

Presentado por: Colombia
Sesión: CAOL - CACAT
Punto agenda: 9 – 10
Categoría: Documento Informativo
Contacto: oceano@cco.gov.co

Formulación de estrategias de descarbonización para el cumplimiento de políticas internacionales en transporte marítimo

Resumen

El presente documento expone los resultados del proyecto "Evaluación de gases de efecto invernadero, contaminantes climáticos y construcción de modelos de hoja de ruta en innovación y tecnología para el cumplimiento de políticas internacionales en transporte marítimo", desarrollado durante la Décima Expedición Antártica de Colombia (X EAC), en el verano austral 2023-2024. El proyecto se realizó gracias a la colaboración interinstitucional entre Ecopetrol y la Armada de Colombia.

Principales Hallazgos y Resultados de la Investigación

El proyecto de investigación se centró en cuatro áreas clave:

1. Cumplimiento de la Normativa Internacional (MARPOL Anexo VI)

Uno de los resultados más contundentes del proyecto fue la validación del cumplimiento de los estándares de emisión internacionales establecidos por el Convenio MARPOL, que regula la contaminación atmosférica por los buques. En ese sentido, las mediciones realizadas demostraron que las emisiones de Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Óxido de Azufre (SOx) se mantuvieron consistentemente por debajo de los límites permitidos por la norma MARPOL Nivel II (Tabla 1).

2. Monitoreo y Caracterización del Material Particulado (PM)

El proyecto innovó en la medición de la calidad del aire a través del despliegue de un prototipo de bajo costo desarrollado por el Instituto Colombiano del Petróleo (ICPET - Ecopetrol) para el conteo de partículas finas (PM₁, PM_{2.5}, PM₁₀). La concentración promedio de partículas fue muy baja, registrando alrededor de 6 µg/m³ para PM_{2.5} y PM₁₀, lo que indica una excelente calidad del aire durante la mayor parte del trayecto (Gráfico 1). Además, el análisis de las muestras recolectadas permitió entender las fuentes de contaminación y establecer una línea base del aire prístino antártico.

3. Cuantificación de la Huella de Carbono y Eficiencia Energética

Utilizando un modelo de cálculo desarrollado por Ecopetrol, denominado "ECO-ARC", se cuantificó por primera vez la huella de carbono completa de una Expedición Antártica Colombiana. En términos generales, la expedición generó un total de 1,866 toneladas de CO₂ equivalente (CO₂e), siendo el consumo de **diésel marino el responsable del 98.2% de las emisiones totales**. Otros datos analizados evidenciaron que la intensidad de carbono del ARC "Simón Bolívar" fue de **26.3 gramos de CO₂-eq por tonelada-kilómetro (g/tkm)**. Este valor sirve como un punto de referencia que posiciona al buque dentro de los rangos de eficiencia esperados.

4. Aportes Clave para Estrategias de Descarbonización Antártica

Finalmente, se resalta que este proyecto ha sentado las bases para una estrategia de descarbonización que espera guiar las futuras expediciones colombianas, destacando los principales aportes:

- **Establecimiento de una Línea Base de Emisiones:** Por primera vez, Colombia cuenta con una medición detallada, verificada y completa del perfil de emisiones (NO_x, SO_x, PM, CO₂) y la huella de carbono de una operación antártica. Esta línea base es el punto de partida indispensable para fijar metas de reducción y medir las futuras intervenciones.
- **Validación de Combustibles de Alta Calidad como Estrategia Inmediata:** El proyecto demostró que el uso de combustibles bajo azufre, provisto por Ecopetrol, es una medida de mitigación simple, directa y altamente efectiva para eliminar casi por completo las emisiones de SO_x y mejorar la eficiencia de la combustión, contribuyendo indirectamente a un mejor control de otras emisiones.
- **Desarrollo de Herramientas Predictivas y de Monitoreo:** La expedición deja un legado de herramientas y modelos de cálculo para estimar la huella de carbono, procesar datos de emisiones y monitorear la concentración de Material Particulado, que sin duda puede ser aplicado a otras plataformas marítimas.
- **Identificación de Focos de Optimización Operacional:** Al confirmar que el 98.2% de la huella de carbono proviene del diésel, el proyecto enfoca los esfuerzos de descarbonización en el diseño de estrategias para la optimización de rutas, gestión de la velocidad de navegación, aplicación de mantenimientos predictivos para mejorar la eficiencia de los motores y la evaluación de alternativas energéticas, como el uso de diésel renovable o biocombustible.

