



Hidrógeno verde: impulsando un futuro sostenible

“ Creo que un día el agua será un carburante, que el hidrógeno y el oxígeno que la constituyen, utilizados solos o conjuntamente, proporcionarán una fuente inagotable de energía y de luz, con una intensidad que el carbón no puede ”

Julio Verne

El hidrógeno es el elemento químico más abundante y sencillo del planeta; está presente en el 75% de la materia. La humanidad lo lleva utilizando como materia prima desde hace más de 100 años en la industria química y la metalurgia. Además, es ligero, se puede almacenar y no genera emisiones contaminantes por sí mismo, por lo que **es un candidato perfecto como combustible**¹.

Sin embargo, el hidrógeno **no puede tomarse directamente de la naturaleza** en estado puro, hay que fabricarlo. Dependiendo del **método que se utilice para obtenerlo se determina si ese hidrógeno es un combustible limpio y sostenible o no**. Producido a partir de fuentes de energía renovables, el hidrógeno verde, también conocido como hidrógeno renovable, es uno de los combustibles del futuro.

Según S&P Research, el hidrógeno verde es **una de las diez principales tendencias en tecnologías limpias en 2024**, y se está convirtiendo en una parte clave de los planes de net zero en sectores difíciles de descarbonizar, ofreciendo a su vez importantes **oportunidades para países históricamente dependientes de energía**^{2,3}. Además, puede reforzar la **resiliencia general de los países en desarrollo** e impulsar economías diversificadas y del conocimiento⁴.

Nos encontramos en un momento sin precedentes para aprovechar el potencial del hidrógeno como solución energética limpia. Para ellos es importante comprender cómo se están abordando los retos a los que se enfrenta esta tecnología para poder aprovechar todas las oportunidades que puede desbloquear⁵.

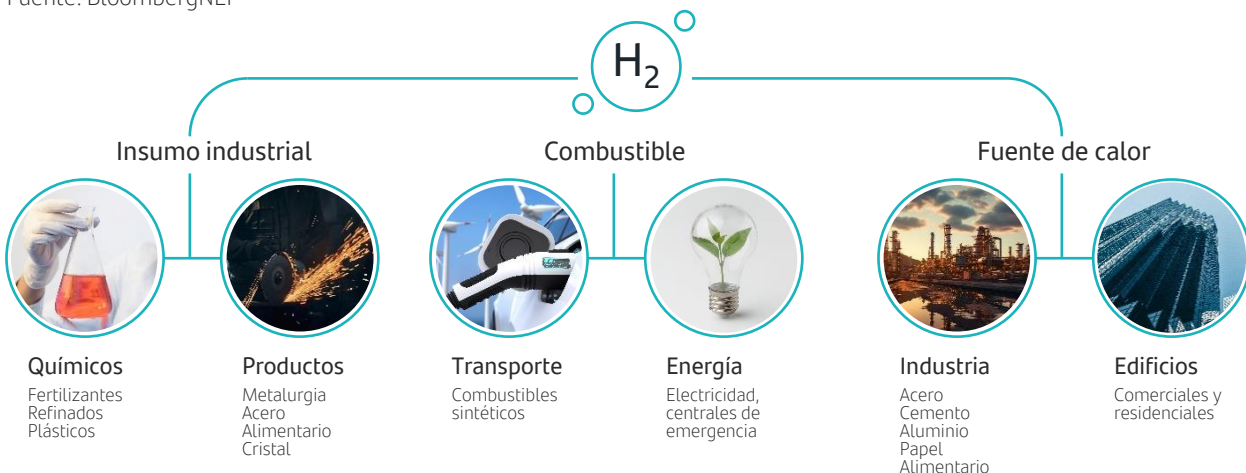
01 El uso de hidrógeno no es nuevo, pero de cara a la descarbonización puede incrementarse significativamente

El hidrógeno se ha utilizado tradicionalmente como insumo industrial en sectores intensivos en emisiones (los llamados sectores difíciles de descarbonizar). Los cuatro principales usos industriales del hidrógeno son el refinado del petróleo, la producción de amoníaco para fertilizantes, la producción de metanol para fibras sintéticas destinadas a textiles etc., y el refinado de mineral de hierro para la producción de acero.

