



GNL COMO COMBUSTIBLE PUENTE, EXPERIENCIA LOGÍSTICA ÚTIL PARA OTROS COMBUSTIBLES



Mario Fominaya Martin
Ingeniero Naval
mfominaya@seaplace.es

Pasión por el Océano

Seaplace, desde 1980

¿Quiénes somos?

Ingeniería de referencia española en servicios de **consultoría y diseño de buques e industria offshore**.

+40 años de experiencia, abarcando el ciclo de vida de los proyectos, desde los **inicios conceptuales** hasta la **construcción y puesta en marcha**.

Proporcionamos a nuestros clientes **soluciones de alto valor añadido** ajustadas a las necesidades de cada proyecto.

+55 Ingenieros proporciona un amplio conocimiento del sector así como una gran flexibilidad a las demandas de los clientes.

Desde
1980

+1.000
proyectos

+1.000.000
horas

+60
Clientes
globales

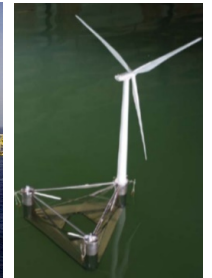


Áreas de actividad



Diseño de buques

Ingeniería Offshore



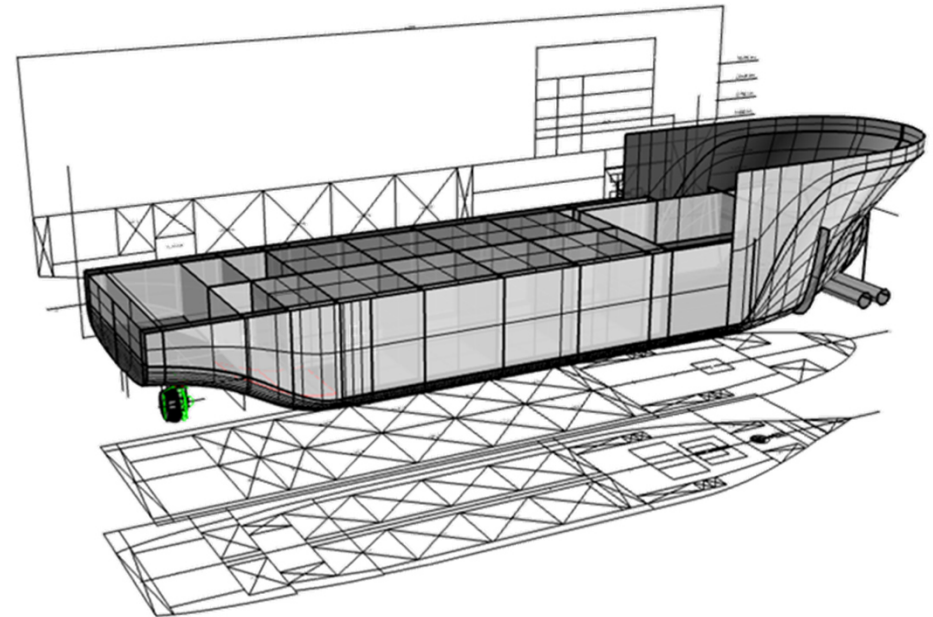
Servicios de consultoría

Servicios marinos



Asistencia a Armadores y Operadores:

- Ingeniería:
 - Diseño de una nueva construcción
 - Transformación
 - Integración nuevas tecnologías
- Consultoría:
 - Análisis de la flota
 - Análisis de la operación
 - Conocimiento de la tecnología y su madurez
 - Seleccionar la mejor alternativa / mejor combustible en base a la operación





GNL COMO COMBUSTIBLE PUENTE



Buques GNL diseño SEAPLACE



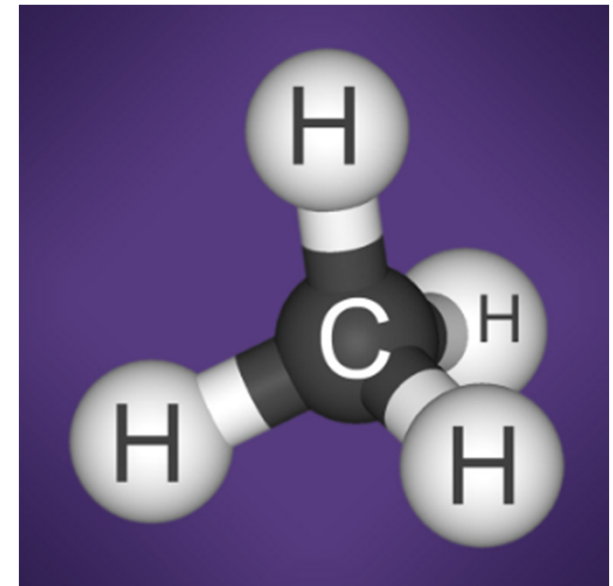
Fuente: Seaplace

El Gas Natural es el único combustible alternativo que hay en estos momentos para la transición hacia cero emisiones, cumpliendo con los objetivos OMI hasta 2030 para la industria marítima, con una disponibilidad y madurez tecnológica apreciable.

