



REDUCCIÓN DE EMISIONES EN LOS BUQUES: ¿CÓMO PUEDE AYUDARNOS LA NORMATIVA A REDUCIRLAS?.

**63º Congreso de Ingeniería Naval.
Madrid Abril 2024**

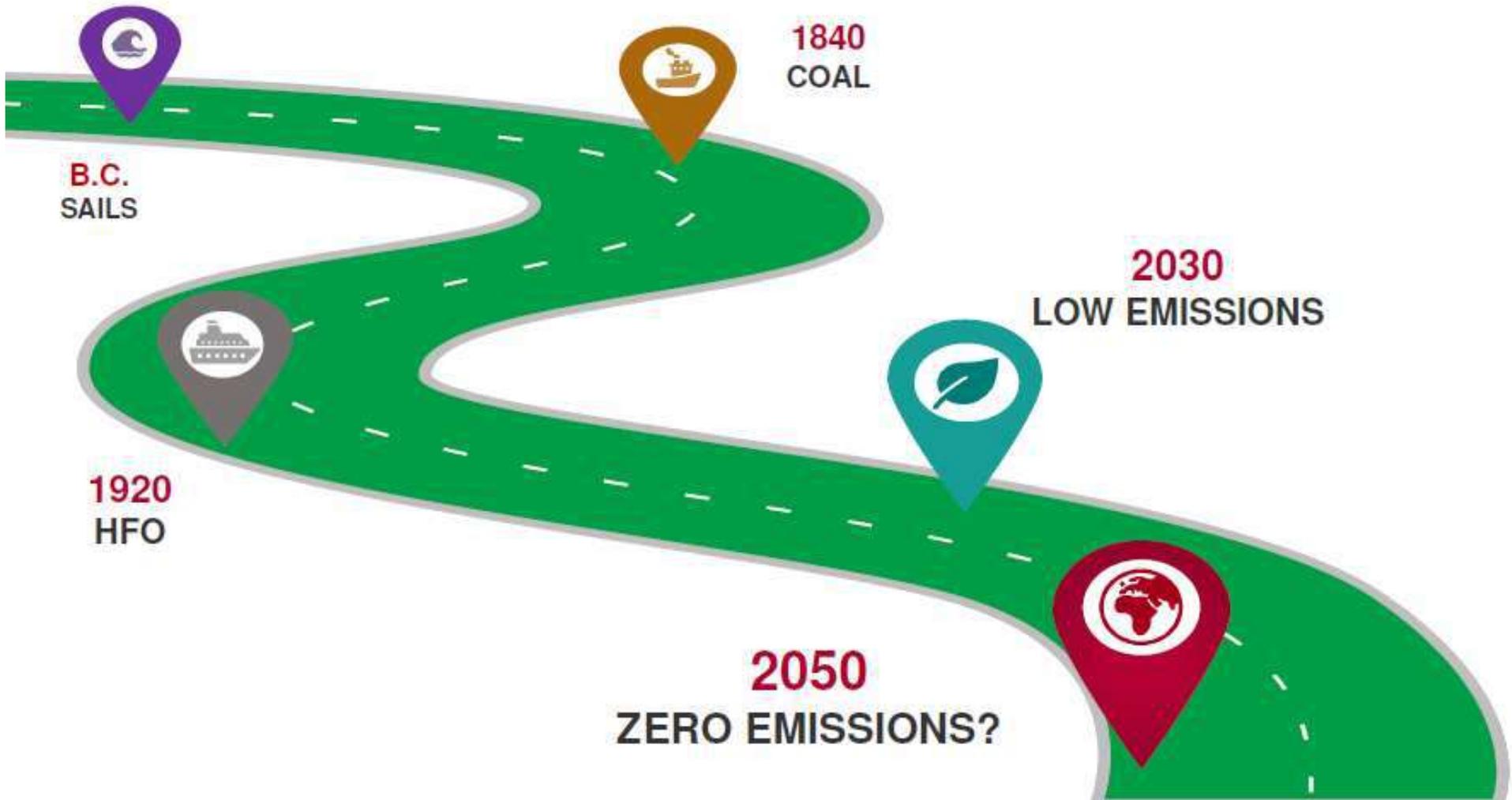
Montserrat Espín

montserrat.espin@buerauveritas.com

24 - 26 ABRIL

2024





INDICE

02

¿Cómo nos ayudan
las normativas?

