

Creado por:  
**Global X Team**

Fecha: 14 de julio de 2021  
Tema: **Temática**



## INVESTIGACIÓN DE ETF DE GLOBAL X

# Conozcamos el hidrógeno

Alcanzar emisiones netas cero es uno de los objetivos del siglo XXI más apremiantes y compartidos a nivel mundial. El hidrógeno es clave para estos cumplir dicho objetivo.

El clima de nuestro planeta está cambiando para peor. El otoño pasado, publicamos un **informe** sobre cómo están aumentando las temperaturas y por qué constituye una amenaza existencial para miles de millones de personas en todo el mundo, incluidas costas sumergidas, más desastres naturales, olas de calor letales y economías que se desmoronan. Desde entonces, el 2020 igualó al 2016 como el año más caluroso que se haya registrado, y las temperaturas en 2021 ya están alcanzando nuevos y a veces letales, picos.<sup>1,2</sup> Portland, Oregón acaba de registrar las temperaturas más altas de su historia durante tres días consecutivos, tras registrar aproximadamente 4,4 °C más que las temperaturas promedio históricas de junio, y que ocasionaron 116 muertes.<sup>3,4</sup> Y en todo el mundo, en Siberia, Moscú y en Europa Central y Oriental, ondas de calor similares están haciendo estragos en las población. <sup>5</sup> La raíz de estos cambios, sin embargo, es lo mismo de siempre.

Alrededor del 75 % del calentamiento proviene del dióxido de carbono atmosférico (CO<sub>2</sub>) y los humanos son responsables de aumentar las concentraciones de CO<sub>2</sub> en un 47 % desde el inicio de la revolución industrial.<sup>6,7</sup> Es un hecho aceptado a nivel mundial que si se limita el calentamiento 1,5 °C por encima de los niveles preindustriales puede reducirse el riesgo climático, algo que podría lograrse si para 2030 reducimos las emisiones en un 45 %, desde los niveles de 2010.<sup>8</sup> La transición a las áreas de producción de energía renovable y electrificación de la economía que aún dependen de los combustibles fósiles es fundamental para lograr ese objetivo. No obstante, algunos sectores no pueden electrificarse y muchos procesos industriales liberan emisiones no relacionadas con la energía. El hidrógeno ofrece soluciones para subsanar estas brechas.

En el siguiente artículo, exploramos el papel esencial que probablemente desempeñe el hidrógeno en el esfuerzo por lograr cero emisiones netas y reducir el cambio climático.

### Aspectos clave

- El hidrógeno puede ayudar a descarbonizar sectores difíciles de electrificar como el transporte, los edificios y la industria
- Una energía renovable más asequible y abundante está reduciendo el costo de producción del hidrógeno
- Las pilas de combustible de hidrógeno pueden generar electricidad sin carbono para alimentar automóviles, calentar edificios y muchos más usos
- El hidrógeno puede servir como solución de almacenamiento para diversas fuentes de energía renovables



## PREPARANDO EL TERRENO: LA ENERGÍA RENOVABLE SOLO PUEDE LLEGAR HASTA CIERTO PUNTO

La transformación hacia una energía limpia ya está en marcha, pero esto por sí solo no es suficiente. La participación de la energía renovable en la generación de electricidad mundial alcanzó el 29 % en 2020, lo que supone un incremento del 2 % con respecto a 2019 y casi un 10 % más que en 2010.<sup>9</sup> Sin embargo, los usuarios finales de electricidad representan apenas una pequeña proporción del consumo total de energía final (en 2019 eran un 17 % del total), mientras que el transporte, edificios y procesos industriales que representan el resto del consumo.<sup>10</sup> A pesar de que la energía renovable gana cada vez mayor participación en el sector de la energía, la descarbonización requiere de una transición de todos los sectores hacia la energía limpia. Los edificios, el transporte y la industria todavía dependen en gran medida de combustibles fósiles de alta emisión. En 2020, las energías renovables representaban tan solo el 12,6 % del consumo primario de energía primaria.<sup>11</sup> La electrificación directa de estos sectores puede producir un cambio significativo de la combinación de consumo de energía hacia fuentes renovables, pero la electrificación no siempre es viable o posible. El resto del consumo de energía debe proceder de otras fuentes que no generen emisiones. Aquí es donde entra el hidrógeno.

