

JORNADA

EL POTENCIAL DEL

AMONIACO COMO

COMBUSTIBLE MARINO

Resúmenes de las ponencias

Madrid, Instituto de la Ingeniería de España, 23 marzo 2022



Asociación de Ingenieros Navales
y Oceánicos de España

Comisión de Transición Energética de la AINE, 23 marzo 2022

“El potencial del amoníaco como combustible marino”

- **Apertura:** Palabras de agradecimiento al Instituto de la Ingeniería de España, a los ponentes y a los asistentes presenciales y on-line a cargo de **Silvia Oriola** (FIJJ), **Pilar Tejo** (decana del COIN), **Rafael Gutiérrez-Fraile** (responsable de la Comisión de Transición Energética de AINE) y **Elena Seco** (Directora General de ANAVE y moderadora de esta Jornada).
- **Ponencias:** Intervinieron los siguientes ponentes, cuyas presentaciones se pueden descargar en formato PDF en los respectivos enlaces:
 - **Rafael Calderón Álvarez**, director del área naval y de defensa de [Ghenova](#) ([PDF](#))
 - **Gonzalo Fernández Ozalla**, responsable de proyectos [Grupo Fertiberia](#).
 - **Fernando Marcos**, director comercial de [MAN Energy Solutions Spain](#) ([PDF](#)).
 - **Manuel Sánchez Macías**, responsable de sistemas de maquinaria de [Lloyd's Register](#) en España ([PDF](#)).
 - **Juan Álvarez**, fundador y CEO de [JALVASUB Engineering](#) ([PDF](#)).
- El **video** completo de la jornada (incluyendo el **coloquio**) está disponible [aquí](#).
- A continuación, se incluyen resúmenes sintéticos de cada una de las ponencias.

Gonzalo Fernández Ozalla, Grupo Fertiberia

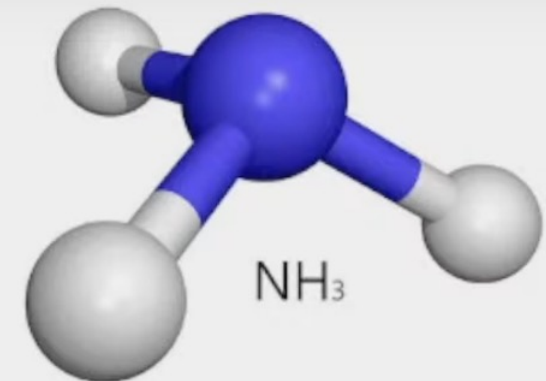
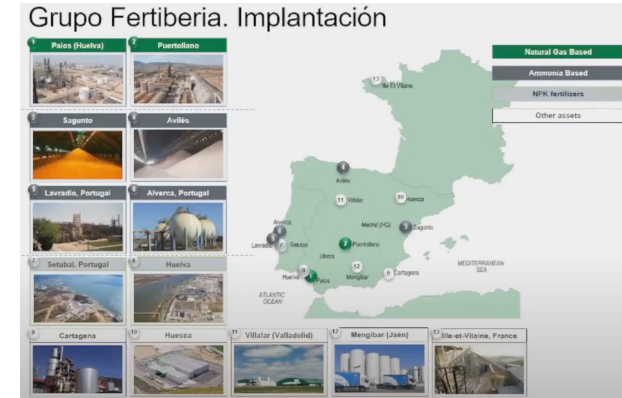
“Amoniac Verde, una realidad de futuro”

1. Presentación de Grupo Fertiberia

- Una de las principales compañías de Europa en nutrición vegetal y soluciones medioambientales. Propiedad de TRITON Partners desde 2020.
- **Líder en su actividad en España**, con 934 millones de euros de facturación en 2021. 520 productos, en total 7 millones de toneladas comercializados en 87 países. 1612 trabajadores en 13 centros de producción en España, Portugal y Francia.
- **Estrategia:** crecimiento sostenible basado en I+D+i, descarbonizar sus procesos, aumentar su eficiencia y vertidos cero.

