

**Propuesta para la gestión energética en el sector pesquero ecuatoriano: caso de estudio
buque pesquero "Emilio"**

**Proposal for energy management in the Ecuadorian fishing sector: case study fishing vessel
"Emilio"**

Dennys Javier García García¹

Manuel Raúl Peláez Samaniego²

Ángel Mauricio Espinoza Cotera³

Resumen

El sector pesquero es de suma importancia para la economía ecuatoriana ya que es uno de los tres sectores que aporta de forma positiva a la dinámica del crecimiento del país. Debido a la pandemia reciente Ecuador, al igual que muchos países, registró un decrecimiento de la economía, no obstante, la pesca registró un crecimiento interanual para el periodo 2021-I del 16 % aportando con 0.11 puntos a la dinámica de la economía en este periodo. En este sector, la eficiencia energética en los buques pesqueros es un tema de gran importancia y que no se ha avanzado lo suficiente en Ecuador, debido a los altos costos de implementación de equipos más eficientes son rechazados por los inversionistas. Se sabe que los barcos con los equipos que tienen consumen mayor energía, que constituye un gasto económico adicional al consumir mayor energía (Diesel) para realizar los mismos trabajos. En vista de que las decisiones se toman en torno a las opciones más económicas y funcionales en las embarcaciones, este artículo propone estrategias encaminadas a reducir el consumo energético de estos buques, se utiliza el Indicador

¹ Estudiante del programa de Maestría en Electricidad con mención en Generación Renovable y Sostenibilidad Energética, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador. E-mail: dennys.garcia@pg.ulead.edu.ec ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7676-7240>

² Docente Titular Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad del Azuay, Ecuador. E-mail: manuel.pelaez@ucuenca.edu.ec ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7618-9474>

³ Docente Titular Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador. E-mail: angel.espinoza@uleam.edu.ec ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2271-5248>



Operacional de Eficiencia Energética (EEOI) y el Plan de Gestión de la Eficiencia Energética del Buque (SEEMP) propuesto por la Organización Marítima Internacional (OMI), para medir la cantidad de combustible que puede ser ahorrada por la embarcación, lo que permitirá reducir el consumo energético de la embarcación y con ello las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera de este sector.

Palabras clave: energía, eficiencia energética, CO₂, ahorro de combustible

Abstract

The fishing sector is of the utmost importance for the Ecuadorian economy since it is one of the three sectors that contributes positively to the dynamics of the country's growth. Due to the recent pandemic, Ecuador, like many countries, registered a decrease in the economy, however, fishing registered an interannual growth for the period 2021-I of 16%, contributing 0.11 points to the dynamics of the economy in this period. In this sector, energy efficiency in fishing vessels is an issue of great importance and that not enough progress has been made in Ecuador, due to the high costs of implementing more efficient equipment, which are rejected by investors. It is known that the ships with the equipment they have consume more energy, which constitutes an additional economic expense by consuming more energy (Diesel) to carry out the same jobs. In view of the fact that decisions are made around the most economical and functional options in the vessels, this article proposes strategies aimed at reducing the energy consumption of these vessels, using the Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI) and the Energy Efficiency Plan. Ship Energy Efficiency Management (SEEMP) proposed by the International Maritime Organization (IMO), to measure the amount of fuel that can be saved by the vessel, which will reduce the energy consumption of the vessel and with it the emissions of carbon dioxide into the atmosphere in this sector.

Keywords: energy, energy efficiency, CO2, fuel savings

Introducción

El constante incremento en las temperaturas y afectaciones a los ecosistemas por la constante quema de combustibles fósiles para satisfacer las necesidades humanas, ha hecho que los distintos organismos tomen acciones para reducir el consumo energético y aumentar la eficiencia energética en las distintas industrias a nivel mundial. La industria marítima no es la excepción. Es por ello que el 17 de marzo de 1958 se crea la Organización Marítima Internacional (OMI), la cual ha establecido medidas de eficiencia energética aplicada a los barcos a través de los años. Dichas medidas buscan reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el planeta y adicionalmente bajar las emisiones de dióxido de azufre y óxido de nitrógeno las cuales reaccionan con las condiciones naturales medioambientales y forman lluvias ácidas. Por otro lado, las lluvias ácidas afectan la biodiversidad marina deteriorando los hábitats. Dichas regulaciones aplicadas a la eficiencia energética en los barcos buscan reducir estas emisiones hasta en un 50 % para el 2050 OMI (2023).