¿Es esto cierto?

¿Es realmente un combustible que reduce las emisiones de CO₂?

¿No es el Metano principal componente del Gas Natural, uno de los principales gases de la cesta de GEI e incluso con unos efectos de hasta 85 veces mayor que el CO₂?



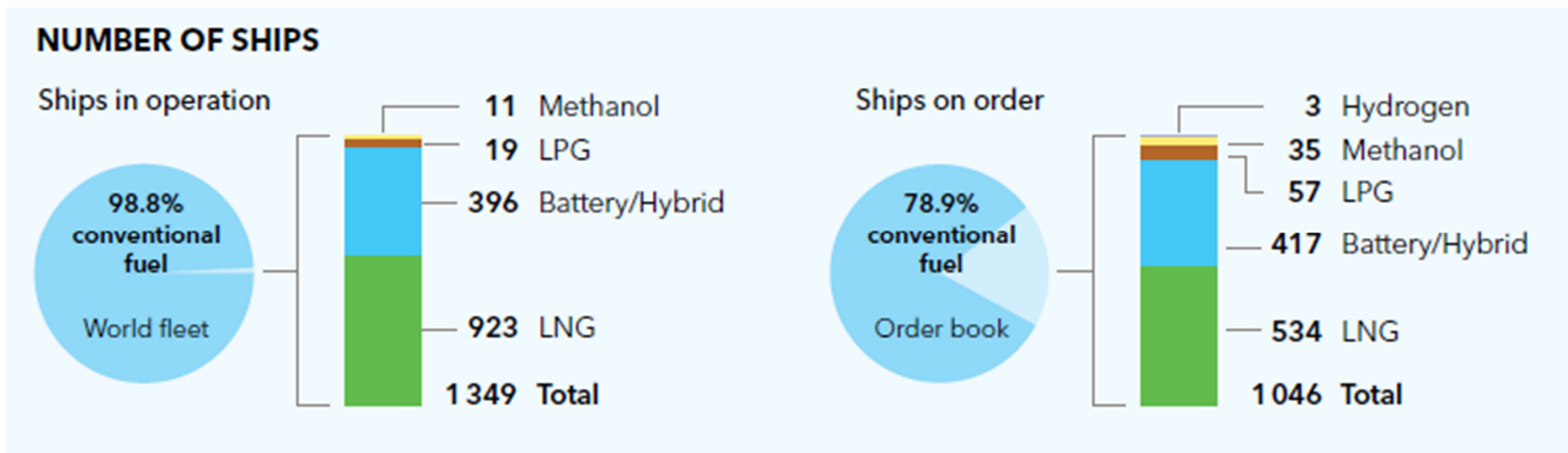
DATOS COMERCIALES CONFIDENCIALES



GNL COMO COMBUSTIBLE PUENTE



Apuesta decidida por el GNL tanto en nuevas construcciones como en retrofit de buques existentes



Fuente: DNV



GNL COMO COMBUSTIBLE PUENTE



- El gas natural componente principal el metano cuya fórmula química es CH_4 en un 95%
- Otros componentes: etano, propano, butano y pentano así como nitrógeno.
- Para pequeños consumidores Gas Natural comprimido (CNG).
- En buque de cierto porte, se licua a temperatura de alrededor de -162°C .

Propiedades	MGO	GNL
Estado	Líquido	Liq. criogénico
Densidad a 15°C (Kg/m^3) (LNG a -160°C)	837	431
Poder calorífico inferior (Mj/Kg)	42,7	48,6
Temperatura Ignición ($^\circ\text{C}$)	50-82	-188
Temperatura auto ignición ($^\circ\text{C}$)	250-500	595

Volumen del tanque comparado gasoil:
1,6 veces

GNL COMO COMBUSTIBLE PUENTE

Ventajas LNG en Buques

- Tecnología ya madura.
- Normativa establecida.
- Disponibilidad del GNL para suministro en puertos (170)
- Costes OPEX y CAPEX adecuados
- En motores duales, posibilidad alternar combustibles.
- Inicio de hoja de ruta para otros combustibles bio, sintéticos y amoniaco. Con motores duales inicio ruta biodiesel.
- Emisiones reducidas en comparación Gasoil
 - NOx 85%
 - SOx 99%
 - CO2 hasta un 24%
 - Partículas PM 95%.