2. Producción actual de Amoniac y de Amoniac Verde

- **Amoniac:** NH_3 , sin carbono. Punto ebullición -33°C a presión atmosférica.
- **Uso actual:** sobre todo fertilizantes. El N es nutriente básico de la vegetación.
- **Usos futuros:** combustible limpio, almacenamiento de energía y de hidrógeno (mejor que el propio H_2).



Gonzalo Fernández Ozalla, Grupo Fertiberia

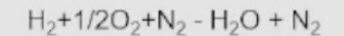
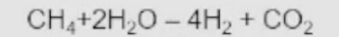
“Amoniacos Verde, una realidad de futuro”



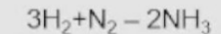
- **Producción actual (NH₃ negro):** a partir de metano (gas natural) + proceso Haber Bosch. Emisiones de 2 a 3 t de CO₂ por t de NH₃ producida.



FRONT END. Producción de H₂ y N₂ (3:1)



BACK END. Producción amoníaco (Haber Bosch)

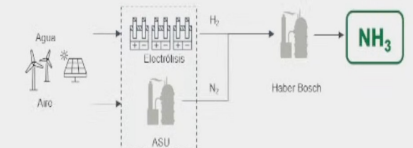


- Objetivo, producción de **amoníaco “verde”**, a partir de aire, agua y electricidad verde para la electrolisis del agua, sin emitir CO₂.
- Fertiberia tiene en marcha 5 proyectos para reducir su huella de carbono. Uno de ellos comenzará la producción de amoníaco verde en abril de 2020.

3. Almacenamiento y transporte del Amoníaco

- **Almacenamiento** fácil a -33°C, o bien a temperatura ambiente a 15-20 bar.
- Fertiberia tiene gran experiencia en almacenamiento y transporte de NH₃. Opera 6 terminales con una capacidad total de 80.000 t.
- Producción mundial actual de NH₃: 180 millones de t y transporte marítimo de 20 millones de t/año.

Amoníaco verde. Revolución y desafío industrial



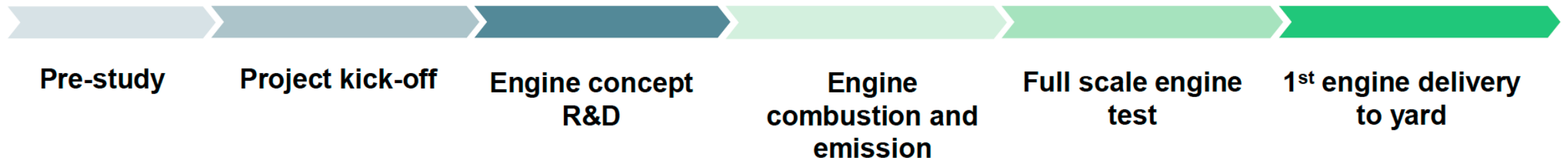
Fernando Marcos, MAN Energy Solutions España

“MAN B&W Ammonia Engine”



