

El amoniaco como almacenamiento de hidrógeno renovable

Sesión RENOVABLES

José Ignacio Domínguez Carrero

Responsable de proyectos. Área de Energía (Fundación CIDAUT)

Índice

1. La necesidad de almacenar H₂ renovable (estacionalmente y a gran escala)
2. Las características del NH₃ como carriers del H₂ renovable
3. Proyecto Zeppelin: Diseño de plantas de almacenamiento de H₂ en NH₃
4. El proceso de síntesis del NH₃ a partir de H₂ renovable
5. Posibilidades de uso del NH₃ almacenado
6. Otros proyectos relacionados con el NH₃ renovable
7. Conclusiones

1. La necesidad de almacenar H2 renovable

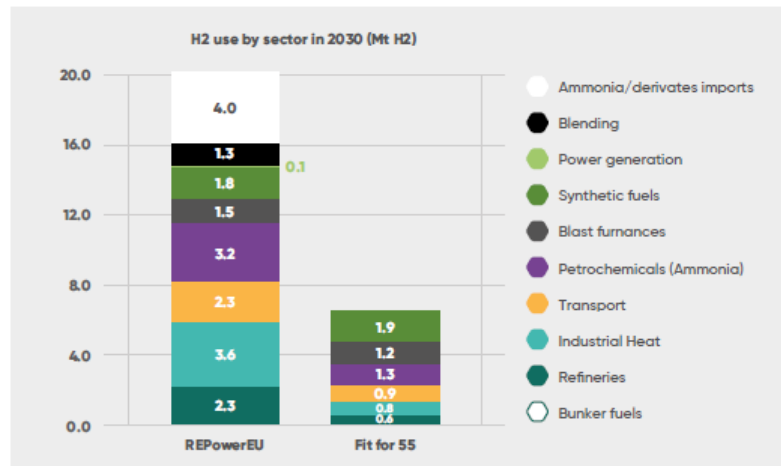


El **hidrógeno renovable** va a ser uno de los vectores más importantes en la descarbonización de la economía

Necesidad de almacenamiento de H2 **a gran escala y de forma estacional.**

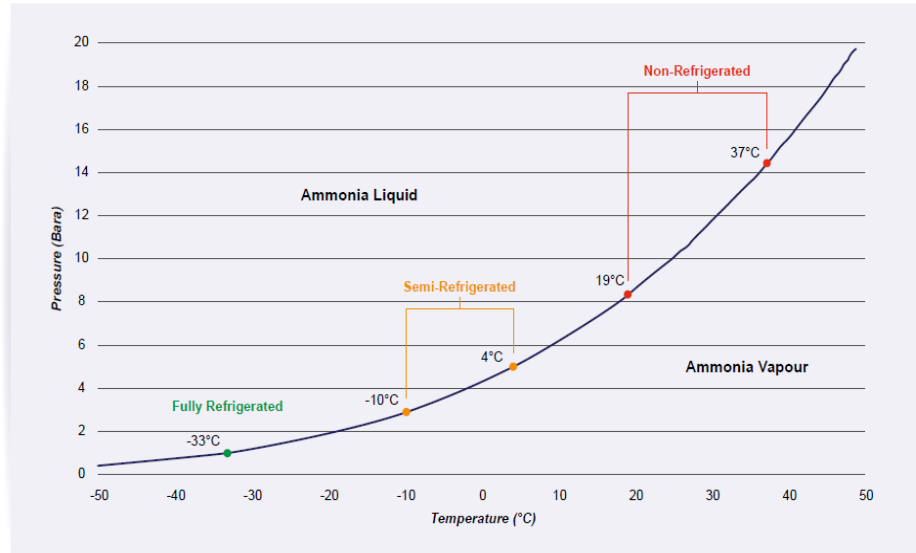


Source: EC, COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT IMPLEMENTING THE REPOWER EU ACTION PLAN: INVESTMENT NEEDS, HYDROGEN ACCELERATOR AND ACHIEVING THE BIO-METHANE TARGETS.