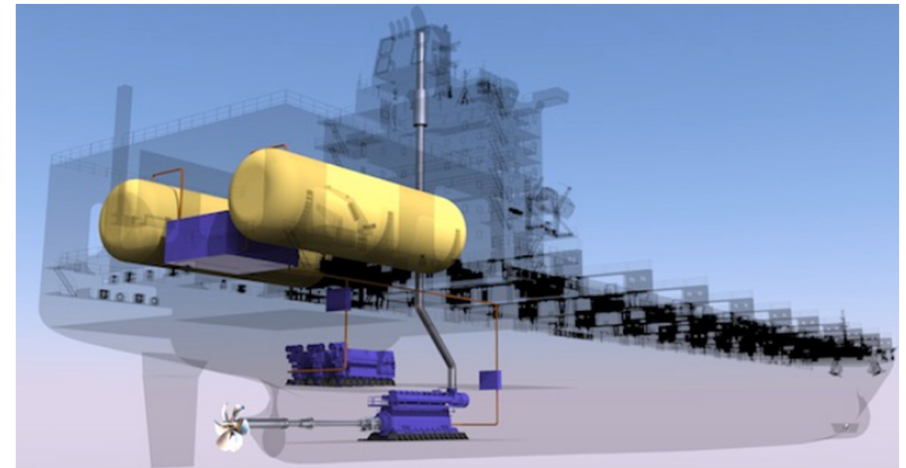


RED GNL EN ESPAÑA

GNL COMO COMBUSTIBLE PUENTE

Desventajas GNL en Buques

- Combustible gaseoso que requiere de ciertas precauciones en su gestión y manejo.
- Familiarización con el sistema de las tripulaciones.
- Volúmenes de almacenamiento y del sistema de combustible a bordo desde 1,6 hasta 2,5 veces superior al gasoil.
 - Menor densidad energética.
 - Equipos auxiliares para el tratamiento del combustible.
 - Tanque normalmente cilíndrico tipo C que no se adapta a las formas del buque.



Fuente: Ingenieromarinero

GNL COMO COMBUSTIBLE PUENTE

Emisiones del GNL



Fuente: Pusan University

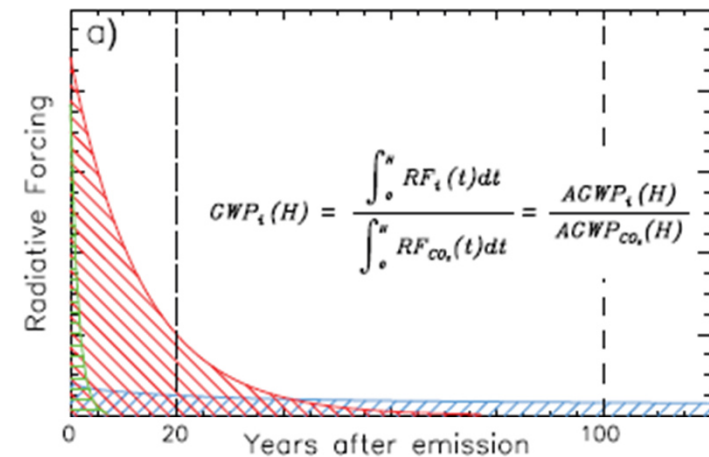
Tipo de combustible Referencia	Tank to Wake (TTW OMI) KgCO ₂ /GJ	Well to Wake WTW KgCO ₂ /GJ	CF TTW (OMI) (ton. de CO ₂ /ton.de combustible)	CF WTW (ton. de CO ₂ /ton.de combustible)	Reduccion CO ₂ Ref. MDO Tank to Wake TTW	Reduccion CO ₂ Ref. MDOWell to Wake WTW
Diésel /MDO	75,1	89,4	3,206	3,816	0%	0%
Gas natural licuado (GNL)	57,3	71,0	2,750	3,408	24%	21%
BIO-Metano	57,3	24,2	2,750	1,162	24%	73%
E-Metano	57,3	6,9	2,750	0,331	24%	92%

Fuente: Elaboración Propia. Datos MARIN, the Maritime Research Institute Netherlands

DATOS COMERCIALES CONFIDENCIALES

Emisiones de metano y su efecto

- El metano es uno de los gases de la cesta de gases de efecto invernadero.
- Global Warming Potential (GWP), con dos límites temporales 20 años (GWP20) o 100 años (GWP100).
- Absolute Global Warming Potential (AGWP).
- El CO₂ permanece en la atmósfera durante varios milenios mientras el metano tiene una media de 12 años.
- El Metano se va descomponiendo en vapor de agua y CO₂
- En la cumbre de Kioto en 1997 se adoptó el GWP100 como referencia.
- Para el metano se ha establecido el GWP20 en 84, GWP100 en 28 y GWP500 en 7. Hay una horquilla según autores para estos valores.



