



Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:
Almacenamiento en forma de Amoniac y Metanol



Powered by experience



EL HIDRÓGENO Y SU ALMACENAMIENTO

Oviedo, 18 de febrero de 2023



Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:

Almacenamiento en forma de Amoniac y Metanol

EL HIDRÓGENO Y SU ALMACENAMIENTO

En primer lugar, agradecemos al Colegio de Minas del Noroeste de España la organización de este curso tan interesante como necesario en el contexto energético actual y futuro. Desde la humildad, pero orgullosos de nuestra dilatada experiencia, intentaremos compartir la visión técnica de Duro Felguera en este campo para aportar soluciones -en este caso- encaminadas al almacenamiento de Hidrógeno en forma de Amoniac y Metanol.

No obstante, y en aras a enfatizar la importancia que tendrá el almacenamiento a gran escala en el futuro, creemos conveniente empezar repasando de una manera somera los escenarios que se plantean, y revisando de soslayo algunas otras de las soluciones para almacenar Hidrógeno que les han sido o les serán explicadas en otras sesiones por expertos profesionales:

1. ESCENARIO PRESENTE Y FUTURO
2. TRANSPORTE DEL HIDRÓGENO
3. ALMACENAMIENTO A PEQUEÑA ESCALA
4. ALMACENAMIENTO A GRAN ESCALA



Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:

Almacenamiento en forma de Amoniac y Metanol

① ESCENARIO PRESENTE Y FUTURO

Sin lugar a dudas, el Hidrógeno se ha convertido en el “chico de moda” de la transición energética. Dentro de las políticas a desarrollar en el marco del **European Green Deal** destaca la “Estrategia Europea del Hidrógeno (**EU Hydrogen Strategy**)”, cuyo objetivo es establecer las pautas necesarias para desarrollar el papel del Hidrógeno en la reducción de emisiones de la UE de una manera eficiente y convertirlo en actor esencial para alcanzar la neutralidad de carbono en 2050. Las metas fijadas por esta estrategia europea contemplan tres horizontes temporales con ambiciosos hitos ya marcados:

- Primera fase (2020-2024): Instalación de un mínimo de 6GW de electrolizadores en la UE y la producción de hasta 1 millón de toneladas de Hidrógeno verde.
- Segunda fase (2025-2030): Instalación de un mínimo de 40GW de electrolizadores en la UE y la producción de hasta 10 millones de toneladas de Hidrógeno verde.
- Tercera fase (2030-2050): Madurez y despliegue a gran escala de las tecnologías de Hidrógeno verde o renovable.

Después de este preámbulo convendría tener en cuenta qué es el Hidrógeno y por qué es tan importante en la añorada Transición Energética. El Hidrógeno es el elemento más ligero que se conoce, se presenta de forma estable en moléculas biatómicas H_2 y en condiciones atmosféricas es un gas no tóxico, incoloro e inodoro. Nos encontramos ante el elemento más abundante del universo, si bien en nuestro planeta siempre lo encontramos asociado al oxígeno para formar agua o al carbono para formar compuestos orgánicos. Esta última circunstancia nos obliga a no poder considerarlo como recurso natural o fuente de energía primaria, sino a considerarlo como un portador de energía o “**vector energético**”: **es necesario producirlo** (separarlo de sus *socios* con los que forma compuestos) mediante la aportación de algún tipo de energía, pero este hecho también nos abre un amplio abanico de oportunidades para su transporte y almacenamiento, como veremos posteriormente.



Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:

Almacenamiento en forma de Amoniac y Metanol

Como sabemos, en función de la materia prima a partir de la cual se produce el Hidrógeno y la energía utilizada para su obtención, éste se clasifica generalmente en:

- **Hidrógeno verde (o renovable):** generado con energías renovables y partiendo de materias primas como agua, biogás o biomasa (siempre que se cumplan los requisitos de sostenibilidad).
- **Hidrógeno gris:** es el producido a partir de gas natural u otros hidrocarburos ligeros como metano o GLP mediante procesos de reformado.
- **Hidrógeno azul:** es el producido de manera similar al hidrógeno gris, pero aplicando técnicas de captura, uso y almacenamiento de CO₂ para reducir hasta un 95% las emisiones del proceso.

Debemos tener en cuenta que la Hoja de Ruta del Hidrógeno desarrollada por las autoridades se centra en el Hidrógeno Verde o Renovable.

Esta Hoja de Ruta del Hidrógeno, desarrollada por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, pone de relieve algunos hechos que -sin duda- debemos tener en cuenta a la hora de estimar la importancia de este elemento en nuestro futuro:

- La industria que utiliza **hidrógeno como materia prima** (refino de petróleo, fertilizantes y productos químicos, entre otros) tiene un gran potencial para impulsar la producción de hidrógeno renovable a corto plazo.
- Se fomentarán otros **usos finales para el hidrógeno en aquellas áreas en las que la electrificación no sea la solución más eficiente o no sea técnicamente posible en el medio plazo**, como el transporte público, servicios urbanos o usos diversos en nodos de transporte intermodal como puertos, aeropuertos o plataformas logísticas.
- Dada la alta versatilidad del Hidrógeno como vector energético, **se ha de evaluar y priorizar el potencial del hidrógeno renovable para almacenar energía y/o descarbonizar el sector del calor tanto en la industria como en los hogares en los casos en los que la electrificación no sea la solución más competitiva.**



Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:

Almacenamiento en forma de Amoniac y Metanol

- Por último, **las soluciones basadas en hidrógeno renovable para islas y sistemas energéticos aislados**, que dependen en gran medida del transporte aéreo y marítimo, han de potenciarse para que dichas regiones puedan alcanzar la neutralidad climática garantizando su sostenibilidad como destinos turísticos.

Así pues, y como hemos reiterado, con el Hidrógeno Renovable nos encontramos ante uno de los principales vectores energéticos del futuro si tenemos en cuenta que su producción y consumo llegarán a ser neutros en lo que a emisiones contaminantes se refiere pero que (y esto es lo más importante), a diferencia de otros vectores energéticos, hoy en día ya tiene la capacidad de ser transportado y almacenado en diversas formas y estados.

Nuestras autoridades han decidido que en el horizonte de 2050 el hidrógeno tiene que jugar un papel esencial para almacenar energía procedente de un sistema eléctrico 100% renovable, y que este elemento sea utilizado como vector energético y fuente de energía a gran escala: como hemos visto ya nos han puesto hitos a cumplir en tres fases, lo que crea una NECESIDAD IMPORTANTE de desarrollar sistemas de transporte y -sobre todo- almacenamiento a todas las escalas... pero fundamentalmente a GRAN ESCALA. Para ello debemos tener en cuenta que los gastos asociados al transporte y almacenamiento del H₂ pueden suponer una parte importante del coste total de la energía producida directa o indirectamente con este elemento.