### ¿POR QUÉ HIDRÓGENO?

El hidrógeno es el elemento más abundante y ligero del universo. En condiciones normales, el hidrógeno es un gas ( $H_2$ ) que tiene un potencial inmenso como portador de energía, que contiene tres veces más contenido de energía por peso que la gasolina.<sup>12</sup> En tierra, solo se produce naturalmente unido a otros elementos en moléculas como el agua ( $H_2O$ ) y el metano ( $CH_4$ ), y debe aislarse como  $H_2$  para su uso por sí solo, a lo que comúnmente llamamos “producción de hidrógeno”.

### EL HIDRÓGENO ES EL ELEMENTO MÁS ABUNDANTE DEL UNIVERSO, PERO SOLO SE PRODUCE NATURALMENTE EN LA TIERRA EN FORMA MOLECULAR, UNIDO A OTROS ELEMENTOS



A pesar de su potencial energético, el hidrógeno se utiliza principalmente hoy en día como insumo para refinar el petróleo, tratar los metales y producir fertilizantes. Casi todo este hidrógeno se produce mediante los métodos intensivos de combustibles fósiles de reformado con vapor de metano o gasificación (hidrógeno gris).<sup>13</sup> Según la Agencia Internacional de la Energía (AIE), la producción de hidrógeno utiliza el 6 % del gas natural mundial y el 2 % del carbón mundial, lo que da como resultado una emisión de más de 830 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> por año.<sup>14</sup> Sin embargo, la producción de hidrógeno no tiene por qué ser intensiva en emisiones de carbono, y su gran potencial como portador de energía puede contribuir a la descarbonización. De hecho, la producción con niveles bajos o casi cero emisiones de carbono podría convertir el hidrógeno en un mercado de 11 billones de USD para 2050, lo que incrementaría la demanda anual de H<sub>2</sub> de las 70 megatoneladas (Mt) actuales a 613 Mt en el escenario de calentamiento de 1,5 °C.<sup>15</sup>

Los métodos de producción actuales pueden utilizar la captura y el almacenamiento de carbono (CAC) para reducir en el futuro las emisiones, en torno a un 85-95 %.<sup>16</sup> El hidrógeno producido de esta manera se denomina “hidrógeno azul”. Y, lo que es más importante, otro método de producción de hidrógeno llamado electrólisis puede llegar a producir hidrógeno sin liberar emisiones. La electrólisis del agua es el proceso de dividir el agua en H<sub>2</sub> y oxígeno utilizando una corriente eléctrica. En la práctica, la electrólisis se produce en un dispositivo llamado electrolizador, que utiliza la energía de una fuente de energía externa para producir hidrógeno, o hidrógeno electrolítico.<sup>17</sup> Cuando esta energía proviene de una fuente de energía limpia como el viento o la energía solar fotovoltaica (FV), la producción de hidrógeno es un proceso de cero emisiones y el hidrógeno resultante se denomina “hidrógeno verde”.

### LOS TRES TONOS DEL HIDRÓGENO (H<sub>2</sub>)

COLOR	PROCESO	FUENTE(S)	INTENSIDAD DEL CARBONO
Hidrógeno gris	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reformado con vapor de metano (SMR)</li> <li>Gasificación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Metano</li> <li>Carbón</li> </ul>	Alta
Hidrógeno azul	<ul style="list-style-type: none"> <li>SMR con captura y almacenamiento de carbono (CAC)</li> <li>Gasificación con CAC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Metano</li> <li>Carbón</li> </ul>	Baja
Hidrógeno verde	<ul style="list-style-type: none"> <li>Electrólisis (en un electrolizador)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Electricidad renovable</li> </ul>	Cero carbono

Fuente: IRENA (2020), Global X ETFs, julio de 2021

Si bien todos los tonos de H<sub>2</sub> tienen un potencial de energía que puede convertirse en electricidad en las celdas de combustible sin liberar emisiones directas, los métodos de producción de bajo contenido de carbono son clave para la futura economía de hidrógeno. El hidrógeno bajo en carbono tiene el potencial de llevar energía limpia a los sectores mencionados, donde la electrificación no es viable, y reducir así las emisiones de muchas otras formas. Sin embargo, esto solo puede convertirse en una realidad una vez que la transición hacia al hidrógeno verde esté bien encaminada.



