



OTROS
DOCUMENTOS

2023



El mercado del hidrógeno verde en Suiza

Oficina Económica y Comercial
de la Embajada de España en Berna

Este documento tiene carácter exclusivamente informativo y su contenido no podrá ser invocado en apoyo de ninguna reclamación o recurso.

ICEX España Exportación e Inversiones no asume la responsabilidad de la información, opinión o acción basada en dicho contenido, con independencia de que haya realizado todos los esfuerzos posibles para asegurar la exactitud de la información que contienen sus páginas.

icex



OTROS
DOCUMENTOS

15 de diciembre de 2023
Berna

Este estudio ha sido realizado por
Aitziber Zabala Amezaga

Bajo la supervisión de la Oficina Económica y Comercial
de la Embajada de España en Berna

<http://berna.oficinascomerciales.es>

Editado por ICEX España Exportación e Inversiones, E.P.E.

NIPO: 114-23-011-6



Índice

1. Presentación	4
2. Definición del sector	6
3. Estrategia de hidrógeno en la UE	8
4. Estrategia federal para el hidrógeno en Suiza	9
5. Tamaño del mercado	11
5.1. Asociación suiza de productores de hidrógeno	11
5.2. Escenario energético actual en Suiza	12
5.3. Producción de hidrógeno en Suiza	13
5.4. Transporte, almacenamiento y distribución	16
5.5. Demanda de hidrógeno en Suiza	18
5.6. Importación futura de hidrógeno	19
6. Precios	21
6.1. Perspectivas del precio del hidrógeno	21

1. Presentación

En la actualidad, el hidrógeno ofrece un gran potencial para contribuir significativamente a la neutralización de las emisiones de gases de efecto invernadero, desempeñando un papel fundamental como materia prima en procesos industriales y químicos.

Su utilidad es especialmente destacada en situaciones en las que no existen otras alternativas renovables, como por ejemplo en la generación de calor a alta temperatura o como sistema de almacenamiento estacional para la producción eléctrica. Sin embargo, cabe destacar que el grado de eficiencia de la conversión del hidrógeno en electricidad sigue siendo relativamente reducido.

Dado que aún no existe una red europea, ni una producción global muy significativa, la demanda de hidrógeno en Suiza tendrá que ser satisfecha, por el momento, por la producción nacional. En concreto, está previsto que su producción en el país se lleve a cabo en centrales eléctricas e instalaciones industriales que generen y transporten la materia *in situ*, según el informe presentado por el Consejo Federal Suizo, [Hidrógeno: Interpretación y opciones de acción para Suiza](#). Por el lado de la demanda, la Confederación Helvética está llevando a cabo una serie de investigaciones sobre la futura demanda de hidrógeno en el país.

El almacenamiento, por su parte, plantea grandes desafíos, ya que aún no hay disponibles en el país helvético instalaciones de gas a gran escala. Alternativamente, el hidrógeno también podría transformarse en energía sintética líquida. Sin embargo, a largo plazo, se espera que el abastecimiento por la UE y terceros países resulte más rentable que la producción nacional suiza, lo que impulsará notablemente las importaciones de hidrógeno.

El transporte del hidrógeno se realiza a través de gasoductos reconvertidos o de nueva construcción y por carretera. Conforme al informe mencionado, **la infraestructura de transporte y distribución en Europa permitirá la importación por parte de Suiza a partir del año 2035.**

El establecimiento del mercado de hidrógeno en Suiza requiere de una estrecha colaboración entre la industria, el Gobierno federal, los cantones, las ciudades y los municipios. Así, las diversas leyes federales actuales, tales como la *Ley Federal de Seguridad del Suministro de Electricidad y Energías Renovables* y la *Ley de Protección del Clima e Innovación*, junto con la *Ley del CO₂* y los diferentes proyectos de aceleración de la producción de energías renovables, ya contemplan numerosos incentivos para el desarrollo de un mercado nacional.

Según la Asociación de Empresas Eléctricas Suizas (VSE), el hidrógeno que se importará se utilizará para producir electricidad en invierno. Esto se debe a que en esa época del año el sol y el agua suministran relativamente poca electricidad, y, por tanto, la Confederación Helvética depende en gran medida (40 %) de las importaciones de energía.



Se espera que el Consejo Federal Suizo presente su estrategia nacional definitiva durante el segundo semestre de 2024, evaluando, evidentemente, todas las condiciones marco que respalden el desarrollo del mercado nacional de hidrógeno, incluida la conexión del país con la futura red europea de hidrógeno.