1. Motores MAN B&W para nuevos combustibles marinos

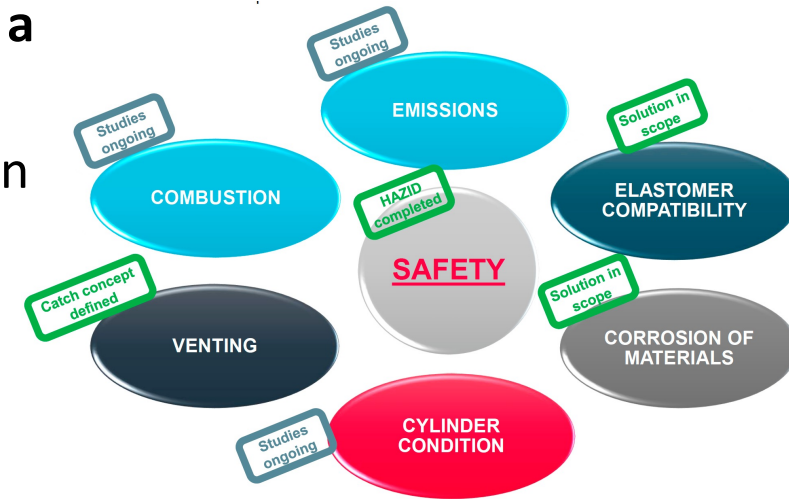
- El 90% de la carga transportada globalmente se mueve por mar, generando el 3% de las emisiones de emisiones de CO₂. El 50% del transporte marítimo se hace con motores MAN, siendo por tanto responsables del 1,5% de las emisiones antropogénicas totales de CO₂.
- Pero MAN Energy Solutions está **comprometida con la descarbonización**.
- Para ello, desde 2011, viene desarrollando y comercializando motores marinos de 2 tiempos para combustibles alternativos: **GNL, Etano, Metanol, LPG y Amoniaco (2024)**.

2019**2020****2021****2022****2023****2024**

Fernando Marcos, MAN Energy Solutions España

“MAN B&W Ammonia Engine”

- Frente a un buque propulsado con MGO, el uso de amoníaco, transportado como líquido a -33°C , precisará **3 veces más volumen a bordo para la misma autonomía**
- A cambio, eliminará el 100% de las emisiones de azufre y reducirá en un 95% las emisiones de NO_x (mediante SCR), PM y CO₂. Sería posible una reducción mayor del CO₂ mediante el uso de biocombustibles como fuel piloto. **La cantidad de fuel piloto se estima en un 5% aproximadamente**
- La presentación se refiere con gran detalle a la situación actual del desarrollo del motor en sus 6 áreas principales (ver gráfico):



3. Propulsión “a prueba de futuro”

- El concepto modular de los motores duales de MAN para combustibles alternativos (GNL, Etano, Metanol, LPG y Amoníaco) asegura una plena flexibilidad: todos incluyen de proyecto la compatibilidad con VLSFO, MGO y Biocombustibles.
- Así como la **posibilidad de transformación en el futuro**, si fuese necesario, para los otros combustible alternativos citados. Esto asegura el futuro de las inversiones.

Manuel Sánchez Macías, Lloyd's Register

“Aspectos básicos de seguridad, diseño y normativos en el uso de amoníaco como combustible marino”

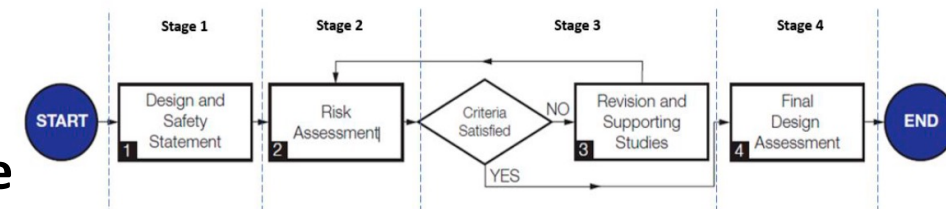
1. Amoníaco y Metano

- Composición y grados del Amoníaco.
- Peligros **comunes a CH₄ y NH₃**, relacionados con materiales o presión y sus consecuencias: fuego, explosión y daños por exposición de las personas.
- Peligros **específicos del NH₃**: Vacío por absorción, Incompatibilidad de los materiales, Rotura por combinación de tensiones, material susceptible al Amoníaco y ambiente corrosivo.
- **Toxicidad del Amoníaco**: efectos, barreras y controles

2. Aspectos regulatorios: necesidad de cambios

- El Código IGC (OMI) y el Anexo VI MARPOL **no permiten combustibles tóxicos**. El Código IGF (OMI) para buques que emplean gases u otros combustibles con bajo punto de inflamación, imponen que los diseños sean **intrínsecamente seguros** y basados en **análisis de riesgos**.

