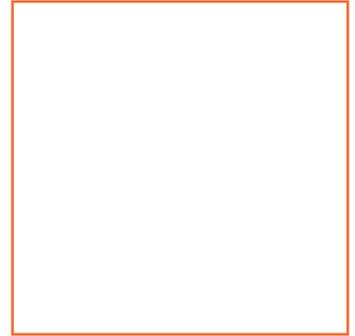


PAPER BANKINTER EMPRESAS

Hidrógeno renovable



**CFO
FORUM**



El hidrógeno y sus oportunidades para la empresa

El hidrógeno como vector energético es ya un protagonista por derecho propio en todos los planes de transición energética que los gobiernos e instituciones están promoviendo en toda Europa y el mundo.

Y hoy día ya constituye una alternativa muy interesante, llena de oportunidades para las empresas y la sociedad en general.

A principios del siglo XXI en Europa se pusieron en marcha estrategias internacionales y nacionales

para desarrollar la tecnología del hidrógeno. Y hasta 2015 se desarrollaron sobre todo productos comerciales alrededor de la pila de combustible, e incluso aplicaciones domésticas.

La raíz de su definitivo impulso está en el Tratado de París en 2015, que pidió unas emisiones de CO₂ nulas para disminuir un 25% el calentamiento global. Esta petición a los estados se materializó en el Green Deal de la Unión Europea, basada en:



Eficiencia energética



Energías renovables



**Competitividad industrial
y economía circular**



**Movilidad limpia,
segura y conectada**



Bioeconomía



**Captura
y almacenamiento de CO₂**

El hidrógeno se ha visto como una posibilidad capaz de dar solución a los grandes desafíos que propone la gran transición energética, y vuelve a copar los titulares y el interés por todo el mundo.

Ventajas del hidrógeno como elemento

- Es el elemento más abundante del universo.
- Puede producirse sin huella de carbono.
- Puede ser transportado.
- Puede almacenarse a largo plazo.
- Puede valorizar CO₂.
- Tiene una altísima densidad energética.
- Puede servir para generar electricidad y/o calor.
- Puede usarse como materia prima, como combustible o como vector energético.



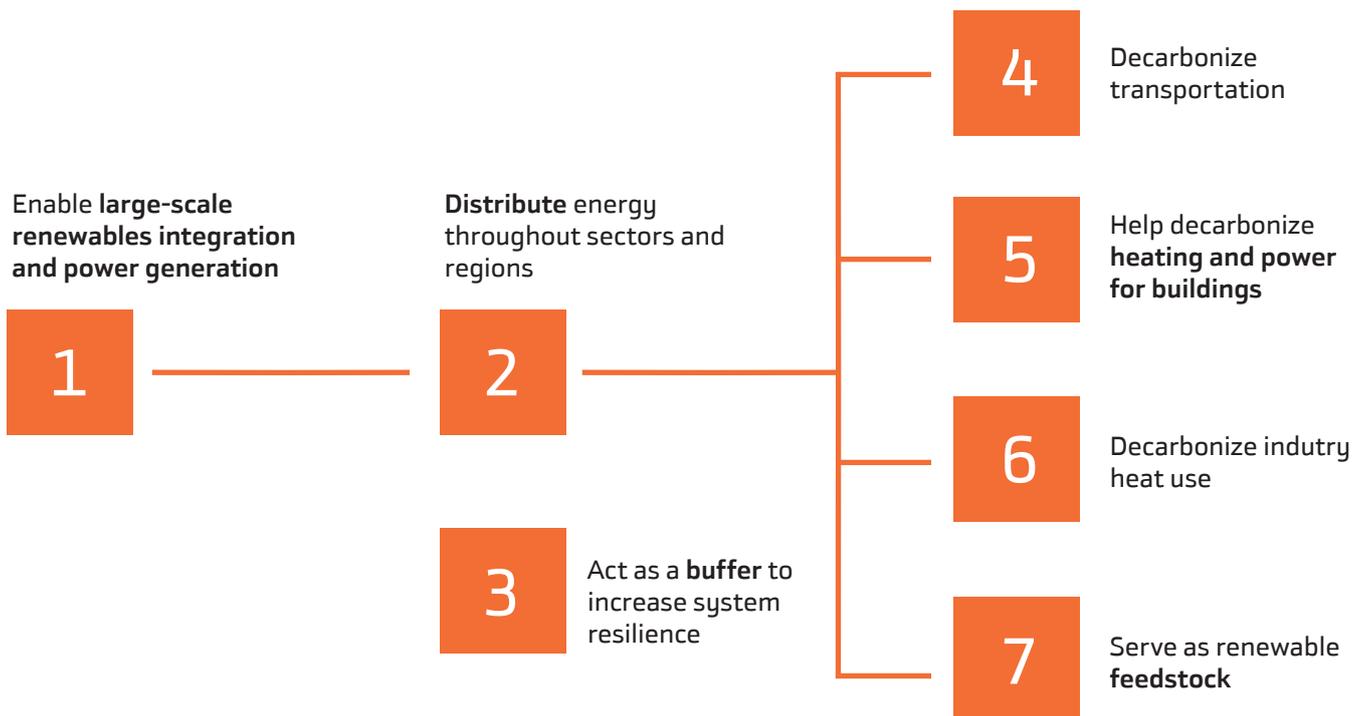
Cuestiones básicas sobre el hidrógeno como vector energético

- El hidrógeno es un gas incoloro, inodoro, insípido y no tóxico.
- Es un elemento muy reactivo y no se suele encontrar libre en la naturaleza, así pues, siempre hay que separarlo para poder utilizarlo, lo que requiere gran cantidad de energía.
- Es un gran reductor, lo que lo hace muy atractivo para muchas aplicaciones.
- Tiene un altísimo contenido energético en peso (3 veces el de la gasolina), pero muy bajo en volumen. Por eso es necesario presurizarlo a 200, 300 y hasta 700 atmósferas, o llegar a licuarlo.
- Se licúa a -253°C a presión atmosférica. Un proceso costoso.
- Su densidad es de 0,07 respecto a la del aire: fuga muy fácilmente hacia arriba, lo que resulta negativo en cuanto a su almacenamiento, pero es muy positivo desde el punto de vista de la seguridad.
- Reacciona con el acero y otros metales: produce su fragilización, lo cual es un gran inconveniente para su transporte y canalización.
- Tiene una elevada inflamabilidad, pero menor capacidad de dispersión de calor que un hidrocarburo (fuego menos peligroso). Además, sólo explotaría en concentraciones superiores al 18% (a la gasolina le basta poco más de un 1%). Y su temperatura de autoflagración es de más de 500°C (la del gasóleo sería de unos 200°C).