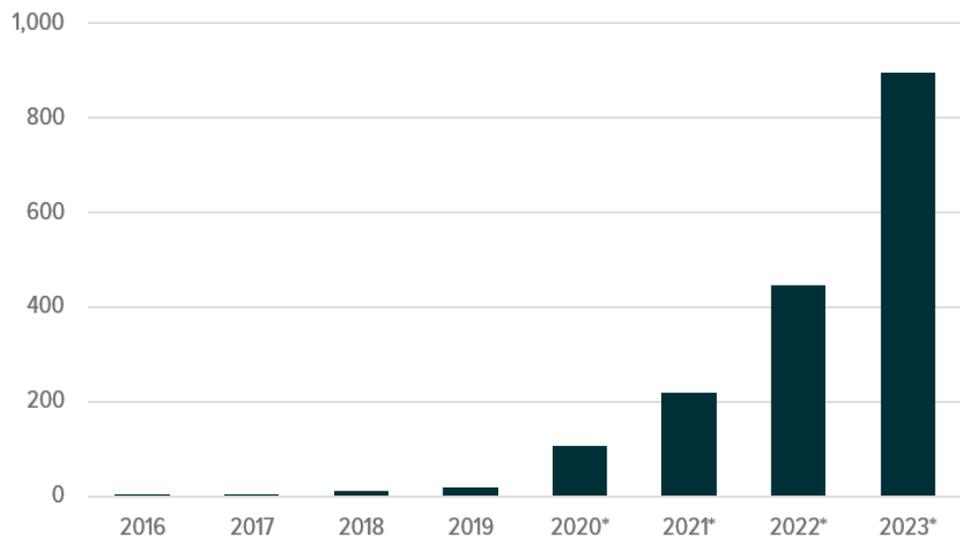
## HACER REALIDAD UNA ECONOMÍA DE HIDRÓGENO

La electrólisis produce una pequeña parte del hidrógeno actual, el cual no es muy limpio o “verde” que digamos.<sup>18</sup> ¿Por qué? Producir hidrógeno verde es caro. A marzo de 2021, el costo de producción del hidrógeno verde era de entre 3 y 6,5 USD/kg, en comparación con los 1,80 USD/kg del hidrógeno gris y los 2,40 USD/kg del hidrógeno azul.<sup>19</sup> Sin embargo, estas cifras no muestran cuánto ha avanzado la industria en la última década: en 2010, la producción de hidrógeno verde costaba entre 10 y 15 USD/kg, o aproximadamente 2,6 veces más que en la actualidad.<sup>20</sup>

El costo y la disponibilidad de la energía renovable y el costo de los electrolizadores son históricamente los principales limitantes de la producción asequible de hidrógeno verde. Pero estos obstáculos están desapareciendo. La energía renovable es más barata y está más disponible que nunca. Durante la última década, la capacidad total de generación aumentó casi 4 veces para la energía eólica y 17,5 veces para la energía solar fotovoltaica, mientras que el costo normalizado de la electricidad disminuyó hasta un 80 %.<sup>21,22</sup> Esta tendencia parece mantenerse, pues el Consejo del Hidrógeno informó en febrero de 2021 que las actuales reducciones de los costos de las energías renovables son “hasta un 15 % más bajas de lo previsto antes”.<sup>23</sup> La reducción de los costos de los electrolizadores también está impulsando una producción más barata. El costo de capital de la electrólisis cayó un 60 % entre 2010 y 2020, y en 2021, el Consejo del Hidrógeno informó de que su nueva previsión para 2030, en relación con el costo de un electrolizador, es un 30-50 % inferior al proyectado en 2020.<sup>24,25</sup>