La OMI propone medidas de eficiencia energética tanto a nivel de diseño de una embarcación nueva, como medidas de eficiencia energética operacionales para barcos que se encuentran ya en operación. Los distintos indicadores buscan gestionar la respectiva planificación operativa y de mantenimiento lo que repercute directamente en el desempeño del consumo de combustible de la embarcación (Barreiro et al., 2022). En este artículo, se estudian las distintas estrategias operacionales y de mantenimiento que permitan reducir el consumo energético en embarcaciones. Específicamente, se analiza la embarcación Emilio, un buque de la flota pesquera ecuatoriana. la Figura 1 muestra de manera general a la embarcación.

Figura 1

Buque pesquero Emilio

Danna Javier Ceraño Ceraño, Manuel Raúl Peláez Samaniego, Ángel Mauricio Espinoza Cotera

<http://revistas.ult.edu.cu/index.php/didascalía>



Desarrollo

Existen distintos trabajos que describen métodos que permiten disminuir el consumo de combustible y con ello las emisiones de CO₂ en embarcaciones. Barreiro et al. (2022) han mostrado varias formas en las que se puede lograr una mayor eficiencia energética, tanto mediante mejoras en toda la industria como mediante una modificación directa en el manejo de los barcos, ya sea por un diseño o mejoras operativas. En ambos casos ha habido un esfuerzo importante tanto para actualizar y mejorar las medidas existentes, como para encontrar e implementar nuevas medidas innovadoras.

Por otra parte, Jimenez et al. (2022) indican que la investigación futura sobre eficiencia energética y reducción de emisiones ofrece amplias posibilidades. Además, informa de las prácticas de eficiencia energética por parte de las compañías navieras las cuales mejoran la transparencia y la rendición de cuentas y, en última instancia, aportan a los esfuerzos por mejorar la eficiencia energética en las embarcaciones. Los temas tratados en esta investigación fueron 1) Medidas de descarbonización y reducción de emisiones, 2) Gestión de la velocidad, 3) Política y regulaciones, 4) Factores económicos y organizativos, 5) Uso fuentes de energía alternativas. Esos grupos se analizaron en detalle utilizando un enfoque de análisis de contenido cualitativo.

A su vez Guerrero (2018) señala que el porcentaje destinado a la propulsión en una embarcación por marea se estima entre un 70 % y 85 % del consumo total de los depósitos de combustible de la embarcación, lo cual varía en función de las características del barco, sus

condiciones de operación y el número de consumidores (grupos electrógenos). El autor menciona medidas que se pueden implementar en la operación de una embarcación en uso para reducir este consumo, estas medidas son: uso de gas licuado de petróleo para la propulsión, uso de propulsión eólica, propulsión Diesel-eléctrica.

Además, Duan et al. (2023) toman en cuenta las buenas prácticas que permiten la reducción del consumo energético y aumentan la eficiencia energética. Indica las prácticas actuales de eficiencia energética se resumieron en cinco grupos: 1) Mejorar el nivel de automatización de la tecnología del buque y el nivel de informatización de la gestión, 2) Mejorar el efecto de implementación del SEEMP, 3) Formular practicas científicas de eficiencia energética adecuadas para los objetivos del barco, 4) Resolver retos existentes en SEEMP en el nuevo contexto y 5) La cobertura de la gestión de la eficiencia energética debe ser expandido. Con base en la clasificación, se estableció un modelo de estructura jerárquica, reflejando la relación prioritaria entre las diferentes prácticas de eficiencia energética.

Asimismo, Poulsen et al. (2022) han señalado que los complejos procesos de toma de decisiones, obstaculizan la eficiencia energética en las operaciones de los barcos. Este documento arroja una nueva perspectiva sobre los procesos de toma de decisiones para las operaciones de barcos energéticamente eficientes e identifica a los tomadores de decisiones clave que están involucrados en ellos.

Es importante tomar en cuenta la parte normativa internacional, es por ello que en Li et al. (2019) se han estudiado en profundidad los convenios y reglamentos internacionales sobre cambio climático propuestos en las últimas décadas. Sobre la base del método de análisis de mecanismos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, se resumen los factores que influyen en la eficiencia energética operativa en los buques. Esta investigación describe los

factores que afectan la eficiencia energética operativa de los buques. También, proporciona una base teórica para establecer el mecanismo de seguimiento del consumo de energía del buque y el entorno de navegación; mientras tanto, será beneficioso para el estudio de los métodos de mejora de la eficiencia energética de los buques.