Además, el hidrógeno puede alimentar el sistema de propulsión de un vehículo eléctrico mediante una pila de combustible cuando se convierte en electricidad. Por último, la combustión del hidrógeno puede proporcionar calor de alta calidad y bajo contenido en carbono para aplicaciones industriales (por ejemplo, fundición, gasificación, secado o catalización de reacciones químicas) y edificios (por ejemplo, calderas de hidrógeno⁹).

Figura 1. Usos actuales y futuros del hidrógeno

Fuente: BloombergNEF



Como insumo industrial^{1,7,9}

El hidrógeno se utiliza en varios procesos industriales intensivos en carbono como materia prima para productos químicos y refinados.

Como combustible

El hidrógeno, pueden servir como combustible para motores de combustión interna⁸.

Como fuente de calor

El hidrógeno puede sustituir a los combustibles sólidos, líquidos o gaseosos en la industria, y ofrecer una alternativa sostenible de calefacción.

02

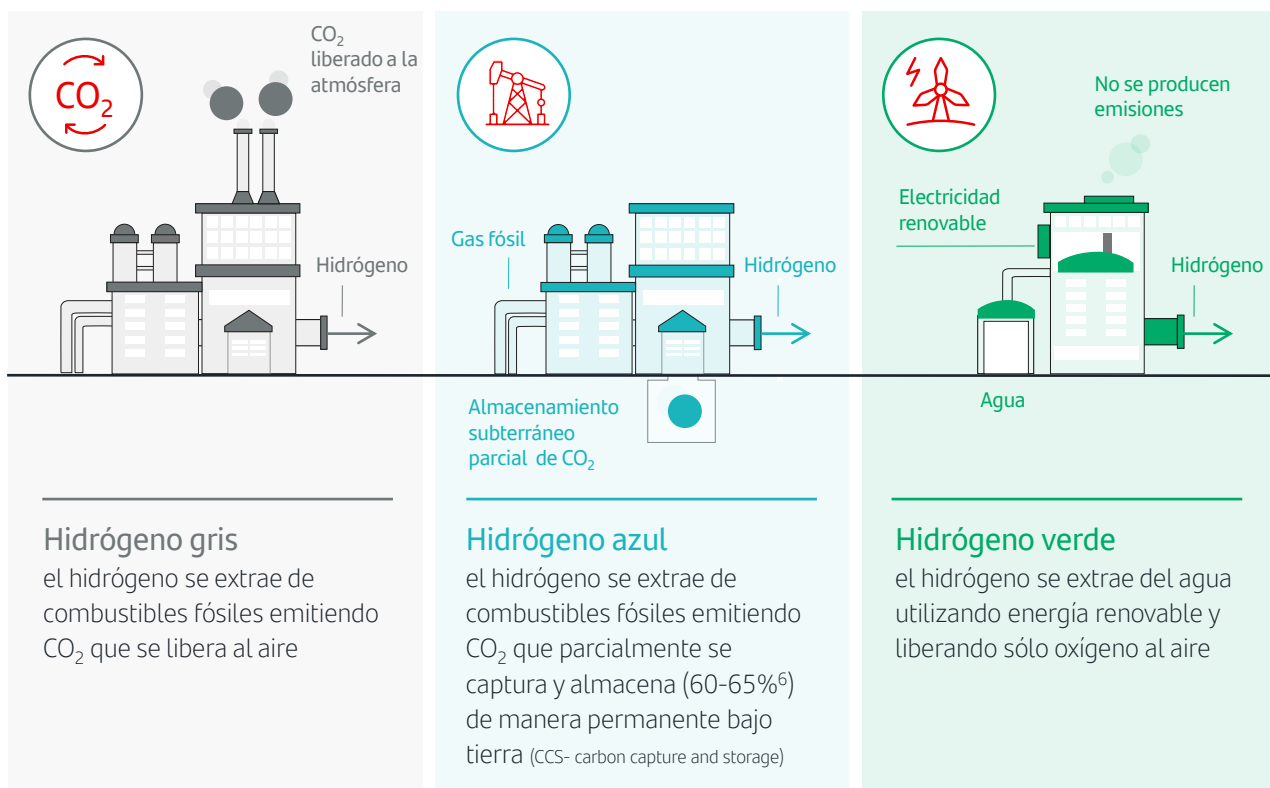
Los beneficios del hidrógeno verde

El hidrógeno **no es una fuente de energía primaria, sino un vector energético**, es decir, **requiere un proceso químico para producirse**². El hidrógeno no renovable se extrae de gas fósil, un proceso que libera emisiones de CO₂, mientras que el hidrógeno verde se extrae del agua utilizando energía renovable³.