### LA REDUCCIÓN DE LOS COSTOS DE LOS ELECTROLIZADORES ESTÁ IMPULSANDO PLANES PARA INCREMENTAR SIGNIFICATIVAMENTE LA CAPACIDAD DE ELECTRÓLISIS EN LOS PRÓXIMOS AÑOS

CRECIMIENTO DE LA CAPACIDAD DE ELECTRÓLISIS (MW/año)



Nota: Los datos fueron publicados por la AIE en junio de 2020; MW/año = megavatios por año; \*capacidad prevista  
Fuente: AIE (2020). Hidrógeno, AIE, París.



Estos acontecimientos podrían llevar el hidrógeno verde a la paridad de costos de cambio de paradigma con el hidrógeno gris en los próximos 7-13 años en varias regiones, especialmente si se gravan con impuestos las emisiones de carbono.<sup>26</sup> Aunque es una visión optimista, no es poco realista. El hidrógeno ha captado una importante atención e inversión en los últimos años. A principios de 2021, más de 75 países anunciaron su intención de lograr cero emisiones netas, 30 países presentaron planes específicos para la implementación del hidrógeno y gobiernos de todo el mundo se comprometieron a invertir 70.000 millones de USD en la cadena de valor del hidrógeno.<sup>27</sup> En cuanto al sector privado, hay cientos de proyectos relacionados con el hidrógeno en marcha o en fase de planificación, por monto de hasta 300.000 millones de USD.<sup>28</sup> Sin embargo, una economía de hidrógeno plenamente desarrollada requiere una inversión adicional significativa, que implicaría una inversión total de 15 billones de USD de aquí a 2050, según la Comisión de Transiciones de Energía.

Esperamos que los costos de producción de hidrógeno verde sigan disminuyendo, lo cual prepararía el terreno para el uso viable del hidrógeno verde.<sup>29</sup>

## **USO DEL HIDRÓGENO PARA ALIMENTAR LAS PILAS DE COMBUSTIBLE E IMPULSAR LA DESCARBONIZACIÓN**

La electrificación indirecta se refiere al uso de electricidad como insumo para los procesos industriales, en lugar de como sustituto inmediato de los combustibles fósiles.<sup>30</sup> En el contexto de la energía limpia, la electrificación indirecta se produce cuando la electrólisis produce hidrógeno. Las pilas de combustible pueden poner esta electricidad indirecta en uso, generar una corriente eléctrica al introducir una reacción electroquímica (redox) entre el hidrógeno y el oxígeno que produce únicamente calor y agua como productos derivados. Suponiendo que el hidrógeno se vuelve costoso y competitivo con los combustibles fósiles, las pilas de combustible de hidrógeno ofrecen una promesa significativa para lograr cero emisiones netas en los sectores de transporte y construcción.