- Objetivo europeo de consumo de 20 millones de toneladas de hidrógeno renovable en 2030.
- Potencial de producción de hidrógeno renovable en España de entre dos y tres millones de toneladas en 2030

2. Las características del NH₃ como carrier del H₂.



- El amoniaco puede **licuarse en condiciones relativamente suaves** lo que facilita su transporte y almacenamiento.

2. Las características del NH₃ como carrier del H₂.

	H ₂ C	H ₂ L	Amoniaco	Metanol	GNC	GNL
Temperatura almacenamiento (°C)	20	-253	-34 ó 20	20	20	-161
Presión almacenamiento (bar)	700	1	1 ó 10	1	250	1
Densidad (kg/m ³)	63	70,8	682	790	198,9	431
Fracción másica H ₂ (%)	100	100	17,8	12,5	37,5	37,5
Densidad energética (MJ/kg)	120	120	18,6	19,9	56,69	56,69
Densidad energética volumétrica (GJ/m ³)	7,5	8,5	12,7	15,8	11,28	24,43
Demanda energética almacenamiento (kWh/kg H ₂)	1,6	10	4,25	1,8	0,53	3,70
Demanda energética descarga (kWh/kg H ₂)	-	-	6,3	6,7	-	-

- El amoniaco, se considera un gas seguro debido a su alta temperatura de autoignición, su baja presión de condensación y su baja densidad (<aire).
- Sus propiedades hacen que el NH₃ presente una elevada capacidad de almacenamiento de H₂.

3. Proyecto Zeppelin: Diseño de plantas de almacenamiento de H2 en NH3



CIDAUT es una de las entidades de investigación participantes en el proyecto de investigación industrial Zeppelin de la mano de Redexis.

Este proyecto tiene como objetivo desarrollar soluciones tecnológicas eficientes y circulares para la producción y almacenamiento de hidrógeno verde, utilizando la innovación para reducir los costos actuales de producción de combustibles renovables.

3. Proyecto Zeppelin: Diseño de plantas de almacenamiento de H2 en NH3



<https://www.redexis.es/web/guest/sobre-redexis/con-la-innovacion/proyecto-misiones-zeppelin>



Este proyecto, con el número de expediente MIG- 20211076, ha sido subvencionado por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), en el marco de la convocatoria 2021 del Programa MISIONES CIENCIA E INNOVACIÓN (Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia), y cuenta apoyo del Ministerio de Ciencia e Innovación. La ayuda otorgada al proyecto cuenta con la financiación de la Unión Europea a través del Fondo Next GenerationEU.

Dentro de la Actividad 4: **Investigación en procesos de almacenamiento de H2**, liderada por Redexis, CIDAUT colabora en la investigación de procesos alternativos de almacenamiento de hidrógeno verde en forma de amoníaco.

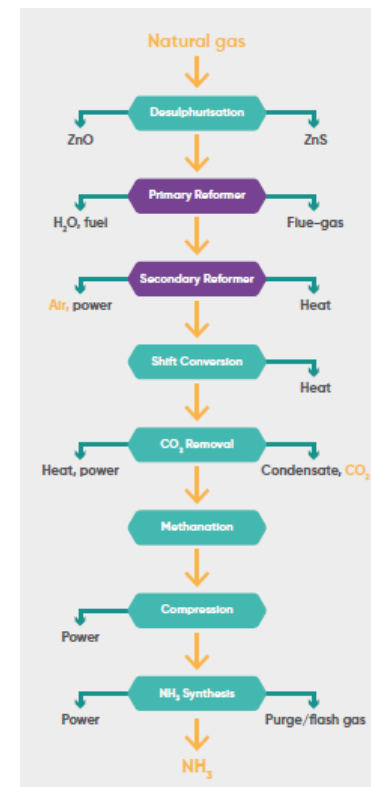
Se ha realizado un estudio comparativo con otras formas de almacenamiento de H2 y se ha dimensionado un proceso de almacenamiento de H2 en forma de NH3 adaptado a las necesidades de producción y uso.

