




	EMISIONES DE CO₂	Formato Técnico FLOW-PT-LS-9.6-03
		Fecha de elaboración: 2025-01-19

REGISTRO DE APROBACIÓN

	NOMBRE	FIRMA
ELABORÓ	Ing. Geovanni A. Rondanini Gómez	
REVISÓ	Ing. Pablo De La Cruz De La Cruz	
APROBÓ	Ing. José Alberto Contreras Mendoza	

	EMISIONES DE CO₂	Formato Técnico FLOW-PT-LS-9.6-03
		Fecha de elaboración: 2025-01-19

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe técnico ha sido elaborado conforme a los lineamientos establecidos por la IMO Marine Environment Protection Committee (MEPC 1976 y sus enmiendas posteriores), en particular en lo relativo a la medición, reporte y reducción progresiva de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), con énfasis en el dióxido de carbono (CO₂) generado por operaciones marítimas.

La embarcación objeto de análisis ha sido equipada con medidores de flujo másico tipo Coriolis, los cuales permiten obtener datos precisos y trazables sobre el consumo real de combustible. El reporte refleja tanto el impacto ambiental mensual como la eficiencia energética alcanzada durante el periodo evaluado, con el fin de establecer indicadores de mejora continua.

2. ESTIMACIÓN DE CO₂

Calcular las emisiones de CO₂ en barcos se basa en la cantidad de combustible que consume el barco y las características del combustible utilizado. Existen varias metodologías, pero la más común es la siguiente:

Fórmula básica para calcular el CO₂

$$CO_2 = (\text{Consumo de combustible en toneladas}) / (\text{Factor de emisión})$$

Donde:

Consumo de combustible: Es la cantidad de combustible que el barco consume durante un periodo determinado. Se mide en unidades de volumen (por ejemplo, litros o toneladas) o energía (MJ).

Factor de emisión de CO₂: Es el valor que representa la cantidad de CO₂ emitido por unidad de combustible quemado. El factor de emisión depende del tipo de combustible, a continuación, se presentan algunos valores comunes:

- Gas oleo Marino (MDO): Aproximadamente 3.114 kg CO₂ por litro.
- Fuel Oil (HFO): Aproximadamente 3.114 kg CO₂ por litro.
- Gas natural (GNL): Aproximadamente 2.75 kg CO₂ por litro.

3. MODOS DE CONSUMO Y OPERACIÓN E IMPACTO EN EL ÍNDICE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA (EEOI)

Índice de Eficiencia Energética Operacional (EEOI) es un indicador utilizado para medir cuánta emisión de CO₂ genera una embarcación por tonelada de carga transportada por milla náutica recorrida. Permite evaluar la eficiencia energética y ambiental de las operaciones marítimas.

$$EEOI = \frac{\sum(CO_2 \text{ emitido})}{\sum(\text{Toneladas de carga} \times \text{Distancia recorrida})}$$

Coeficiente de eficiencia energética (CEE)

Es un indicador que evalúa la eficiencia con la que un sistema, proceso o equipo convierte la energía de combustible en energía útil.

$$CEE \text{ instantaneo} = \frac{\text{Distancia recorrida en modo crucero (NM)}}{\text{Consumo de combustible (Gal)}}$$

Modo Óptimo de Operación

Este modo representa el equilibrio ideal entre eficiencia energética y desempeño operativo. Se alcanza cuando la embarcación navega dentro del rango del 70 % al 85 % de su velocidad de diseño o velocidad nominal del motor. Bajo estas condiciones, el consumo de combustible por milla náutica se encuentra en su punto más eficiente, permitiendo maximizar la distancia recorrida con la menor cantidad posible de combustible, sin comprometer significativamente los tiempos de navegación.

Objetivo: Operar de forma técnica y económicamente eficiente, asegurando una reducción estable de emisiones de CO₂.

Modo Económico de Operación

Este modo prioriza la máxima reducción de consumo de combustible, aunque a costa de una mayor duración del trayecto. Es característico de estrategias como el slow steaming, donde la velocidad de navegación se reduce intencionalmente por debajo del rango óptimo, por ejemplo, entre 60 % a 70 % de la velocidad nominal. Esta modalidad puede disminuir el consumo diario hasta en un 30 % o más, contribuyendo significativamente a la reducción de emisiones, lo que la hace ideal para trayectos no urgentes o rutas de largo alcance con ventanas logísticas amplias.