Según indican los planteamientos precursores a la estrategia, “Las medidas de apoyo se centrarán en las infraestructuras, instalaciones y vehículos necesarios para la producción, importación, almacenamiento y distribución de hidrógeno neutro en emisiones de CO₂. En particular, se considerarán especialmente relevantes **las contribuciones a la inversión, las deducciones fiscales, la simplificación de los requisitos de ordenación territorial, el aumento de los derechos de construcción para nuevas infraestructuras o instalaciones, así como la normalización de los requisitos a nivel nacional.**”

Cabe destacar que el [sector eléctrico](#) también está apostando por el uso del hidrógeno. Hasta la fecha, su aplicación ha sido muy limitada en Suiza, pero **a partir de 2040 se espera que el hidrógeno generado a partir de fuentes de electricidad renovable se convierta en un elemento fundamental del suministro eléctrico del país.**



2. Definición del sector

El **hidrógeno (H₂)** es la sustancia más abundante, ligera y simple del planeta, y se utiliza en múltiples aplicaciones industriales y energéticas. En función de su forma de producción, se distingue entre el **hidrógeno gris**, que se extrae a partir de combustibles fósiles, como el gas natural o el carbón; el **hidrógeno azul**, que se produce también a partir de combustibles fósiles, pero aplicando procesos de captura de emisiones de dióxido de carbono; el **hidrógeno rosa**, que se produce a partir de la energía nuclear, y el **hidrógeno verde**, obtenido a partir de fuentes de energía renovable y cuyo nivel de emisiones es muy bajo o nulo. Este último se posiciona como una fuente de energía limpia que únicamente emite vapor de agua y no deja residuos en el aire, a diferencia del carbón y el petróleo.

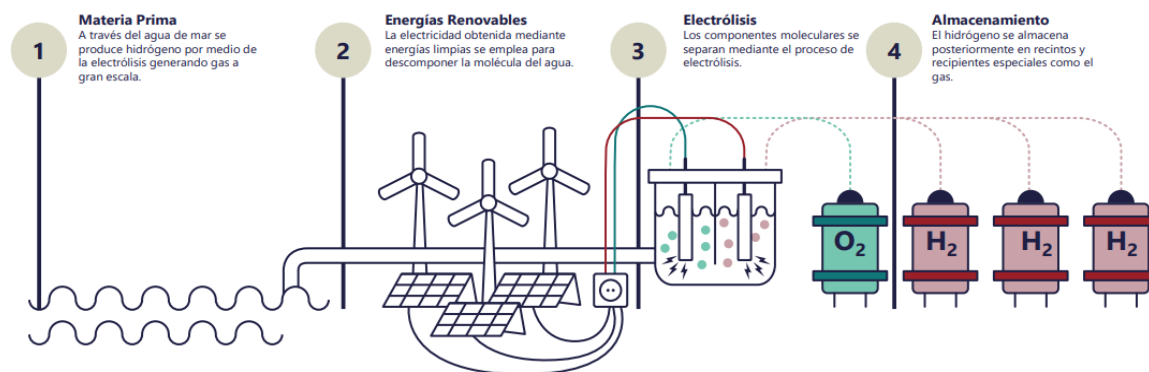
Su versatilidad y numerosas aplicaciones, así como la irreversible necesidad mundial de reducir emisiones, lo sitúan como un elemento prioritario en la agenda política internacional para la lucha contra el cambio climático. En concreto, mediante la transformación en hidrógeno verde de la producción excedentaria de energías renovables se permite el aprovechamiento de esta última, la cual en otro caso no sería almacenable.

No obstante, cabe destacar que la producción sostenible de esta sustancia presenta como principal reto la relativamente baja eficiencia de su generación, en la medida en que la electrólisis requiere un *input* de energía elevado en comparación con el volumen de hidrógeno que se obtiene. Así, el uso del hidrógeno verde resulta **técnica y económicamente eficiente únicamente en aquellos casos en los que no resulta posible la conexión a la red eléctrica**, como es el caso señaladamente de los **vehículos pesados de transporte por carretera**, la **aviación** o el **transporte marítimo**.

Por otro lado, los costes relativamente elevados de la generación de hidrógeno verde conducen a que las autoridades se planteen con frecuencia recurrir a una combinación de la generación de este con hidrógeno azul y rosa.

Así, el hidrógeno verde es el resultado de un proceso que se denomina **electrólisis del agua**, que consiste en la ruptura de la molécula del agua (H₂O), para separar el hidrógeno (H₂), del oxígeno (O₂) mediante electrolizadores que emplean altas cantidades de electricidad producida de forma renovable. Si bien los retos a los que se enfrenta la industria son diversos, la gran mayoría recaen sobre la cadena de valor: **producción, acondicionamiento, almacenamiento y transporte**.

¿CÓMO SE PRODUCE EL HIDRÓGENO VERDE?



Fuente: Ministerio de Energía (2020). Estrategia Nacional de Hidrógeno verde en Chile.

Tal y como se ha mencionado, la electrólisis del hidrógeno puede producirse mediante varios procesos. Según [Acciona](#), estas vías de producción están asociadas a una amplia gama de emisiones, dependiendo de la tecnología y fuente de energía utilizadas. El color asignado al hidrógeno es, así, una forma de clasificarlo en función de su origen y de la cantidad de dióxido de carbono liberado durante su generación.