4. El proceso de síntesis de NH₃ a partir de H₂ renovable

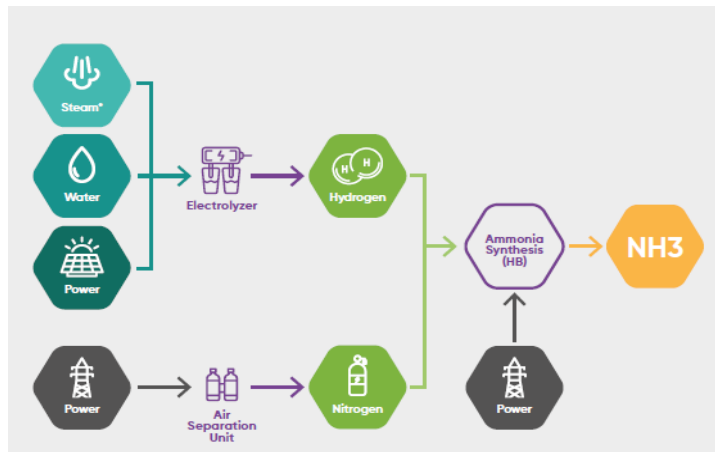
La tecnología para producir NH₃ mediante el **proceso Haber-Bosch** (fijación artificial de nitrógeno) es el sistema aplicado en las industrias.

Se han desarrollado varios procesos de NH₃ a pequeña escala y descentralizados con otros métodos, aunque no se han aplicado, incluyendo la síntesis electroquímica a partir de vapor de agua y nitrógeno y la reducción catalítica del nitrógeno a NH₃.

En 2017 la proporción de gas natural, carbón y petróleo como materia prima para la producción mundial de amoníaco fue de aproximadamente el 68%, el 28% y el 4%.



4. El proceso de síntesis de NH₃ a partir de H₂ renovable



En la síntesis de NH₃, 3 moles de H₂ reaccionan con 1 mol de N₂ a alta presión y temperatura media, con la presencia de un catalizador, para mejorar la conversión.

La síntesis de NH₃ es una reacción exotérmica, y se requieren cantidades relativamente grandes de entrada de energía, especialmente debido a la necesidad de producir N₂ altamente puro.

En el proceso Haber-Bosch aunque no es necesario suministrar calor a los reactores durante el proceso debido a la exotermicidad de la reacción de síntesis del amoníaco (-30,7 kJ/mol), son necesarias altas presiones para lograr una termodinámica favorable.

Las condiciones de reacción típicas son a temperaturas entre 300 y 550°C y con presiones entre 200 y 350 bar.

5. Posibilidades de uso del NH₃ almacenado

NH₃ como materia prima.

- El objetivo sería producir NH₃ renovable a partir de H₂ renovable, para descarbonizar la economía del NH₃.