Figura 2. Tipos de hidrógeno por método de producción

Fuente: The Guardian

De gris a verde: proceso de fabricación del hidrógeno



El hidrógeno verde...

Es limpio

El hidrógeno verde se obtiene mediante un proceso de **electrólisis (agua como insumo)** que consiste en utilizar una corriente eléctrica para descomponer la molécula de agua en oxígeno e hidrógeno. El proceso **se alimenta de energías renovables** como la eólica o la solar. A continuación, el hidrógeno se canaliza hacia una pila de combustible donde se une de nuevo con el oxígeno del aire, obteniendo electricidad. De este modo, el único subproducto del proceso es el agua¹.

Se puede almacenar y transportar

Ésta es una de las principales ventajas del hidrógeno como vector energético frente a las energías renovables convencionales⁵. Las principales opciones son^{13,17}: licuado, comprimido, junto a otros materiales y en cuevas subterráneas. Al tratarse de un elemento muy ligero, los tanques de hidrógeno comprimido permiten una manipulación más sencilla que las baterías de litio.

Es eficiente en combustión y tiempos de carga

Las pilas de combustible alimentadas con hidrógeno pueden alcanzar más del doble de eficiencia que las tecnologías de combustión tradicionales¹⁰. Además, el tiempo de repostaje es mucho menor que el de los vehículos eléctricos actuales: unos 5 minutos para un turismo y unos 15 minutos para un autobús¹⁴.

Puede ayudar en la independencia energética

Para aquellos lugares con abundantes recursos renovables, espacio para parques solares o eólicos y acceso a agua¹⁵ pueden reforzar su independencia energética.

Puede ser una pieza clave en países en vías de desarrollo

En los países emergentes, donde se espera que la producción de acero, cemento y productos químicos siga aumentando de forma significativa en las próximas décadas¹⁵.

No compromete otros recursos

En comparación con otras alternativas, como los biocombustibles, el hidrógeno no supone comprometer terrenos o recursos agrícolas^{15,16}.

03

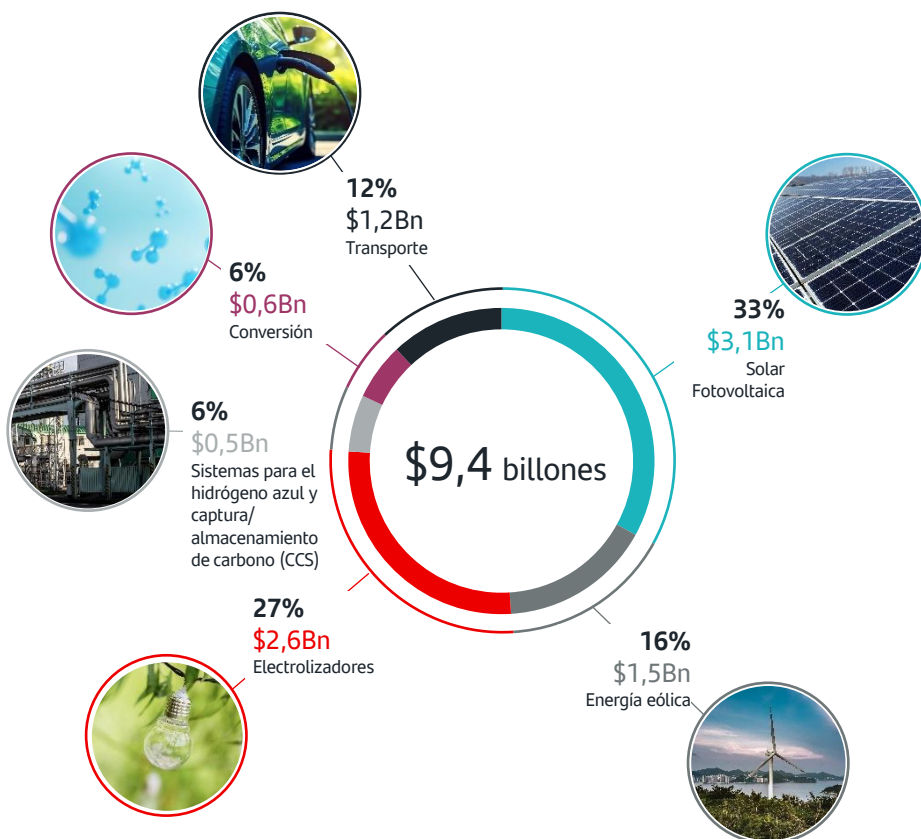
Los grandes números del hidrógeno verde: inversiones y potencial