NIVEL DE EMISIONES DE CO₂ POR TIPOLOGÍA DE HIDRÓGENO

Tipología	Fuente de energía empleada	Método de obtención	Nivel de emisión de CO ₂
Hidrógeno gris	Combustibles fósiles, gas natural y carbón.	Se aplica vapor de agua a alta temperatura y moderada presión al gas, obteniendo como resultado de la reacción química hidrógeno y dióxido de carbono.	Elevado (>220 g/kWh)
Hidrógeno azul	Combustibles fósiles, gas natural, carbón y energía nuclear.	Se trata del mismo proceso que para la obtención del hidrógeno gris, pero con la diferencia de que el dióxido de carbono liberado en el proceso se captura para su posterior almacenamiento y así, evitar emisiones de gases de efecto invernadero.	En el caso de los combustibles fósiles, el CO ₂ se retira mediante captura y almacenamiento. La energía nuclear tiene un nivel de emisiones muy bajo, lo que permite un amplio rango de reducción de las emisiones de CO ₂ frente a lo que sucede en el caso del hidrógeno gris (30-220 g/kWh)
Hidrógeno verde	Energías renovables y biogás.	Mediante la electrólisis del agua, que consiste en la aplicación al agua de una corriente eléctrica obtenida a partir de energías renovables, mediante la que se consigue una liberación de electrones que separan el hidrógeno del oxígeno.	Prácticamente nulo (<30 g/kWh)

Fuente: Ministerio de Energía (2020).

3. Estrategia de hidrógeno en la UE

En el marco de la [Estrategia de Hidrógeno de la Comisión Europea \(2020\)](#), que impulsa la producción limpia de hidrógeno en Europa, numerosas empresas se han alineado con el Marco Europeo de Acción contra el Cambio Climático. El hidrógeno tiene diversas aplicaciones y se puede utilizar como materia prima, combustible o portador de energía y almacenamiento.

Con gran potencial para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en la industria, el transporte, la energía y el sector de la construcción, el plan de recuperación de la Comisión Europea, denominado [Next Generation EU](#), destaca el hidrógeno como una prioridad de inversión para estimular el crecimiento económico, crear empleos locales y consolidar el liderazgo global de la UE.

La Comisión Europea ha estructurado la estrategia en tres fases con objetivos específicos:

- **Actualidad hasta 2024:** Se apoyará la instalación de al menos 6 GW de electrolizadores de hidrógeno renovable en la UE y la producción de hasta 1 millón de toneladas de hidrógeno renovable.
- **De 2025 a 2030:** El hidrógeno debe convertirse en una parte intrínseca de nuestro sistema energético integrado, con al menos 40 GW de electrolizadores de hidrógeno renovable y la producción de hasta 10 millones de toneladas de hidrógeno renovable en la UE.
- **A partir de 2030:** El hidrógeno renovable se implementará a gran escala en la cadena de valor de todos los sectores difíciles de descarbonizar.

La Unión Europea tiene como prioridad el desarrollo del hidrógeno limpio y renovable, principalmente generado mediante energía eólica y solar, con el objetivo de descarbonizar la economía y lograr la neutralidad climática a largo plazo. Para alcanzar estos objetivos, se implementarán las siguientes iniciativas:

- Incremento de la producción de hidrógeno limpio mediante el establecimiento de una cadena de valor industrial sostenible.
- Impulso de la demanda de hidrógeno limpio proveniente de aplicaciones industriales y tecnologías de movilidad.
- Establecimiento de un marco de apoyo, mercados eficientes, reglas claras, así como una infraestructura y redes logísticas a medida.
- Fomento de la investigación y la innovación en tecnologías de hidrógeno limpio.

4. Estrategia federal para el hidrógeno en Suiza

El 15 de noviembre de 2023, el Consejo Federal suizo presentó su informe [Hidrógeno: Interpretación y opciones de acción para Suiza](#), el cual analiza el papel futuro que el hidrógeno desempeñará en el marco energético del país.

Marianne Zünd, responsable del departamento de Medios de Comunicación y Política de la Oficina Federal de Energía, resaltó que dicho informe establece los fundamentos para la formulación de una estrategia nacional de hidrógeno, la cual será presentada por el Consejo Federal en el segundo semestre de 2024.¹

Durante la sesión, se abordaron aspectos cruciales como el origen, transporte y condiciones marco para la expansión del mercado del hidrógeno. Se puso énfasis en la futura demanda de hidrógeno en Suiza, destacando su importancia en la transición hacia emisiones netas nulas de CO₂. También se discutieron opciones para la producción nacional, almacenamiento y transporte de hidrógeno, así como la necesidad de colaboración entre diversos actores para el óptimo desarrollo del mercado.

De acuerdo con el [estudio sobre el consumo de energía en Suiza hasta 2050](#), Suiza experimentará una transformación energética significativa, donde la electricidad y el hidrógeno asumirán papeles protagónicos, reemplazando progresivamente a los combustibles fósiles (gasolina y gas) en el **sector del transporte y la calefacción**. El coche eléctrico sustituirá a los vehículos de gasolina y diésel, y se instalarán bombas de calor eléctricas en las casas en lugar de sistemas de calefacción de gasoil. Así, los expertos están convencidos de que en unos años la electricidad será la forma de energía dominante en el país helvético.