04

CONCLUSIONES

01

REGULACIONES.
PUNTO DE PARTIDA

03

Normativas de
Nuevos
Combustibles



01

REGULACIONES. PUNTO DE PARTIDA

DECARBONIZATION SHIPPING CONTEXT

60 000
vessels

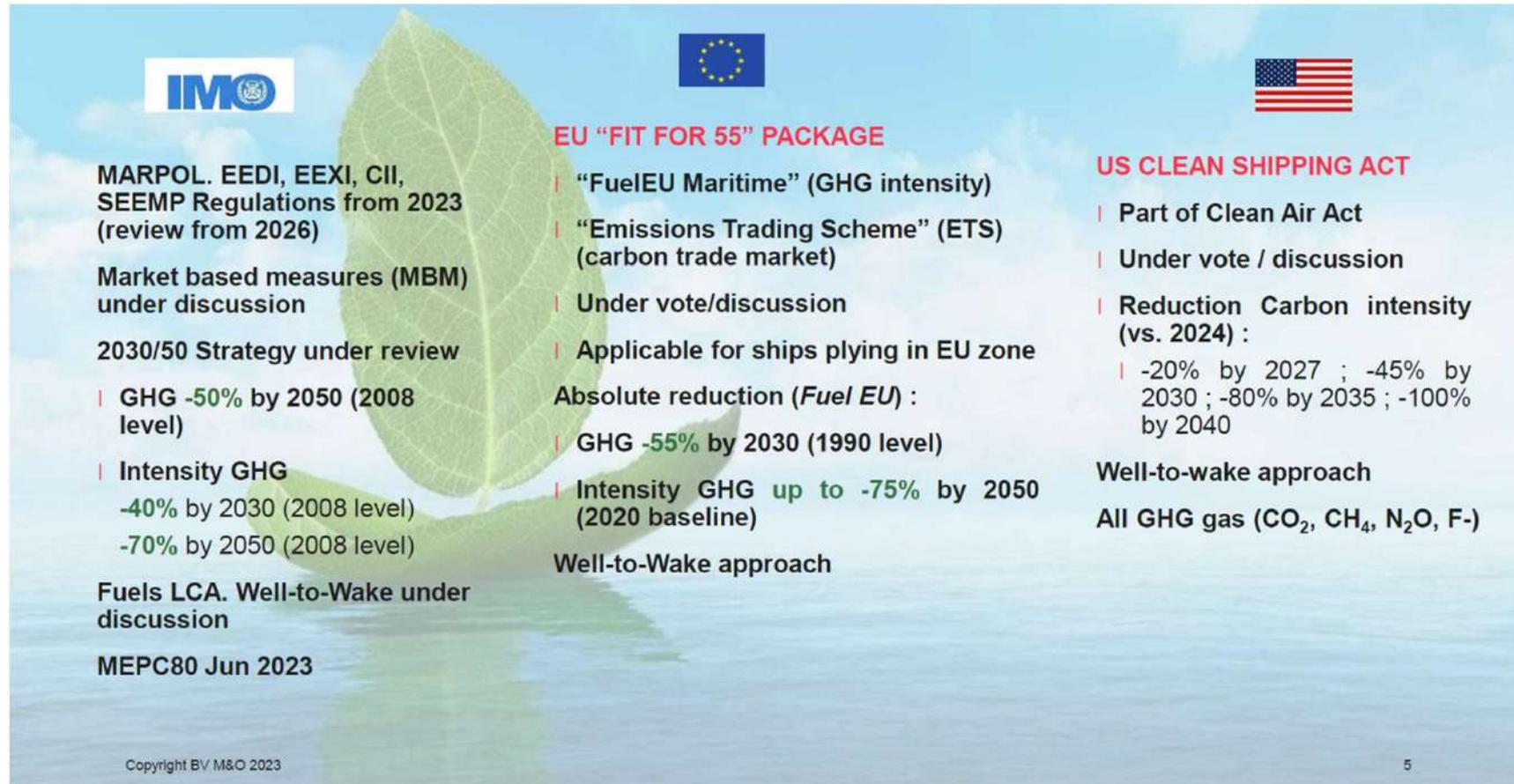
80% of the
world's goods
transport by
shipping

Today shipping
is propelled by
fossil fuel

Total Energy
consumption
3,000 TWh
= 11 EJ
(virtual 10th
country)

Shipping is
responsible for
~3% of the
world GHG
emissions

MARCO REGULATORIO



IMO

MARPOL. EEDI, EEXI, CII, SEEMP Regulations from 2023 (review from 2026)

Market based measures (MBM) under discussion

2030/50 Strategy under review

- | GHG **-50%** by 2050 (2008 level)
- | Intensity GHG **-40%** by 2030 (2008 level)
-70% by 2050 (2008 level)

Fuels LCA. Well-to-Wake under discussion

MEPC80 Jun 2023

EU

EU "FIT FOR 55" PACKAGE

- | "FuelEU Maritime" (GHG intensity)
- | "Emissions Trading Scheme" (ETS) (carbon trade market)
- | Under vote/discussion
- | Applicable for ships plying in EU zone

Absolute reduction (*Fuel EU*) :

- | GHG **-55%** by 2030 (1990 level)
- | Intensity GHG **up to -75%** by 2050 (2020 baseline)

Well-to-Wake approach

USA

US CLEAN SHIPPING ACT

- | Part of Clean Air Act
- | Under vote / discussion
- | Reduction Carbon intensity (vs. 2024) :
 - | -20% by 2027 ; -45% by 2030 ; -80% by 2035 ; -100% by 2040

Well-to-wake approach

All GHG gas (CO₂, CH₄, N₂O, F-)

Copyright BV M&O 2023

5

IMO

Medidas a **corto** plazo:

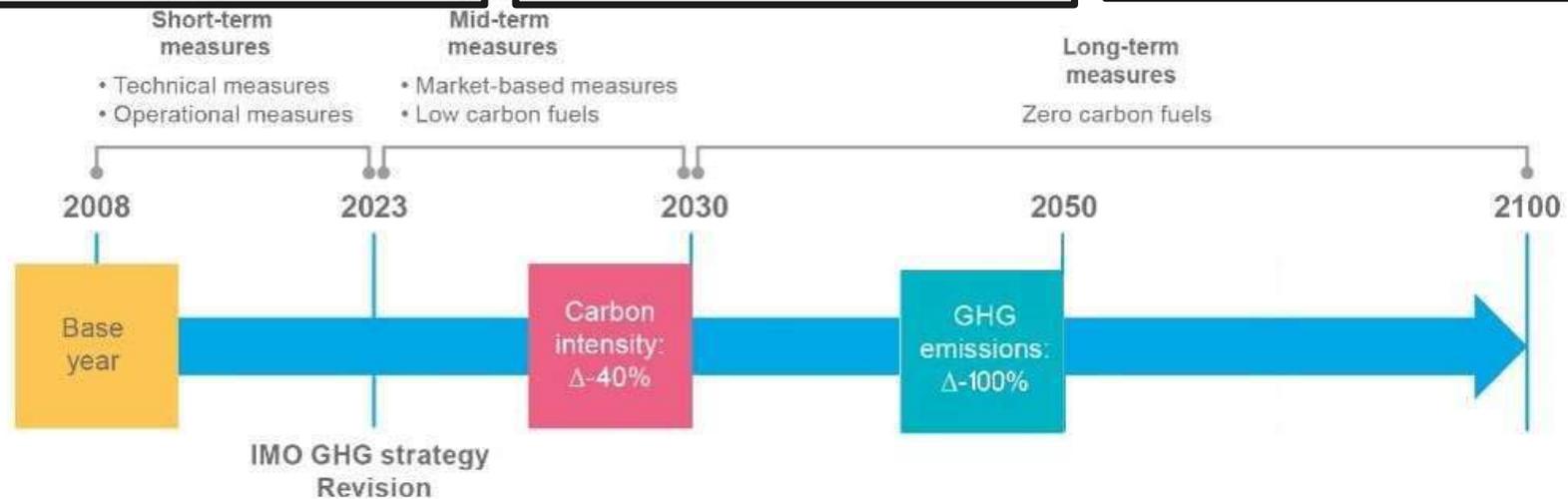
- Técnicas: EEDI, EEXI
- Operacionales: SEEMP