Los autores Nuchturee et al. (2020) nos hablan sobre el SEEMP, que es una medida operativa que establece un mecanismo para mejorar la eficiencia energética mediante el seguimiento del rendimiento del buque y la implementación de tecnologías de eficiencia energética a bordo donde se describen los procesos de planificación, implementación, supervisión y autoevaluación y mejora.

Por último, en Ivanova et al. (2020a) se toman en consideración los indicadores EEOI y EEDI. El resultado cuantitativo para ambos es una evaluación del impacto ambiental en forma de emisiones nocivas de tCO₂ para la carga de transporte.

Este artículo se relaciona a los trabajos antes mencionados, ya que el objetivo de este es brindar estrategias que permitan reducir las emisiones de CO₂ a través de las regulaciones brindadas por la OMI. A diferencia de los trabajos mencionados este artículo se centra en la mejora de la eficiencia energética de buques del sector pesquero ecuatoriano que se encuentran operativos mediante la aplicación del método SEEMP y la verificación de la reducción del consumo energético mediante el indicador EEOI.

Materiales y métodos

En este trabajo se busca proporcionar herramientas para establecer un enfoque para medir la eficiencia energética de una embarcación por cada viaje o durante un periodo de tiempo determinado (Im et al., 2019), una de estas herramientas es la implementación del SEEMP en una embarcación lo que conlleva al uso de las mejores prácticas operativas dentro del buque las

cuales se pueden apreciar en la Figura 2 donde se muestra el ciclo continuo de la implementación de estrategias para mejora de las embarcaciones.

Figura 2

Procesos del SEEMP



Dichas estrategias permiten a los armadores y operadores medir la eficiencia energética del consumo combustible de un barco en servicio y evaluar el efecto de cualquier cambio en la operación, las fases se describen a continuación:

- La fase de planificación que es el primer paso para el desarrollo de SEEMP e, implica definir las características específicas del buque. El proceso requiere el estado actual del uso de energía del barco y la mejora de la eficiencia esperada, así como estrategias de desarrollo de recursos humanos.
- La fase de implementación se relaciona con el establecimiento de métodos eficientes de energía seleccionados. Se desarrollan procedimientos para las prácticas de gestión y se asignan a los oficiales a cargo las tareas requeridas para lograr cada medida. La implementación del sistema en sí debe registrarse con fines de seguimiento y evaluación.
- La fase de seguimiento consiste en una herramienta de seguimiento cuantitativa utilizada

para recopilar datos de navegación. Una herramienta recomendada por la SEEMP es el EEOI que se desarrolla para cuantificar la eficiencia energética en términos de producción de CO₂ por trabajo de transporte (g CO₂/tonelada milla náutica). Los datos recopilados luego se aplican para fines de análisis de rendimiento.

- La autoevaluación y la mejora son el proceso final del ciclo SEEMP. Su propósito es evaluar la efectividad de las medidas implementadas. Cada medida debe evaluarse individualmente a través de varios informes voluntarios y los resultados obtenidos deben producir comentarios constructivos para la fase de planificación del próximo ciclo de mejora (Nuchturee et al., 2020).

Para cuantificar y calcular las emisiones de gases de efecto invernadero, el EEOI, proporciona una metodología para calcular estas emisiones. Ya que la cantidad de CO₂ emitida por una embarcación es proporcional a su consumo real de combustible, los cálculos del EEOI pueden suministrar datos útiles sobre el rendimiento de una embarcación referente a su eficiencia operacional (Ivanova et al., 2020a).