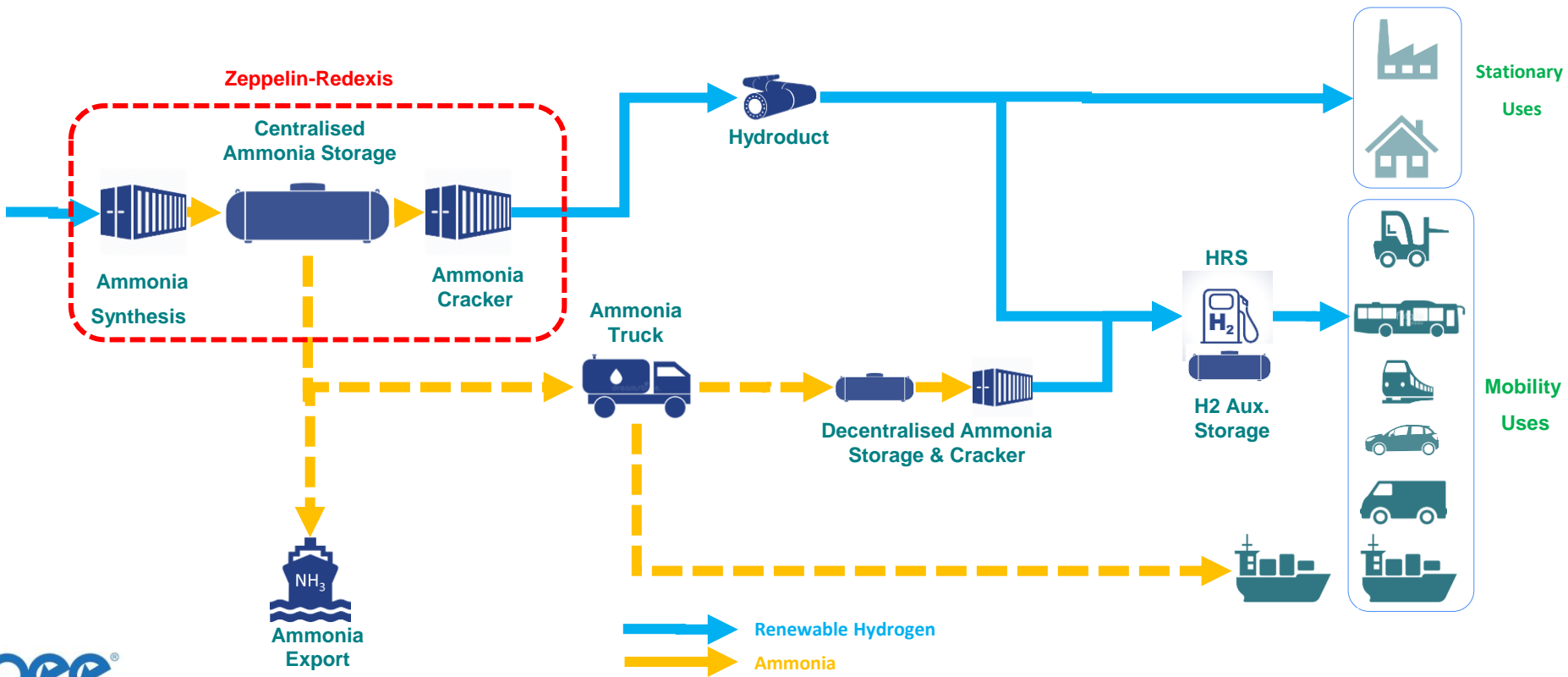
Obtención de H₂ a partir de un proceso de craqueado del NH₃.

- Existen diferentes tipologías de reactores en función del escalado del proceso y el principal condicionado es la calidad necesaria del H₂ obtenido.

Como combustible empleando para ello un craqueado parcial del H₂ que produzca una corriente de NH₃ y H₂ adecuada para su combustión.

- Ya existen motores de combustión interna y turbinas que pueden emplear este combustible renovable (NH₃/H₂)

5. Posibilidades de uso del NH3 almacenado



6. Otros proyectos relacionados con uso del NH3 renovable



HYDROMAR. El objetivo de este proyecto es la investigación industrial de modelos de conocimiento 4.0 en la **cadena logística del transporte marítimo de hidrógeno en sus diferentes formatos**, tanto en molécula (H₂) como formando parte de otras moléculas (carriers: NH₃, metanol, LOHC).



<https://www.proyecto-hydromar.com/index.jsp>



NEWBUNKER. El objetivo de este proyecto es analizar el estado del arte en **sistemas de propulsión marina con combustibles alternativos** a los combustibles convencionales, como son **el amoníaco y el hidrógeno**. El proyecto permitirá identificar las distintas modalidades de suministro (bunkering) de estos combustibles en función del sistema de almacenamiento y del sistema de generación de energía instalados a bordo del buque.



Ambos proyectos son apoyados por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, dentro de la convocatoria de Agrupaciones Empresariales Innovadoras (AEI).



7. Conclusiones

- El aumento de la producción de H₂ renovable hace **necesario el empleo de carriers de H₂ que faciliten su almacenamiento y distribución.**
- El **NH₃ es un carrier de H₂ de gran interés** por su infraestructura logística ya establecida, buena densidad energética en volumen, así como capacidad de almacenamiento de H₂, además de ser una molécula sin carbono.
- El **diseño de procesos y plantas de procesamiento adecuadas para la síntesis y craqueo del NH₃** es un reto tecnológico actual.
- Existen **diferentes rutas de empleo del NH₃ renovable** obtenido a partir de H₂ renovable, algunas convencionales y otras que requieren desarrollo tecnológico.

Gracias por su atención.

José Ignacio Domínguez Carrero

joscar@cidaut.es