El hidrógeno como facilitador de la transición energética

H₂ Vector Energético

Se denomina **vector energético** a aquellas sustancias o dispositivos que almacenan energía, de tal manera que ésta pueda liberarse posteriormente de forma controlada.

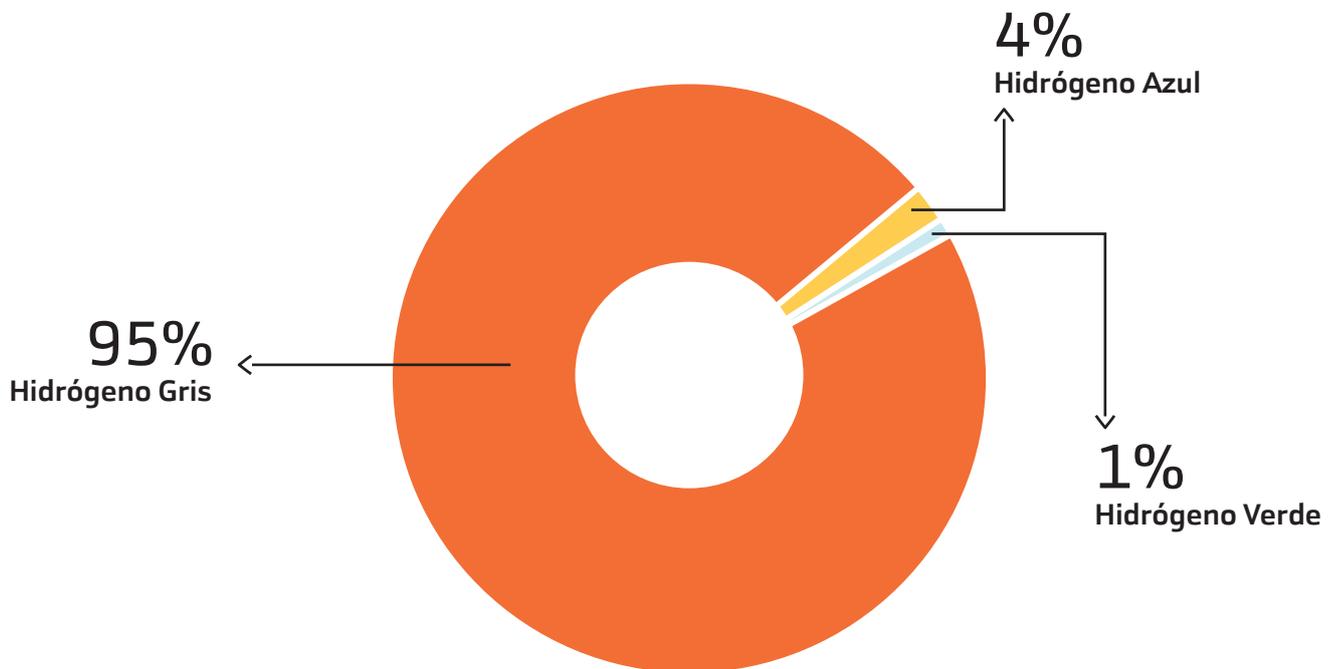


 Conecta la energía **primaria renovable** con el consumidor final permitiendo su distribución y almacenamiento eficiente.

 Permite descarbonizar consumos de energía finales en muchos de los principales sectores que emiten GEI.

Tipos principales de hidrógeno según su producción

- **Hidrógeno gris:** es el 95% del producido actualmente. Se obtiene de combustibles fósiles (a partir del metano o del carbón). Tiene un gran impacto de CO₂. Muy competitivo: su coste es entre 1 y 2 € por kg.
- **Hidrógeno azul:** se produce a partir de combustibles fósiles (sobre todo gas natural) pero capturando el CO₂ producido. Su huella de CO₂ es muy pequeña.
- **Hidrógeno verde:** no produce huella de carbono. Obtenido a partir del agua, por electrólisis, gracias a electricidad obtenida por fuentes renovables (solar y eólica). Su peso es mínimo actualmente (menos del 1% producido en la actualidad). Su coste está en torno a los 7€/Kg, pero se prevé que en torno a 2030 estará sobre los 2€/Kg.



Expectativas a futuro del uso masivo del hidrógeno verde

El hidrógeno verde, gracias a su uso como materia prima, es capaz de descarbonizar la industria intensiva (petroquímica, química, fertilizantes...).