El cálculo general del EEOI para un solo viaje viene definido de la siguiente manera:

$$EEOI = \frac{\sum FC_j \cdot C_{Fj}}{M_{carga} \cdot D} \quad (1)$$

Para obtener un indicador promedio de varios viajes, la fórmula del EEOI se define como se muestra a continuación:

$$EEOI \text{ promedio} = \frac{\sum_i \sum_j (FC_{ij} C_{Fj})}{\sum_i M_{carga_j} \cdot D_j}$$

Donde: j - es el tipo de combustible; i - es el número de viaje; FC_{ij} - es la masa de combustible consumido j en el viaje i; C_{Fj} - es la masa de combustible para el factor de conversión de masa de CO₂ para el combustible j; M_{carga} - es carga transportada (toneladas) o trabajo realizado (capacidad de carga o pasajeros) o toneladas brutas para buques de pasaje; D -
Dennys Javier García García, Manuel Raúl Peláez Samaniego, Ángel Mauricio Espinoza Cotera
Volumen 14, Número 4, Año 2023. Octubre-noviembre. <http://revistas.ult.edu.cu/index.php/didascalía>

PROPUESTA PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA EN EL SECTOR PESQUERO ECUATORIANO

es la distancia en millas náuticas correspondiente a la carga transportada o al trabajo realizado. Para realizar un cálculo lo más aproximado posible a la realidad, es necesario tener registros de las rutas recorridas por los barcos, el tipo de combustible utilizado, la carga transportada y la cantidad de combustible consumido. El registro de esta información se puede automatizar con la ayuda de los distintos sensores disponibles en el mercado. La información de todos estos datos antes mencionados se debe encontrar en la bitácora de registro del barco y debe de ser usada para realizar el cálculo del EEOI. La tabla 1 nos indica los valores de conversión según el tipo de combustible utilizado en una embarcación para sus actividades (Ivanova et al., 2020b).

Tabla 1

Valores de conversión según el tipo de combustible utilizado en una embarcación para sus actividades

ítem	Tipo de combustible	Referencia	contenido de carbono	Cf (t-CO-2/t-fuel)
1	Diésel/ Gas Oil	ISO 8217 Grades DMX through DMC	0.8744	3.206
2	Light Fuel Oil	ISO 8217 Grades RMA through RMD	0.8594	3.151
3	Heavy Fuel Oil	ISO 8217 Grades RME through RMK	0.8493	3.114
4	Gas Licuado de petróleo	Propano Butano	0.8182 0.8264	3.0000 3.030
5	Gas Natural Licuado		0.75	2.750

Estos datos emitidos por la OMI en su archivo MEPC.1/CIRC.684 nos permiten convertir el tipo de combustible utilizado por la embarcación y determinar las toneladas de CO₂ emitidas al ambiente mediante el cálculo EEOI.

Para mejorar el consumo de energía en los viajes de la embarcación, en la siguiente sesión se tratarán las estrategias propuestas en este artículo. Estas consideraciones permitirán obtener un mejor rendimiento en la embarcación y por lo cual mejorara su eficiencia energética (Poulsen et al., 2022).

Estrategia propuesta

A continuación, se describen una serie de estrategias que permitirán reducir el consumo energético de la embarcación Emilio.

A. La gestión del agua de lastre en la embarcación

En los buques con casco de acero, el agua de mar se utiliza como un peso o lastre en una embarcación a fin de variar su centro de masa y estabilidad. Generalmente cuando el buque descarga sus mercancías, embarca lastre para continuar navegando con un calado y trimado óptimo. Este método merma el esfuerzo en el casco del barco, facilita la estabilidad transversal, mejora la propulsión, la maniobrabilidad, compensa los cambios de peso como consecuencia de los distintos niveles de carga y con ello se ve afectado el consumo energético (OMI, 2017).

B. Incidencia del Bulbo de proa

El bulbo en una embarcación es hueco, y su objetivo es desviar el agua para que esta interfiera con la ola de proa del barco. Reduce la resistencia de las olas al producir su propio sistema de ola que está desfasado con las olas de proa producidas por el casco, creando un efecto de cancelación y reducción general de la resistencia de avance. La forma y tamaño dependen de la velocidad para la que se diseña el barco. Por esta razón el bulbo consigue ahorros de combustible cuando se navega a velocidades altas de crucero. Con velocidades pequeñas, su ventaja es muy pequeña, En los barcos pequeños y de recreo cuyas velocidades son lentas se diseñan sin ningún tipo de bulbo ya que puede tener un comportamiento negativo (Duan et al., 2023).