Este cambio, respaldado por la Asociación de Empresas Eléctricas Suizas ([VSE](#)) y los Laboratorios Federales Suizos de Ciencia y Tecnología de Materiales ([EMPA](#)), implica una transición masiva hacia la electrificación, buscando la producción doméstica de electricidad renovable y libre de CO₂. Al menos, así lo manifiesta Michael Frank, director de la Asociación de Empresas Eléctricas Suizas (VSE).

No obstante, esta transición conlleva la necesidad de una ampliación sustancial de la capacidad de producción nacional de electricidad durante los próximos años, considerando también la clausura

¹ “El Consejo Federal presenta un informe sobre el futuro papel del hidrógeno en Suiza”: [Bundesrat legt Bericht zur künftigen Rolle von Wasserstoff in der Schweiz vor \(admin.ch\)](#)
“La electricidad y el hidrógeno sustituirán a la gasolina y el gas”: [Energiezukunft 2050 - Strom und Wasserstoff werden Benzin und Gas ablösen - News - SRF](#)

prevista de las centrales nucleares existentes en el país, así como el aumento general del consumo eléctrico de la población. Según el VSE, actualmente se consume un total de 60 teravatios hora de electricidad anual, mientras que en el futuro se espera que este consumo se incremente a 90 teravatios hora.

En una primera fase, este proceso de electrificación será liderado y financiado por inversiones estatales y de las empresa eléctricas, que, en cualquier caso, son propiedad total o parcial del sector público en Suiza. En cuanto al largo plazo, la industria está convencida de que la expansión del sector será un negocio rentable, especialmente a nivel internacional.

La energía fotovoltaica, en particular, será esencial pues se convertirá en un pilar en el suministro de la energía doméstica. *“Es una tecnología ampliamente aceptada por la sociedad y está disponible a precios razonables”* señala el director de VSE.

Por otro lado, se contempla el hidrógeno como un componente fundamental en esta nueva era energética, esperando que, se convierta en un elemento clave producido a partir de fuentes de electricidad renovables para el suministro de la energía del país, y transportado **a gran escala a partir de 2040**.

Se vislumbra la posibilidad de una **red europea de gaseoductos** (“red troncal de hidrógeno”), con Suiza desempeñando una importante conexión entre el norte y el sur en la transmisión de este recurso, a través de los Alpes.

Por lo tanto, el hidrógeno podría utilizarse algún día como sustituto del gas natural en la Confederación Helvética, tanto en la industria como en el sector del transporte. Y a pesar de los desafíos asociados con la producción masiva de hidrógeno verde, se proyecta que este gas se convierta en un actor destacado en la matriz energética suiza.

5. Tamaño del mercado

5.1. Asociación suiza de productores de hidrógeno

La **Asociación Suiza de productores de hidrógeno** ([Verein der H2-Produzenten](#)) tiene como objetivo principal planificar y ejecutar la producción de hidrógeno verde en Suiza, aglutinando a empresas y organizaciones involucradas en la producción y distribución de H₂ en el país.

Las empresas miembros se benefician del conocimiento colectivo de la producción, comercialización y distribución del hidrógeno verde. Asimismo, la asociación proporciona información acerca del desarrollo del mercado y apoya económica y burocráticamente en la planificación y construcción de instalaciones de producción de H₂. Su finalidad es contribuir a la transición hacia una energía más sostenible en sectores como la movilidad y la industria.

Algunos de los actores clave que pertenecen a esta asociación son:

- **Axpo:** Ofrece soluciones energéticas innovadoras. Es la mayor productora suiza de energía renovable. Líder internacional en comercio y promoción de energía solar y eólica.
- **Ebs Energie AG:** Empresa regional de energía renovable, sobre todo hidroeléctrica.
- **EWA-EnergieUri:** Proveedor líder de servicios energéticos. Su suministro es libre de CO₂.
- **Energie Zürichsee Linth AG:** Suministra energía a clientes industriales, comerciales y residenciales en los cantones de San Galo, Schwyz y Glarus, utilizando fuentes respetuosas con el medio ambiente, como el biogás.
- **GreenH2:** Productora y suministradora de hidrógeno verde con el fin de reducir las emisiones de CO₂.
- **Gruyère Hydrogen Power SA:** Produce y suministra hidrógeno verde a los sectores industriales y de la movilidad. Actualmente, la compañía almacena energías flexibles e innovadoras.
- **Hydrospider:** Asegura la producción, adquisición y logística del hidrógeno verde. Es la primera productora suiza a nivel industrial. Opera una planta de electrólisis de 2 MW en la central hidroeléctrica de Gösgen desde 2020. Suministra básicamente a estaciones de servicio en Suiza.
- **LIECHTENSTEIN WÄRME:** Proveedor de gas y calefacción en Liechtenstein. Con un enfoque de aumento de la eficiencia energética y reducción de gases con efecto invernadero, promueve las energías renovables mediante la inyección de biogás, gas sintético e hidrógeno verde.
- **OIKEN:** Como uno de los principales actores de la transición energética, ofrece soluciones integrales y sostenibles.
- **PanGas AG:** Líder en el país en el ámbito de gases industriales. Promueven el hidrógeno como combustible respetuoso con el medio ambiente y como medio de almacenamiento y transporte innovador para la energía generada de manera regenerativa.