Medidas a **medio** plazo:

- Económicas: basadas en el mercado. 
- Técnicas: combustibles bajos en carbono 

Medidas a **largo** plazo:

- Combustibles libres de carbono



UE

	Legislative process (Adoption)	Application
EU Emission Trading System (EU ETS)	Finalized	1st Jan 2024
FuelEU Maritime	Finalized	1st Jan 2025
Alternative Fuel Infrastructure Regulation (AFIR)	Finalized	1st Jan 2025
Renewable Energy Directive (RED)	Not Finalized	
Energy Taxation Directive (ETD)	Not Finalized	



EU Green Deal : "FIT FOR 55"

(55% reductions en EU en 2030 (comparado a 1990))

EU ETS : taxes emissions, promotes energy savings
 Fuel EU : addresses fuel technology, ship fuel demand

AFIR : Fuel distribution (infrastructure)
 RED : Fuel supply
 ETD : Taxation level

02

¿CÓMO NOS AYUDAN LAS NORMATIVAS?

REGLAS - MEDIDAS

I Medidas a Corto Plazo: Basadas en mejorar la eficiencia energética

- EEXI/EEDI:

$$\frac{
 \underbrace{\left(\prod_{j=1}^M f_j \right) \left(\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \right)}_A
 + \underbrace{\left(P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE}^* \right)}_B
 + \underbrace{\left(\left(\prod_{j=1}^M f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPII} P_{PII(i)} - \sum_{i=1}^{nEff} f_{eff(i)} \cdot P_{AE_{eff(i)}} \right) C_{FAE} \cdot SFC_{AE} \right)}_C
 - \underbrace{\left(\sum_{i=1}^{nEff} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME} \right)}_D
 }{
 f_i \cdot Capacity \cdot V_{ref} \cdot f_w
 }$$

- CII:



REGLAS - MEDIDAS

Para reducir las emisiones, podemos actuar:

Emisiones Motores Propulsores:

- Potencia
- Combustible
- Dispositivos de ahorro energético

Emisiones Motores Auxiliares:

- Potencia
- Combustible

$$\frac{\left(\prod_{j=1}^M f_j \right) \left(\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \right) + (P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE}^*) + \left(\prod_{j=1}^M f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPPI} P_{PPI(i)} - \sum_{i=1}^{ngff} f_{eff(i)} \cdot P_{AE_{eff(i)}} \right) C_{FAE} \cdot SFC_{AE} - \left(\sum_{i=1}^{ngff} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME} \right)}{f_i \cdot Capacity \cdot V_{ref} \cdot f_w}$$

The diagram highlights four parts of the equation with colored ovals and arrows:

- A (Cyan):** $\left(\prod_{j=1}^M f_j \right) \left(\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \right)$ - linked to "Emisiones Motores Propulsores".
- B (Purple):** $(P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE}^*)$ - linked to "Emisiones Motores Auxiliares".
- C (Yellow):** $\left(\prod_{j=1}^M f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPPI} P_{PPI(i)} - \sum_{i=1}^{ngff} f_{eff(i)} \cdot P_{AE_{eff(i)}} \right) C_{FAE} \cdot SFC_{AE} - \left(\sum_{i=1}^{ngff} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME} \right)$ - linked to "Generadores de cola".
- D (Red):** $f_i \cdot Capacity \cdot V_{ref} \cdot f_w$ - linked to "Trabajo transportado".

Trabajo transportado:

- Velocidad → potencia/combustible
- Capacidad

Generadores de cola

$$\frac{A}{\left(\prod_{i=1}^M f_i\right) \left(\sum_{i=1}^{ME} P_{ME(i)} \cdot C_{PME(i)} \cdot SFC_{ME(i)}\right)}$$

$$\frac{P_{AE} \cdot C_{PAE} \cdot SFC_{AE}}{A}$$

REGLAS - MEDIDAS

Para reducir las emisiones de los motores (propulsores y auxiliares), medidas:

- Optimización de las formas → disminución de resistencia al avance (5-17% / 2%-8%). ¿Buques en servicio?
- Limitación de potencia → se disminuye consumo. ¡¡ojo con la disminución de la velocidad y con el consumo específico, así como la potencia de reserva!! Medida estrella en buques en servicio (5%-15% ahorro).
- Dispositivos de ahorro energético en casco y propulsión → fácil retrofit. Hélices de mayor rendimiento, toberas, apéndices, lubricación por aire, pinturas, sistemas de recuperación de calor ... (ahorro entre 2-20%).
- Hibridación → baterías. Funcionamiento motor régimen permanente. Interesante como retrofit y nueva construcción (ahorro entre un 50 – 90%). Items importantes: baterías, peso y localización.
- Propulsión a vela.
- Cambio de combustible.
- ¿Captura de CO2?