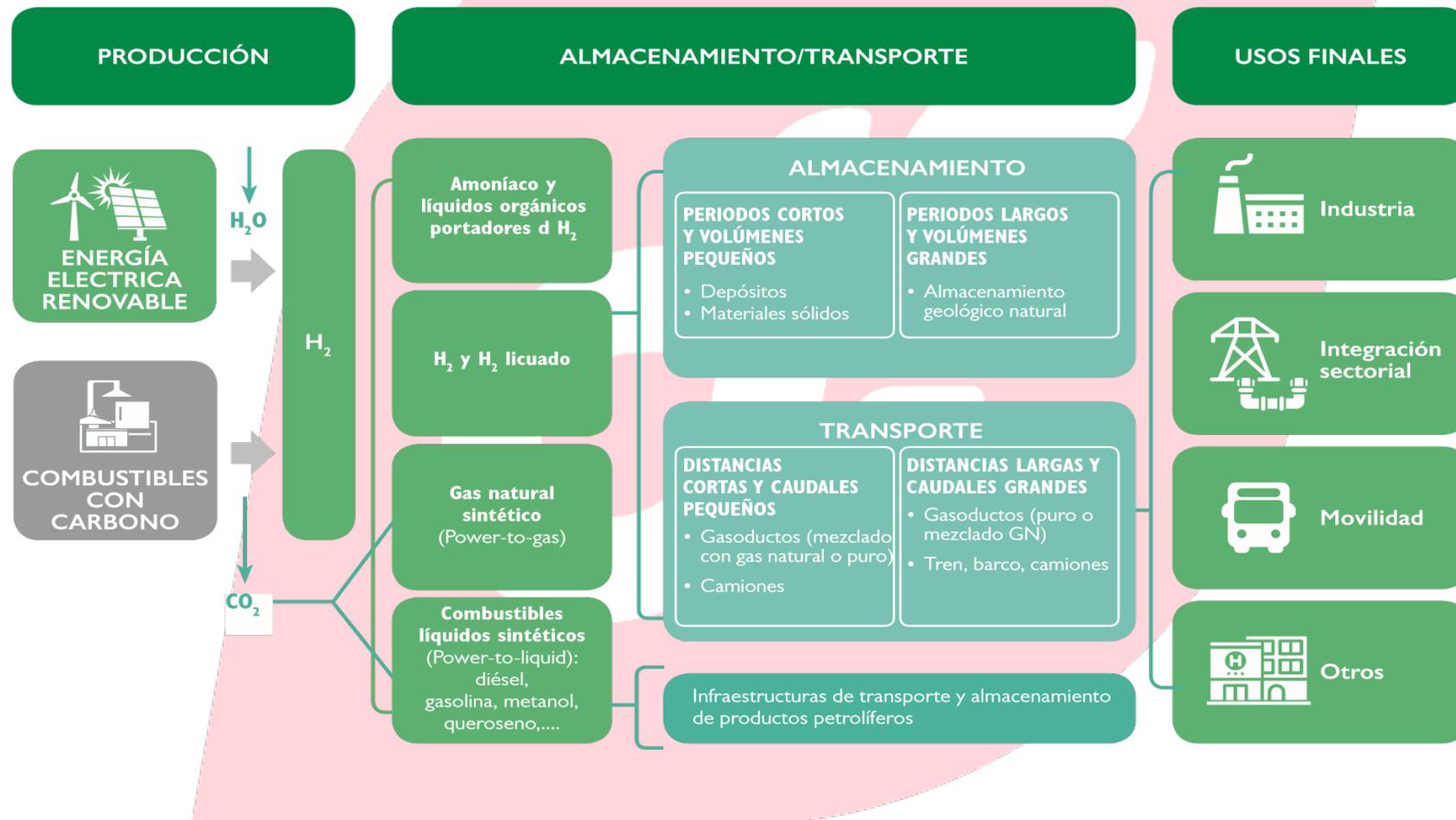
Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:
Almacenamiento en forma de Amoníaco y Metanol

Antes de hablar del almacenamiento del Hidrógeno conviene tener en cuenta las distintas etapas de lo que se denomina su “CADENA DE VALOR”

Figura 1. Etapas de la cadena de valor del hidrógeno.





Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:

Almacenamiento en forma de Amoniacó y Metanol

Como podemos observar, los procesos productivos de Hidrógeno nos ofrecen un producto en distintos estados y formas que ya condicionarán su transporte (recogida, transmisión y distribución) y su almacenamiento: vamos a necesitar almacenar H_2 en alguna de sus formas en todas y cada una de las etapas de esta cadena de valor.

La tecnología actual ya ofrece distintas soluciones, pero para elegir la más adecuada tenemos que partir de diversos factores:

1. Producción: el caudal producido y caudal de consumo en cada punto ($Nm^3/h - m^3$ normal/hora)
2. Distancia desde planta de producción hasta punto o puntos de consumo
3. Complementariedad de usos finales
4. Idoneidad para el acondicionamiento final y uso en los diferentes tipos de consumos.



Powered by experience

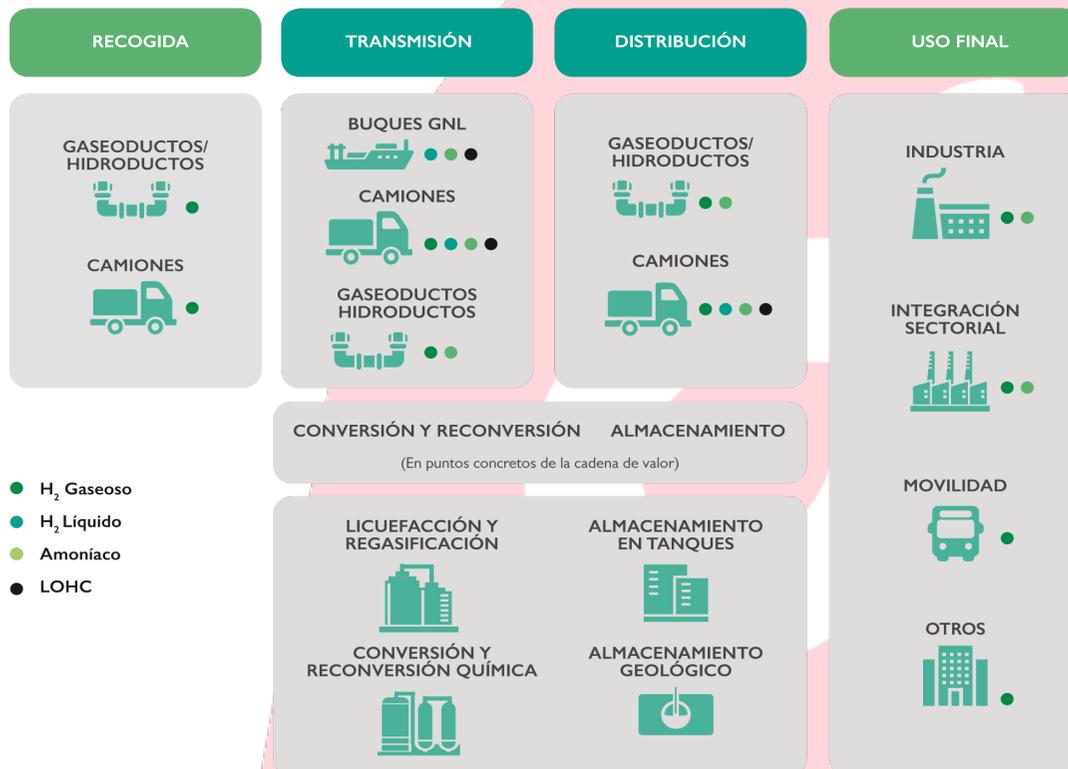
HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:
Almacenamiento en forma de Amoniac y Metanol

② TRANSPORTE DEL HIDRÓGENO

A tenor de esos cuatro factores, las alternativas disponibles para transportar el hidrógeno obtenido son las siguientes:

Figura 3. Logística del Hidrógeno





Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:

Almacenamiento en forma de Amoniac y Metanol

Una de las debilidades del Hidrógeno es su baja densidad, que condicionaría negativamente su transporte y almacenamiento, pero si nos fijamos en la versatilidad de este elemento para asociarse con otros y repasamos la tecnología disponible hoy en día para su eventual conversión y reconversión, comprobaremos que también tenemos varias alternativas que permiten transportarlo y almacenarlo de diversas maneras, entre las que destacamos las siguientes:

- En estado gaseoso, dentro de recipientes a alta presión (200 a 1000 bar)
- En estado líquido, a temperatura criogénica de -253°C
- En hidruros químicos
- En hidruros metálicos

Centrándonos en el gráfico anterior (*Figura 3 Logística del Hidrogeno*), podemos observar que el H_2 posee una gran capacidad y versatilidad para ser transportado, pero si nos atenemos a los distintos emplazamientos de producción y -sobre todo- las necesidades de demanda, volvemos a comprobar que tenemos una **NECESIDAD** de almacenamiento que irá en aumento en los próximos años.

La apuesta decidida por el uso del Hidrógeno supone la NECESIDAD de almacenamiento en los centros de producción, en los lugares de transmisión y distribución como pulmones y/o reservas, o bien en los centros de consumo final.



Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:
Almacenamiento en forma de Amoniac y Metanol

Si nos atenemos a la información institucional (recogida en el Marco Estratégico de Energía y Clima), tenemos 4 formas básicas de transportar y almacenar el H₂

1. **Hidrógeno en estado gaseoso:** El hidrógeno es un gas con muy baja densidad, lo que encarece su almacenamiento a gran escala y su transporte a largas distancias. Sin embargo, esta misma propiedad “facilita” su almacenamiento a presión en forma de hidrógeno comprimido, por ejemplo, para su uso en movilidad. No obstante (según estas fuentes institucionales), también el hidrógeno puede transportarse en estado gaseoso a través de gasoductos dedicados (hidroductos), o puede ser inyectado en la red gasista una vez realizados los procesos adicionales necesarios (odorización, control de calidad, medición del volumen inyectado...). Sin embargo, este último proceso (la mezcla o blending) implicaría la pérdida del valor intrínseco del hidrógeno renovable en la mezcla y, además, presenta a día de hoy ciertas dificultades técnicas para una posterior separación de ambos gases en el punto de consumo, cuando esto sea necesario.





Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:
Almacenamiento en forma de Amoniac y Metanol

2. **Portadores de hidrógeno como amoniaco o líquidos orgánicos (LOHC):** el hidrógeno puede transformarse en sustancias líquidas fácilmente transportables empleando las actuales redes de suministro, tales como el metanol, el octano, el amoniaco o los derivados amónicos y los líquidos orgánicos como el metilciclohexano (MCH) o el 12-H N-etilcarbazol (NEC), entre otros. **De entre todas estas opciones destaca el amoniaco, al no contener carbono en su molécula y contar con una infraestructura propia ya desarrollada.**

3. **Hidrógeno licuado:** de forma similar al gas natural licuado (GNL), el hidrógeno puede almacenarse en estado líquido. Como veremos más adelante, esta alternativa es recomendable para almacenar grandes cantidades de hidrógeno por un tiempo limitado, ya que requiere de un aporte energético para mantener el hidrógeno en estado líquido.

4. **Hidrógeno combinado:** el Hidrógeno también puede ser utilizado para dar lugar a combustibles con propiedades similares a los combustibles fósiles:

- a. Como base de la producción de metano sintético junto con CO₂ o biomasa, permitiendo de esta manera la utilización de las infraestructuras de la red gasista para su almacenamiento y transporte.
- b. Como base para la producción de combustible líquidos sintéticos que en función del origen de su materia prima pudieran ser considerados renovables (como diésel, queroseno o metanol sintéticos).





Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:

Almacenamiento en forma de Amoniac y Metanol

En cualquier caso, si bien estas soluciones son técnicamente factibles hoy en día, todas cuentan con ventajas e inconvenientes, y eso nos obliga a tener siempre presente estos otros factores condicionantes a la hora de elegir la alternativa óptima:

1. El grado de madurez de la solución valorada
2. La aplicación a la que se destine el hidrógeno producido
3. El tiempo que transcurra desde su producción hasta su consumo
4. La localización de dicho consumo

Otro factor fundamental que debemos tener en cuenta a la hora de hablar de la logística, del almacenamiento y transporte del Hidrógeno (bien sea puro o en compañía de otros) es **la escala y magnitud del volumen de H₂ que NECESITAMOS manejar.**



Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:

Almacenamiento en forma de Amoniac y Metanol

③ ALMACENAMIENTO A PEQUEÑA ESCALA

Si pensamos en almacenamiento a pequeña escala y un tiempo moderado de utilización, podemos acudir a soluciones ya bastante desarrolladas como:

1. **Depósitos a altas presiones:** para su almacenamiento, el hidrógeno en estado gaseoso debe ser mantenido a presiones entre 350 a 700 bar, para su transporte y almacenamiento en hidrogeneras que trabajan en rangos desde 200 a 1.000 bares. Para ello se requiere el uso de materiales resistentes tales como el acero o los materiales compuestos. El almacenamiento mediante cilindros de compuestos más ligeros y resistentes permiten alcanzar capacidades de transporte por carretera hasta 1.579 kg. La principal limitación de estos depósitos es su volumen, puesto que la densidad energética por unidad de volumen del hidrógeno es inferior a la de otros combustibles. No obstante, se encuentra en estudio la posibilidad de instalar tanques subterráneos en grandes núcleos poblacionales, en los que se puedan alcanzar presiones de hasta 800 bar y así permitan una mayor cantidad de hidrógeno almacenado.



Para darnos una idea de las magnitudes con las que estamos trabajando, conviene recordar que una olla rápida trabaja a poco más de 1 bar, que una caldera de gas trabaja normalmente a 1,5 bar y que, aunque alguno de nosotros trabajemos bajo presión, espero que ninguno se encuentre cercano a los rangos de 350/700 bar necesarios para almacenar H₂.



Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:

Almacenamiento en forma de Amoniaco y Metanol

- Materiales sólidos:** existen diversos metales y aleaciones que en presencia de hidrógeno forman hidruros metálicos o químicos, tales como hierro, níquel, cromo, litio o magnesio. Esta propiedad les permite almacenar más hidrógeno por unidad de volumen. La adecuación del compuesto para absorber y liberar hidrógeno depende de parámetros como la presión y temperatura de carga/descarga o la rapidez de esos procesos. Esta tecnología se encuentra desarrollada, pero parece que su principal dificultad es que son productos cuyo almacenamiento resulta más pesado que el del hidrógeno puro.





Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:

Almacenamiento en forma de Amoniac y Metanol

④ ALMACENAMIENTO A GRAN ESCALA

La viabilidad del Hidrógeno como recurso natural o como fuente de energía pasa necesariamente por el almacenamiento a gran escala, **porque el mercado así lo va a demandar.**

Reiteramos que el almacenamiento de hidrógeno es un desafío. Al ser la molécula más ligera, el gas hidrógeno tiene una densidad muy baja: 1 kg de gas hidrógeno ocupa más de 11m³ a temperatura ambiente y presión atmosférica. Por lo tanto, para que el almacenamiento de hidrógeno sea económicamente viable, se debe aumentar su densidad de almacenamiento. Existen varios métodos para almacenar hidrógeno a mayor densidad; sin embargo, todos estos métodos requieren alguna entrada de energía en forma de trabajo, calor o -en algunos casos- materiales de unión al hidrógeno.

El objetivo del almacenamiento estacionario (o estático) de hidrógeno es servir como un pulmón que, por una parte, mitigue los costes del hidrógeno entregado a través del equilibrio de la oferta y la demanda, y por otra, sirva de respaldo para los distintos procesos productivos. Hay condicionantes particulares que pueden tener una influencia sustancial en los costes de desarrollo y operación del almacenamiento, lo que influirá en la decisión del equipamiento a implementar. Por ejemplo, algunas aplicaciones pueden tener altas demandas en el tiempo de respuesta de la liberación de hidrógeno, mientras que algunos almacenamientos de hidrógeno solo se pueden vaciar o llenar un par de veces al año a velocidades controladas. En otras aplicaciones, por ejemplo, la pureza del hidrógeno suministrado es de suma importancia, un factor que puede ser es menos crítico otras veces...

Pero a pesar de todas estas limitaciones vamos a ver que aún tenemos distintas alternativas, y espacio para más de una opción tecnológica que permitan contar con almacenamiento de hidrógeno a gran escala.

Cuando hablamos de almacenamiento de hidrógeno a gran escala normalmente centramos nuestras ideas en el almacenamiento de hidrógeno subterráneo en estado gaseoso, pero vamos a ver que hay otras alternativas reales que deben tenerse muy en cuenta al tratarse de soluciones viables y tecnológicamente maduras, sobre todo si tenemos en cuenta factores como la densidad de almacenamiento, el coste y la seguridad:



Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:
Almacenamiento en forma de Amoniac y Metanol

hablamos -sobre todo- del hidrógeno líquido, el amoniac, el metanol y el dibenciltolueno como estados o compuestos de contienen H_2 y que nos van a permitir una optimización del almacenamiento.

Podríamos clasificar el almacenamiento a gran escala del Hidrógeno en tres grandes categorías en función de la tecnología o forma del almacenamiento:

1. Almacenamiento Físico: H_2 en estado molecular puro, gaseoso o líquido
2. Adsorción: el hidrógeno molecular puede ser adsorbido sobre o dentro de un material, sostenido por enlaces físicos relativamente débiles
3. Almacenamiento Químico: El hidrógeno atómico puede estar unido químicamente (absorbido) a otros elementos. Podemos, además, subdividir esta categoría en:
 - a. Hidruros metálicos: contienen átomos metálicos
 - b. Hidruros químicos: sólo contienen elementos no metálicos (carbono, nitrógeno, boro, oxígeno..., además del hidrógeno).