3.1. La inversión necesaria

En términos acumulados a 2050, se calcula que será necesario **invertir 9,4 billones de dólares en la cadena de valor completa del hidrógeno**, de los cuales 3,1 billones se destinarán a las economías en desarrollo¹⁷, principalmente enfocado en los avances tecnológicos necesarios y el suministro de energía renovable.

Figura 3
Inversiones necesarias en la cadena de valor del hidrógeno verde
 (acumulado hasta 2050, billones de dólares)

Fuente: Deloitte



3.1. La inversión necesaria

Estas inversiones son clave para hacer frente a los siguientes retos



Costes de producción

Según las últimas previsiones, el precio del kilo de hidrógeno verde se ha reducido a una cuarta parte de lo que se estimaba hace cuatro años¹².

Aun así, el hidrógeno verde es más caro de producir que el gris. Sin embargo, la mejora del precio de las energías renovables ha abierto una nueva ventana de oportunidades.

La electricidad solar es 10 veces más barata que hace una década y los costes de la energía eólica se han reducido a menos de la mitad¹. Se estima que esta tendencia se mantenga apoyada en las significativas inversiones que atrae este sector¹⁹.

Eficiencia

Los grandes equipos de electrólisis están aún en fase de desarrollo, los costes de la electrólisis son casi un 95% superiores a los niveles de 2020 debido a los aumentos en los costes de funcionamiento y mantenimiento de todos los subsistemas y equipos¹⁹.

Por otro lado, en la actualidad las plantas de hidrógeno verde para fines industriales suelen construirse cerca del lugar de consumo final para evitar pérdidas de energía²⁰.

Es necesario mejorar la eficiencia de las tecnologías de producción, almacenamiento y conversión del hidrógeno para maximizar los beneficios de su uso como vector energético a escala mundial.



Infraestructura²¹

Incluyendo la construcción de estaciones de repostaje de hidrógeno para vehículos de pila de combustible, la ampliación de las redes de almacenamiento y transporte de hidrógeno, la integración del hidrógeno en los sistemas energéticos existentes, etc.

La infraestructura de gas existente puede ser reacondicionada para el uso de hidrógeno.

3.2. El potencial de crecimiento

Crecimiento de la demanda

Para 2050, la demanda mundial de hidrógeno puede ser de 4 a 6 veces superior a los niveles actuales²²

Actualmente

1 Mt

(millones de toneladas métricas) de suministro de hidrógeno verde^{17,22} de una producción total actual de 100Mt.

Hasta

c. 500 Mt

de suministro de hidrógeno verde, principalmente para los sectores de la industria y el transporte. Además, se prevén unas 100 Mt adicionales de hidrógeno azul¹⁷, ya que la demanda de Asia y la madurez/costes de los proyectos apoyarán también grandes volúmenes de hidrógeno azul.

El umbral de rentabilidad

El coste de las instalaciones de hidrógeno podría disminuir entre un 40% y un 80%, lo que, unido al descenso de los precios de las energías renovables, podría hacer que el hidrógeno verde fuera rentable a partir de 2030¹.