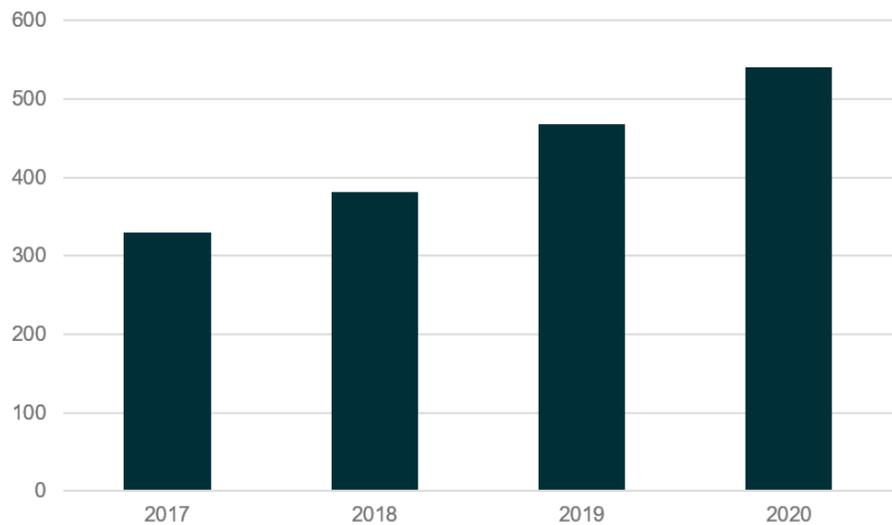
Los vehículos eléctricos con pilas de combustible (VEPC) dependen de motores eléctricos de emisión cero para la propulsión, similares a los vehículos eléctricos con batería (VEB). A diferencia de los VEB, los motores de los VEPC son alimentados por pilas de combustible que utilizan hidrógeno, almacenadas como H<sub>2</sub> en los tanques de almacenamiento incorporados y al oxígeno del aire como combustible para generar un flujo constante de electricidad. Los VEPC y los VEB comparten muchas de las mismas ventajas sobre los vehículos de motor de combustión interna, entre ellas, menos mantenimiento, cero emisiones y accionamientos más silenciosos. Pero también tienen muchas ventajas propias. Los VEPC almacenan la electricidad indirectamente como hidrógeno y no necesitan las pesadas baterías de iones de litio que utilizan los VEB para almacenar la electricidad. Como resultado de ello, son significativamente más ligeros, pueden ofrecer una mayor autonomía, funcionan a todas las temperaturas y recargar combustible es muy rápido.<sup>31</sup> Como desventaja, los VEPC son menos eficientes que los VEB desde el punto de vista energético, pierden energía de manera indirecta como calor a través de la producción de hidrógeno basada en la electrólisis y pierden energía de manera indirecta como calor cuando las pilas de combustible generan electricidad.



Los VEPC están aún en una fase temprana y los potenciales consumidores disponen de un número limitado de opciones de VEPC. La carga de un VEPC presenta un desafío adicional, ya que hay poco menos de 550 estaciones de carga de hidrógeno en todo el mundo.<sup>32</sup> La buena noticia es que las estaciones de carga están en aumento, y hay casi 170 nuevas en construcción o en fase de planificación (excluye EE. UU.).<sup>33</sup> Prevemos que esta expansión se acelere aún más a medida que aumente la producción de hidrógeno verde y la adopción de los VEPC se convierta en un componente explícito de los planes de descarbonización mundiales. Es importante tener en cuenta que los vehículos eléctricos tradicionales siguen siendo una parte esencial de la electrificación general y no está previsto sustituirlos por vehículos eléctricos con pilas de combustible. Como se ha señalado, cada uno tiene sus propias fortalezas y debilidades. Creemos que los VEB son la mejor opción para sustituir los vehículos de pasajeros con motor de combustión interna, que no requieren una autonomía significativa y para los cuales un uso constante entre cargas podría compensar el consumo de la batería. Los VEPC, por otro lado, son mejores opciones para sustituir los camiones, autobuses suburbanos y otros vehículos con motor de combustión interna, de larga distancia de servicio y con carga media a pesada. Los VEPC ofrecen mucho más autonomía que los VEB y son mucho más ligeros, una característica importante para los vehículos que ya transportan carga pesada y a menudo están sujetos a restricciones y tarifas basadas en el peso.

**AUNQUE LAS ESTACIONES DE CARGA DE HIDROGENO SON DISPERSAS, EL CRECIMIENTO DE LA CANTIDAD DE ESTACIONES PODRÍA SER UN INDICADOR DE LA DEMANDA FUTURA DE LOS VEPC**

ESTACIONES DE CARGA DE HIDRÓGENO A FIN DE AÑO (CANT. DE ESTACIONES)



Fuente: Jülich Forschungszentrum, 2021.