1. Almacenamiento de hidrógeno puro

El almacenamiento de hidrógeno en forma molecular pura se puede lograr en la fase gaseosa o líquida. Estos son los únicos tipos de almacenamiento de hidrógeno que se emplean actualmente en una escala significativa.

Almacenamiento en estado gaseoso

El almacenamiento de hidrógeno gaseoso en cavernas de sal ya se utiliza a escala industrial completa: hay algunos ejemplos en todo el mundo, pero -sin ir más lejos- el consorcio formado por las empresas SSAB, LKAB y Vattenfall (proyecto HYBRIT) abrió hace tan solo unos meses una instalación piloto de este tipo en Lulea (Suecia) con capacidad de almacenar $100m^3$.



Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:
Almacenamiento en forma de Amoniac y Metanol

Este tipo de almacenamiento tiene relativamente bajos costes de construcción, bajas tasas de fuga, altas tasas rápidas de extracción e inyección y los riesgos de contaminación por hidrógeno son mínimos.

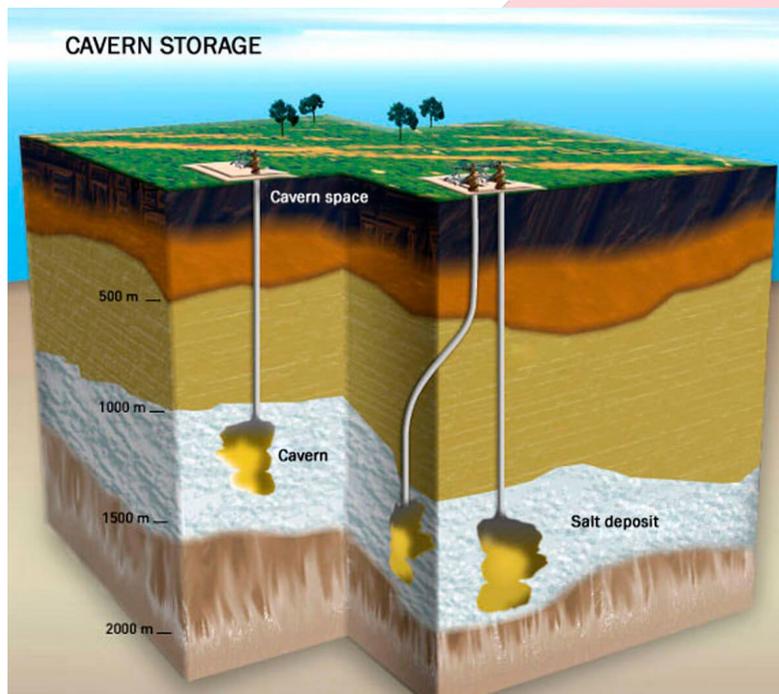


FOTO: SSAB, LKAB & Vattenfall

INFO: Northern Gas Networks



Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:

Almacenamiento en forma de Amoniac y Metanol

Pero es fácil entender que no todas las regiones o sitios donde se necesite almacenar Hidrógeno dispondrán de cuevas de sal subterráneas a mano para hacer uso de ellas, por lo que esta solución no es aplicable en todas las regiones debido a las diferentes condiciones geológicas, así que debemos recurrir a otros tipos de almacenamiento a gran escala, teniendo siempre en cuenta el equilibrio entre las necesidades de la instalación, la madurez tecnológica de la solución, su coste y las posibilidades que nos ofrece el Hidrógeno.

Una de estas soluciones alternativas es contener el gas almacenado en un recipiente de metal: un contenedor de metal aumenta los costes de inversión, pero nos garantiza la estabilidad del almacenamiento, la pureza del hidrógeno almacenado y nos aporta la versatilidad de la ubicación.

Almacenamiento de gas hidrógeno comprimido

Un sistema de almacenamiento de gas de hidrógeno comprimido tiene dos componentes principales: los compartimentos de almacenamiento y los compresores necesarios para alcanzar la presión de almacenamiento.

Debido a las propiedades del material y los costes operativos, generalmente no se almacenan grandes cantidades de hidrógeno gaseoso a presiones superiores a 100bar en recipientes aéreos y 200bar en almacenes subterráneos. Como las presiones de almacenamiento son limitadas, también lo son las densidades de almacenamiento de hidrógeno alcanzables: a 100bar y 20º C, la densidad del gas hidrógeno es de aproximadamente 7,8 kg/m³. La baja densidad de hidrógeno conduce a grandes volúmenes específicos de almacenamiento, lo que provoca a altos costes de inversión. Aunque los primeros FCEV (*Fuel Cell Electric Vehicle*) han utilizado una presión de almacenamiento a bordo de 700 bar, los tanques de almacenamiento capaces de almacenar hidrógeno a tales presiones son costosos debido a la necesidad de materiales avanzados para recipientes como -por ejemplo- la fibra de carbono. Por lo tanto, tales tanques no se consideran viables para grandes aplicaciones estáticas.



Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:

Almacenamiento en forma de Amoniacó y Metanol



Por ejemplo, cada uno de esos 11 tanques de Iberdrola en su instalación de Puertollano puede almacenar 133m^3 de H_2 , miden 23,5 metros de alto y $2,8\text{m}\varnothing$, y están fabricados con un acero de 45mm de espesor que les permite soportar 60 bares de presión.



Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:

Almacenamiento en forma de Amoniac y Metanol

Hidrógeno líquido

La densidad del hidrógeno puro también puede aumentarse a través de su licuefacción (condensación). La licuefacción tiene la ventaja de que ya permite alcanzar densidades de almacenamiento de hidrógeno muy altas a presión atmosférica: la densidad del hidrógeno líquido saturado a 1 bar es de 70 kg/m³.

El principal hándicap para el almacenamiento de hidrógeno líquido es que el proceso de licuefacción es bastante intensivo en energía. Hay razones fundamentales que explican esta alta necesidad, empezando por el punto de ebullición extremadamente bajo del hidrógeno, que hace que se requieran repetidos procesos de compresión, enfriamiento y expansión para conseguir la licuefacción, así como un aporte de energía extra para mitigar las pérdidas por fugas o evaporación.

No obstante, las plantas de licuefacción de hidrógeno más grandes de todos los tiempos se construyeron para la NASA durante las décadas de 1950 y 1970 en Cabo Cañaveral: el almacenamiento de hidrógeno líquido lleva empleándose muchos años en la industria aeroespacial.



En la plataforma de lanzamiento 39B del Centro Espacial Kennedy de la NASA, tanques esféricos como este han servido de apoyo durante más de 30 años a los lanzamientos del transbordador espacial. Han sido inspeccionados, reacondicionados y pintados para seguir en servicio y servir de apoyo recientemente al cohete Space Launch System (SLS) -el cohete más potente jamás construido por la NASA- y a



otros vehículos de lanzamiento. .



Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:

Almacenamiento en forma de Amoniacó y Metanol

Una vez que hayamos conseguido licuar el hidrógeno, es esencial que pueda almacenarse para minimizar la evaporación: la evaporación del hidrógeno líquido constituye una pérdida de la energía consumida en licuar el hidrógeno, a la vez que la propia pérdida de hidrógeno en sí mismo, ya que el gas evaporado debe purgarse debido a la acumulación de presión dentro del recipiente de almacenamiento. Esta pérdida de hidrógeno almacenado a lo largo del tiempo se conoce como “boil-off” o tasa de ebullición (porcentaje de hidrógeno almacenado perdido por día). La transferencia de calor del medio ambiente al hidrógeno líquido almacenado y, por lo tanto, la velocidad de ebullición se reduce minimizando la relación superficie-volumen de los tanques haciéndolos esféricos y mediante un aislamiento avanzado para minimizar la transferencia de calor a través de las paredes del tanque.

Uno de los quebraderos de cabeza de esta tecnología sigue siendo minimizar las pérdidas de H_2 por evaporación, puesto que debemos tener en cuenta que el almacenamiento se lleva a cabo a la temperatura del punto de ebullición del H_2 , y por tanto cualquier mínima transferencia de calor supone alguna evaporación.