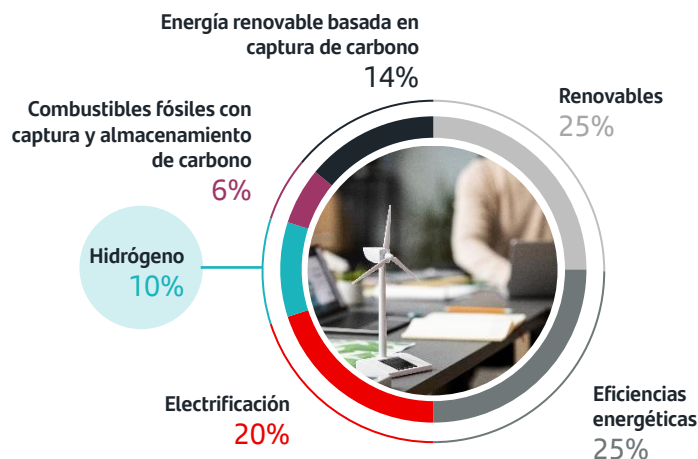
Como solución

En un escenario de 1,5 °C, el hidrógeno limpio podría representar más del 10% de la reducción necesaria de emisiones en 2050²².

Figura 4

Desglose de tecnologías limpias en 2050

Fuente: IRENA. CCS en referencia a la captura y almacenamiento de carbono

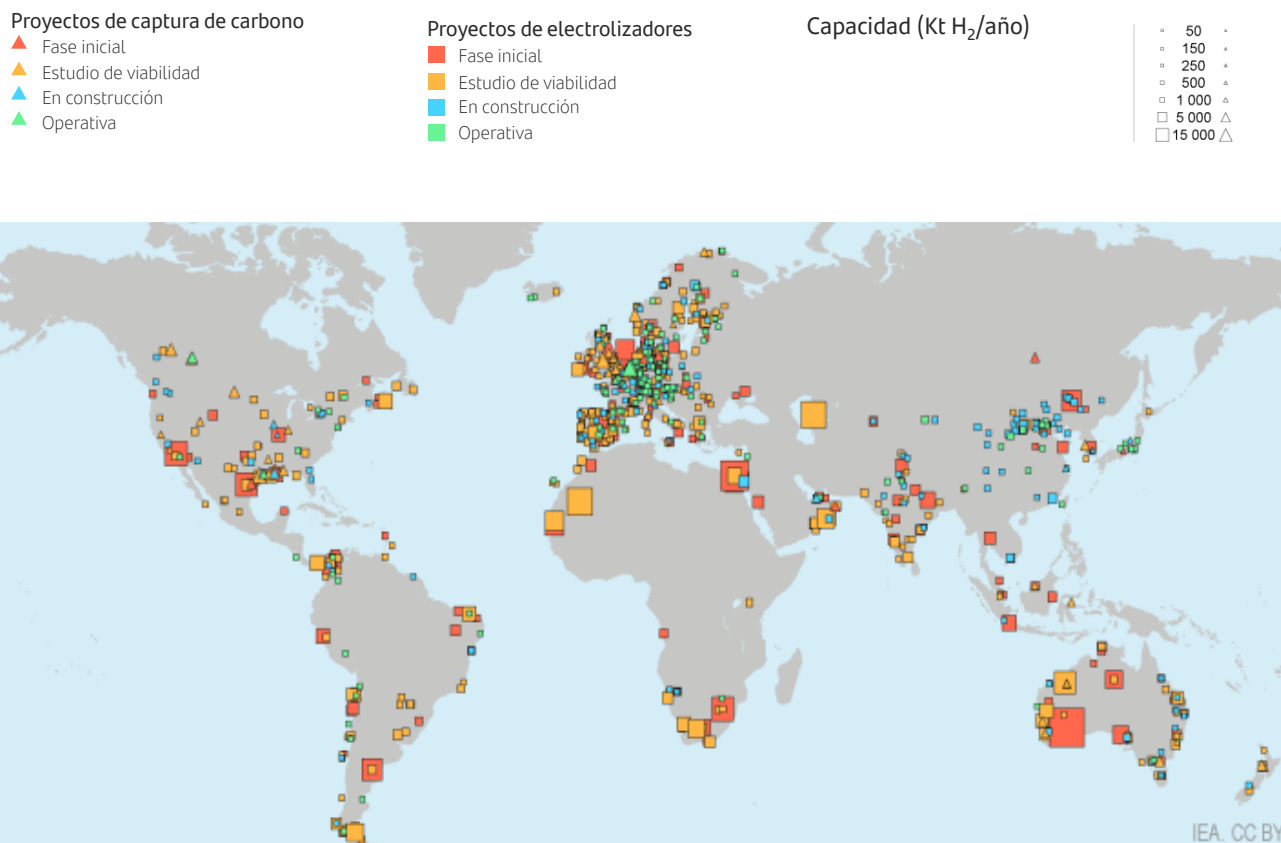


3.3. Acerca de la regulación²⁷

- Cada vez más países y empresas compiten por el liderazgo en tecnologías limpias de hidrógeno.
- En 2017, solo un país (Japón) contaba con una estrategia nacional sobre el hidrógeno renovable.
- Hoy en día, más de 30 países han desarrollado o están preparando estrategias de hidrógeno, lo que indica un creciente interés en el desarrollo de cadenas de valor de este vector.
- El desarrollo de políticas para el apoyo de esta tecnología sigue siendo necesario de cara a alcanzar los objetivos de descarbonización y de capacidad instalada proyectada a 2050²⁷.

Figura 5 Mapa de proyectos de hidrógeno bajo en emisiones anunciados

Fuente: [IEA Hydrogen Projects database](#)



Planes por geografías

La inversión en hidrógeno se triplicó interanualmente en 2023²³, con más de 1.000 propuestas de proyectos de hidrógeno verde²⁴ ya anunciadas, de las cuales más del 75% prevén un desarrollo total o parcial para 2030.

- Europa²⁵** | La UE aspira a producir 10 Mt de hidrógeno verde e importar otros 10 Mt de aquí a 2030, como una de las principales vías para reducir la dependencia de las importaciones de combustible fósil ruso. A pesar de la posición de liderazgo en volúmenes anunciados, la madurez de los proyectos es baja (sólo un 5% de los volúmenes comprometidos). En 2022, el hidrógeno representará menos del 2% del consumo energético europeo, con un 96% producido a partir de gas natural