El hidrógeno también tiene el potencial de ayudar a descarbonizar edificios, que en su mayor parte utilizan gas natural o petróleo para calentar y generar electricidad. La electrificación en el sector de los edificios está más rezagado que otros sectores, principalmente porque las alternativas al gas natural con costos competitivos son reducidas. Sin embargo, las pilas de combustible de hidrógeno para la tecnología combinada de calor y electricidad podrían servir como una alternativa viable de bajo contenido de carbono ya para 2030, según el Consejo del Hidrógeno.<sup>34</sup> Esta tecnología genera electricidad para iluminar de la misma manera que una pila de combustible lo hace en un VEPC, pero también utiliza el calor derivado de la pila de combustible para calentar agua y calentar los ambientes. Teniendo en cuenta que los edificios representan el 33 % de la demanda de energía mundial y el 25 % de las emisiones mundiales, prevemos que la tecnología combinada de calor y electricidad a partir de pilas de combustible de hidrógeno y otras opciones energéticas basadas en hidrógeno tendrán un papel preponderante en los esfuerzos de descarbonización de este segmento.<sup>35</sup>

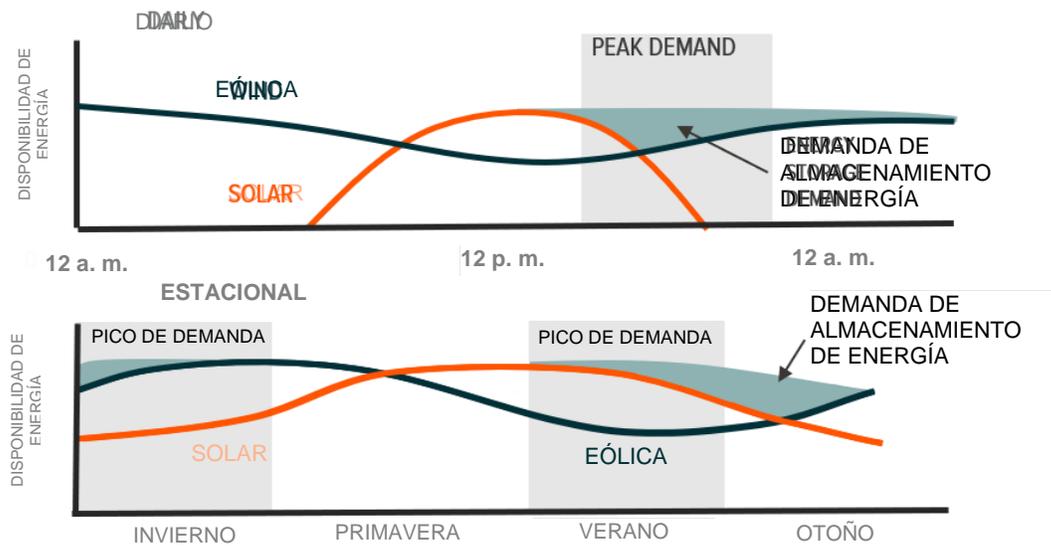


## GENERAR ENERGÍA RENOVABLE VARIABLE CON HIDRÓGENO VERDE

Como se mencionó, para generar hidrógeno verde, es fundamental que la producción de energía renovable esté más ampliamente disponible y sea más asequible, pero esta dinámica va en ambos sentidos. El almacenamiento de energía es vital para la integración generalizada de fuentes de energía renovable variable, como la energía eólica y solar fotovoltaica, para las que los factores ambientales afectan directamente a la generación de electricidad. Una fuente de energía renovable variable puede generar más o menos electricidad que la demanda, dependiendo de si el viento sopla o el sol brilla.<sup>36</sup> Integrar múltiples tipos de energía renovable variable puede llenar las brechas de generación diarias y estacionales, pero almacenar energía renovable de manera eficiente da una mayor flexibilidad y permite el uso creativo del excedente de electricidad.