REGLAS - MEDIDAS

Para reducir las emisiones modificando el trabajo de transporte, Principalmente medidas logísticas:

- Enfocadas a buques en servicio.
- Condición del casco (potencia) → pinturas, limpieza programada, ... (5-25%).
- Optimización del trimado del buque → potencia.
- Optimización rutas, teniendo en cuenta meteorología,



03

NORMATIVAS DE NUEVOS COMBUSTIBLES



¿CÓMO REDUCIR EMISIONES?

Combustibles Alternativos ¿disponibles?

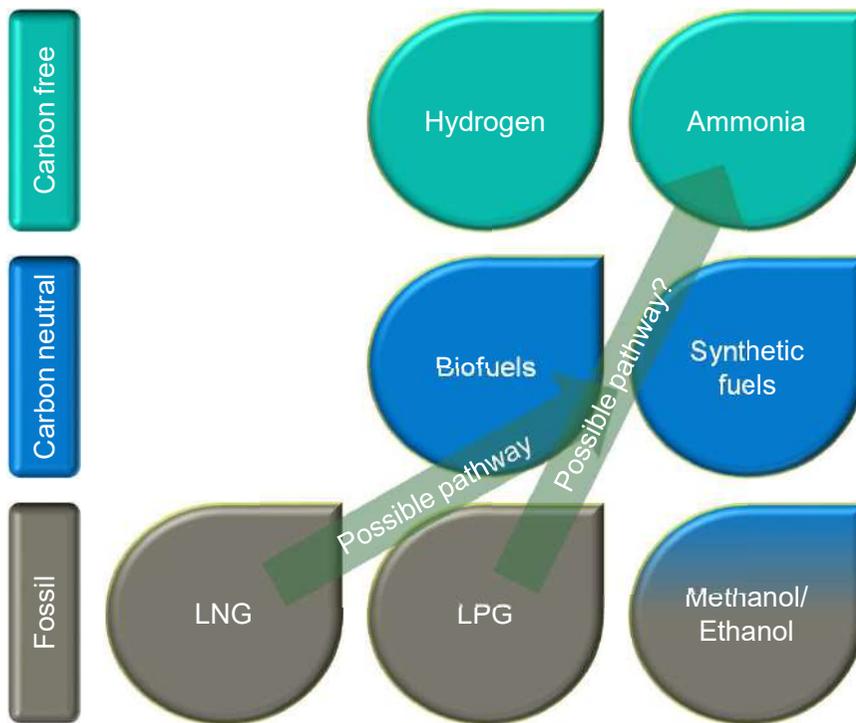
| Los nuevos combustibles por los que se apuestan son:

- Biodiésel y bioalcoholes, en sustitución de los combustibles destilados convencionales, biocrudos y biocombustibles gaseosos.
- LNG
- Metanol.
- Amoniaco
- Hidrógeno



¿NUEVOS COMBUSTIBLES?

Combustibles alternativos



Key considerations

- Maturity & availability of technology
- Specific energy (weight) & density (volume)
- Safety considerations (flammability, toxicity)
- Regulatory framework
- Global availability of fuel (terminal network)
- Availability of bunkering facilities
- Sustainability (Environmental, Social and Governance/Corporate Social Responsibility aspects)
- Economics: CAPEX
- Economics: OPEX
- Flexibility for future adaptation



¿NUEVOS COMBUSTIBLES?

Combustibles Alternativos: Contexto reglamentario IMO

	LNG / CNG	Fuel Cells	Methanol	LPG	Ammonia	Hydrogen
Functional requirements, goals and principles (Ship design, construction and operation)	IGF Code Part A - Detailed risk analysis - Alternative design approach if no detailed requirements available in IGF Code					
Detailed requirements related to Ship design, construction and operation	IGF Code Parts A-1, B-1, C-1	MSC.1/Circ.1647 • Draft finalized by CCC7 (09/2021) • Approved by MSC105 (04/2022)	MSC.1/Circ.1621 • Interim guidelines for the safety of ships using methyl/ethyl alcohol as fuel • Approved by MSC102 in November 2020	Guideline under development • Work started at CCC6 (2019) • Draft to be finalized at CCC9 (2022) • To be approved by MSC107 (2023) ?	IMO work item under discussion CCC CG is gathering safety information Decision by MSC105 (04/2022) to develop guidelines	Guideline to be initiated Development initiated by the CCC correspondance group dedicated to IGF Code-related matters
Functional requirements and goals related to training	IGF Code Part D					