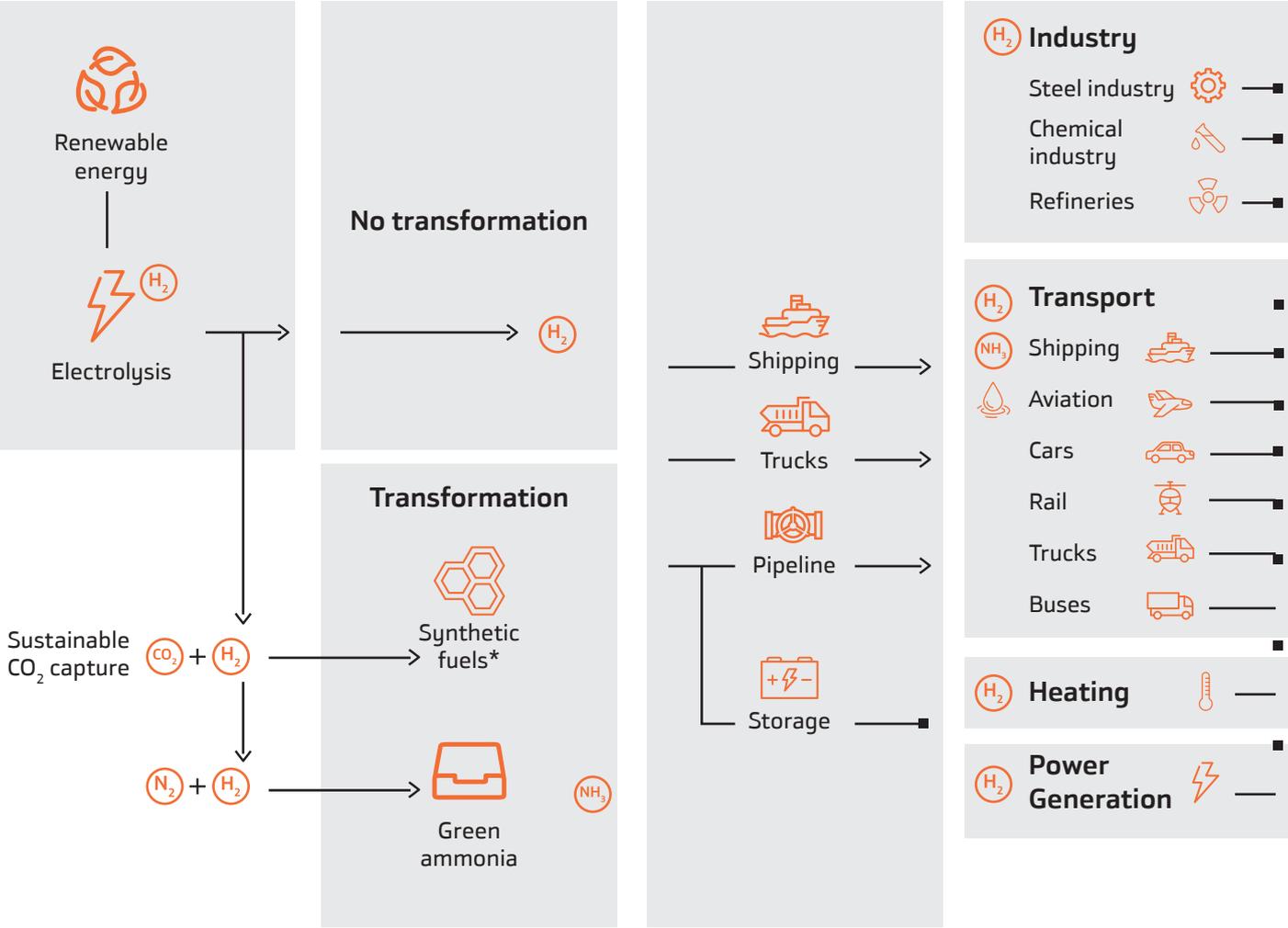
Además, puede potenciarse en otros usos donde la electrificación no es eficiente ni viable, o es muy costosa (transporte de mercancías y colectivo de largo recorrido, servicios urbanos, transporte intermodal...).

También el hidrógeno puede utilizarse, en combinación con el CO₂ capturado en procesos industriales, para el desarrollo de combustibles sintéticos y otros productos.

Por último, es factible desarrollar todo el potencial del hidrógeno renovable como vector energético de almacenamiento y descarbonización del sector térmico tanto industrial (siderurgia, cerámica, vidrio...) como en usos finales de carácter doméstico.

La hoja de ruta del Hidrógeno verde

Production > Transformation > Transport > End use





Factores clave del uso del hidrógeno para consumo industrial

- El hidrógeno producido específicamente para consumo industrial es en un 99% reformado de gas natural.
- Los consumos industriales de hidrógeno, a día de hoy, deben funcionar sin interrupción. Cualquier interrupción en su suministro, paralizaría las plantas industriales (refinerías, producción de amoníaco...), que necesitan un abastecimiento seguro.
- La operación de las plantas de reformado de gas natural trabajan 44.000 horas ininterrumpidamente, sólo se hacen paradas programadas cada 5 años.
- La seguridad industrial en todos los procesos se fundamenta en la estabilidad del suministro.

Principales drivers para el desarrollo del uso del hidrógeno verde en el futuro

1. Mantenimiento del compromiso político, social y de los sectores económicos a nivel mundial para la reducción de emisiones. Desde el Tratado de Río en 1992, hasta el Acuerdo de París de 2015, las políticas de reducción de gases de efecto invernadero son una constante en crecimiento. La necesidad de rebajar la producción de CO2 es cada vez más acuciante y los objetivos más ambiciosos.

A la vez, las patentes alrededor de la tecnología del hidrógeno han ido en constante crecimiento desde entonces hasta ahora (en USA, por ejemplo, se han pasado de las menos de 100 en 1999 a las más de 1.100 en 2019).

2. Desarrollo de tecnología a todos los niveles para aumentar su eficiencia y disminuir costes en toda su cadena de valor:

- **Generación de la energía renovable:** las energías renovables seguirán yendo a más, y lo estamos viendo ya en su uso directo en consumo. En Europa está prevista la instalación de 40 gigavatios de electrolizadores para 2030. España aspira a ser productor y exportador.
- **Electrolizadores:** está viéndose ya una demanda muy importante de electrolizadores a nivel mundial. En 2020 se instalaron 14 megavatios, pero ya se prevé una demanda de más de 800 MW y se están inaugurando fábricas.
- **Transporte y canalización:** su transporte sólo es posible en estado gaseoso o líquido. Su densidad energética por unidad de volumen es muy baja, un tercio de la del gas natural. Sustituir gas natural por hidrógeno obligaría a multiplicar por 3 el abastecimiento para obtener la misma energía. A corto plazo parece complicado de conseguir. Y el resto de sistemas de transporte incrementan mucho el coste final.
- **Uso en las aplicaciones finales:** los vehículos ligeros no parece que vayan a suponer un uso relevante, por mera cuestión de eficiencia. La del hidrógeno es alrededor del 25% y la de las baterías eléctricas alcanzan el 70%. Sí parece que tendrá capacidad para ser rentable en el transporte pesado a largas distancia, sobre todo en transporte aéreo y marítimo.

Respecto a las calderas de calefacción residencial, el hidrógeno tampoco es competitivo: ni lo es hoy, ni lo será en el futuro.

3. Suficiente capacidad y flexibilidad en su producción, almacenamiento y distribución. Creación de un mercado del hidrógeno a nivel mundial.