C. La rugosidad de la hélice y su ángulo de ataque

La optimización de la hélice de un barco es un tema fundamental ya que la hélice rota alrededor de su eje con la finalidad de generar una fuerza de tracción y empujar al barco. La

tracción y el empuje en un barco están ligados al paso de pala de la hélice, ya que entre la pala y el eje de la hélice se forma un ángulo que dependiendo de su variación puede generar mayor o menor eficiencia, seguidos de fenómenos como la cavitación. A un mayor ángulo, se produce una menor ventilación y, por lo tanto, la cavitación es menor. Por el contrario, si el ángulo de la pala es excesivo se producirá un sobrecalentamiento en el motor y una bajada en el rendimiento ya que se generarán pérdidas por vibraciones (Duan et al., 2023). Al optimizar la hélice de un barco este se puede volver más veloz y llegar a reducir el consumo de combustible hasta en un 25 % J (Hüffmeier y Johanson, 2021). Al haber navegado por un tiempo una embarcación, la superficie del casco por debajo de la línea de flotación, así como la superficie de la hélice, sufrirán oxidación, desprendimiento de pintura y adherencia de algas, lo que aumentará la rugosidad de la superficie y la resistencia a la fricción del casco. Prácticas como la aplicación de nuevos recubrimientos anti incrustantes y una limpieza periódica en el muelle pueden ayudar a mantener limpias la superficie del casco y la hélice, lo que reduce la resistencia a la fricción de un barco de manera efectiva (Duan et al., 2023).

D. El control de la carga del barco

Es bien conocido que la eficiencia de un motor Diesel radica en función a su nivel de carga. Existe amplia evidencia que muestra que la gestión de carga para motores auxiliares es una forma efectiva de reducir el consumo de combustible de los motores, así como sus costes de mantenimiento. Cada barco normalmente tiene tres o más motores auxiliares; cada uno conectado a un generador eléctrico. El motor y el generador como un sistema combinado normalmente se conocen como generador Diesel. A bordo de los barcos, y a menudo para evitar un apagón, se hacen funcionar dos generadores diésel durante mucho tiempo. periodos a menos del 50 % del factor de carga. Los períodos durante los cuales se mantienen estas condiciones

pueden incluir todos los puertos de descarga, períodos de espera, períodos de limpieza de tanques, movimiento en aguas restringidas y periodos de cambio de lastre (Baumler et al., 2014). Esto a menudo conduce al uso simultáneo innecesario de múltiples motores; con factores de carga bajos y más allá de los requisitos. Como resultado, un factor de carga bajo conduce a un rendimiento de eficiencia energética deficiente. Además, el funcionamiento de los motores diésel con cargas bajas provoca un sellado deficiente de los anillos del pistón, condiciones subóptimas rendimiento del turbocompresor, bajo consumo específico de combustible, tensiones térmicas elevadas y mayor Consumo específico de aceite lubricante. En resumen, conduce a más mantenimiento y mayor consumo de combustible (Li et al., 2019).

E. La elección de la velocidad del barco

La velocidad del barco tiene una relación no lineal con el consumo de combustible. Un barco que navega más lento emitirá menos gases de efecto invernadero que un barco que navega más rápido. Los cruceros navegan en diferentes condiciones hidrometeorológicas y rutas, por lo que es necesario realizar un análisis por separado en función del modo de funcionamiento de los motores principales y auxiliares (Ivanova et al., 2020b).

F. La Optimización del trimado en un buque

A una velocidad designada los barcos pueden transportar una carga específica y consumir una cantidad de combustible según sea su trimado. Al desplazarse por el agua a un cierto trimado, el buque crea una resistencia. Entre mayor sea la resistencia que opone el agua al desplazamiento del buque mayor será su consumo de combustible y con ello las emisiones de CO₂. Por ende, desplazarse a un trimado óptimo genera ahorros de combustible considerables. Dependiendo las características constructivas del barco se puede obtener un ahorro de combustible entre el 2 % y 4 % de consumo de energía, lo que puede ser mayor o menor según

sea su trimado de operación (Barreiro et al., 2022).