- **Repower:** Suministran servicios de energía en Suiza e Italia. Centrados en la producción, comercio, distribución y venta de toda la cadena de valor eléctrica.
- **Romande Energie:** Principal proveedor de electricidad en la Suiza francófona, ofrece soluciones sostenibles para reducir las emisiones de CO₂ y convertir la región en la primera climáticamente neutral del país.
- **SAK:** Sus campos comerciales abarcan desde la generación y entrega de electricidad, pasando por la red de fibra óptica con servicios de Internet, telefonía y televisión, y hasta instalaciones fotovoltaicas y estaciones de carga para vehículos.
- **Satom SA:** Especializada en el tratamiento y valorización térmica de residuos, así como en la metanización de residuos verdes para generar energía limpia.
- **SIG:** Suministran agua potable, electricidad, gas y energía térmica, apoyando a las denominadas “Ciudades Inteligentes”. Ubicados en el cantón de Ginebra, tratan aguas residuales, valoran los residuos y generan programas de eficiencia energética.
- **Swiss H2 Generation:** Soluciones en todas las etapas de la cadena de valor del hidrógeno renovable. Iniciativa que nace de dos empresas conjuntas *Groupe E SA* y *ENGIE Services AG*.

5.2. Escenario energético actual en Suiza

La posición industrial helvética² requiere de una transformación en el suministro eléctrico para preservar su prosperidad basada en la disponibilidad y asequibilidad de la energía. Sin embargo, es imperativo tomar decisiones rápidas. Además de fomentar las energías renovables, el país **requiere mayor capacidad de almacenamiento y nuevas centrales eléctricas a gran escala** para satisfacer la creciente demanda prevista para 2050, lo que a su vez ofrece oportunidades para fortalecer la industria.

La escasa producción nacional, unida a la excesiva dependencia de las importaciones eléctricas estructurales (durante todo el invierno) y la falta de diversificación en las fuentes de energía, se han acentuado con el bloqueo de suministro de gas natural ruso y la reducción de la energía nuclear en Europa, sobre todo en Francia.

Adicionalmente, según la ETH (Escuela Politécnica Federal de Zúrich - Eidgenössische Technische Hochschule), el consumo de electricidad en Suiza aumentará entre un 30 % y un 50 % en los próximos años.

La insuficiencia de la producción eléctrica en Suiza es un problema conocido, considerando así inviable algunos expertos el programa de la [Estrategia Energética 2050](#). Algunos observadores critican que la resistencia de diversas organizaciones medioambientales y partidos políticos

² Artículo de NZZ: [Speicherkapazitäten und neue Grosskraftwerke für die Schweiz \(nzz.ch\)](#)
Formato audiovisual: <https://cdn.jwplayer.com/previews/2mT2noVj>

ecologistas haya obstaculizado una mayor expansión de las energías renovables, bloqueando nuevas centrales hidroeléctricas e instalaciones de energía solar durante muchos años.

Sin embargo, las medidas de emergencia no resuelven la crisis a largo plazo. Suiza, expuesta a la escasez eléctrica del continente, se ve en la necesidad de actuar rápidamente para producir más electricidad y desarrollar capacidades de almacenamiento propias adicionales, con el fin de dejar de depender de la entrega de electricidad proveniente de otros países de Europa. Para ello, el Parlamento suizo ya ha dado un paso importante con su iniciativa solar, permitiendo la construcción de varias plantas solares de cara al 2025. No obstante, el fortalecimiento de la industria depende principalmente del establecimiento rápido de condiciones marco fiables y de las políticas adecuadas de largo plazo.

El sector de la energía es decisivo para que el país helvético pueda mantener su posición de liderazgo económico. Durante mucho tiempo, Suiza fue un país exportador neto de electricidad, y gracias a su estratégica ubicación en el corazón de Europa, ha podido influir en el mercado eléctrico continental.

5.3. Producción de hidrógeno en Suiza

El hidrógeno, al ser el elemento químico más simple, es el candidato ideal como combustible debido a su ligereza, capacidad de almacenamiento y ausencia de emisiones contaminantes. A pesar de no ser una fuente de energía primaria, es considerado un **vector energético**, lo que significa que requiere un proceso químico para su obtención.

Existen diferentes métodos para producir hidrógeno y su sostenibilidad depende en gran medida del proceso utilizado. Entre los métodos más comunes se encuentran:

- **Transformación molecular:** Utiliza reacciones químicas, siendo lo más común el reformado de gas natural, que disocia el carbono del hidrógeno.
- **Gasificación:** Se realiza con vapor de agua y oxígeno puro a partir de carbón o biomasa, generando hidrógeno y monóxido de carbono.
- **Electrólisis del agua:** Rompe la molécula de agua en oxígeno e hidrógeno mediante una corriente eléctrica continua. Este método es más sostenible cuando se utiliza energía renovable.