4. Disminución del precio de las energías renovables, solar y eólica fundamentalmente.

5. Desarrollo de la ingeniería y escalado de las tecnologías de electrólisis.

6. Desarrollo de nuevas aplicaciones a costes competitivos a corto/medio plazo; como pilas de combustible, sistemas de combustión de hidrógeno a nivel industrial y doméstico, y producción de combustibles sintéticos.

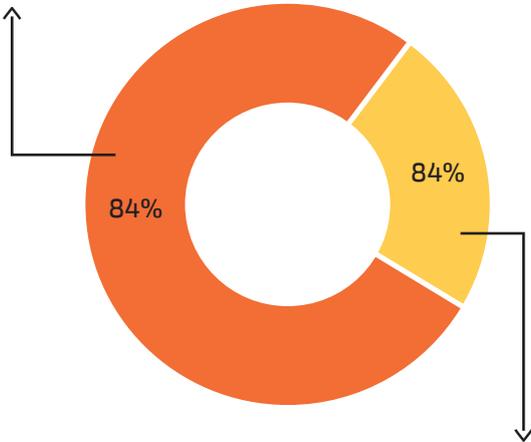


Un nuevo contexto energético

Hidrógeno verde, clave para decarbonizar los usos industriales y los sectores "difíciles de abatir"

Actual demanda final de energía de la UE

Electrificable con tecnologías limpias disponibles



Necesidad de **hidrógeno verde**: el **16%** restante será para la descarbonización



Oportunidades actuales

Del hidrógeno gris al hidrógeno verde en usos actuales



Materia prima industrial



Químicos

Generación in situ

Oportunidades futuras

Sectores "difíciles de abatir"



Trasnporte marítimo



Trasnporte aéreo



Industria Alta Temp.

Otros desafíos: Transporte, distribución y uso

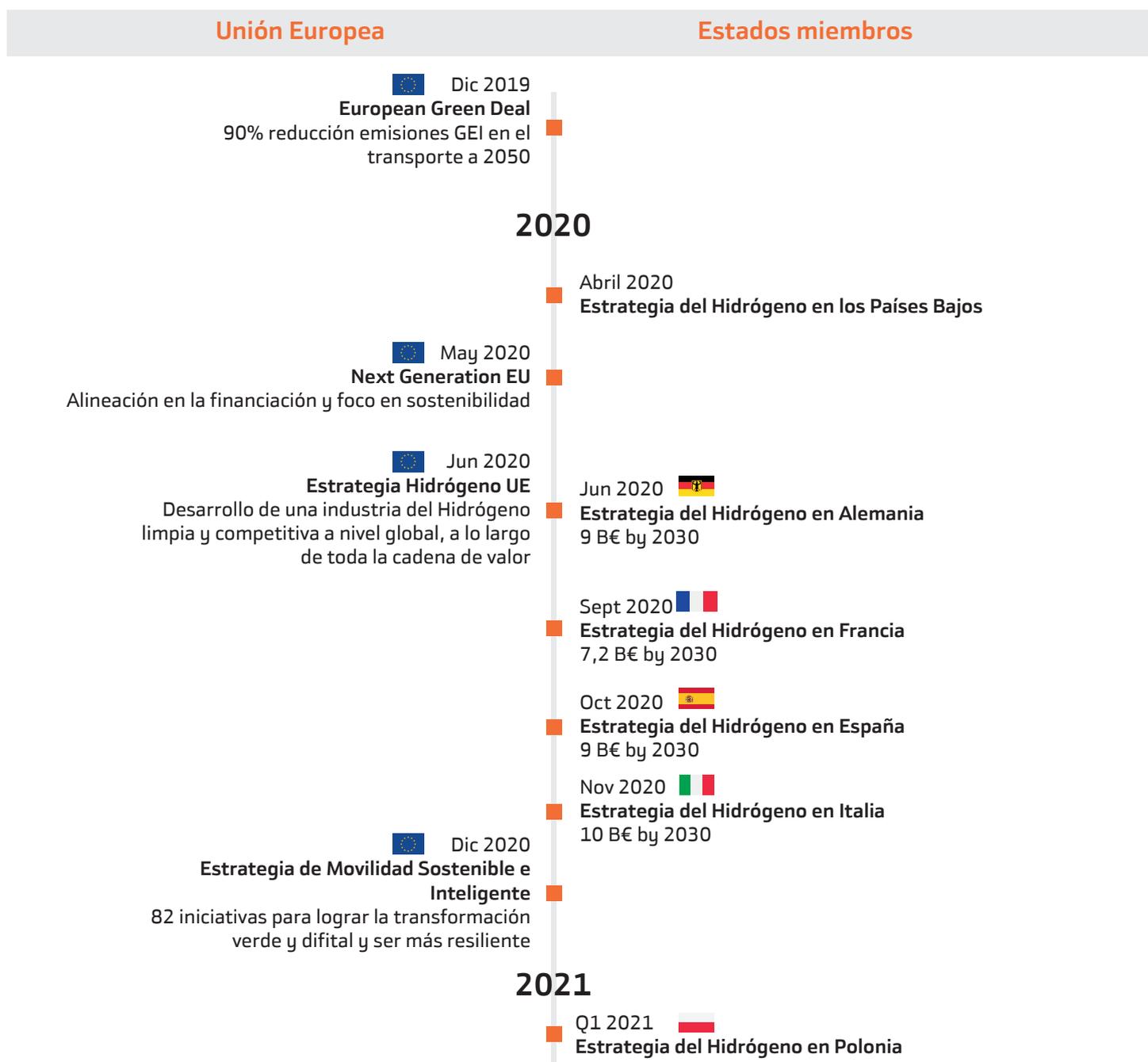
Estrategias nacionales del hidrógeno en Europa

Hay un boom del hidrógeno en los últimos, no ya años, sino meses, en casi todos los países de la Unión Europea, que lo colocan como una de las claves de la transición energética del continente.

Ahora mismo hay en Europa 280 empresas desarrollando activamente tecnologías del hidrógeno.

1/3 de ellas son integradores de sistemas (pila, electrolizador, almacenamiento, HRS...) y el resto se posicionan aguas arriba en la cadena de suministro.

