciones a realizar en la terminal y, por consiguiente, de la cantidad de emisiones y costes[19]. La IA puede ayudar a reducir la congestión en los puertos, mejorar la coordinación entre diferentes actores (armadores, operadores portuarios, autoridades de tráfico marítimo) y optimizar los tiempos de espera, lo que se traduce en una reducción del consumo de combustible y las emisiones.

La IA tiene capacidad de asistir en la recopilación y análisis de datos en tiempo real de emisiones para cumplir con regulaciones internacionales, como las establecidas por la OMI y acuerdos regionales sobre la reducción de emisiones, como áreas de emisiones controladas (o ECA por sus siglas en inglés) y áreas marinas particularmente sensibles (o PSSA), que tienen otros estándares de combustibles o emisiones. También puede recopilar datos sobre el consumo de combustible, el desgaste de motores y otros indicadores también puede ayudar a conocer el funcionamiento del buque y así aumentar la eficiencia energética[23].

La IA puede ayudar a gestionar de manera más eficiente el uso de la energía a bordo, tanto en el consumo de combustible como en el uso de sistemas eléctricos, para reducir el consumo de energía y las emisiones, además de tener en cuenta la distribución de la carga para reducir el peso y así el combustible. A esto se debe añadir el uso de energía renovable en puertos para reducir el consumo de combustible del buque, que se incentiva en FuelEU Maritime.

La cooperación entre empresas tecnológicas, armadores, gobiernos y reguladores es esencial para implementar soluciones basadas en IA de manera eficaz y garantizar que las mejores prácticas se compartan y se adopten en toda la industria[22].

Riesgos de la aplicación de la IA en el transporte marítimo para la descarbonización

El uso de estas tecnologías disruptivas puede ser muy positivo en el transporte marítimo, pero también conlleva unos riesgos que hay que analizar y prevenir para evitar todos los que sea posible.

SEGURIDAD

La IA tiene capacidad de aumentar la seguridad de los buques, usando sus análisis extensos para identificar, reconocer y evitar objetos cercanos manteniendo distancias seguras, con comunicación bidireccional entre la tripulación y centros operativos remotos o prediciendo trayectorias menos proclives a las colisiones, por ejemplo[25]. Es en la creación de sistemas autónomos o buques inteligentes, sin tripulación, los que pueden tener más riesgo. Rolls Royce, Konsberg y Warstila ya están investigando esta posibilidad que contaría con la ayuda de otras tecnologías como GPS, radar, cámara HD o sistema LIDAR[26].

Los peligros de seguridad de la IA en el transporte marítimo son los intrínsecos a la IA, como errores de interpretación en los algoritmos o en el diseño[27]. Por eso, la supervisión humana es muy importante. Cuando un error se produce, la falta de una persona detrás de esa herramienta digital puede derivar en falta de responsabilidad por la ausencia de transparencia en quién ha tomado esa decisión, y así sucedería sin las consecuencias que un error así tendría para un ser humano. Por eso la ley europea AI Act, mencionada anteriormente, obliga a que haya evaluaciones de riesgos, supervisión humana y revisiones periódicas.

DESIGUALDAD

El avance de ciertos puertos en la conectividad puede dar lugar a un aumento de la desigualdad entre puertos por la discriminación a aquellos puertos que no estén adaptados a ciertas tecnologías, como los puertos africanos que en el Índice de Conectividad del Transporte Marítimo (LSCI, por sus siglas en inglés) continúan en baremos pre-pandemia, mientras otras regiones del mundo alcanzan niveles récord, como Asia, América Latina y el Caribe[24].