Anexos

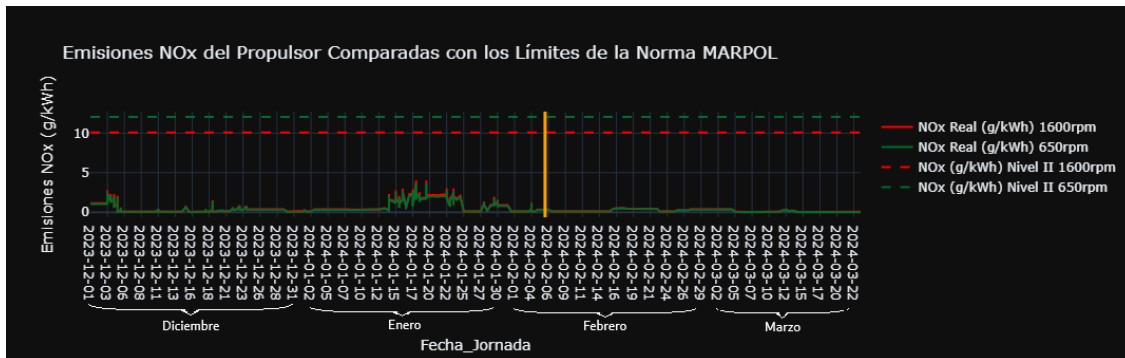


Tabla 1. Emisiones de NOx del Propulsor comparadas con límites MARPOL.

Nota: Durante toda la expedición, bajo un amplio rango de potencias y condiciones operativas, el buque operó de manera limpia y segura, cumpliendo con las exigencias regulatorias. Este hallazgo valida que la tecnología de los motores, sumada a una operación eficiente, permite un desempeño ambientalmente responsable.

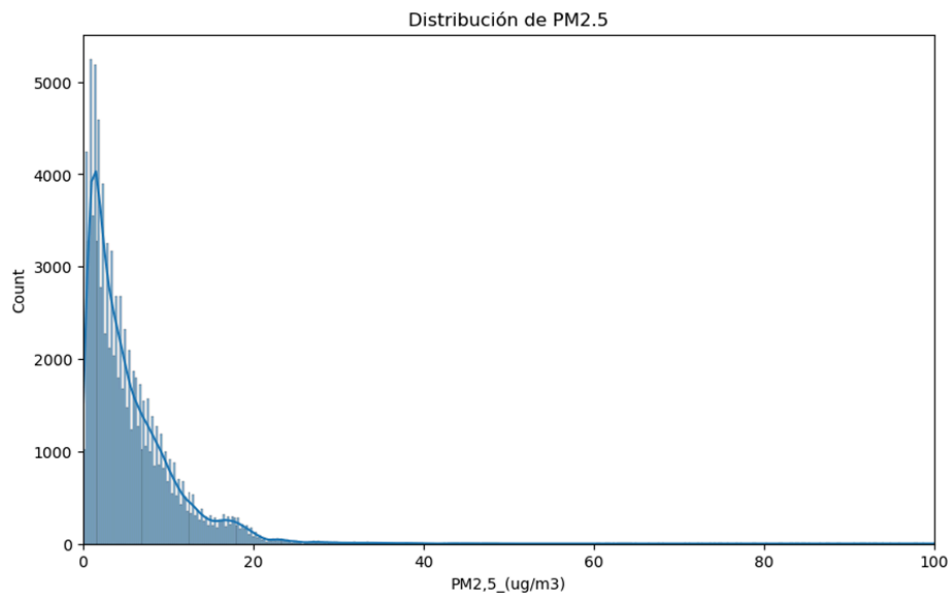


Gráfico 1. Distribución de la frecuencia del material particulado PM2.5.

Nota: Se detectaron picos de concentración asociados a eventos específicos, como la actividad en puertos o el alto tráfico marítimo en zonas como el Canal de Panamá y la Bahía Fildes en la Antártica, demostrando la capacidad del sistema para diferenciar entre condiciones de fondo y focos de contaminación.