Ciertos miembros de la [Asociación Suiza de productores de Hidrógeno](#) ya están operando en plantas de producción de hidrógeno verde. Algunos de los proyectos que se están ejecutando actualmente son:

- [Alpiq: Hydros spider AG](#) se formó a partir de una cooperación entre Alpiq y **H2 Energy**, ambas con participaciones iguales en la empresa (45 % de las acciones cada una). El 10 % restante está en manos de la alemana Linde GmbH.

Hydrospider se centra en la producción, distribución y comercialización de hidrógeno producido íntegramente a partir de energías renovables, orientando su uso exclusivamente al transporte pesado.

La iniciativa de H2 Energy, [Hydrospider](#), junto con Hyundai Hydrogen Mobility (HHM) y el Förderverein H2 Mobilität Schweiz, está estableciendo un modelo de negocio único en Europa hasta la fecha para la movilidad de emisiones cero. Hydrospider suministrará el hidrógeno verde que alimentará los 1.600 camiones eléctricos de pila de combustible que Hyundai pondrá en las carreteras suizas de aquí a 2025; el primero está en circulación desde octubre.

Paralelamente, los miembros de la asociación [H2 Mobilität Schweiz](#) se encargarán de la infraestructura de las estaciones de servicio de H₂, de las que ya se han abierto varias en los últimos meses: San Galo (AVIA), Zofingen (Agrola), Rümlang (AVIA), Rothenburg (Agrola), Crissier/Lausana (Coop), Geuensee (AVIA). Abarca el eje comprendido entre el lago Constanza y el lago Lemán.³

Asimismo, junto con **EW Höfe y SOCAR Energy Switzerland**, Alpiq pretende construir una planta de electrólisis con una capacidad de hasta 10 MW en Freienbach (Schwyz). Cuando esté terminada, la planta producirá entre 1.000 y 1.200 toneladas anuales de hidrógeno verde. Además, el calor residual se introducirá en la nueva red regional de calefacción urbana. De este modo, la planta establecerá nuevos estándares en términos de eficiencia global y contribuirá al suministro energético respetuoso del país.

La actual planta de electrólisis de 2 MW de la central eléctrica de Alpiq en Gösgen puede producir hasta 300 toneladas de hidrógeno al año. Estas cantidades son suficientes para abastecer a unos 40-50 camiones o 1.700 coches.

- **Axpo:** Tiene previsto producir hidrógeno verde a partir de la energía hidroeléctrica del Rin. Estaba previsto que la planta de producción de la central hidroeléctrica Eglisau-Glattfelden (con una potencia de 2,5 megavatios y la capacidad de generar 350 toneladas de hidrógeno verde al año, ahorrando 1,5 millones de litros de gasóleo para el transporte por carretera) fuera la primera de varias que Axpo pusiera en funcionamiento en el país en otoño del 2022, pero un tribunal administrativo la ha paralizado tras el recurso de numerosos vecinos, lamentándose por el impacto medioambiental y acústico del tránsito de camiones en la zona.⁴
- **SAK:** En noviembre de 2022 se inauguró en Kubel (San Galo) la segunda central de generación de hidrógeno en Suiza, construida a partir de la cooperación entre SAK (St.Gallisch-

³ Gasolineras en funcionamiento: [Tankstellen | Hydrospider](#)

Otras gasolineras de biogás: <https://www.glpautogas.info/de/hvo100-tankstellen-schweiz.html>

⁴ Artículo de NZZ: <https://www.nzz.ch/zuerich/axpo-zuercher-gericht-stoppt-grosses-wasserstoffprojekt-in-glattfelden-ld.1707423>

Appenzellische Kraftwerke AG), el Grupo Osterwalder y SN Erneuerbare Energie AG (SNEE), mediante la empresa conjunta **Wasserstoffproduktion Ostschweiz AG (WPO)**.

Esta nueva planta obtiene electricidad diariamente de la central hidroeléctrica adyacente y produce así hidrógeno neutro en emisiones de CO₂ a partir de energía hidroeléctrica. La planta de electrólisis genera 36 kg de hidrógeno por hora y tiene una potencia eléctrica de 2 MW. Dependiendo de la cantidad de electricidad disponible para la producción de H₂, podrá producir anualmente hasta 250 toneladas, lo que supone la capacidad de suministrar diariamente entre tres y cuatro depósitos de hidrógeno a las gasolineras del Grupo Osterwalder.