Los recipientes de almacenamiento de hidrógeno líquido son de doble pared, con un espacio al vacío entre paredes para el aislamiento. El vacío minimiza la transferencia de calor a través de la conducción y la convección, mientras que otros elementos como láminas de poliéster recubiertas de alúmina, capas alternas de papel de aluminio y fibra de vidrio, partículas de aluminio, sílice o perlita trabajan como aislantes con el propósito de proteger contra la transferencia de calor a través de la radiación. Como resultado del alto grado de aislamiento y la baja relación superficie-volumen, las tasas de ebullición son muy bajas para los tanques esféricos más grandes, con cifras por debajo del 0,1% por día.

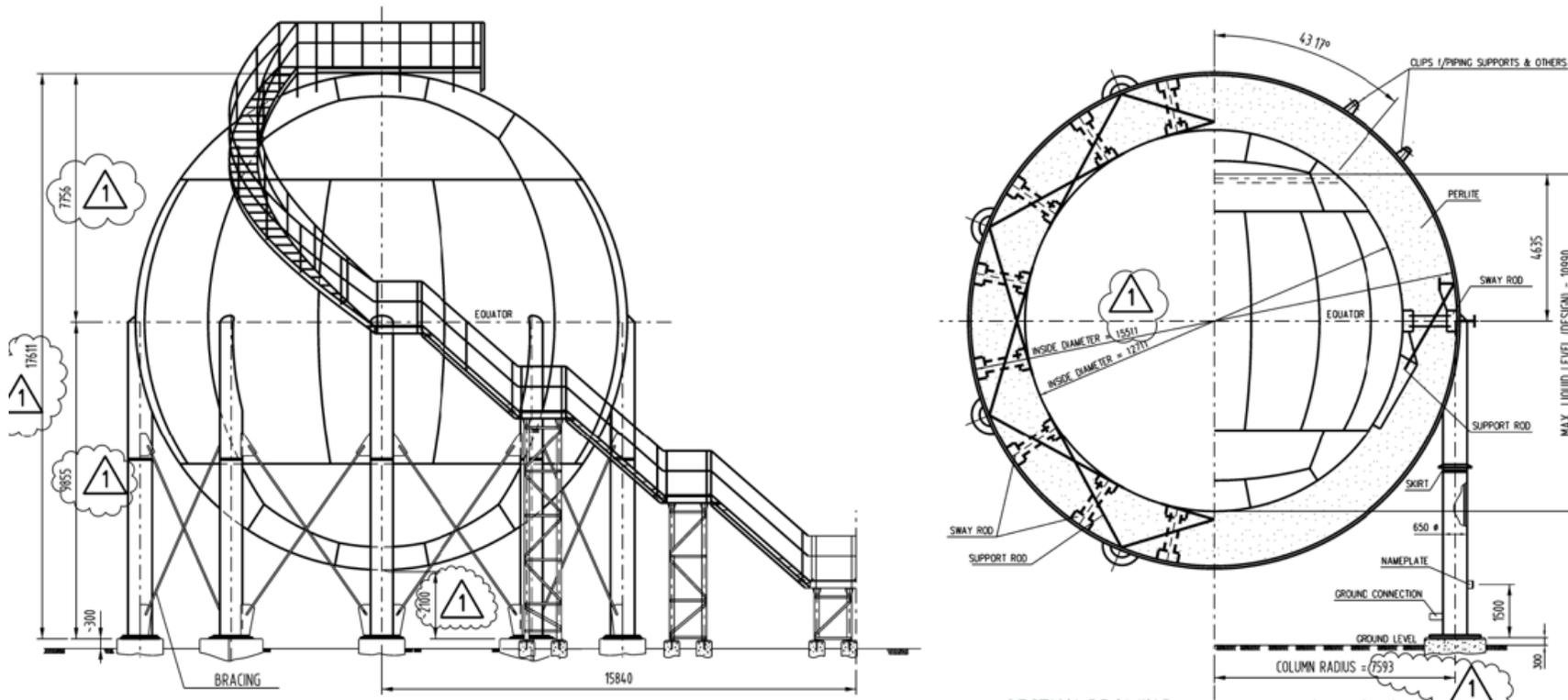
No es casual que la mayor parte recipientes para el almacenamiento de H_2 líquido sean esféricos, y la razón es que esta forma geométrica tiene la menor unidad de transferencia por unidad de volumen. Además -como avanzamos más arriba- a medida que el diámetro del equipo crece, el volumen aumenta más rápidamente que el área, por lo que los tanques tienen proporcionalmente una menor transferencia de calor cuanto mayor sea su tamaño.



Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:
Almacenamiento en forma de Amoniaco y Metanol



Duro Felguera, a través de DF ENERGY STORAGE, está especializada en este tipo de productos y tiene la capacidad para el diseño, fabricación y montaje en campo de este tipo de instalaciones, del que hablaremos más adelante.



Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:
Almacenamiento en forma de Amoníaco y Metanol

2. Adsorción de hidrógeno

El almacenamiento de hidrógeno mediante adsorción aprovecha la unión física de Van der Waals entre el hidrógeno molecular y un material con una gran superficie específica. Debido a la debilidad del enlace de Van der Waals, normalmente deben aplicarse temperaturas bajas y presiones elevadas para alcanzar densidades de almacenamiento de hidrógeno significativas mediante adsorción.

3. Almacenamiento Químico

Hidruros metálicos

El hidrógeno está unido químicamente a otros elementos (metales) en los hidruros metálicos. Estos enlaces son mucho más fuertes que los enlaces físicos que intervienen en la adsorción del hidrógeno, así que se necesita más energía para liberar el hidrógeno unido químicamente.

Hidruros químicos

Al igual que los hidruros metálicos, los hidruros químicos enlazan químicamente el hidrógeno. Sin embargo, al estar formados por elementos más ligeros, sus propiedades son radicalmente diferentes de las de los hidruros metálicos. **La diferencia más significativa es que los hidruros químicos suelen ser líquidos en condiciones normales, lo que simplifica su transporte y almacenamiento, así como la transferencia de calor y masa durante los procesos de deshidrogenación e hidrogenación.**

Varios de los hidruros químicos sugeridos para el almacenamiento de hidrógeno, como **el metanol, el amoníaco y el ácido fórmico**, son actualmente productos químicos a granel que se sintetizan habitualmente a partir del gas natural, por lo que son muy conocidos y su utilidad va más allá del almacenamiento de hidrógeno. **El hecho de que estos productos químicos ya se produzcan de una forma generalizada es muy ventajoso en el sentido de que gran parte de la infraestructura necesaria para su producción, manipulación y transporte ya existe.**



Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:

Almacenamiento en forma de Amoníaco y Metanol

Además, la producción de estos productos químicos a granel utilizando hidrógeno procedente de la electrólisis del agua, en lugar del reformado del gas natural, no sólo es útil para almacenar hidrógeno, sino que también es una forma de reducir el uso de combustibles fósiles en la producción de productos químicos a granel. Por último, debemos mencionar que algunos consorcios estudian y defienden el uso de alguno de estos hidruros químicos como energías alternativas al hidrógeno antes que como medios de almacenamiento de hidrógeno.

Metanol

El metanol (CH_3OH) es el alcohol más simple, con una capacidad gravimétrica y volumétrica de almacenamiento de hidrógeno del 12,5% (peso) y 99 kg/m³, respectivamente.

Amoníaco

El amoníaco (NH_3) es un medio de almacenamiento de hidrógeno muy interesante en varios aspectos: tiene una densidad de almacenamiento de hidrógeno muy alta, 17,7% (peso) gravimétricamente y 123 kg/m³ volumétricamente para el amoníaco líquido a 10 bares, y su síntesis, manipulación y transporte son procesos ampliamente conocidos y tecnológicamente muy maduros. A diferencia del metanol, -en principio- las plantas de amoníaco existentes pueden adaptarse para utilizar hidrógeno procedente de la electrólisis con relativa facilidad. Además, la síntesis de amoníaco basada en la electrólisis es un proceso bien conocido en nuestro continente puesto que en ella se basaba la mayor parte de la producción de fertilizantes.