IMPACTO AMBIENTAL DE LA IA

La IA puede tener grandes beneficios para la protección ambiental, pero su uso tiene un impacto asociado que debe tenerse en cuenta. Los centros de datos que usa la IA utilizan grandes cantidades de agua para la refrigeración, además de mucha electricidad. El Informe sobre la Economía Digital sostiene que los centros de datos de todo el mundo consumieron tanta energía como Francia en 2022, y su consumo se espera que se duplique para 2026[28]. El consumo se produce de un 20 a un 40% en la fase de entrenamiento con el machine learning, alrededor de un 60-70% en el propio uso de la herramienta y un 10% en la

experimentación[36] [37]. Se calcula que una búsqueda en Chat GPT utiliza 10 veces la energía que requiere una búsqueda en Google según la Agencia Internacional de la Energía[34].
Mientras aumenten los tamaños de los modelos más grandes de machine learning y con ellos la demanda de energía asociada, con las tecnologías actuales la eficiencia energética no será suficiente para compensar todo este aumento de demanda y finalmente supondrá un incremento en el uso de energía total de la IA[37] [38]. Por todo esto, es importante que la energía que usen estos centros y en general los porcentajes de energía sean cada vez más renovables para evitar un tremendo aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero según el uso de la IA aumenta como se prevé. Es relevante también que la energía renovable sea adicional, sin socavar la energía destinada a otros sectores, y que en momentos de escasez de energías bajas en carbono existan unas jerarquías que regulen que la IA no es una prioridad, y se reduzca la demanda en este sector.

Respecto al agua, el entrenamiento de GPT-3 en sus centros de datos consumió 700.000 litros de agua potable para refrigeración y para 2027 se espera que la demanda de agua sea la mitad de la de Reino Unido[33]. Se produce un dilema interesante intentando solventar el impacto ambiental del gran uso de energía y de agua de los centros de datos: para reducir los gases de efecto invernadero del uso de energía es preferible construir los centros de datos en zonas con sol, ya que hay más disponibilidad para utilizar energía solar, mientras que para tener que refrigerar menos y así usar menos agua son mejores los lugares con poco sol[29].

Tampoco se puede obviar el impacto que supone la extracción de materiales para sostener todo el hardware que se necesita para que la IA funcione. La producción de un ordenador de 2 kilos implica la extracción de 800 kilos de materias primas[29] y las tierras raras que necesitan los microchips que se usan en estas herramientas a menudo tienen efectos destructivos en el medio ambiente[32].

El impacto ambiental negativo de la IA es tanto directo, con las emisiones de los propios ordenadores, como indirecto, al haber emisiones relacionadas a aplicaciones que usan esta tecnología[29]. Pero la IA también puede tener un impacto positivo en el medio ambiente, como por ejemplo el uso que hace el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) con el que mide gracias a la IA cuándo las instalaciones petrolíferas y de gas desprenden metano, con el poder de calentamiento global que tiene este gas[30]. Es clave en todo el proceso de desarrollo de nuevas tecnologías, y en particular de esta, el usarlas de manera razonable y calculando a través de análisis de ciclos de vida los beneficios que puede traer en comparación con los perjuicios en según qué sector.

Conclusiones y recomendaciones

Resumen de las oportunidades y desafíos para la descarbonización mediante IA

La IA, como en muchos sectores, es una herramienta que va a transformar procesos y que puede tener efectos positivos en el funcionamiento del transporte marítimo, pero también implica unos riesgos, tanto ambientales como sociales, que deben tenerse en cuenta en su implementación. Muchos de los riesgos son intrínsecos a la IA, como el alto impacto ambiental de los centros de datos o los riesgos de seguridad o desigualdad cuando no hay supervisión humana. En el sector marítimo, estos peligros se acentúan cuando hablamos de buques autónomos que carguen personas o mercancías que puedan también amenazar la vida de personas. El despliegue en regiones con más uso de tecnología también puede limitar el alcance del mercado y las innovaciones a lugares con menos adopción tecnológica, aumentando la desigualdad existente que ya pueda existir.

Las posibilidades de las nuevas tecnologías y el atractivo que puedan tener para el sector marítimo no deben desarrollarse sin antes evaluar el impacto que pueden tener en el medio ambiente y en las personas. Es importante avanzar por ese camino sólo cuando se compruebe que el remedio no es peor que la enfermedad.