	Ammonia	Methane
Boiling Point	-33.3°C	-161.5 °C
Vapour pressure (45°C)	18 bar	345 bar
Critical point	133°C	-82.5°C
Heat of vaporisation	1369.5 kJ/kg	510.83 kJ/kg
Superheat limit temp. (SLT) (approx.)	70 °C	-105.55 °C
Flammability range (LEL-UEL)	15% - 28%	5.3% - 17%
Minimum ignition energy	8 mJ	0.27 mJ



Manuel Sánchez Macías, Lloyd's Register

“Aspectos básicos de seguridad, diseño y normativos en el uso de amoniaco como combustible marino”

3. Análisis de riesgos y diseño intrínsecamente seguro

- En lugar de atenuar los efectos de un incidente mediante equipos de protección, un **diseño intrínsecamente seguro** se concentra en evitar que tenga lugar el riesgo o reducir las **consecuencias** del mismo, la **probabilidad** de que ocurra y en **proteger** a las personas embarcadas.
- Las **zonas de riesgo**: considerando los diferentes espacios, equipos y sus condiciones de operación respecto a la inflamabilidad y toxicidad por el uso del Amoniaco.
- Lucha contra incendios por Amoniaco.
- Equipos de protección personal.

4. Introducción a los buques de transporte de Amoniaco

- **Tipos de buques**: totalmente refrigerados, semi-presurizados o totalmente presurizados. Tanques tipo A o C adecuados para Amoniaco.
- **Retos del Amoniaco como combustible marino**: bunkering, almacenamiento, normas para su uso como combustible líquido o gaseoso, consumidores, regulación y seguridad. (Detalles en la [presentación](#)).
- LR ya ha participado en proyectos sobre Amoniaco en buques de varios tipos.

Reduce consequence

e.g. reducing the inventory, reduce pressure



Reduce likelihood

e.g. welded connections rather than flanged



Protect life

e.g. separation distances such as physical, water curtains...



Rafael Calderón Álvarez, Ghenova

“Del metano al amoniaco. Analogía y transformación”

1. Presentación grupo Ghenova

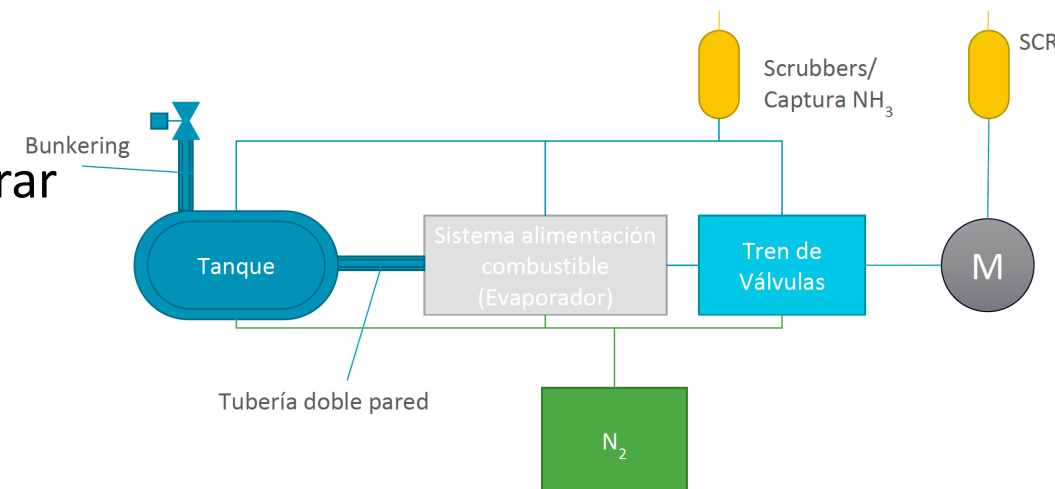
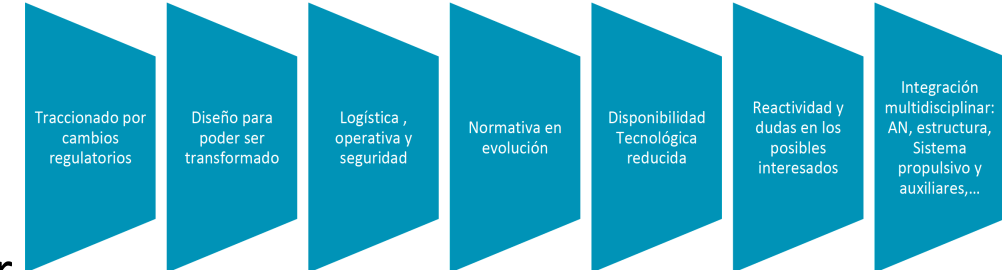
- Más de 600 empleados, el 80% ingenieros. Proyectos internacionales en 25 países. Ghenova apuesta por la I+D y la innovación tecnológica.
- 4 áreas: Naval, Energía industrial, Infraestructuras y Transformación digital. Sedes en Sevilla, Madrid, Ferrol, Vigo, Puerto S^a M^a, Australia, Bolivia, Brasil y Colombia.