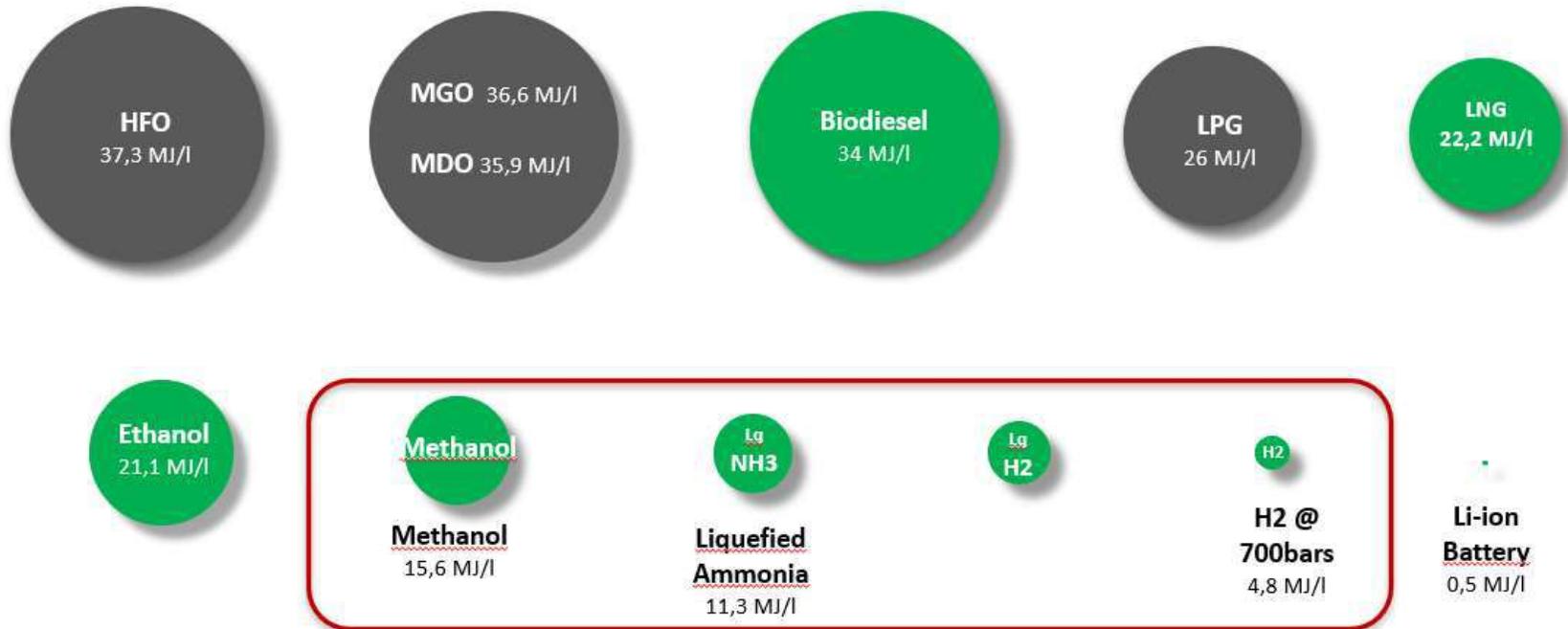
¿NUEVOS COMBUSTIBLES?

Combustibles alternativos: Bureau Veritas Rules

	LNG / CNG	Fuel Cells	Methanol	LPG	Ammonia	Hydrogen
General principles	BV NR529 General part – Requirement for a risk assessment					
Detailed requirements related to Ship design and construction	BV NR529 <ul style="list-style-type: none"> Revised January 2020 Update Q4 2021 	BV NR547 <ul style="list-style-type: none"> Issued in January 2022 Previously NI547:2009 	BV NR670 <ul style="list-style-type: none"> Issued in 07/2021 Based on IMO MSC.1/ Circ.1621 	BV NI647 Issued in 2018	BV NR671 <ul style="list-style-type: none"> Issued in 07/2021 Covers the use of ammonia as fuel based on BV experience 	BV NR529 Pt A <ul style="list-style-type: none"> Applies to hydrogen as fuel Rule development under progress – Target 2023 as NR 678
Gas-fuelled gas carriers	BV NR467 Pt D, Ch 9, sec 16					
	Bonus BV NR620 – LNG bunkering ships BV NI618 – Guidelines on LNG bunkering					

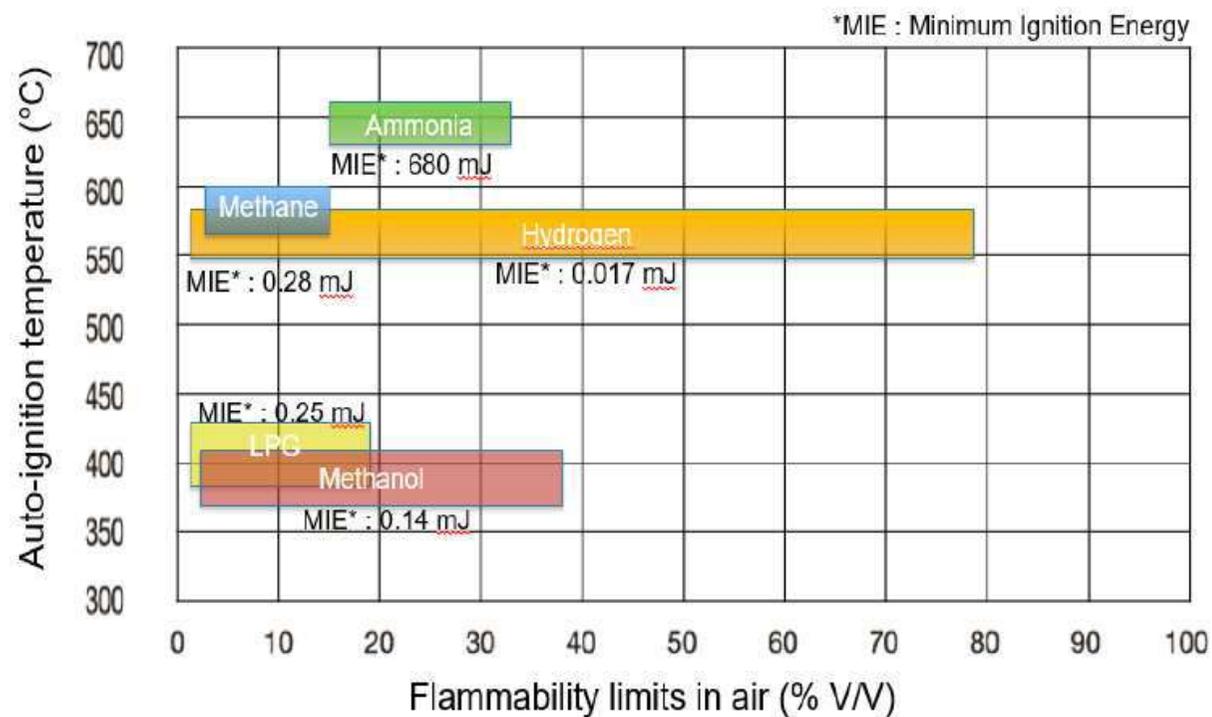
¿NUEVOS COMBUSTIBLES?