Emisiones de metano y su efecto

- En Cumbre del Clima de Glasgow COP26, compromiso reducción del 30% en las emisiones del metano hasta 2030.
- El Metano contribuye en una cuarta parte del calentamiento global, otros autores hablan de un tercio.
- Emisiones de origen humano (Agricultura, Minería, Oil & Gas, Residuos, Otros), representan el 60% del total de las emisiones de Metano a las que habría que añadir las de origen natural.
- De las fuentes antropogénicas, el Oil& Gas supone el 24% con un potencial de reducción del 80% con un coste negativo o muy bajo.
- Las emisiones se producen durante la extracción, bombeo y distribución de los combustibles fósiles como el Gas Natural.





GNL COMO COMBUSTIBLE PUENTE



Emisiones de metano y su efecto

Se incluye a continuación una tabla con las emisiones del CO2 equivalente del ciclo de vida completo WTW, teniendo en cuenta el efecto del Metano GWP100 y los efectos de las reducciones según COP26

Tipo de combustible Referencia	Tank to Wake TTW-OMI KgCO2/GJ	Well to Wake WTW KgCO2/GJ	GWP100 WELL TO WAKE KG CO2 eq/GJ	GWP100 WELL TO WAKE KG CO2 eq/GJ REDUCCION 30% COP26	GWP100 WELL TO WAKE KG CO2 eq/GJ REDUCCION 80%	Reducción CO ₂ Ref. MDO Tank to Wake	Reducción CO ₂ Ref. MDO Well to Wake	Reducción CO ₂ Ref. MDO GWP100	Reducción CO ₂ Ref. MDO GWP100 30% COP 26	Reducción CO ₂ Ref. MDO GWP100 80%
Diésel/MDO	75,1	89,4	89,4	89,4	89,4	0%	0%	0%	0%	0%
GNL fósil	57,3	71,0	75,8	74,4	72,0	24%	21%	15%	17%	19%
BIO-Metano	57,3	24,2	29,3	27,8	25,2	24%	73%	67%	69%	72%
E-Metano	57,3	6,9	6,9	6,9	6,9	24%	92%	92%	92%	92%

Fuente: Elaboracion Propia

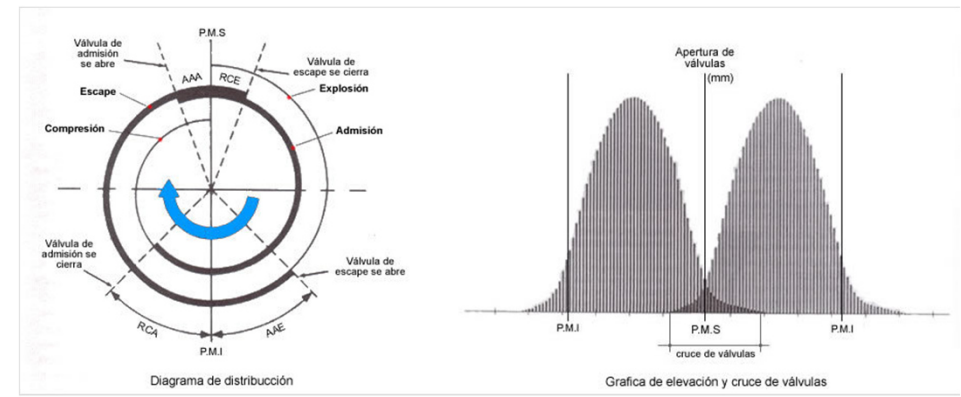
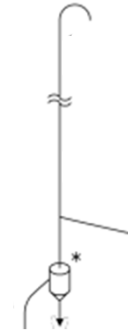
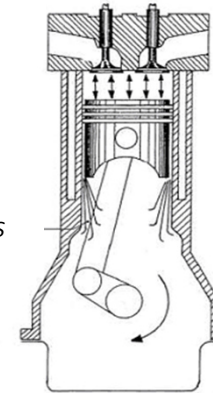
DATOS COMERCIALES CONFIDENCIALES

Methane Slip en motores

- El Methane Slip, se produce cuando una pequeña parte de GNL queda si quemar en los motores en resquicios del espacio muerto entre la camisa y el pistón y se emite a la atmósfera junto con el resto de gases de escape o bien a través de los venteos del cárter del motor.
- El régimen de los motores también influye, siendo mayores las fugas a un régimen de 25% ó 50% que las fugas al 75% ó 100% del MCR.
- Influye el tipo del ciclo térmico del motor, Diesel u Otto
- Durante las etapas de escape y admisión del ciclo Otto de 4T hay un tiempo donde se solapan las aberturas de válvulas by-paseando parte de la mezcla de aire y GNL en el ciclo Otto desde la válvula de admisión a la válvula de escape