2. Proyectos de GHENOVA en el metano (GNL)

- Bunker Reganosa, puertos de Algeciras, Huelva y Santander, Smart Ferry para Balearia, SamueLNG, Living Stone, Cruceros,...

3. Del Metano (GNL) al Amoniaco

- Claro paralelismo. La experiencia en GNL permitirá acelerar la implantación del Amoniaco y otros combustibles alternativos.
- Factores, analogías y transformación: tanques, tamaño, bombas, materiales (aceros 304, 304 L y 316 válidos para GNL y amoniaco), otros equipos,...



Juan Álvarez, JALVASUB “El amoníaco, único vehículo de H₂ conocido y limpio, compatible con su uso como combustible marino”

1. Requisitos para la aplicación naval del Amoníaco:

- **Desarrollo de nuevos procesos mas eficientes de síntesis de NH₃** a partir verde, utilizando como fuente primaria la energía renovable.
- **Mejorar la cadena logística** para su generación y almacenamiento cercano al puerto y de forma distribuida, de acuerdo a la demanda.
- **Mejorar los procesos de disociación del NH₃ en H₂ a bordo:** Desarrollo de disociadores más compactos y eficientes que permitan la obtención in situ de H₂ de elevada pureza para uso en motores de combustión interna y en pilas de combustible de intercambio de protones (PEM).
- **Desarrollo de una nueva generación de pilas de combustible PEM:** Adaptadas en tamaño, eficiencia y coste para su integración a bordo. Capaces de ser alimentadas indistintamente por H₂ y NH₃.



2. Nuevos desarrollos de JAVASUB Engineering

- Creación del **Consortio Tecnológico del Amoníaco Verde (CTAV)** con otras dos PYMES españolas: Ventor Innovations y Advanced Thermal Devices España (ATD).
- Desarrollo de nuevos procesos de **Síntesis de NH₃**, basados en nuevos **catalizadores** (Electride C12A7-Ru), **Disociadores de NH₃** y sistemas de **Pilas de Combustible PEM**, para aplicaciones tanto estacionarias como de movilidad naval, terrestre y aérea.

Preguntas planteadas en la jornada y que no dió tiempo a responder por los ponentes

- Para Manuel Sánchez Macías (LR):

Sobre los buques más idóneos : *Dadas las condiciones de seguridad necesarias para el uso del amoníaco como combustible, ¿sería imaginable asociar su utilización a los futuros buques sin tripulación (MASS) o simplemente a funcionar en períodos de 16 horas de cámara de máquinas desatendida?*

Hay algún tipo de buque en el que usar el amoníaco como combustible es más ventajoso.