- **IWB y Fritz Meyer AG:** Lanzado en 2021, su proyecto de planta piloto de hidrógeno verde en Birsfelden, a partir de los excedentes de energía de la central eléctrica de dicha localidad suiza, ha tenido que ser cancelado por la sentencia de un tribunal administrativo en 2022. En cualquier caso, ambas compañías cuentan con que los puertos del Rin sean un foco de producción de hidrógeno y, para ello, han fundado la empresa conjunta **GreenH2 AG**.⁵
- **BKW:** Aunque aún no tiene ningún proyecto en marcha, esta compañía eléctrica, con matriz en el cantón de Berna, es socia industrial de Swiss Liquid Future AG junto con ThyssenKrupp desde 2016, con el objetivo de examinar las posibilidades del hidrógeno para reducir las emisiones de CO₂ en diversos sectores.
- **Shell:** En 2018, Shell Switzerland AG se unió a la asociación H₂ Mobilität Schweiz, con el objetivo de impulsar la movilidad con hidrógeno en Suiza mediante la construcción de una red nacional de estaciones de servicio de hidrógeno y en colaboración con socios de la industria automotriz, del gas y energética.
- **Agrola:** Con una contribución activa a la descarbonización del transporte por carretera, a la seguridad del suministro de vehículos sostenibles y a la promoción y desarrollo de la movilidad mediante el hidrógeno verde, la red de estaciones de servicio de hidrógeno de la compañía se expande a pasos agigantados.

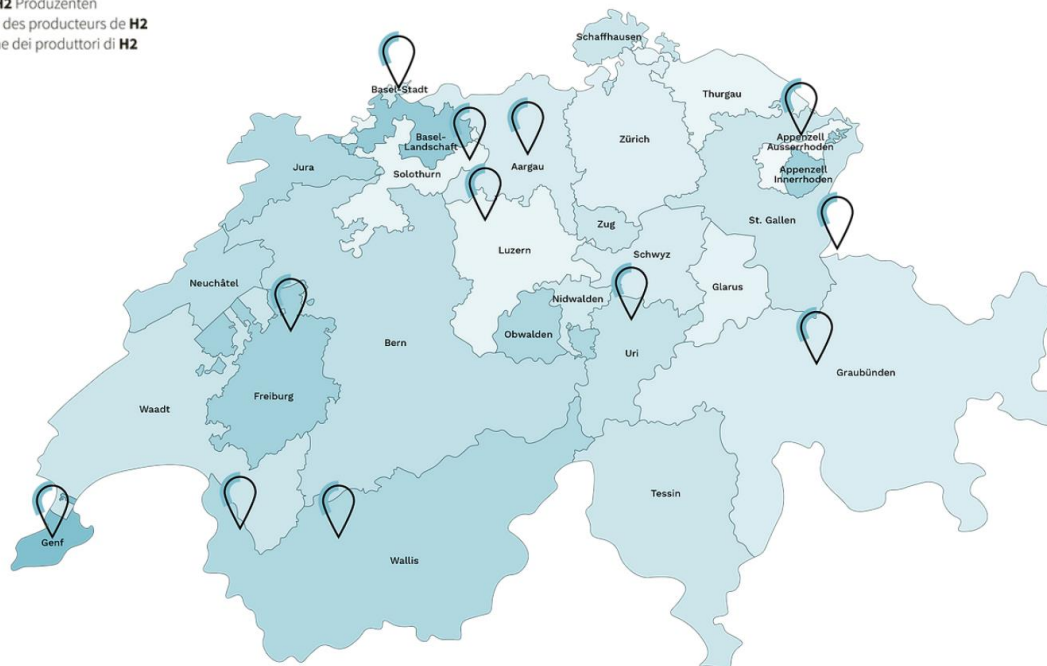
Tanto en la estación de servicio de Zofingen, como en todas las demás (inclusive las futuras), se ofrecerá exclusivamente hidrógeno verde. A finales de enero de 2012 se inauguró la segunda estación de servicio de la empresa en Rothenburg. Asimismo, se planean varias estaciones más, con el fin de apoyar la **Estrategia Energética 2050** del Gobierno federal suizo.

En el siguiente mapa se muestran las plantas de producción de hidrógeno verde en el país:

⁵ [Innovatives Projekt der Energiewende gestoppt \(greenh2.ch\)](https://www.innovatives-projekt-der-energie-wende-gestoppt-greenh2.ch)

MAPA DE UBICACIÓN DE LAS PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE H₂ EN SUIZA

Verein der H₂ Produzenten
Association des producteurs de H₂
Associazione dei produttori di H₂



Fuente: Asociación Suiza de Productores de Hidrógeno (<https://www.h2produzenten.ch/>)

5.4. Transporte, almacenamiento y distribución

A pesar de ser el elemento químico más abundante del planeta, el hidrógeno rara vez se encuentra en su estado puro, sino que generalmente forma compuestos con otros elementos. Tal y como se ha comentado, la humanidad lo ha utilizado como materia prima en diversas industrias y como fuente de combustible. Sin embargo, dado que no se encuentra directamente en la naturaleza de su forma pura, es necesario fabricarlo, almacenarlo y transportarlo.

Los gaseoductos representan la solución más eficiente y económica para el transporte a gran escala del hidrógeno, al menos en distancias inferiores a los 2.000 km. Esta eficacia se deriva no sólo de la capacidad de manejar volúmenes significativos, sino también de la eliminación de procesos como la licuefacción o la conversión en amoníaco, evitando así la consiguiente pérdida de energía.