Compresión

Fugas





GNL COMO COMBUSTIBLE PUENTE



Methane Slip en motores

En la siguiente tabla se han considerado datos de Methane Slip según tipo de motor, cada fabricante de motor puede indicar los suyos, otros organismos SGMF, SEA-LNG o ICCT han publicado sus valores. En banco de pruebas se pueden medir al igual que se realiza para el NOx y las Sociedades de Clasificación pueden certificarlo con notas de Clase. Los datos indicados se han utilizado en los cálculos y cada proyecto requiere de un estudio específico

Emisiones Methane Slip	Methane Slip gr /kWh
Motor 4T ciclo Otto	5
Motor 2T ciclo Otto	2,5
Motor 2 T Diesel	0,25



GNL COMO COMBUSTIBLE PUENTE



Methane Slip en motores

Comparativa en la reducción de emisiones entre el MDO/LNG para las diferentes tecnologías de motores

Comparativa LNG con MDO Gasoil	Reducción Emisiones CO2eq TTW (OMI)	Emisiones CO2eq WTW	Emisiones CO2eq WTW GWP100	Emisiones CO2eq WTW GWP100 Reducc 30 (objetivo 2030)	Emisiones CO2eq WTW GWP100 Reducc 80 (objetivo 2050)
Motor 4T Otto	0%	1%	-4%	-3%	0%
Motor 2T Otto	12%	11%	5%	7%	10%
Motor 2T Diesel	23%	20%	14%	16%	18%
Motor sin Methane slip	24%	21%	15%	17%	19%

DATOS COMERCIALES CONFIDENCIALES



GNL COMO COMBUSTIBLE PUENTE



Methane Slip en motores Hoja de ruta

La hoja de ruta basada en los porcentajes de reducción de FuelEU Maritime, más ambiciosos que los objetivos IMO. Incluidos los últimos objetivos aprobados por el Parlamento Europeo en Octubre 2022

Motor sin Methane Slip	2025	2030	2035	2040	2045	2050
%Reducción	-2%	-6%	-20%	-38%	-64%	-80%
% Mezcla BIO-Metano	0%	0%	6%	41%	92%	N/A
% Mezcla E-Metano	0%	0%	4%	28%	62%	83%

Motor 4T ciclo Otto 5 gr/KWh	2025	2030	2035	2040	2045	2050
%Reducción	-2%	-6%	-20%	-38%	-64%	-80%
% Mezcla BIO-Metano	8%	16%	43%	79%	N/A	N/A
% Mezcla E-Metano	5%	11%	29%	53%	88%	N/A

Se han incluido los porcentajes de BIO-Metano y E-Metano necesarios a mezclar con el GNL fósil para conseguir los objetivos en reducción de Gases de Efecto Invernadero. N/A indica que no es posible la reducción y en verde 0% no es necesaria la mezcla.



GNL COMO COMBUSTIBLE PUENTE



Methane Slip en motores Hoja de ruta

Motor 2T ciclo Otto 2,5 gr/KWh	2025	2030	2035	2040	2045	2050
%Reducción	-2%	-6%	-20%	-38%	-64%	-80%
% Mezcla BIO-Metano	0%	0%	24%	60%	N/A	N/A
% Mezcla E-Metano	0%	0%	16%	40%	75%	96%

Motor 2T ciclo Diesel 0,25 gr/KWh	2025	2030	2035	2040	2045	2050
%Reducción	-2%	-6%	-20%	-38%	-64%	-80%
% Mezcla BIO-Metano	0%	0%	7%	43%	94%	N/A
% Mezcla E-Metano	0%	0%	5%	29%	63%	85%

A parte de las mezclas comentadas, con motores duales otra posible ruta como es la utilización del biodiesel aumentando el % de mezcla con diésel fósil.

Otro camino es la certificación del buque para el uso de Amoniaco a partir de su disponibilidad. Según Clarksons hay 130 buques AMMONIA READY.

Medidas posibles de mitigación

En primer lugar se pueden reducir las emisiones de Gas Natural durante la extracción, proceso y distribución, las llamadas emisiones WTT.

- Detectar y reparar las pérdidas en sus instalaciones.
- Aprovechamiento de los venteos de gas, el gas de pozos petroleros, capturas de purgas, etc.
- Prohibición de venteos y quema en antorcha salvo determinadas circunstancias (esta medida es actualmente de aplicación aunque entendemos que hay potencial de mejora).
- Fugas procedentes de la producción de petróleo y Gas Natural, realizar inspecciones, uso de detectores, sustituir equipos, revisar juntas en compresores, tapan pozos no utilizados etc.
- Trazabilidad de emisiones y procedimientos durante la distribución y transporte, revisión protocolos de bunkering.