Recomendaciones para políticas y futuras inversiones en IA en el sector marítimo

Con ayuda de colaboración multinivel, las organizaciones gubernamentales que velan por el bienestar público deben asegurarse de que el despliegue de tecnologías tan disruptivas como es la IA no amenacen la seguridad de las personas ni supongan un nuevo peso a favor de más temperatura y más cambio climático. Hay ciertas recomendaciones que se derivan de la creación de este informe:

1. Una regulación estricta que obligue a **analizar el ciclo de vida de los centros de datos**, limitando el consumo de energía y agua y estableciendo una jerarquía de usos donde se encuentren por debajo de otras industrias esenciales, además del uso residencial de las familias en los municipios.
2. Los recursos usados para la generación de IA no deben aumentar las presiones de minería y violaciones de derechos humanos en muchos países donde se extraen las materias primas. Al contrario, en alianza y colaboración con diferentes organizaciones se debe **garantizar que los recursos se extraen de minería lo menos perjudicial posible para el medio ambiente, reaprovechando materiales como primera opción** y creando paralelamente a los centros de datos empresas que hagan estas funciones de recogida y reciclaje.
3. Aumentar la **financiación para la creación de capacidades** respecto a las nuevas tecnologías a nivel global, con formación y ayudas para construir infraestructura.

4. Las administraciones deben seguir apostando por producir mejor. Se debe crear una regulación que **premie a quienes hacen productos más duraderos y castiguen a quienes deliberadamente producen con peor calidad**. Se deben **mejorar los métodos y el sistema general de reciclaje** para aumentar la recuperabilidad de las materias primas.
5. El **uso de energía renovable** en los centros de datos debe ser garantizado y adicional, construido precisamente para ellos, aprovechando los tejados e infraestructura que utilicen para reducir el uso de otras tierras en la producción de energía.
6. Se debe exigir a las empresas tecnológicas que desarrollan la IA que lo hagan buscando la **mayor eficiencia de los algoritmos**, así reduciendo la demanda de energía de los centros de datos. La IA puede y debe ser una herramienta que disminuya su propio impacto.
7. La IA puede tener grandes beneficios en el sector marítimo. Es conveniente para el medio ambiente que, cuando con los análisis de ciclo de vida se compruebe que el beneficio compensa, **se implemente IA en buques y puertos para mejorar la eficiencia, reducir costes y emisiones**. El gobierno debe incentivar la puesta en marcha de esta tecnología en la infraestructura marítima, premiando a quienes consigan reducir emisiones e impacto en la biodiversidad en general y castigando a quienes siguen en una senda fuera de la descarbonización.