G. Optimización de la ruta de viaje

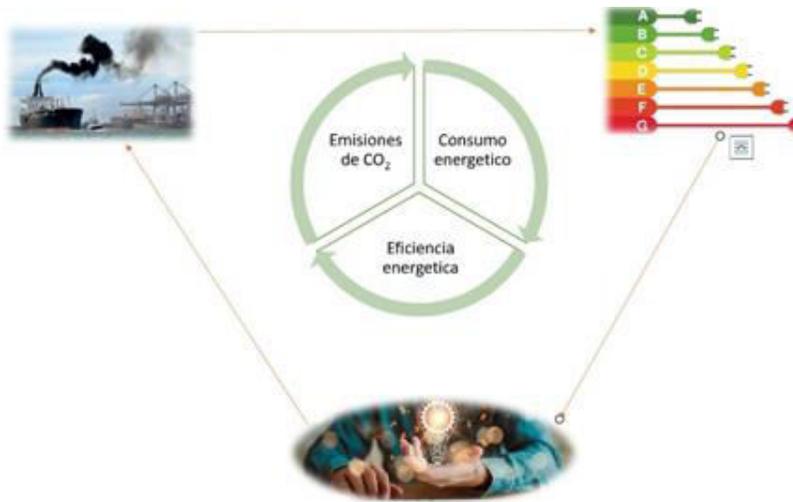
Se refiere al proceso de encontrar la ruta óptima entre el puerto de salida y el puerto de destino de un viaje. En cuanto a la ruta óptima, no solo hace que el barco evite mejor el viento y las olas adversas, sino que también aprovecha la dirección favorable del viento en el mar. El impacto ambiental favorable puede minimizar la potencia de salida del motor principal del barco, logrando así el objetivo de reducir el consumo de combustible del barco (Duan et al., 2023).

H. Capacitación continua para mejorar las habilidades de ahorro de energía en el personal.

Los conocimientos del personal sobre la conservación de la energía y la reducción de las emisiones se pueden mejorar mediante la educación y capacitación regulares de los miembros de la tripulación del barco y el personal relacionado, por ello es importante compartir buenas prácticas de ahorro de energía en los procesos que se realizan en las embarcaciones para obtener buenos resultados (Li et al., 2019). En la Figura 3 se aprecia la gestión energética y como los cambios que se realicen en ella afecta directamente a las emisiones emitidas por las embarcaciones producto del consumo de energía.

Figura 3

Gestión energética



Resultados y discusión

En esta investigación hacemos énfasis en la gestión de la carga del barco ya que al disponer en barra solo de la energía necesaria a utilizar, no se incurrirá en desperdicios de energía; esta gestión se puede aprovechar al máximo al automatizar y dar prioridad de encendido a los generadores según el nivel de carga en las barras ya que un incremento de carga significara un aumento de generadores sincronizados aportando energía a la barra y un decremento de carga implicara la puesta en *stand by* de los generadores y priorizando el encendido mínimo de generación para la operación oportuna de la carga solicitada, esto puede llegar a representar un ahorro en mantenimiento y consumo de combustible.

En resumen, la embarcación pesquera Emilio porta en sus bodegas un depósito de combustible de 215078 galones de Diesel por viaje, las cuales están destinadas para una duración de 3 meses aproximadamente. según la validación teórica y los datos de consumo de la bitácora del barco, este combustible llega a consumirse entre un 75 % y 85 %. Además, aplicando el indicador EEOI nos indica que se emiten a la atmósfera por viaje 2532.74 t-CO₂ promedio. Aplicando las estrategias del SEEMP se pueden reducir en estas emisiones hasta en un 10 % lo que va ligado a un ahorro económico.

Conclusiones

El calentamiento global fue predicho por primera vez en 1896 por el químico sueco Svante Arrhenius, y ha sido un tema muy debatido entre científicos a nivel mundial, políticos y expertos ambientales por igual. Puede ser un proceso lento y gradual, pero las consecuencias a largo plazo pueden ser catastróficas, incluidos niveles elevados del mar, acidificación de los océanos, pérdida de cosechas y hambruna, cambios en las poblaciones de plantas y animales y efectos graves para la salud.

Las embarcaciones son las que más CO₂ desprenden a la atmósfera llegando a ser el 3 % de las emisiones totales mundiales, en este artículo se describen estrategias que buscan reducir las emisiones de las embarcaciones mediante métodos de operación y mantenimiento aplicados a embarcaciones ya en funcionamiento.

Desde la reducción de la velocidad del barco, limpieza de la superficie de la hélice y superficie del casco del barco bajo el agua son parámetros que buscan aumentar la eficiencia de consumo energético del barco al reducir significativamente la resistencia de avance del mismo. Por otra parte, las buenas prácticas operativas desde apagar dispositivos que no se encuentren en uso, estimar las rutas de navegación según las rutas trazadas y con ello la planificación del viaje son factores relevantes que influyen en el consumo de combustible de la embarcación a largo plazo.