Ácido fórmico

Entre los hidruros químicos tratados hasta ahora, el ácido fórmico (HCO_2H) tiene la menor capacidad de almacenamiento de hidrógeno, 4,4% (peso) gravimétrico y 53 kg/m³ volumétrico. La ventaja significativa del ácido fórmico sobre el amoníaco y el metanol como material de almacenamiento de hidrógeno es que su deshidrogenación puede realizarse en condiciones muy suaves, en algunos casos a temperatura ambiente.



Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:

Almacenamiento en forma de Amoniac y Metanol

Portadores Orgánicos Líquidos de Hidrógeno (LOHC)

Los portadores orgánicos líquidos de hidrógeno (LOHC) son diferentes materiales caracterizados por su deshidrogenación e hidrogenación reversibles y su estado líquido tanto en forma hidrogenada como deshidrogenada. Obsérvese que, aunque el metanol y el ácido fórmico son ambos orgánicos y líquidos, no se consideran LOHC según esta definición, ya que su deshidrogenación sólo da lugar a productos gaseosos. El hecho de que tanto las formas hidrogenadas como deshidrogenadas de las LOHC sean líquidas en condiciones ambientales es ventajoso en varios aspectos. Los LOHC más investigados son el metilciclohexano y el tolueno (MCH-TOL); el dibenciltolueno y el perhidro-dibenciltolueno (DBT-PDBT); y el N-etilcarbazol y el dodecahidro-metilcarbazol (NEC-DNEC), aunque se han sugerido muchos otros.

Después de todo lo expuesto anteriormente, y centrándonos en el objeto de esta mesa, veamos algunas de las soluciones “maduras” en el sector del almacenamiento y que sin duda serán protagonistas a corto y medio plazo para el almacenamiento del Hidrógeno en sus distintas formas.



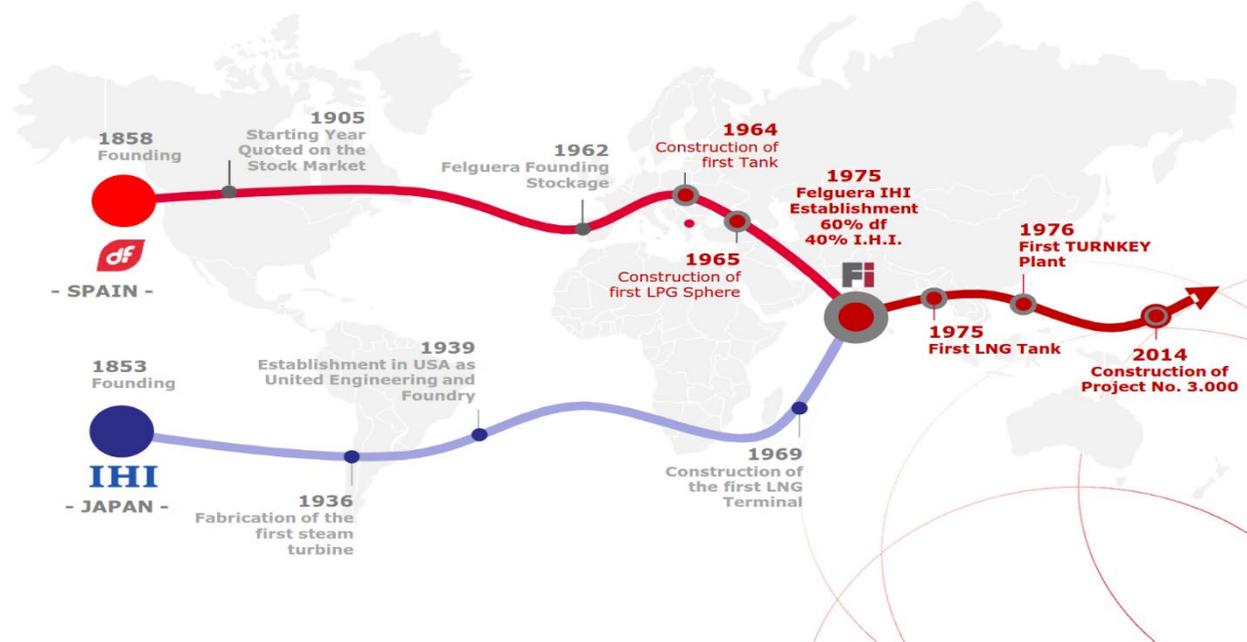
Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:
Almacenamiento en forma de Amoniac y Metanol

Nuestra empresa, **DURO FELGUERA**, a través de su sociedad **DURO FELGUERA ENERGY STORAGE** lleva más de 60 años dedicándose al diseño, fabricación y montaje en campo de equipos de almacenamiento a distintas temperaturas y presiones.

Chief Milestones in our History





Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:

Almacenamiento en forma de Amoniaco y Metanol

Corría el año 1962 cuando la compañía **S. M. Duro Felguera** crea **FELGUERA STOCKAGE** para dar respuesta a la demanda de almacenamiento de productos petrolíferos en España: las nuevas refinerías en La Coruña, Puertollano, San Roque, La Rábida, Tarragona y Castellón demandaban grandes tanques de almacenamiento y en ese contexto la empresa considera crear esta sección dedicada en exclusiva a ese segmento de negocio en plena expansión.

Aunque en esa época empieza a haber un notable volumen de negocio, la empresa enseguida detectó que era preciso una mejora técnica de procesos (fundamentalmente en el taller), por lo que se busca un socio que aporte nuevas ideas y experiencia, y así en febrero de 1971 se crea la empresa **FELGUERA-PROVENCE** en unión con la empresa francesa **Constructions Métalliques de Provence (CMP)**, una nueva empresa con sede en Madrid que tiene como objeto el estudio, la comercialización, la preparación y el montaje de toda clase de trabajos de calderería así como las operaciones industriales, pero -sobre todo- que busca compartir el *know-how* de ambas empresas matrices y adquirir nuevos conocimientos para mejorar procesos y convertirse en líder del mercado nacional. Gracias a las nuevas técnicas desarrolladas por esa unión se empiezan a hacer tanques de almacenamiento más grandes, se mejora en el segmento de negocio de las esferas y se adquiere una nueva tecnología de la que aún hoy en día (cincuenta años más tarde) conservamos en alguna medida: de hecho y a modo de ejemplo, seguimos utilizando el término “*amorce*” para referirnos a la parte superior de las patas de una esfera.

Aunque el negocio va bien, las demandas del mercado no dejan de crecer, y para adaptarse a este nuevo entorno y oportunidades la empresa decide buscar un nuevo socio tecnológico.

Después de las pertinentes negociaciones, en marzo de 1975 se termina la relación de Duro Felguera con **Constructions Métalliques de Provence** y empieza una nueva unión con el gigante japonés **Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co.**: dos empresas centenarias unen sus caminos en la empresa **FELGUERA-IHI** para colaborar tecnológica y comercialmente en todo el mundo. La nueva empresa potencia de esta manera el negocio tradicional de Felguera Stockage y Felguera-Provence, a la vez que explora y entra en mercados internacionales y desarrolla nuevos productos como son los tanques criogénicos (temperatura de almacenamiento inferior a -50°C) y las plantas de almacenamiento.



Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:

Almacenamiento en forma de Amoniac y Metanol

Si la unión con CMP destacó por la transferencia de nuevos métodos de trabajo, la nueva unión con I.H.I. traerá consigo el impulso comercial y el intercambio tecnológico que permitirán a FELGUERA-IHI convertirse en una empresa líder en el sector. Desde ese año 1975, FELGUERA-IHI se dedicó a diseñar, suministrar y construir todo tipo de tanques de almacenamiento, pero también plantas de almacenamiento de hidrocarburos, plantas de cogeneración o incluso gasolineras. Se establecieron delegaciones en la mayor parte de refinerías de España para dar respuesta a trabajos de reparación y mantenimiento de equipos a demanda de los clientes e incluso se llegaron a construir plantas de almacenamiento para explotación propia o participada.

Ha sido tan fructífera la relación de Duro Felguera con Ishikawajima-Harima Heavy Industries que un acuerdo firmado en 1975 por un tiempo inicial de 5 años ha llegado casi hasta nuestros días.