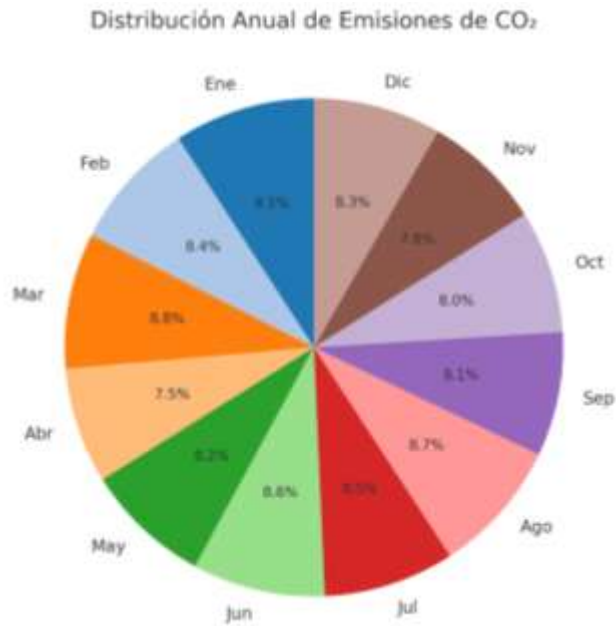
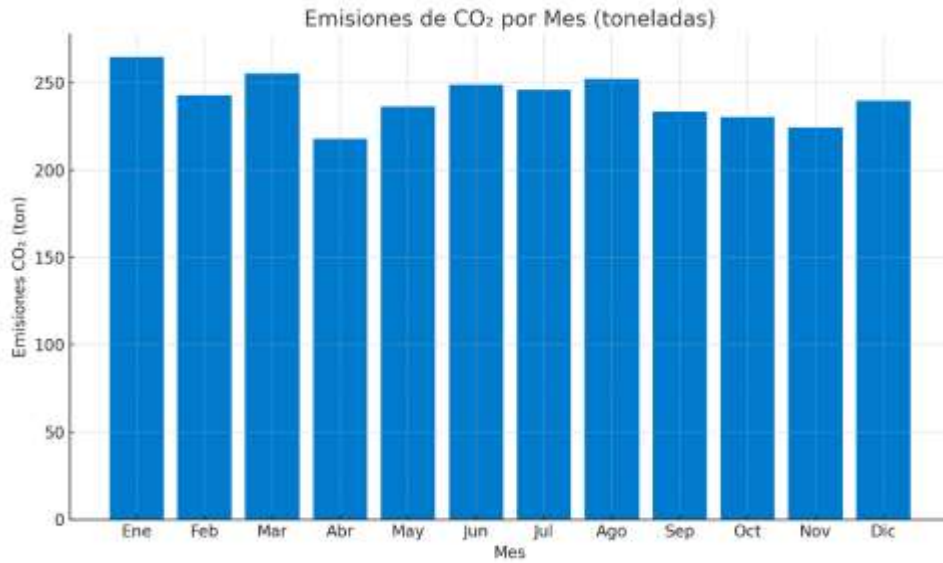
Objetivo: Minimizar emisiones totales, sacrificando tiempo para obtener el máximo ahorro energético.