- Japón¹²** | Debido a su limitada capacidad para generar energía renovable en el país, ha firmado un acuerdo para importar hidrógeno de Australia en grandes cantidades.
- Brasil²⁴** | Ha puesto en marcha varias iniciativas con el objetivo de convertirse en un productor competitivo para 2030 y consolidar varios centros de hidrógeno para 2035. Además, la UE invertirá 2.000 millones de euros en Brasil para desarrollar proyectos de hidrógeno verde.
- EEUU y China²⁴** | A pesar de los menores volúmenes anunciados, China es el país con mayores inversiones comprometidas: cerca del 40% del total anunciado en China ya está comprometida, mientras que, en Norteamérica, la proporción desciende al 20%. Los bajos volúmenes anunciados en China podrían deberse al menor número de empresas que anuncian sus planes o a los diferentes regímenes de ayudas públicas. En Norteamérica, más del 70% de los volúmenes anunciados son de hidrógeno bajo en carbono (azul), impulsados principalmente por los créditos fiscales recibidos (entre ellos la IRA) para la captura y almacenamiento de CO₂.

04

Caso de estudio

Descarbonizando sectores altamente contaminantes: el acero verde²⁸

La empresa H₂ Green Steel, con sede en Estocolmo, se fundó en 2020 con el objetivo de construir una instalación de producción de acero ecológico a gran escala utilizando una combinación de electricidad renovable e hidrógeno verde, eliminando así la práctica totalidad de emisiones de CO₂ del proceso tradicional de fabricación de acero.