Al utilizar estas estrategias mediante el plan de gestión de la eficiencia energética en la embarcación SEEMP, se puede medir el ahorro de combustible y las emisiones de CO₂ que no se emitieron a la atmósfera por viaje puntual o un promedio de viajes. Los valores de consumo de combustible y CO₂ pueden ser tomados de la embarcación mediante la implementación de sensores que nos ayuden al continuo monitoreo en tiempo real del consumo energético realizado

por la embarcación, estos datos se pueden calcular mediante el indicador operacional de eficiencia energética del barco EEOI, con lo cual se pueden obtener un histórico del consumo energético del barco con el objetivo de la constante mejora del mismo en sus operaciones y mantenimientos. Las antes mencionadas regulaciones al haber sido emitidas por la OMI buscan la constante supervisión y regulación del consumo energético y las cuales se alinean a la ley orgánica de eficiencia energética ecuatoriana que en su art. 17 menciona que todo consumidor de energía a nivel nacional debe velar permanentemente porque sus consumos estén enmarcados en el uso racional de la energía, y adaptar sus comportamientos de consumo, orientándolos al ahorro energético, sin que esto signifique disminuir sus condiciones de confort y producción. Al aplicar estas estrategias en la embarcación Emilio, teóricamente se puede obtener un ahorro del 10 % en las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera.

Referencias

- Barreiro, J., Zaragoza, S., & Diaz-Casas, V. (2022). Review of ship energy efficiency. *Ocean Engineering*, 257, 111594. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.111594>
- Baumler, R., Ölçer, A.I., Pazaver, A., Nakazawa, T., Baldauf, M., Moon, D. and Cole, C. (2014) Train-the-Trainer Course on Energy Efficient Operation of Ships. *American Journal of Climate Change*, 3, 404-412. https://www.researchgate.net/publication/272564465_Train-the-Trainer_Course_on_Energy_Efficient_Operation_of_Ships
- Duan, M., Wang, Y., Fan, A., Yang, J., & Fan, X. (2023). Comprehensive analysis and evaluation of ship energy efficiency practices. *Ocean & Coastal Management*, 231, 106397.

Guerrero, J. M. (2018). El handicap de la eficiencia energética en las embarcaciones de pesca.

Publicaciones didácticas, 98, 305-308. <https://core.ac.uk/download/pdf/235851968.pdf>

Hüffmeier, J., & Johanson, M. (2021). State-of-the-art methods to improve energy efficiency of ships. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(4), 447.

Im, N. K., Choe, B., & Park, C. H. (2019). Developing and applying a ship operation energy efficiency evaluation index using SEEMP: A case study of South Korea. *Journal of Marine Science and Application*, 18, 185-194.

Ivanova, G., Donev, I., & Kostova, I. (2020a, September). Study of the Influence of the Physical Environment on the Design and Operational Indices of Energy Efficiency EEDI and EEOI. In *2020 12th Electrical Engineering Faculty Conference (BulEF)* (pp. 1-5). IEEE.

Ivanova, G., Donev, I., & Kostova, I. (2020b, September). Study on the Relationships Between Optimal Speed, Route and Energy Consumption in Passenger Ship. In *2020 12th Electrical Engineering Faculty Conference (BulEF)* (pp. 1-4). IEEE.

Jimenez, V. J., Kim, H., & Munim, Z. H. (2022). A review of ship energy efficiency research and directions towards emission reduction in the maritime industry. *Journal of Cleaner Production*, 366, 132888. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132888>

Li, W., Gong, D. X., & Moore, L. J. (2019). *Climate change*. IEEE

Nughturee, C., Li, T., & Xia, H. (2020). Energy efficiency of integrated electric propulsion for ships – a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 134, 110145.

OMI (2017). Gestión del agua de lastre.

<https://www.imo.org/es/OurWork/Environment/Paginas/BallastWaterManagement.aspx>

OMI. (2023). El organismo marítimo de naciones unidas adopta una estrategia para combatir el cambio climático en el sector.

<https://www.imo.org/es/MediaCentre/PressBriefings/Pages/06GHGinitialstrategy.aspx>

Poulsen, R.T., Viktorelius, M., Varvne, H., Rasmussen, H.B., & von Knorring, H. (2022).

Energy efficiency in ship operations - exploring voyage decisions and decision-makers.

Transportation Research Part D: Transport and Environment, 102, 103120.

<https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.103120>