Combustibles alternativos: Densidad Energética



¿NUEVOS COMBUSTIBLES?

Combustibles alternativos: Límite de Explosividad / Ignición



¿NUEVOS COMBUSTIBLES?

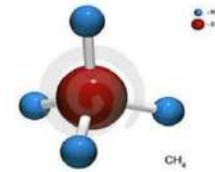
Combustibles Alternativos: Biofueles

I Biocombustibles:

- Versatibilidad:
 - *Todo tipo de buque, (nuevo y en servicio!!!).*
 - *Es líquido: bunkering.*
 - *Riesgos totalmente controlados*
 - *Ocupan el mismo espacio.*
- No hay mucho que modificar → normativa actual aplicable.

¿NUEVOS COMBUSTIBLES?

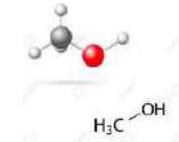
LNG



| Combustible considerado de transición.

- Las normativas están desarrolladas, por lo que existen guías de diseño fiables.
- Amplia experiencia en la utilización y transporte. No registrados accidentes importantes.
- Retos: Disminución del “methane slip”:
 - Fabricantes de motores muy involucrados y trabajando activamente.
 - Se están planteando normas para la medición real del methane slip en los motores_
 - Mejora la emisiones de CO₂ (equivalente).
 - Se amplia la utilización de este combustible en la flota mundial.
- Posibilidad de utilizar bimetano y E-metano (a partir de hidrógeno verde y CO₂) → se minimizan las emisiones en el ciclo de vida.
- No se emiten Nox.

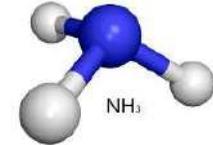
¿NUEVOS COMBUSTIBLES?



Metanol

- | El metanol proporciona una reducción de emisiones si se produce a partir de energías renovables.
- Normativas desarrolladas. Se están comenzando a utilizar → aplicadas ya a buques.
- Ventajas:
 - Líquido.
 - Producto químico ampliamente utilizado en industria. Conocido en transporte y usos.
 - Infraestructuras: adaptación de las disponibles para fuel oil con adaptaciones menores.
 - Biodegradable.
 - Hay motores 2T / 4T disponibles en el mercado y kit de retrofit.
- Desventaja:
 - Tanques 2,5 veces mayores.
 - Llama casi invisible.
 - toxicidad.

¿NUEVOS COMBUSTIBLES?



Amoniaco

- | El amoniaco proporciona una reducción de emisiones si se produce a partir de energías renovables.
- Normativas en desarrollo. Primeros diseños de buques.
- Ventajas:
 - Cero carbono, no emite Sox, pero si NOx.
 - Producto químico ampliamente utilizado en industria y refrigeración. Manejo y transporte conocido
- Desventaja:
 - Tanques 3 veces mayores.
 - Sistemas de extinción específicos.
 - Alta toxicidad → ¿buques de pasaje?.
 - No existen aún motores en el mercado. Pilas de combustible no maduras.
 - Inflamabilidad baja.

¿NUEVOS COMBUSTIBLES?



Hidrógeno

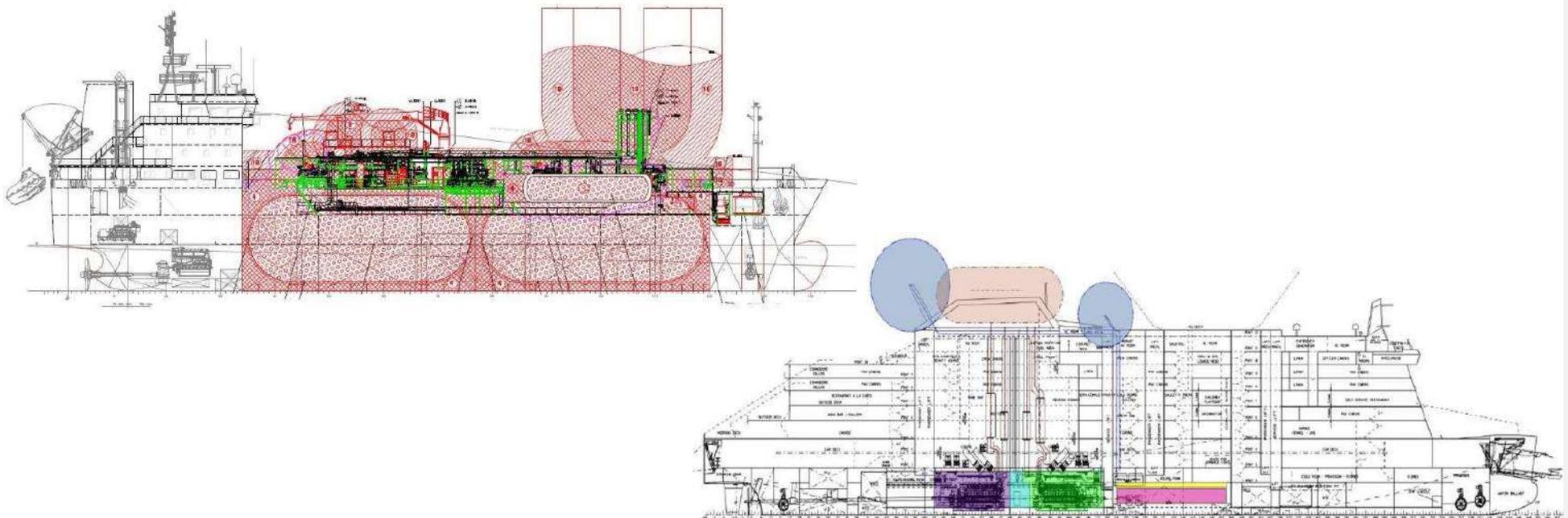
- | El hidrógeno proporciona una reducción de emisiones si se produce a partir de energías renovables.
- Normativas en desarrollo. Primeros diseños de buques (I+D). No experiencia.
- Ventajas:
 - Cero carbono, no emite SOx, pero si NOx.
 - Adecuado para navegación de cabotaje e interior.
- Desventaja:
 - Tanques 5-7 veces mayores.
 - Alta explosividad → desafíos de seguridad.
 - Llama invisible.
 - Tecnologías en desarrollo. Células en campo naval limitadas por potencia.
 - Bunkering.
 - Transporte