### EL ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA A LARGO PLAZO PUEDE PERMITIR LA INTEGRACIÓN DE FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE VARIABLE EN LA RED. EN BATERÍA, EL HIDRÓGENO PUEDE SATISFACER ESTAS NECESIDADES

PATRONES DE GENERACIÓN PARA FUENTES DE ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR  
GENERATION PATTERNS FOR WIND & SOLAR ENERGY SOURCES



Nota: El gráfico es ilustrativo y no refleja cifras exactas ni aproximadas.  
Fuente: Congressional Research Service, Global X ETFs, julio de 2021.

El hidrógeno verde presenta características de almacenamiento muy ventajosas, ya que puede almacenar energía para adaptarse a las fluctuaciones estacionales en la generación, a diferencia de las baterías de iones de litio a escala de red que pierden gradualmente su carga por el consumo de la batería.<sup>37</sup> Aunque la energía se pierde como calor durante la electrólisis, el H<sub>2</sub> mantiene su potencial mientras se almacena correctamente. Esta característica única ofrece beneficios más allá de simplemente proporcionar energía a demanda; puede ayudar a estabilizar los precios de la electricidad, lo que mejora la recuperación de costos y permite incrementar las capacidades.<sup>38</sup> Al mismo tiempo, estas sinergias podrían impulsar más economías de escala para el hidrógeno ecológico a medida que los productores de energía renovable invierten en electrolizadores para aumentar la capacidad de almacenamiento de hidrógeno.

## INVERSIÓN EN HIDRÓGENO

El hidrógeno es el elemento más abundante en el universo y los compuestos basados en hidrógeno forman parte de nuestras vidas diarias a toda hora. Sin embargo, no fue hasta hace poco que el hidrógeno entró en la vanguardia de la formulación de políticas, el desarrollo de proyectos y la inversión. Creemos que el hidrógeno representa la próxima generación de tecnologías limpias, al ofrecer un camino hacia la descarbonización más allá del sector de la energía. Aunque el hidrógeno aún se encuentra en sus primeras etapas, creemos que invertir en hidrógeno y otras tecnologías limpias se beneficiará de los vientos de cola en la innovación sostenible que están remodelando nuestro mundo.

### Temas secundarios del hidrógeno

- Producción de hidrógeno: La producción, el transporte, el almacenamiento y la distribución de hidrógeno (incluido el hidrógeno verde) que puede utilizarse como fuente de energía para fines industriales y/o comerciales.
- Pilas de combustible de hidrógeno: El desarrollo y/o fabricación de pilas de combustible (y sus componentes) que convierten la energía química en electricidad y calor, impulsadas por combustible de hidrógeno y/o gas rico en hidrógeno reformado.
- Tecnología de hidrógeno: La producción de electrolizadores de hidrógeno, tanques y oleoductos, infraestructura comercial y residencial, generadores, motores y vehículos alimentados por pilas de combustible de hidrógeno, así como estaciones de carga de hidrógeno
- Integración del hidrógeno: Servicios de ingeniería y consultoría para la adopción y utilización de fuentes de combustible basadas en hidrógeno a nivel residencial, comercial e industrial.

---

Las inversiones suponen riesgos, lo que incluye una posible pérdida de capital. Las empresas de hidrógeno suelen enfrentarse a una competencia intensa, ciclos de vida de productos cortos y obsolescencia de productos potencialmente rápida. Estas empresas pueden verse muy afectadas por las fluctuaciones en los precios de la energía, así como por la oferta y la demanda de energía renovable, los incentivos fiscales, los subvenciones y otras políticas y regulaciones gubernamentales. Las inversiones en empresas más pequeñas suelen tener una mayor volatilidad.