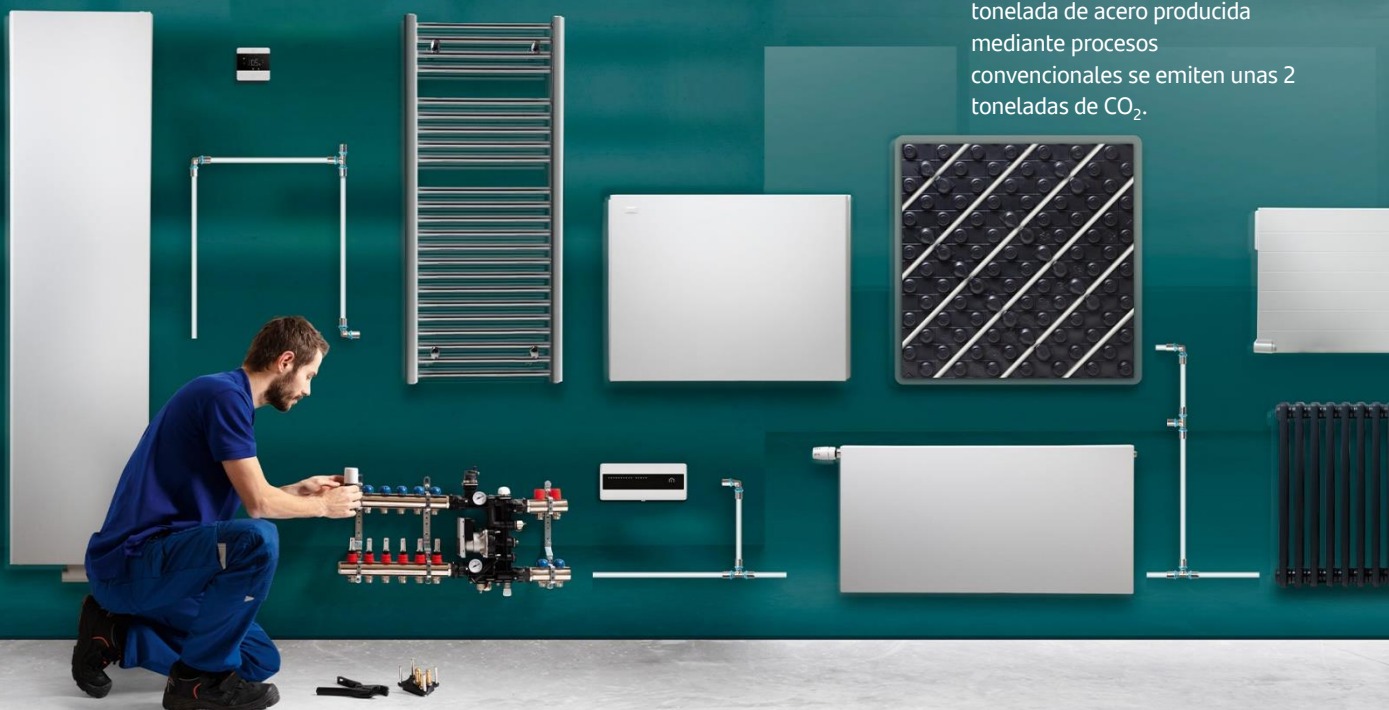
El proyecto consta de una capacidad de 700 MW de electrolizadores alcalinos y de membrana de intercambio de protones (PEM), una planta de hierro de reducción directa (DRI), una acería para combinar el DRI con chatarra de acero y líneas de producción posteriores para producir 2,5 Mt anuales de productos de acero acabados, con una ampliación esperada de la capacidad en una segunda fase.

El modelo de negocio

La producción de acero a partir de hidrógeno verde es actualmente más cara que la producción tradicional en altos hornos de carbón. Por ello, el modelo de negocio se basa **en la demanda de clientes más avanzados en términos de sostenibilidad dispuestos a pagar una prima por el acero verde.**

El acceso a electricidad renovable barata y estable durante todo el día/ a lo largo del año es el principal requisito para el proyecto H₂ Green Steel. La construcción de la planta cerca de los grandes recursos hidroeléctricos suecos evita la necesidad de hacer inversiones adicionales en la red.

En el futuro, se espera que los costes de producción de los métodos contaminantes tradicionales aumenten significativamente, afectados por el posible mecanismo de ajuste por carbono en frontera (CBAM) y los precios del RCCDE (régimen de comercio de derechos de emisión de la UE)²⁹, ya que por cada tonelada de acero producida mediante procesos convencionales se emiten unas 2 toneladas de CO₂.



06

Conclusiones

El hidrógeno verde podría representar el **10% de la combinación prevista de tecnologías de energías renovables** que deben hacer frente a la reducción de emisiones necesaria para **alcanzar el objetivo Net Zero en 2050**, lo que supone una alternativa prometedora para **varias industrias difíciles de descarbonizar que pueden utilizarlo como vector energético**, como la generación de electricidad, el transporte, las materias primas y la calefacción.