Y esto se plasma en la cantidad de planes y estrategias puestas en marcha tan sólo desde diciembre de 2019 hasta ahora:



Existe un claro impulso político en la UE y en España para que el Hidrógeno sea una herramienta clave de la transición energética

Un caso modelo: Reino unido

En Reino Unido están haciendo una apuesta muy clara para descarbonizar los clusters industriales. Allí donde se concentran los grandes núcleos industriales, es donde se lanzan los grandes proyectos del hidrógeno azul. A eso se le añade una apuesta por los grandes proyectos de energía eólica marina en todo el país y una gran apuesta por la estrategia nuclear para alcanzar una economía descarbonizada. Y, además, hay una estrategia de aprovechamiento de los grandes pozos geológicos de gas natural vacíos, para almacenamiento de hidrógeno azul.

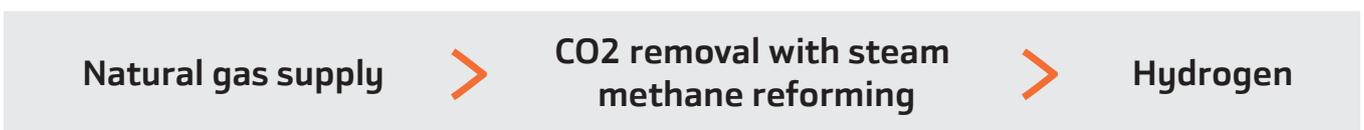
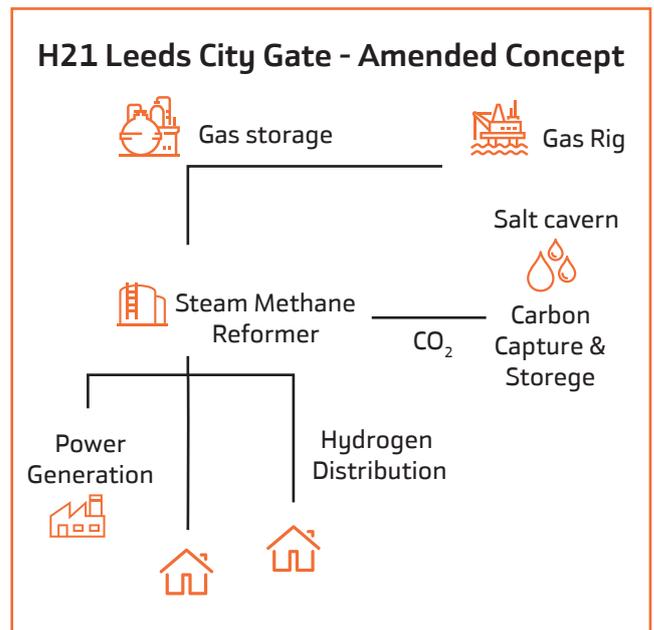
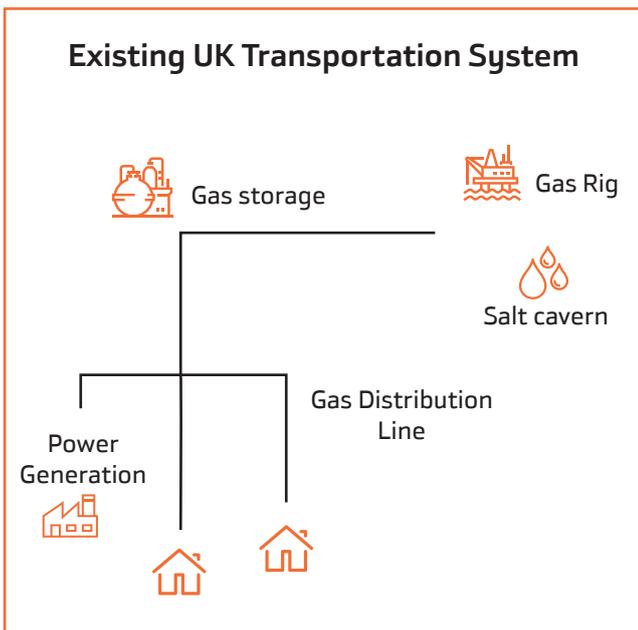
Esta estrategia se une a otra llamada Gas Goes Green para trasladar todo este plan a la red de consumidor final: descarbonizan los usos, sin tener la producción de hidrógeno totalmente descarbonizada, apuestan por el hidrógeno azul.

Adecúan toda la red de consumo de la industria al hidrógeno. El usuario final deja de ver gas natural para ver sólo hidrógeno azul..., en un primer momento porque el hidrógeno verde aún no es competitivo. Así ganan tiempo y pagan el cambio de infraestructura a través de un hidrógeno muy competitivo, para poner el foco exclusivamente en el elemento generador, y lograr la competitividad del hidrógeno verde.

Así, no han tenido que esperar: ya tienen el hidrógeno en uso (el azul) y tienen toda la infraestructura preparada para la llegada del hidrógeno verde.



Estrategia Descarbonización consumidores



Estrategia abierta a futuras tecnologías de producción de H₂ sin carbono:



Estrategia de descarbonización de los usos



Estrategia de descarbonización del hidrógeno por **tecnología competitiva**

Objetivos de España para 2030 en el ámbito del hidrógeno

Se aspira a instalar hasta 4 GW de electrolizadores hasta 2030. Y la agenda de España va dirigida no sólo a la producción de hidrógeno renovable, sino también a cada una de las áreas de actividad donde se ha

identificado que la demanda de hidrógeno renovable tiene mayor potencial de crecimiento en esta década. Concretamente, haciendo gran hincapié en la industria:



Instalación de al menos 4 GW de potencia de electrolizadores.



Industria: contribución mínima del hidrógeno renovable de un 25%.



150-200 autobuses y 5.000 a 7.000 vehículos ligeros y pesados, objetivo muy modesto para el tamaño del sector.



100 a 150 hidrogeneras de acceso público.



2 líneas comerciales de trenes de media y larga distancia, objetivo muy poco ambicioso.



Maquinaria de handling para primeros puertos y aeropuertos.



Impacto medioambiental: reducir las emisiones en 4,6 Mton de CO2 eq.



Inversiones estimadas en 8.900 millones de euros.



Almacenamiento de energía: proyectos comerciales de hidrógenos renovable operativos en 2030.