- <sup>1</sup> NASA, “2020 Tied for Warmest Year on Record, NASA Analysis Shows”, 14 de enero de 2021.
- <sup>2</sup> Financial Times, “Record June heat in North America and Europe linked to climate change”, 9 de julio de 2021.
- <sup>3</sup> USA Today, “The heat wave in the West ‘virtually impossible’ without climate change”, 7 de julio de 2021.
- <sup>4</sup> KATU ABC 2 Oregon, “Oregon’s heat wave death toll hits 116 on Wednesday”, 7 de julio de 2021.
- <sup>5</sup> NADA, “A Scorching in Siberia and Europe”, julio de 2021.
- <sup>6</sup> Bloomberg, “Annual Greenhouse Gas Emissions”, consultado el 12 de julio de 2021.
- <sup>7</sup> NASA, “The Causes of Climate Change”, consultado el 12 de julio de 2021.
- <sup>8</sup> IRENA, “World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway”, marzo de 2021.
- <sup>9</sup> AIE, “Global Energy Review 2021”, abril de 2021.
- <sup>10</sup> REN21, “Renewables 2021: Global Status Report”,
- <sup>11</sup> BP, “Statistical Review of World Energy 2021”, julio de 2021.
- <sup>12</sup> Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, “Hydrogen explained”, consultado el 10 de julio de 2021.
- <sup>13</sup> IRENA, “Making the breakthrough: Green hydrogen policies and technology costs”, 2021.
- <sup>14</sup> IEA, “The Future of Hydrogen”, junio de 2019.
- <sup>15</sup> CNBC, “Hydrogen is at a ‘tipping point’ with \$11 trillion market set to explode, says Bank of America”, 27 de septiembre de 2020.
- <sup>16</sup> IRENA, “Making the breakthrough: Green hydrogen policies and technology costs”, 2021.
- <sup>17</sup> Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, “Hydrogen Production: Electrolysis”, consultado el 10 de julio de 2021.
- <sup>18</sup> IEA, “The Future of Hydrogen”, junio de 2019.
- <sup>19</sup> S&P Global, “Experts explain why green hydrogen costs have fallen and will keep falling,” marzo de 2021.
- <sup>20</sup> IRENA, “Green Hydrogen Policy”, noviembre de 2020.
- <sup>21</sup> IRENA, “Installed Capacity Trends”, consultado el 22 de junio de 2021.
- <sup>22</sup> Energy Transitions Commission, “Making Mission Possible: Delivering a Net-Zero Economy”, septiembre de 2020.
- <sup>23</sup> Hydrogen Council, “Hydrogen Insights: A perspective on hydrogen investment, market development and cost competitiveness”, febrero de 2021.
- <sup>24</sup> IRENA, “Green Hydrogen Policy”, noviembre de 2020.
- <sup>25</sup> Hydrogen Council, “Hydrogen Insights: A perspective on hydrogen investment, market development and cost competitiveness”, febrero de 2021.
- <sup>26</sup> Ibid.
- <sup>27</sup> Ibid.
- <sup>28</sup> Ibid.
- <sup>29</sup> Reuters, “\$15 trillion global hydrogen investment needed to 2050-research”, 26 de abril de 2021.
- <sup>30</sup> Vattenfall, “Electricity as an enabler”, consultado el 12 de julio de 2021.
- <sup>31</sup> BMW, “Hydrogen fuel cell cars: everything you need to know”, 22 de septiembre 2020.
- <sup>32</sup> Jülich Forschungszentrum, “Deployment Status of Fuel Cells in Road Transport: 2021 Update”, 2021.
- <sup>33</sup> Hydrogen Tools, “International Hydrogen Fueling Stations”, 31 de marzo de 2021.
- <sup>34</sup> Hydrogen Council, “Path to Hydrogen Competitiveness: A Cost Perspective”, enero de 2020.
- <sup>35</sup> IEA, “Net Zero by 2050 – A Roadmap for the Global Energy Sector”, mayo de 2021.
- <sup>36</sup> IRENA, “Global Renewables Outlook: Energy Transformation 2050”, 2020.
- <sup>37</sup> IRENA, “Making the breakthrough: Green hydrogen policies and technology costs”, 2021.
- <sup>38</sup> IRENA, “Green Hydrogen Policy”, noviembre de 2020.
- <sup>39</sup> Solactive Global Hydrogen Index Methodology. Si hay menos de 25 empresas dedicadas exclusivamente al hidrógeno, el índice incluirá las empresas cuyas operaciones comerciales principales se basan en actividades de hidrógeno, pero que actualmente no generan ingresos o generan ingresos de menos de 50