Referencias

1. European Environment Agency and European Maritime Safety Agency, 2025. European Maritime Transport Environmental Report 2025. EEA-EMSA Joint Report 15/2024
2. https://www.nasa.gov/what-is-artificial-intelligence/
3. https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2018_en.pdf
4. https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Fourth-IMO-Greenhouse-Gas-Study-2020.aspx
5. https://www.imo.org/es/About/Paginas/Default.aspx
6. https://www.theguardian.com/environment/2022/nov/07/cop27-climate-summit-un-secretary-general-antonio-guterres
7. https://www.imo.org/en/ourwork/Environment/Pages/Fourth-IMO-Greenhouse-Gas-Study-2020.aspx
8. https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/07/25/fueleu-maritime-initiative-council-adopts-new-law-to-decarbonise-the-maritime-sector/
9. https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/fit-for-55-refueleu-and-fueleu/
10. https://www.dnv.com/maritime/publications/maritime-forecast/?elqTrackId=0a6d30414ae9457e8afde081370d2c8b&elq=a31d064f1dc14a2d908607118e976eae&elqaid=33266&elqat=1&elqCampaignId=23640&elqcst=272&elqcsid=3856&elqak=8AF504AA550D0C24676D4912592AD0D13A6848EB678E8754940782873987B60C06EB
11. https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20230601STO93804/eu-ai-act-first-regulation-on-artificial-intelligence
12. https://artificialintelligenceact.eu/es/
13. https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/energy-union_en#regulation-on-the-governance-of-the-energy-union-and-climate-action
14. https://www.miteco.gob.es/es/prensa/pniec.html
15. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/energia/files-1/pniec-2023-2030/PNIEC_2024_240924.pdf
16. https://portal.mineco.gob.es/es-es/digitalizacionIA/Documents/Estrategia_IA_2024.pdf
17. https://www.carlosgonzalo.es/inteligencia-artificial-transporte-maritimo/
18. https://voyagex.ai/ai-powered-ship-route-optimization/?utm_source=chatgpt.com
19. https://wistainternational.com/wp-content/uploads/Inteligencia-Artificial.pdf
20. https://www.ship-technology.com/features/qa-awakening-smart-port-tech-port-rotterdam/?cf-view
21. https://www.seatrade-maritime.com/ports-logistics/new-port-of-rotterdam-app-cuts-waiting-time-by-20-reduces-co2-emissions
22. https://www.mdpi.com/2076-3417/14/14/5994?utm_source=chatgpt.com
23. https://freightol.com/inteligencia-artificial-transporte-maritimo/
24. https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2023_en.pdf
25. https://storage.pardot.com/941163/1682383431twVrCNID/Thetius_LR___Out_of_the_box___Autonomy_and_AI_2023.pdf
26. https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/19658
27. https://www.consilium.europa.eu/en/policies/benefits-and-risks-of-ai/
28. Kaack LH, Donti PL, Strubell E, Kamiya G, Creutzig F and Rolnick D (2022). Aligning artificial intelligence with climate change mitigation. Nature Climate Change. 12(6):518–527.
29. https://unctad.org/system/files/official-document/der2024_en.pdf
30. https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/la-ia-plantea-problemas-ambientales-esto-es-lo-que-el-mundo-puede

31. https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/pages/IMO-approves-netzero-regulations.aspx
32. https://wedocs.unep.org/20.500.11822/45890
33. https://arxiv.org/pdf/2304.03271
34. https://iea.blob.core.windows.net/assets/6b2fd954-2017-408e-bf08-952fdd62118a/Electricity2024-Analysisandforecastto2026.pdf
35. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380455/PDF/380455eng.pdf.multi
36. Patterson D, Gonzalez J, Hölzle U, Le Q, Liang C, Munguia L-M, Rothchild D, So D, Texier M and Dean J (2022). The carbon footprint of machine learning training will plateau, then shrink. Available at http://arxiv. org/abs/2204.05149.
37. Wu C-J, Raghavendra R, Gupta U, Acun B, Ardalani N, Maeng K, Chang G, Aga F, Huang J, Bai C, Gschwind M, Gupta A, Ott M, Melnikov A, Candido S, Brooks D, Chauhan G, Lee B, Lee H-H, Akyildiz B, Balandat M, Spisak J, Jain R, Rabbat M and Hazelwood K (2022). Sustainable AI: Environmental implications, challenges and opportunities. Proceedings of Machine Learning and Systems. 4:795–813.
38. OpenAI (2018). AI and compute. 16 May. Available at https://openai.com/research/ai-and-compute.
39. https://wedocs.unep.org/20.500.11822/46288
40. https://www.myjoyonline.com/maritime-artificial-intelligence-ethics-and-algorithmic-accountability/
41. Stone M (2023). Logistics Disruptors: Data-driven insights for greener shipping. McKinsey Company. 30 June. Available at https://www.mckinsey.com/.
42. https://marine-offshore.bureauveritas.com/insight/business-insights/what-well-wake-decarbonization-means-shipowners



Con el apoyo de:

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Elaborado por:

ecodes
tiempo de actuar