

INTRODUCCIÓN

El transporte marítimo es esencial para el comercio mundial y europeo, y es crucial para el desarrollo económico y social de las Islas Canarias debido a su aislamiento geográfico. Sin embargo, los buques propulsados por combustibles fósiles emiten CO₂ y otros GEI, contribuyendo al cambio climático. Por lo tanto, el sector marítimo debe adoptar tecnologías y prácticas innovadoras para cumplir las estrictas normativas sobre emisiones.

OBJETIVOS

- Análisis de la flota marítima regular en Canarias
- Análisis de los combustibles alternativos actuales y la electrificación del sector
- Propuesta de posibles cambios para conseguir una reducción de las emisiones
 - Análisis técnico y económico

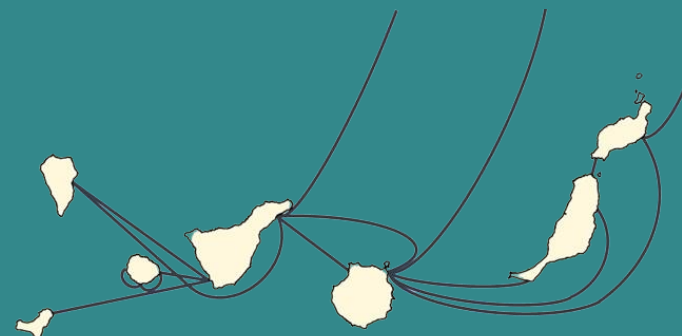
ALTERNATIVAS

COMBUSTIBLES

- **Hidrógeno y Amoníaco.** Combustibles de cero emisiones de carbono que pueden generar electricidad mediante tecnologías de combustión (MCI) y pilas de combustible.
- **Metanol.** Presenta potencial para ser un combustible de emisiones neutras, haciendo uso de un sistema de captura de carbono.
- **Gas natural sintético.** Se considera un "combustible puente", siendo una alternativa más limpia a los combustibles tradicionales.

ELECTRIFICACIÓN

- **Cold Ironing.** Permite a los buques conectarse a la red eléctrica del puerto para suministrar la energía eléctrica necesaria mientras permanece en el puerto.
- **Baterías.** Son capaces de almacenar y convertir la energía electroquímica en energía eléctrica.
- **Pilas de combustible.** Convierten la energía química de un combustible gaseoso en energía eléctrica y calor mediante una reacción electroquímica.



DISCUSIÓN

- El abastecimiento de combustible de la flota marítima de Canarias muestra que el hidrógeno y el amoníaco requieren volúmenes mucho mayores que el metanol y el SNG.
- El hidrógeno y el amoníaco no emiten emisiones de CO₂, en cambio, el metanol y el SNG sí, siendo el metanol un 30 % más contaminante.
- Desde el punto de vista económico, el hidrógeno tiene el coste más elevado, mientras que el amoníaco es el más asequible, seguido del metanol y, por último, el GNS.
- Los costos resultan más elevados bajo condiciones estacionales en comparación con un régimen continuo.

METODOLOGÍA

Análisis de la flota y cálculo del consumo de combustible

El consumo de combustible medio anual se ha calculado a partir de la siguiente expresión:

$$C = P_p \cdot \frac{C_{med}}{1000} \cdot T_{nav} \cdot F_{med} \cdot S$$

Donde: C: Consumo del combustible (kg), P_p: Potencia de propulsión (kW), C_{med}: Consumo medio específico (g/kWh), T_{nav}: Tiempo de navegación (h), F_{med}: Frecuencia media semanal y S: N° de semanas.

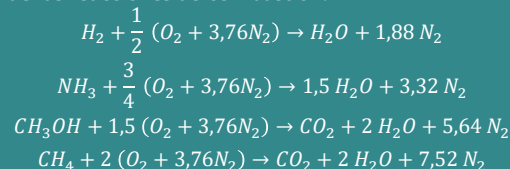
Conversión a combustible alternativo

Haciendo uso de la ley de la conservación de la energía y el PCI y la eficiencia de los combustibles:

$$m_A \cdot PCI_A \cdot \eta_A = m_B \cdot PCI_B \cdot \eta_B \Rightarrow m_B = \frac{m_A \cdot PCI_A \cdot \eta_A}{PCI_B \cdot \eta_B}$$

Cálculo de emisiones

Las emisiones se han hallado por la estequiometría de las reacciones de combustión:



Análisis económico

En este apartado se ha calculado la inversión de cada combustible por islas, incluyendo el CAPEX, OPEX y DEVEX. Finalmente, se ha hallado el coste nivelado de almacenamiento (LCoS):

$$LCoS = LCoS_{CAPEX+DEVEX} + LCoS_{OPEX} = \frac{C_1}{a \cdot AEP \cdot LT} + \frac{C_0}{AEP}$$

RESULTADOS

| Propiedad | H ₂ | NH ₃ | CH ₃ OH | GNS |
|--|----------------|-----------------|--------------------|----------|
| Cantidad de combustible (t) | 84.169 | 493.101 | 493.724 | 192.117 |
| Abastecimiento del archipiélago (t) | 71.258 | 417.459 | 417.987 | 162.647 |
| Abastecimiento del archipiélago (m³) | 800.651.685 | 541.451.362 | 525.109 | 363.051 |
| Emisiones de CO ₂ (t) | 0 | 0 | 678.870 | 528.324 |
| LCoS (€/kg) | 173,78 | 3,08 | 4,05 | 10,30 |
| Inversión anual de abastecimiento (M€) | 12.383,22 | 1.285,77 | 1.692,85 | 1.675,26 |

CONCLUSIONES

El sector marítimo es crucial para el desarrollo de las Islas Canarias y el comercio global, siendo responsable del transporte del 80% de las mercancías. Sin embargo, su dependencia de combustibles fósiles contribuye significativamente a las emisiones de gases de efecto invernadero, requiriendo una transición urgente hacia combustibles alternativos. El hidrógeno, aunque prometedor, resulta inviable a corto plazo debido a sus altos costos de producción y almacenamiento, especialmente en condiciones estacionales. En contraste, el amoníaco se presenta como una opción más viable por su menor costo y ausencia de emisiones. La electrificación del sector, mediante tecnologías como el "Cold Ironing" en puertos, puede complementar estas alternativas a corto plazo.