Oportunidades para España

España tiene una gran oportunidad por su situación geográfica para producir energía renovable muy barata y producir el hidrógeno más barato de Europa. Además, seríamos el puerto de entrada natural del hidrógeno con el norte de África. Y tenemos grandes empresas tractoras para el sector: energéticas, tecnológicas...

Como consecuencia de todo lo anterior, podemos crear un tejido productivo empresarial e industrial especializado en toda la cadena de valor del hidrógeno.

Y gracias a todo ese desarrollo del sector, ser capaces de exportar tecnología hecha en España y ser referentes en la fabricación de equipos e instrumentos para toda la industria del hidrógeno.



Oportunidades coyunturales para hoy

Se parte de una situación en Europa de una apuesta clara por la descarbonización de todos los sectores, se reconoce el papel relevante que va a desempeñar el

hidrógeno y hay un impulso decidido al hidrógeno renovable para su despliegue.



Recuperación verde
(UE Green Deal)



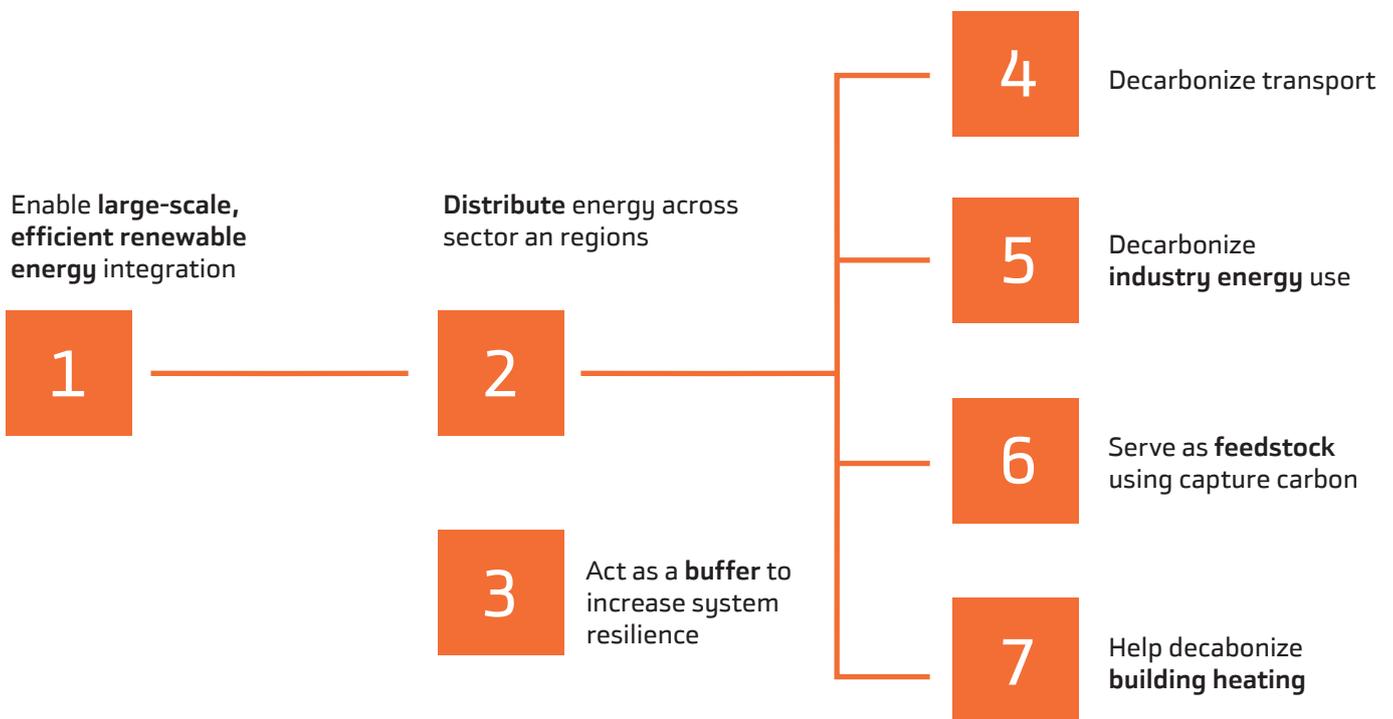
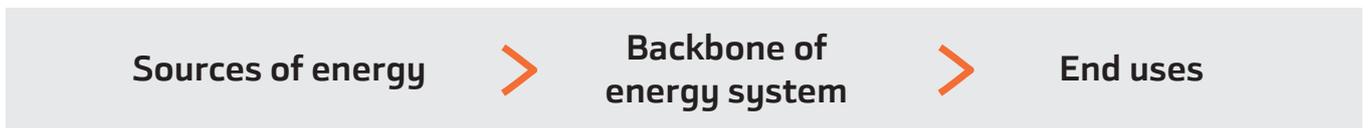
Reactivar, redefinir
y transformar la economía,
generar empleo, desarrollo económico
y creación de tejido industrial.

Además, el sector del hidrógeno está óptimamente situado para ser un operador importante en esta recuperación verde, pues es generador de empleo basado en el conocimiento, está situado para la

industrialización de la economía y mejora las balanzas de pagos nacionales (seguridad de suministro equivale a exportación).