GNL COMO COMBUSTIBLE PUENTE



Medidas posibles de mitigación

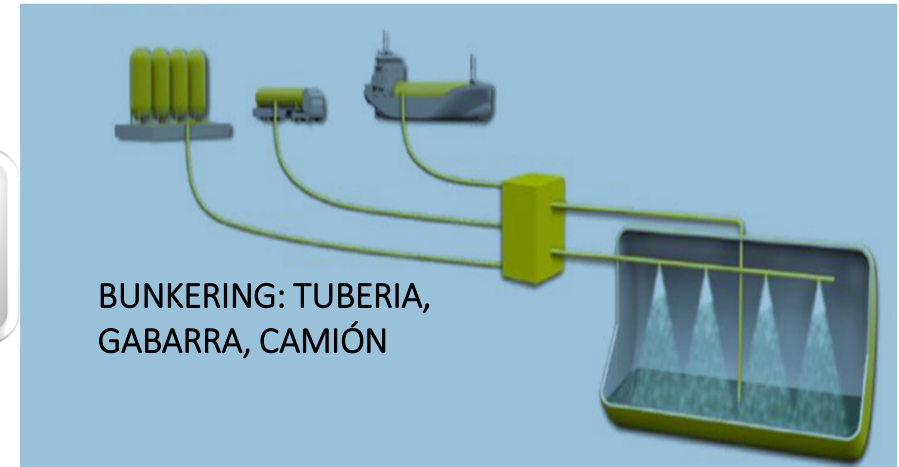
La otra fuente de emisiones de metano es interna del buque, emisiones TTW.

- Los fabricantes de motores deben seguir en la línea de mejora ya iniciada:
 - Optimización del diseño interno del motor, cámara de combustión, venteos del cárter.
 - Regulación y ajustes electrónicos del motor.
 - Dispositivos reductores de emisiones con catalizadores.
- Certificados de Methane Slip como ocurre con el NOx.
- Diseño de buques con eficiencia energética. Sistemas híbridos, propulsión diesel-eléctrica para optimizar regímenes, recordemos que a mayor régimen de los motores menor Methane slip.
- Mezclar con BIO-Metano o E-Metano en proporciones adecuadas según haya disponibilidad a precios razonables.
- Para motores de 4 Tiempos los fabricantes prefieren seguir con el ciclo Otto y sus mejoras de mitigación a desarrollar el ciclo diésel. Quizá ahora las condiciones de contorno no sean las adecuadas pero esto puede cambiar.

GNL, experiencia logística útil para otros combustibles

- El GNL es el primer combustible nuevo en 100 años en la industria naval.
- Ha sido necesario crear una nueva logística para buques.

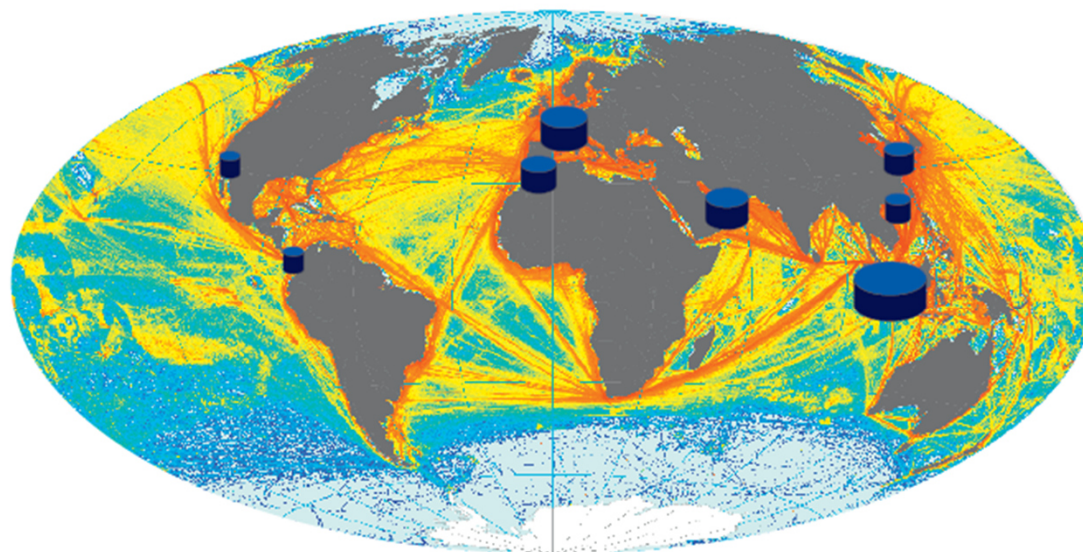
CADENA DE SUMNISTRO DE GNL



Principales puntos de bunkering mundiales

Red existente de distribución para combustibles fósiles:

- 270Mton/año HFO, MDO, MGO y VLSFO
- 12 Mton/año GNL



Fuente: DNV

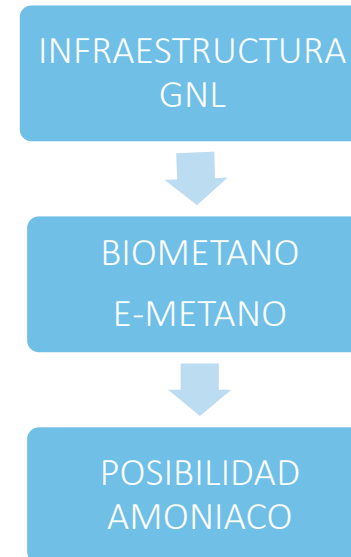
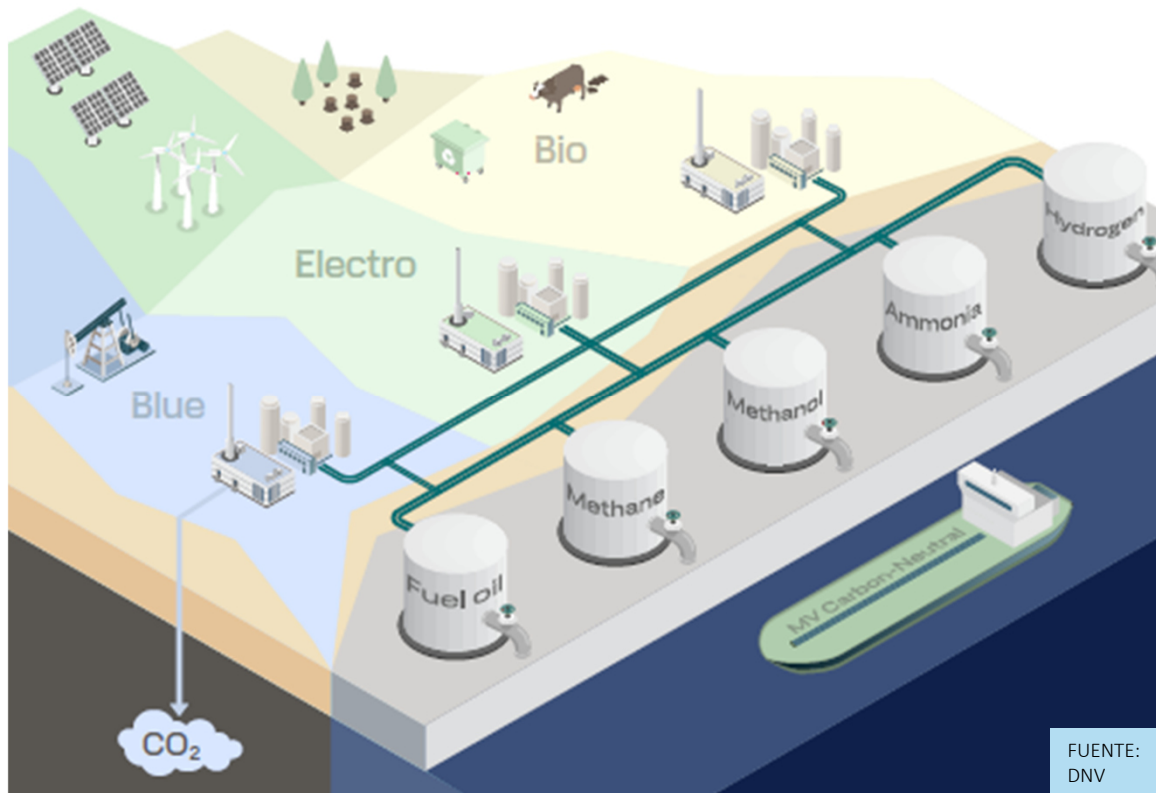


Ship traffic density from AIS



Amount of fuel sold to shipping

Cadena suministro combustibles alternativos. Distribución/Bunkering





GNL COMO COMBUSTIBLE PUENTE



PAPEL DE LOS PUERTOS

FIT FOR 55: ALTERNATIVE FUELS INFRASTRUCTURE REGULATION (AFIR)

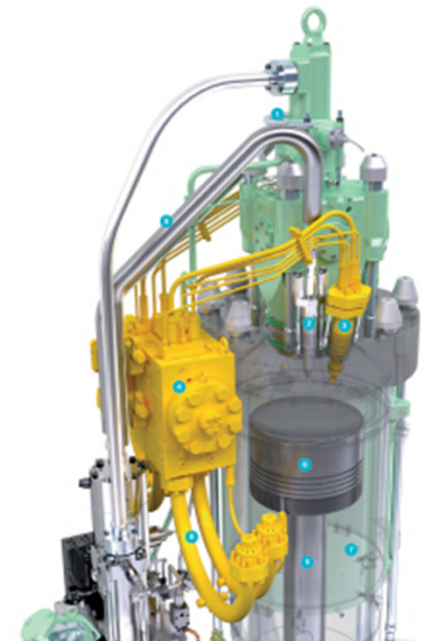
Propuesta Reglamento para la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos

- Los combustibles del transporte como el GNL deben ir descarbonizándose cada vez más, mezclándose con biometano licuado (bio-GNL) o con electrocombustibles gaseosos sintéticos.
- Los Estados miembros velarán por que a más tardar el 1 de enero de 2025 exista un número adecuado de puntos de repostaje de GNL en los puertos marítimos de la red básica.
- En el anexo establece, Especificaciones técnicas relativas al suministro de electricidad para el transporte marítimo (OPS año 2030 FuelEU Maritime) y Especificaciones técnicas relativas al suministro de metanol y amoníaco para el transporte marítimo y la navegación interior
- Ejemplo de apoyo para otros combustibles: **Programa europeo Core LNGas Hive**, El proyecto desarrolla una cadena logística integrada, segura y eficiente para el suministro de gas natural licuado GNL como combustible en el sector transporte, especialmente marítimo, en la Península Ibérica.

DATOS COMERCIALES CONFIDENCIALES

Conclusiones

- El LNG Presenta muchas ventajas para su utilización en buques.
- Las desventajas son el espacio requerido y la familiarización de las Tripulación con el combustible.
- El metano del Gas Natural tiene un alto potencial de calentamiento global.
- Es necesario tomar medidas para mitigar las emisiones de producción y distribución hasta el tanque del buque y el llamado Methane Slip.
- Hay recorrido para seguir mejorando en estas dos etapas tanto en reducción de emisiones WTT como en Methane Slip y hemos comprobado que los objetivos son alcanzables con diferentes medidas que hay que ir implementando, eso sí, existe el riesgo cierto que las emisiones de efecto invernadero sean mayores con el uso del GNL que con el gasoil o Fuel-Oil.



Fuente: MAN

Conclusiones

- LNG modelo logístico en su distribución para otros combustibles alternativos.
- Hay posibles hojas de ruta a partir del GNL que maximiza su sostenibilidad:
 - GNL origen fósil a Biometano a E-metano.
 - Amoniaco
 - En motores duales Bio-fuel.
- En el proceso de descarbonización, deben involucrarse diferentes entidades del sector como la OMI, Autoridades Portuarias, Autoridades de Bandera de los Estados, Sociedades de Clasificación, Productores y Distribuidores de combustibles, Armadores, Fletadores, Astilleros, Ingenierías, Fabricante de motores, Entidades financieras, etc.





GNL COMO COMBUSTIBLE PUENTE



Referencias

- ¿Es el LNG un combustible alternativo de transición? Autores Mario Fominaya Martín, Pedro López Vizcayno RIN Abril 2022
- <https://sustainablepower.application.marin.nl/MARIN>, the Maritime Research Institute Netherlands
- DNV Maritime Forecast 2050 Energy Transition Outlook 2022
- "FuelEU Maritime – Sustainable maritime fuels. European Parliamentary Research Service Author: Jaan Soone, Members' Research Service PE 733.689 – October 2022"
- ALTERNATIVE FUELS OUTLOOK FOR SHIPPING AN OVERVIEW OF ALTERNATIVE FUELS FROM A WELL-TO-WAKE PERSPECTIVE Bureau Veritas Septiembre 2022
- An Eye on Methane International Methane Emissions Observatory 2021 Report. United Nations Environment Programme, 2021.
- Decarbonizing Maritime Transport: The Importance of Engine Technology and Regulations for LNG to Serve as a Transition Fuel. Elizabeth Lindstad, Gunnar S. Eskeland, Agathe Riolland and Anders Valland
- Driving Down Methane Leaks from the Oil and Gas Industry. A regulatory roadmap and toolkit. International Energy Agency. Website: www.iea.org



GNL COMO COMBUSTIBLE PUENTE



Referencias

- Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero del transporte marítimo: 10 años de normas obligatorias. Por Aduana News 21 julio, 2021 IMO
- Managing methane slip MAN Energy Solutions.
- Preguntas y respuestas sobre la reducción de emisiones de metano en el sector de la energía Bruselas, 15 de diciembre de 2021 Comisión Europea.
- Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestvedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang, 2013
- Normativa IMO MARPOL ANEXO VI
- Paquete FIT For 55. Directiva FuelEU Maritime.



INNOVATIVE SME

Valid until Apr 2nd 2022



Gracias

Combinamos conocimiento y experiencia para alcanzar la excelencia

www.seaplace.es / mfominaya@seaplace.es

Seaplace, desde 1980