Se calcula que hasta 2050 serán necesarias **inversiones por un total de 9,4 billones de dólares** para su desarrollo. Podría alcanzar la rentabilidad en 2030, con un aumento significativo de la producción a partir de esa fecha.

Los principales **retos existentes** son la **tecnología de los electrificadores, la mejora de la eficiencia y la necesidad de infraestructura**. El desarrollo de **políticas específicas** podría ser un catalizador para este sector.

El hidrógeno verde puede **transportarse y almacenarse**. Podría **cambiar las reglas del juego para los países con grandes recursos de energías renovables**. Además, puede desempeñar un papel importante para **garantizar la independencia energética** de los países, reduciendo la necesidad de suministro de los productores de combustibles convencionales, y puede ser clave en los países en desarrollo y las zonas aisladas.

Sources:

- 1 [Acciona](#)
- 2 [Business Norway](#)
- 3 [IMF](#)
- 4 [United nations industrial development organization](#)
- 5 [World Economic forum](#)
- 6 [Iberdrola](#)
- 7 [UNIDO](#)
- 8 [Airbus](#)
- 9 [Columbia](#)
- 10 [US Department of energy](#)
- 11 [The guardian](#)
- 12 [The Economist impact](#)
- 13 [Spectra](#)
- 14 [Hydrogen refuelling solutions](#)
- 15 [IRENA](#)
- 16 [World bank](#)
- 17 [Deloitte](#)
- 18 [The economist impact](#)
- 19 [S&P Global](#)
- 20 [100% RE](#)
- 21 [Linkedin articles](#)
- 22 [IRENA](#)
- 23 [BloombergNEF](#)
- 24 [Hydrogen council and McKinsey](#)
- 25 [European commission](#)
- 26 [Enagas](#)
- 27 [IRENA](#)
- 28 [OECD](#)
- 29 [European commission](#)

Información Legal Importante

El presente informe ha sido preparado por Banco Santander, S.A. ("Santander") con fines exclusivamente informativos y no pretende ser, ni debe ser interpretado como un asesoramiento de inversión, ni es un prospecto u otro material informativo similar. La distribución o puesta a disposición de este material a un cliente o a un tercero no debe considerarse como una prestación u oferta de servicios de asesoramiento en materia de inversiones.

Este material contiene información recopilada de distintas fuentes, como previsiones comerciales, estadísticas, de marketing y económicas, y fuentes de otros tipos. La información de este material también puede haber sido recopilada de terceros, y puede que esta información no haya sido corroborada por Santander y Santander no acepta responsabilidad por dicha información.

Toda opinión expresada en este material podría diferir o contradecir las opiniones expresadas por otros miembros de Santander. La información contenida en este material es de carácter general y tiene únicamente fines ilustrativos. No se refiere a jurisdicciones concretas y no es en ningún modo aplicable a situaciones o personas específicas. Asimismo, no representa un análisis exhaustivo y formal de los temas tratados ni establece un juicio de interpretación o de valor sobre su alcance, aplicación o viabilidad. Si bien la información incluida en el presente documento ha sido obtenida por fuentes que Santander considera fiables, la exactitud o integridad de la misma no está garantizada. Santander no asume responsabilidad alguna por el uso que se haga de la información aquí reflejada.

Este informe no constituye una recomendación, oferta o solicitud de compra o venta de activos, servicios, contratos bancarios o de otro tipo, o cualesquiera otros productos de inversión (conjuntamente llamados "Activos Financieros"), y no debe ser considerado como base única para evaluar o valorar los Activos Financieros. **Santander no garantiza los pronósticos u opiniones expresados en este informe sobre los mercados** o los Activos Financieros, incluyendo en relación a su rendimiento actual y futuro. Cualquier referencia a resultados pasados o presentes no deberá interpretarse como una indicación de los resultados futuros de los mencionados mercados o Activos Financieros. Los Activos Financieros descritos en este informe pueden no ser aptos para su distribución o venta y Santander no garantiza que sean aptos ni estén disponibles en ninguna jurisdicción determinada o para ciertas categorías o tipos de inversores.

Así mismo, este informe no podrá ser ni reproducido entera o parcialmente, ni distribuido, publicado o entregado, bajo ninguna circunstancia, a ninguna persona más allá de a quién el mismo estuviera dirigido.