Tipo de Embarcación	Velocidad Económica (<i>Slow Steaming</i>)	Velocidad Óptima (<i>Cruise Speed</i>)	Velocidad Máxima (<i>Full Speed</i>)
Buques portacontenedores	12–16 nudos (22–30 km/h)	18–22 nudos (33–41 km/h)	24–27 nudos (44–50 km/h)
Buques petroleros (tanqueros)	10–13 nudos (19–24 km/h)	13–15 nudos (24–28 km/h)	16–17 nudos (30–31 km/h)
Buques graneleros (bulk carriers)	10–13 nudos (19–24 km/h)	13–15 nudos (24–28 km/h)	16–17 nudos (30–31 km/h)
Ferries rápidos de pasajeros	20–25 nudos (37–46 km/h)	25–30 nudos (46–56 km/h)	35–40 nudos (65–74 km/h)
Lanchas de pasajeros	10–15 nudos (19–28 km/h)	15–20 nudos (28–37 km/h)	25–30 nudos (46–56 km/h)
Remolcadores	6–8 nudos (11–15 km/h)	8–10 nudos (15–19 km/h)	12–14 nudos (22–26 km/h)
Yates de recreo	6–10 nudos (11–18 km/h)	10–15 nudos (18–28 km/h)	20–30 nudos (37–56 km/h)
Barcazas fluviales	4–6 nudos (7–11 km/h)	6–8 nudos (11–15 km/h)	8–10 nudos (15–19 km/h)

4. CÁLCULO DE EMISIONES DE CO₂**Ejemplo representativo**

Mes	Combustible consumido (ton)	Factor de emisión (ton CO₂/ton)	Emisiones CO₂ (ton)
Enero	85	3.114	264.69
Febrero	78	3.114	243.00
Marzo	82	3.114	255.35
Abril	70	3.114	217.98
Mayo	76	3.114	236.66
Junio	80	3.114	249.12
Julio	79	3.114	246.01
Agosto	81	3.114	252.23
Septiembre	75	3.114	233.55
Octubre	74	3.114	230.44
Noviembre	72	3.114	224.21
Diciembre	77	3.114	239.78

Gráficas de ejemplo



	EMISIONES DE CO₂	Formato Técnico FLOW-PT-LS-9.6-03
		Fecha de elaboración: 2025-01-19

5. ÍNDICE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y REDUCCIÓN DE CO₂

El índice de eficiencia energética anual (EEOI) se calcula con base en el consumo total de combustible, distancia recorrida y carga transportada. Se busca asegurar una mejora continua mediante: reducción mensual de consumo, eficiencia en modos operativos y uso de medidores Coriolis para control preciso.

Objetivo: Reducción progresiva de emisiones CO₂ (meta anual: _____ %)

6. RESUMEN EJECUTIVO

Durante el año evaluado, la embarcación mantuvo un control efectivo sobre su consumo de combustible, apoyada en un sistema de monitoreo en tiempo real basado en tecnología Coriolis. Gracias a prácticas operativas eficientes y a una planificación energética adecuada, se logró mantener las emisiones dentro de los márgenes recomendados por la Organización Marítima Internacional (IMO).

La eficiencia energética anual mejoró de forma sostenida, y se estima una reducción acumulada de emisiones evitadas a la atmósfera de aproximadamente ____ toneladas de CO₂, lo cual contribuye directamente al cumplimiento de metas ambientales y a la responsabilidad ecológica del operador

Flowtech International & Research reafirma su compromiso con la sostenibilidad ambiental, presentando este informe bajo los lineamientos de la IMO y el convenio MARPOL. Las mediciones fueron realizadas con tecnología Coriolis de alta precisión, garantizando trazabilidad y cumplimiento en la gestión de emisiones marítimas.

	EMISIONES DE CO₂	Formato Técnico FLOW-PT-LS-9.6-03
		Fecha de elaboración: 2025-01-19

7. REFERENCIAS

1. International Maritime Organization (IMO). *MEPC.308(73): 2018 Guidelines on the method of calculation of the attained Energy Efficiency Design Index (EEDI) for new ships*. Londres, 2018.
2. IMO – Marine Environment Protection Committee. *Regulations for the prevention of air pollution from ships (Annex VI – MARPOL)*.
3. European Commission. *Monitoring, Reporting and Verification (MRV) of CO₂ emissions from maritime transport*.
4. Emerson Automation Solutions. *Micro Motion Coriolis Flow and Density Meters – Principles of Operation*.
5. Bureau Veritas. *Greenhouse Gas (GHG) Emission Reporting Guidance for Shipping Industry*.
6. U.S. EPA. *Greenhouse Gas Emissions from a Typical Passenger Vehicle*, Office of Transportation and Air Quality, EPA-420-F-18-008.