Drivers de la Transición Energética

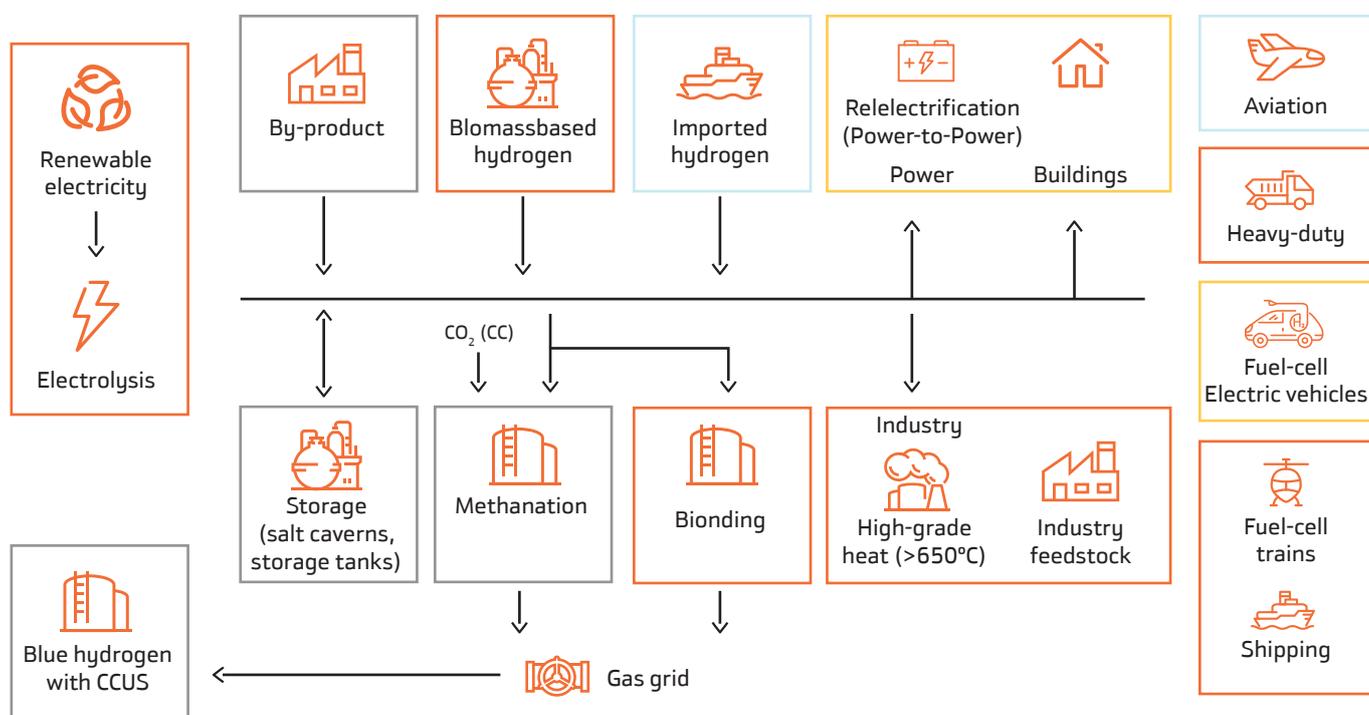
H2 como facilitador de la Transición Energética



- Producción de hidrógeno verde: el reto está en la reducción del coste con proyectos cada vez a una escala mayor y la creación de plantas dedicadas específicamente a ello. Además, a una escala menor, se desarrollará también el biohidrógeno proveniente de biomasa y combinaciones de electrólisis de alta temperatura producida por el biogás.
- Distribuir la energía entre regiones y sectores, conectando regiones con abundancia de energía renovable a bajo coste con aquellas otras con demanda intensiva de energía.
- Actuar como buffer para incrementar la resiliencia del sistema eléctrico, porque el hidrógeno puede ser aprovechado como almacenamiento de gran capacidad durante largos períodos de tiempo (sobre todo estacional).
- Ayudar a descarbonizar el transporte. Sobre todo, en el transporte pesado y de largas distancias. La generación del hidrógeno verde comienza a ser competitivo frente al diesel cuando el precio esté en torno a 1,5-3€/Kg. Y la necesaria infraestructura de recarga de hidrógeno se desplegará a gran velocidad en los próximos años.
- Ayudar a descarbonizar la energía en la industria, sobre todo en los procesos industriales de alta temperatura sustituyendo a los combustibles fósiles.
- Ayudar a descarbonizar la calefacción y energía en edificios y ciudades. Al hidrógeno le penaliza considerablemente su eficiencia (75%) frente a la electrificación directa con bombas de calor (300%).
- Servir como materia prima renovable en la industria, sustituyendo al hidrógeno producido por reformado de gas, para producir amoníaco y el refinado de combustibles. Además, en la fabricación del acero el hidrógeno puede funcionar como reductor del mineral de hierro y en varios procesos químicos también puede desplazar al gas natural.

Aplicaciones

Usos del H2



Desarrollo muy probable/intenso

Desarrollo probable/intenso a largo plazo

Desarrollo en lugares con condiciones específicas

Desarrollo menos probable/intenso

Oportunidades de innovación en el ciclo actual del hidrógeno

En su producción, actualmente en el proceso de reformado con vapor de gas natural el gran hándicap es la captura del CO2 resultante, y es donde son necesarios procesos para integrar tecnologías de captura. Además, el proceso de reformado a pequeña escala es actualmente ineficiente y necesita respuestas de mayor eficiencia para la producción del hidrógeno in-situ.

Respecto a los electrolizadores, Europa está bien posicionada, pero necesita aumentar su capacidad, su eficiencia y mejorar el coste. Los electrolizadores de óxido sólido funcionan a temperaturas muy altas y consiguen una eficiencia muy superior a los alcalinos y los PEM, es una tecnología muy prometedora, pero muy poco desarrollada y no está desplegada comercialmente aún. Los electrolizadores PEM utilizan metales escasos como el platino y lograr sustitutos es una gran oportunidad también. El gran reto general en los electrolizadores es su escalado a gran producción y durabilidad.

Más allá de los electrolizadores, apuntan tecnologías alternativas para la producción de hidrógeno y grafito a partir de biogás, fotoelectrólisis ...

En su almacenamiento, más allá del almacenamiento geológico, los métodos para pequeños volúmenes y a corto plazo, existen los depósitos presurizados. Hay grandes retos en sistemas de compresión, sin partes móviles, más eficientes. Respecto a los tanques de hidrógeno comprimido, falta desarrollo de precursores de alta resistencia y el desarrollo de tanques adaptables. En el caso del hidrógeno licuado, es un reto la reducción de costes en su licuefacción y en el transporte reducir las pérdidas por evaporación. Y a largo plazo y grandes cantidades, con portadores líquidos como el amoníaco, es muy barato su almacenaje y producción, hay oportunidades en la conversión del hidrógeno en amoníaco y sobre todo el proceso inverso de descomposición del amoníaco de nuevo en hidrógeno. Hay oportunidades para encontrar otros vehículos líquidos aparte del amoníaco.

En su transporte, dependiendo del volumen y distancia, su eficiencia varía. Para su transporte por tubería implica el aprovechamiento de la red de gas y hay oportunidades para adaptarla al hidrógeno y a mezclas de hidrógeno: materiales, componentes, sistemas de separación de mezcla...