En estos 60 años, primero como **Felguera Storage**, más tarde como **Felguera-Provence** y últimamente como **Felguera-IHI**, hemos ido mudando nuestra sede en Madrid desde la calle Orense a la calle Juan Esplandiú, de ahí a la calle Jacinto Benavente en el Parque Empresarial Las Rozas y más tarde a Vía de los Poblados en Hortaleza. Finalmente, en 2019, la empresa decidió trasladar su sede a las oficinas centrales de Duro Felguera en Gijón... pero en todo este tiempo y desde cualquier oficina hemos ido adaptándonos a las necesidades del mercado, buscando alianzas y sinergias que nos hicieran más fuertes y eficaces; hemos dado servicios y respuestas a clientes y empresas que siguen en el negocio, pero también a otras que han cambiado o que directamente han pasado a la historia. **Hemos diseñado, suministrado y construido más de 250 esferas y casi 1000 tanques de almacenamiento de todos los tamaños y tipos: atmosféricos, refrigerados, criogénicos, etc...** Se han alcanzado hitos sobresalientes como llegar a ser la primera empresa española capaz de diseñar, suministrar y construir (con un socio especialista en obra civil) tanques de almacenamiento criogénico; diseñar, fabricar y construir la mayor esfera de almacenamiento en Europa, o diseñar, fabricar y construir los mayores tanques de almacenamiento de crudo de Europa.

Deliberadamente ponemos el énfasis en nuestra capacidad de diseño, fabricación y montaje en campo, porque son tres aspectos fundamentales, tres servicios al mercado que casi nunca se encuentran en un mismo proveedor.



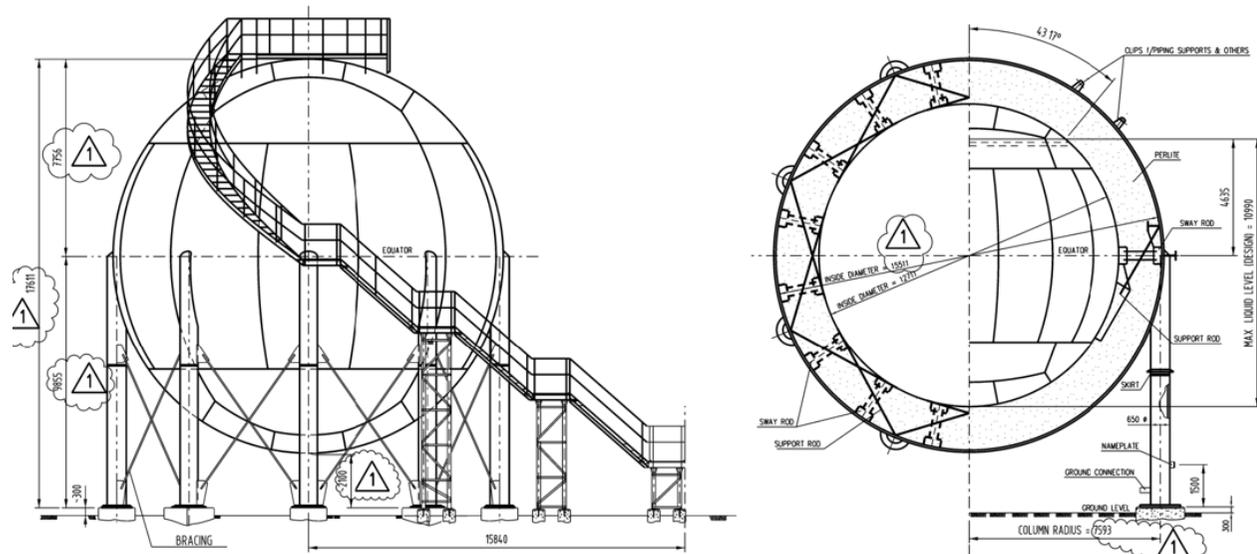
Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:
Almacenamiento en forma de Amoníaco y Metanol

Desde hace unos meses la unión con **IHI Corporation** ha terminado, aunque la aventura sigue, con la experiencia y conocimientos adquiridos todos estos años, pero con una nueva identidad: **DURO FELGUERA ENERGY STORAGE**.

Con esta trayectoria empresarial, y volviendo al almacenamiento del Hidrógeno, nuestra empresa presenta al mercado soluciones para atender a la demanda del almacenamiento de H₂ en estado líquido (a -253°C), como las esferas a las que antes aludía utilizadas por la NASA para el almacenamiento de combustibles de naves espaciales.



aislante.

El boil-off de esta esfera de almacenamiento es de 0.14% y su vida útil estimada es de 20 años, aunque -como hemos comentado anteriormente- con los debidos mantenimientos e inspecciones esta vida podría prolongarse.

Este equipo -diseñado según ASME VIII Div.1- consta de una esfera interna en acero inoxidable de 12,7m de diámetro al que llamamos recipiente contenedor. La temperatura de trabajo de esta esfera contenedor es de -253°C y, en este caso, tendría una capacidad para 1000m³ de LH₂ (Hidrógeno Líquido).

Esa esfera se sostiene mediante tirantes soportados por otra esfera exterior de 15,5m de diámetro, de acero al carbono en este caso. El espacio entre ambas esferas estará al vacío y con un relleno de perlita como

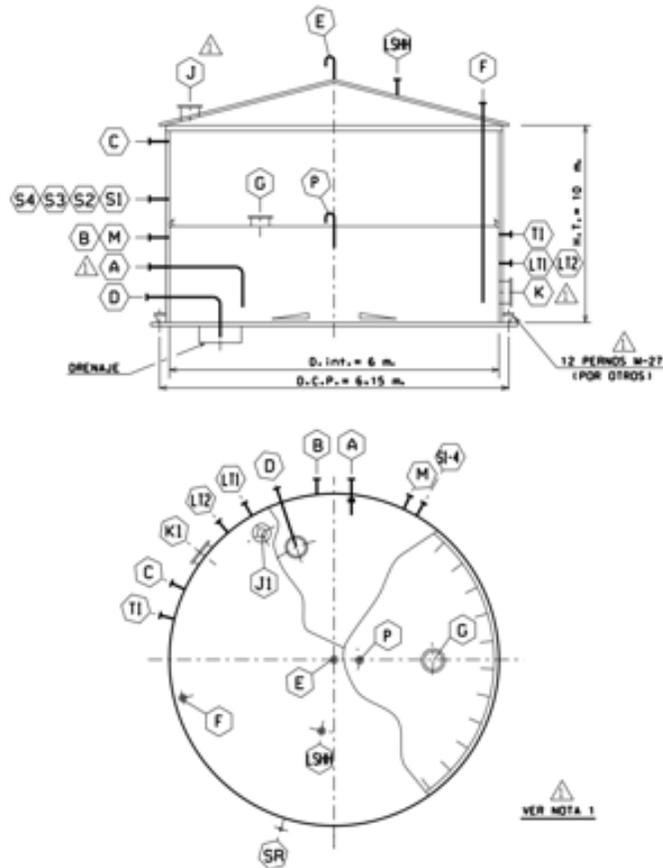


Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:

Almacenamiento en forma de Amoniaco y Metanol



Nuestras referencias son más extensas si nos referimos al **METANOL**, producto para el que hicimos nuestro primer tanque en 1977 y para el que hemos seguido diseñando, fabricando y construyendo este tipo de depósitos hasta nuestros días.

Nuestros depósitos para el almacenamiento de METANOL son tanques cilíndricos que se diseñan siguiendo el código API-650, para trabajar a presión atmosférica y a temperatura ambiente. Para nuestra empresa se trata de equipos muy sencillos y comunes, con un fondo, una envolvente y un techo de acero al carbono y una pantalla flotante interior que reposa sobre el producto almacenado y se mueve solidariamente con éste.



Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:

Almacenamiento en forma de Amoniacó y Metanol

Por último, el **AMONIACO** es un viejo conocido para nosotros en el mundo de los fertilizantes, no genera CO₂ al ser usado como combustible, y en este escenario de la Transición Energética se puede transformar en H₂ a la vez que también ofrece la posibilidad de alimentar directamente centrales térmicas y hornos industriales; además cuenta con la gran ventaja de su versatilidad para ser almacenado en estado líquido de manera refrigerada a una temperatura razonable de -33°C (a la presión de 1 atm), semirrefrigerada (entre -33°C y temperatura ambiente a una presión superior a 1 atm) o incluso se puede almacenar en condiciones de temperatura ambiente a una presión superior a 1 atm, aunque sin llegar en ningún caso a los exigentes requisitos del H₂.