GUÍAS NUEVOS COMBUSTIBLES

Nuevos combustibles FP>60°C

I Las normativas y guías de diseño ayudan:

- Disposición de tanques: principio de segregación. Distancias mínimas a fondo y costados.



GUÍAS NUEVOS COMBUSTIBLES

Nuevos combustibles FP > 60°C

I Las normativas y guías de diseño ayudan:

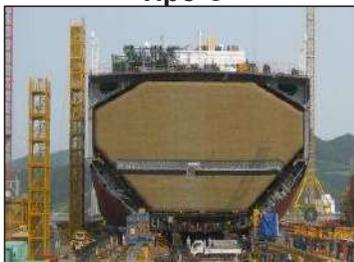
- Tipos de tanques. Materiales utilizados:



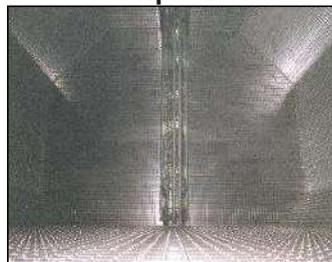
Tipo C



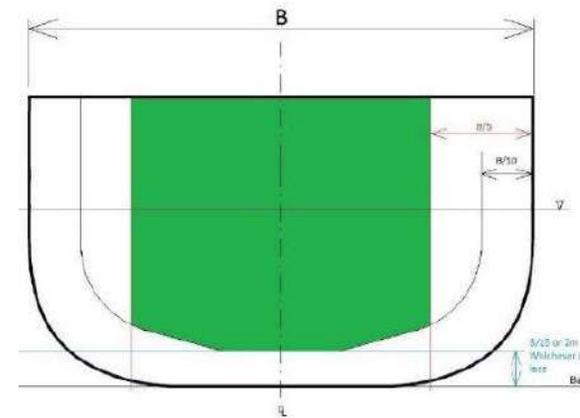
Tipo B



Tipo A



Membrana

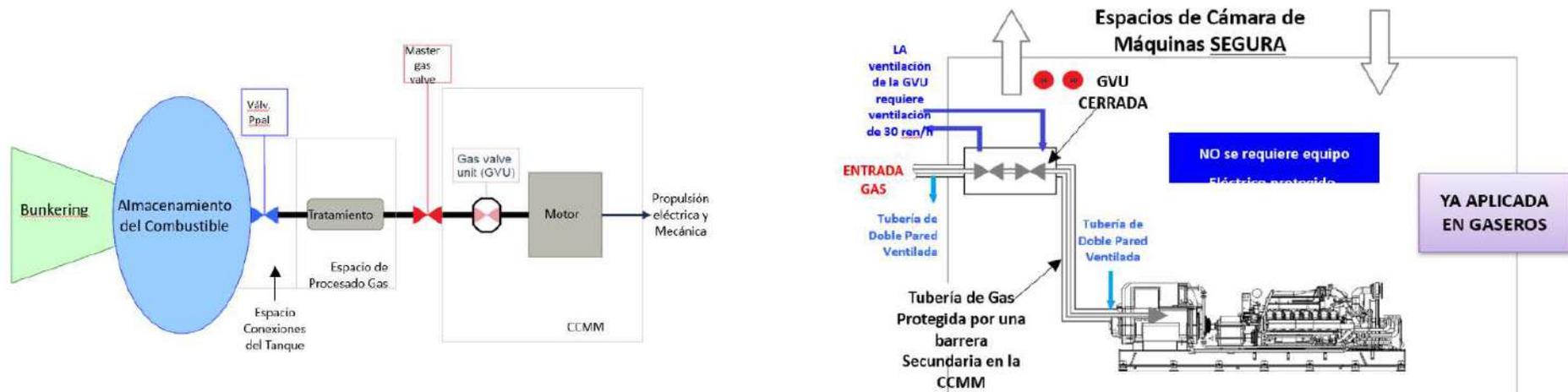


GUÍAS NUEVOS COMBUSTIBLES

Nuevos combustibles FP>60°C

I Las normativas y guías de diseño ayudan:

- Diseño de tuberías, cámara de máquinas ...:



GUÍAS NUEVOS COMBUSTIBLES

Nuevos combustibles FP>60°C

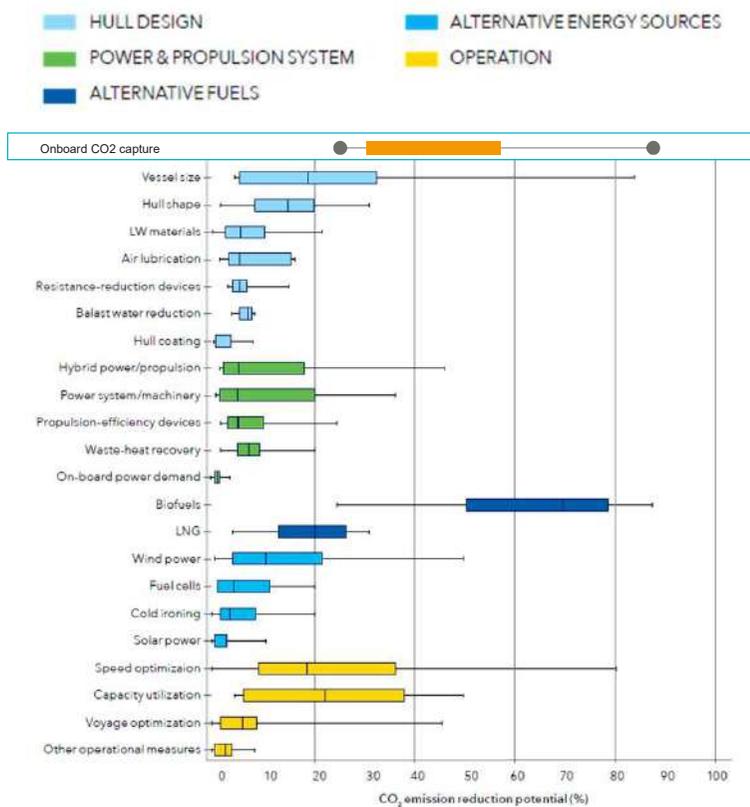
I Las normativas y guías de diseño ayudan:

- Necesidad de Análisis de riesgos.
- Las normativas aportan limitaciones en las zonas peligrosas.
- Dimensionar los sistemas de ventilación y la disposición de los mástiles de venteo → zonas peligrosas extendidas...).
- Definición de las zonas peligrosas en los buques → equipo eléctrico seguro y/o desconexión de energía en caso de detección de fugas.
- Toxicidad → filosofía “cero fugas”.
- Compatibilidad de materiales.
-

04

CONCLUSIONES / RESUMEN

MEDIDAS DE DESCARBONIZACIÓN



Eficiencia Energética

- Formas del casco
- Dispositivos de eficiencia en la propulsión
- Avances en la maquinaria
- Hibridación con baterías
- Lubricación con aire ~ 10-20%
- WHR
- ...

Logística y Velocidad

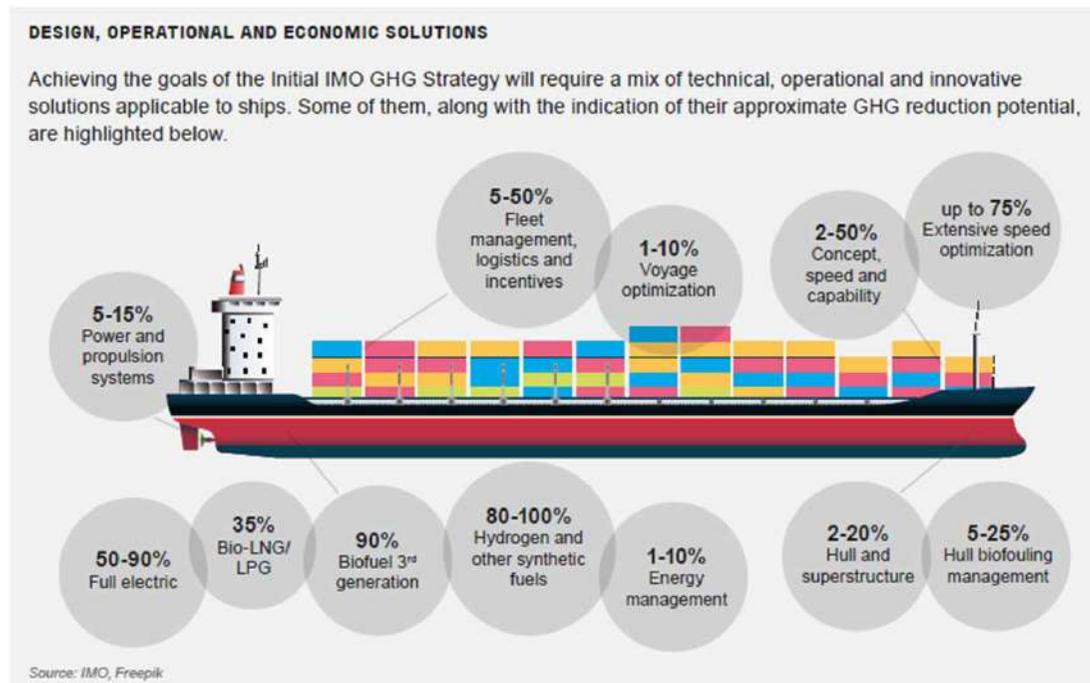
- Reducción de la velocidad /navegación lenta.
- Capacidad.
- Optimización del viaje
- Rutas alternativas
- ...

Combustibles Alternativos

- HFO con scrubbers
- LNG
- Bio combustibles (gas o líquido)
- Electricidad
- Amoníaco
- H₂ ~ up to 80%
- Captura CO₂ a bordo.
- ...

CONCLUSIONES

- Para poder llegar a la meta propuesta por IMO / EU será necesario una **mezcla de todas diferentes soluciones: técnicas, operacionales e innovación**



CONCLUSIONES / RESUMEN

- | **Hay tecnologías para poder cumplir con las normativas en los próximos años → principalmente buques en servicio.**
- | **Es importante tener en cuenta todos los medios disponibles en las nuevas construcciones.**
- | **Nuevos combustibles:**
 - De forma general ocupan más que el combustible convencional.
 - Cambio en la filosofía de diseño → explosividad / toxicidad.
 - Será la solución en el futuro, ¿hoy? → en desarrollo.
 - Bunkering y transporte de estos combustibles.



**BUREAU
VERITAS**



SHAPING A BETTER MARITIME WORLD

YOUR CLASSIFICATION
PARTNER FOR TODAY
AND TOMORROW