En su distribución, las hidrogeneras tienen mucha capacidad de desarrollo en su almacenamiento, sistemas de suministro, compresión, equipos de

seguridad, sensores, y sobre todo en la integración de todos los elementos de las estaciones de suministro.

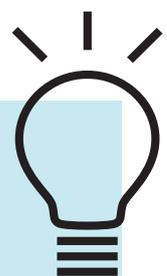
En sus aplicaciones finales, las pilas de combustible están mejorando continuamente y ahora mismo tienen problemas de contaminación y necesitan procesos más eficientes para operar y ganar rendimiento. Los retos tecnológicos van alrededor de la reducción de costes y del aumento de la durabilidad.

En otros equipos finales, como turbinas de gas, motores de combustión de hidrógeno, calderas de hidrógeno... a futuro irán teniendo protagonismo y desarrollo.

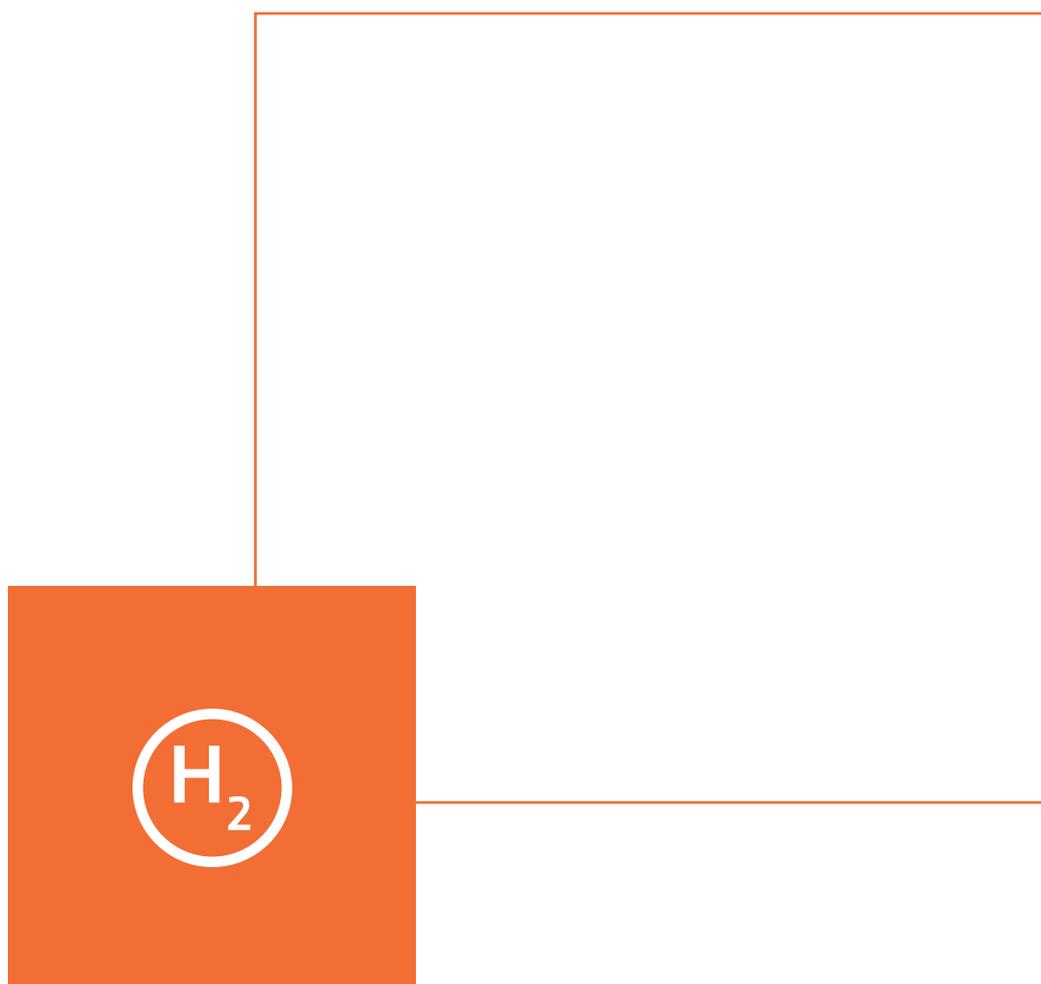
En seguridad, en todos los procesos, el hidrógeno tiene un alto grado de difusividad y dispersión en el aire y ahí hay un reto para garantizar ventilación, evitar bolsas de gas... El hidrógeno al arder es inodoro e invisible a la vista, con lo que hay oportunidad de añadir aditivos que lo solucionen o sistemas de vigilancia. Su propensión a fugas es muy grande y todos los sistemas que vigilen los sistemas y eviten esas fugas serán retos muy interesantes.

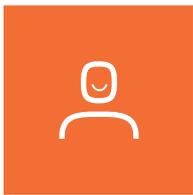
Un gas relativamente seguro. En aplicaciones al aire libre, como la movilidad, dado los volúmenes que se manejan, su seguridad es muy elevada.

En cuanto a su uso industrial o masivo, sí es necesario mucho más control, regulación e implementar normas de seguridad asociadas a la evacuación del mismo en caso de fuga.



Como conclusión, el del hidrógeno es un sector lo suficientemente maduro como para dar garantías a las apuestas decididas que se empeñen en su desarrollo. Asentado y fuertemente promovido por estados e instituciones como un gran actor de futuro, constituye un sector lo suficientemente nuevo y prometedor como para aportar un gran crecimiento a corto, medio y largo plazo.





Información obtenida a través del Ciclo del Hidrógeno, organizado por Adegi y por Bankinter CFO Forum.
Participantes y ponentes de los webinars:

Javier Rodríguez, Director General de Cidetec Energy Storage.

Samuel Pérez Ramírez, Dirección de Innovación, Sostenibilidad y Calidad de Iberdrola.

Arturo Fernández Goyenechea, Gestor de Innovation de Petronor.

Imanol Iturrioz, Director del Departamento de I+D del Grupo CAF.

Fernando Espiga, Responsable de Transición Energética de Tecnalía.

Javier Brey Sánchez, Presidente de la Asociación Española del Hidrógeno y fundador y CEO en H2B2.

Raquel Azcárraga, Directora de Sostenibilidad de Bankinter.