Nuestra empresa **DURO FELGUERA ENERGY STORAGE** acumula un vasto historial de proyectos de tanques y esferas para almacenamiento de Amoniacó que arranca hace más de 50 años: en 1968 la original FELGUERA STOCKAGE ya suministró una esfera para la empresa ENPETROL en Cartagena y en 1969 hizo lo propio con un tanque para FERTIBERIA en Castellón. Desde entonces nuestras referencias no han parado de crecer tanto en el mercado nacional como internacional, ofreciendo soluciones para el almacenamiento criogénico de Amoniacó a numerosos clientes.



Tanque de Amoniacó 15000m³ Planta TERQUIMSA (Tarragona, 1999).





Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:
Almacenamiento en forma de Amoniac y Metanol

Tanque Amoniac KHI (Turkmenistan, 2011/13)





Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:

Almacenamiento en forma de Amoniacó y Metanol

Como apuntábamos más arriba, el Amoniacó también se puede almacenar en recipientes esféricos: una forma esférica ofrece una distribución uniforme de la tensión bajo carga interna, por lo que hablamos de un almacenamiento presurizado altamente eficiente. El almacenamiento en esfera tiene como ventajas requerir un menor espacio de la instalación utilizado para el almacenamiento, además de suponer un sensible ahorro en costes para las fundaciones, revestimientos, accesorios y tuberías con respecto a otras opciones. Nos consideramos orgullosos de contar en nuestro historial con la mayor esfera construida hasta la fecha en Europa, que además contiene Amoniacó y está en Castellón (27 metros \varnothing y 10.500 m³ de capacidad)



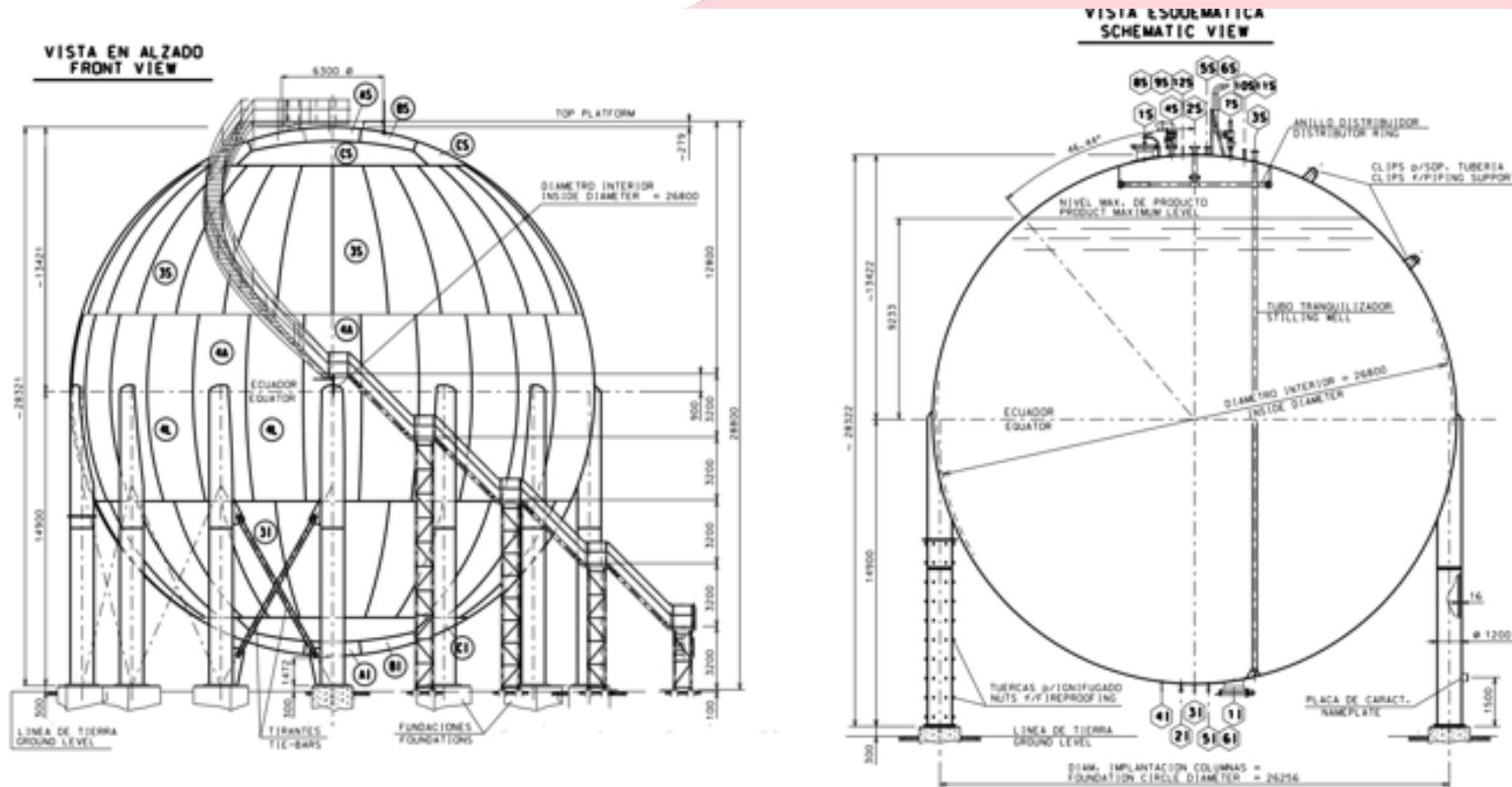
Esfera Amoniacó Anhidro Grupo UBE (Castellón, 2003)



Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:
Almacenamiento en forma de Amoníaco y Metanol



Esta esfera, de 26,8m de diámetro interior, se diseñó según código ASME VIII Div2 y se fabricó íntegramente en nuestro taller en Gijón. Además, fue el primer equipo que tuvimos que fabricar a principios de este siglo de acuerdo a la directiva europea para equipos a presión (marcado CE). Fabricada en acero al carbono, con una presión de diseño de 4,0Kg/cm², tiene una capacidad para 10.000 m³ de amoníaco anhidro.



Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE
EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:
Almacenamiento en forma de Amoniaco y Metanol

¿Cómo es el montaje mecánico de una esfera?

1. Colocación de las patas (parte inferior)





Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:
Almacenamiento en forma de Amoniac y Metanol

2. Montaje de las chapas ecuatoriales





Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:
Almacenamiento en forma de Amoniac y Metanol

3. Andamiado de la estructura



4. Montaje de las chapas intermedias inferiores





Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:
Almacenamiento en forma de Amoniacó y Metanol

5. Montaje de las chapas intermedias superiores





Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:
Almacenamiento en forma de Amoniac y Metanol

6. Montaje de las chapas de los casquetes inferior y superior





Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:
Almacenamiento en forma de Amoniac y Metanol

7. Soldadura





Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:
Almacenamiento en forma de Amoniac y Metanol

8. Ensayos No Destructivos, Prueba Hidrostática
9. Tratamiento Superficial, Aislamiento





Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:
Almacenamiento en forma de Amoniaco y Metanol

10. Puesta en marcha





Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:
Almacenamiento en forma de Amoniac y Metanol

Como puede comprobarse, si importante es la capacidad para diseñar este tipo de equipos, el know-how que entraña la fabricación y –sobre todo- el montaje en campo hacen que muy pocas empresas estén capacitadas y acreditadas para llevar a cabo estos proyectos.

Aunque a veces, en función de la accesibilidad de la instalación de destino, también hemos hecho el montaje en nuestras propias instalaciones:





Powered by experience

HIDRÓGENO: COMBUSTIBLE SOSTENIBLE EIMEM / COIMNE

Almacenamiento, transporte, manejo y distribución del Hidrógeno:

Almacenamiento en forma de Amoniac y Metanol



DURO FELGUERA, a través de su sociedad DURO FELGUERA ENERGY STORAGE es la única empresa española en desarrollar todas las fases de diseño, fabricación, construcción y puesta en marcha de este tipo de equipos de almacenamiento.