En un principio lo más probable es que comience a utilizarse en buques tanque que transporten amoníaco, al igual que sucedió con el GNL y los metaneros, antes incluso de que se disponga de amoníaco verde. Una vez se vaya desarrollando la infraestructura de suministro y el combustible esté disponible a nivel mundial, se podría extender a otros tipos de buques. Las líneas regulares podrían tenerlo más fácil, ya que pueden llegar a acuerdos con suministradores para asegurar su disponibilidad en determinados puertos estratégicos de sus servicios, de forma parecida a lo que ha hecho Maersk con el metanol. Finalmente, la toxicidad del amoníaco y la falta de experiencia en su uso probablemente retrasarán algo más su penetración en los buques de pasaje, por las complicaciones asociadas a su uso y manipulación seguras.

Pero todo lo anterior lleva asociada mucha incertidumbre y sobre todo muchos años hasta que se materialice. Seguramente, su uso por buques autónomos (MASS), que todavía tardarán en llegar al transporte marítimo internacional, llegaría incluso más tarde. ¿Quién sabe si para entonces ya estará desarrollada la energía nuclear de fusión, como la que usaba Marty McFly en su DeLorean de "Regreso al Futuro" y el amoníaco ya resulte obsoleto? Es demasiado pronto para saberlo.

- *¿Cómo puede impactar la normativa FuelEU. en lo referente al NH₃?*

En la propuesta de modificación de la Directiva sobre fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, incluida en el paquete *Fit for 55*, el amoníaco verde se considera un *combustible renovable de origen no biológico*. Tiene un *factor 0* de emisiones y no da lugar a la obligación de comprar derechos de emisiones (Directiva ETS) y tampoco a sanciones en virtud del Reglamento *Fuel EU*, siempre que la llama que se utilice para mantener la combustión esté alimentada por un biocombustible avanzado o sintético. De hecho, lo que generaría es un saldo negativo de emisiones que se podría compensar con otros buques que utilicen combustibles convencionales bajo el mecanismo de *pooling* previsto en el reglamento.

Preguntas planteadas en la jornada y que no dió tiempo a responder por los ponentes

- **Para Gonzalo Fernández (Fertiberia):**

¿Tienen alguna División o equipo de trabajo dedicado específicamente al Sector Naval? (bien sea de flota de buques para transporte o como desarrollo de producto para ser consumido a bordo o alguna otra relación)

Hasta ahora no.

¿Siendo el H₂ verde un peso necesario para la producción de NH₃ verde... que salidas le ven al H₂ como combustible marino en lugar del NH₃?

Frente al amoniaco, como se ha señalado, el hidrógeno presenta varios inconvenientes, especialmente que habría que transportarlo licuado, a -253°C a presión ambiental y aún así requeriría de mucho más espacio a bordo por su menor densidad energética. No obstante, existe la posibilidad de utilizar el amoniaco sólo como medio para transportar energía, disociándolo a bordo en N₂ e H₂ y utilizar este último como combustible. Para ello, como ha puesto de manifiesto Juan Álvarez, sería necesario desarrollar disociadores más compactos y eficientes que los actuales. Por ello, si bien diversos informes prevén una cierta penetración del hidrógeno a medio plazo en tráficos de corta distancia, no señalan al hidrógeno como la solución de futuro para viajes transoceánicos.

- **Para Rafael Calderón (GHENOVA):**

¿Cuáles son los volúmenes relativos necesarios para almacenamiento a bordo del fuel oil, amoniaco e hidrógeno?

Según varios estudios, el espacio necesario para el almacenamiento a bordo de amoniaco líquido es del orden de 3,3 veces el necesario para el Fuel Oil a igualdad de energía y en el caso del hidrógeno de unas 4,5 veces. Estas cifras tienen en cuenta el volumen del combustible en sí más el de los tanques, pero son estimaciones, ya que aún no se ha construido ningún buque de este tipo.