Suiza cuenta con una infraestructura de transporte de gas natural que puede ser aprovechada para el transporte y distribución de hidrógeno. La proporción considerable de gaseoductos en su red de distribución actual sugiere que su conversión para el transporte de hidrógeno requeriría una inversión relativamente pequeña. A corto plazo, la adaptación exclusiva de estos gaseoductos para la distribución de hidrógeno podría no ser imperativa, ya que la producción prevista de hidrógeno es relativamente baja y, por ende, podría ser mezclada con el metano existente en la red.

Según las previsiones para 2050, se espera facilitar la inyección de hidrógeno en la red, con la posibilidad de alcanzar límites locales más elevados. A medio plazo, se contempla que dicha inyección sea necesaria para sustituir el gas natural y destinar exclusivamente la red de distribución al transporte de hidrógeno.

Dado que el hidrógeno no se produce en las inmediaciones de su uso, cabe destacar que los costes asociados a la compresión, transporte y distribución son considerablemente significativos. Las propiedades intrínsecas del hidrógeno, en particular su ligereza y baja densidad energética, presentan desafíos en términos de gastos asociados con su transporte.

Para su utilización, el hidrógeno debe someterse a procesos de compresión o licuefacción. Los tanques de almacenamiento de los vehículos requieren una compresión que oscila entre los 350 y 700 bares, mientras que el hidrógeno generado por electrólisis está entre los 10 y 50 bares (unidad de presión).

Según los expertos, la compresión de hidrógeno hasta 700 bares implica un coste aproximado de 0,1 euros/kg. A su vez, la licuefacción, que demanda mayor energía debido a la reducción de temperatura a -253 °C, conlleva un coste de aproximadamente 0,4 euros/kg.

En cuanto al almacenamiento, y debido a las limitaciones geológicas, el Gobierno federal suizo está evaluando alternativas que incluyan la posibilidad de aprovechar las infraestructuras de almacenamiento de la Unión Europea o la construcción de instalaciones internas para suplir la carencia y poca disponibilidad de los sistemas de almacenamiento subterráneos del país.

El transporte eficiente de hidrógeno en Suiza se contempla mediante diversas modalidades, como pueden ser camiones, buques y tuberías. Se analizarán las ventajas y desafíos específicos de cada método, destacando la consideración de transportar el hidrógeno en su forma gaseosa a través de camiones como la opción más viable en el contexto suizo.

En el informe [Hidrógeno: Interpretación y opciones de acción para Suiza](#) publicado el 15 de noviembre de 2024, se discuten las diferentes alternativas disponibles para aumentar la densidad volumétrica de energía del hidrógeno para su almacenamiento y transporte, incluyendo la compresión y la licuefacción. También se menciona el almacenamiento a través de los hidruros⁶ y el amoníaco, además del uso de portadores líquidos orgánicos de hidrógeno (LOHC).

Para compensar los costes derivados de la necesidad de invertir en el desarrollo y adquisición de tecnologías innovadoras y de la obtención de esta electricidad, es necesario obtener la mayor rentabilidad posible de su almacenamiento, transporte y distribución. Por ello, habitualmente y antes de almacenar el hidrógeno, es necesario incrementar su densidad de energía volumétrica mediante

⁶ Se denomina hidruro a todo compuesto constituido por dos elementos, uno de los cuales es siempre hidrógeno.

contenedores presurizados o térmicos, cavernas o portadores de hidrógeno orgánico líquido (LOHC, por sus siglas en inglés).

En cuanto a la distribución, el transporte desde los lugares de producción se hará a través de redes de gas, camiones de carga, barcos de distribución o camiones de tanque. La sustancia siempre deberá portarse comprimida, licuada o sintetizada en amoníaco, metanol o LOHC, como puede ser el ácido benzoico, una sustancia orgánica aceitosa que se enlaza químicamente con el hidrógeno y permite transportarlo en condiciones ambientales normales.

De esta manera, uno de los principales factores por los que se está contribuyendo al desarrollo del sector, es la urgencia por cumplir con las metas de descarbonización globales, las cuales requieren el recurso a una combinación de fuentes de energía renovable, entre las que se encuentra el hidrógeno verde.

Por todo ello, es de vital importancia desarrollar estrategias integrales que garanticen la sostenibilidad de toda la cadena de valor; desde la implementación de políticas públicas y diseño de certificaciones de origen, hasta la posibilidad de establecer alianzas técnicas internacionales para la transmisión del conocimiento y canalización de la financiación.

El informe concluye que la transición hacia una infraestructura de hidrógeno en gran escala es más probable que se realice como una estructura paralela que absorba partes adaptadas de la infraestructura de gas actual, en lugar de la conversión gradual del 100 % del gas natural al 100 % de hidrógeno.

5.5. Demanda de hidrógeno en Suiza

Suiza, comprometida con la transición hacia fuentes de energía sostenible, está experimentando un crecimiento significativo en la demanda de hidrógeno. La búsqueda de alternativas para reducir las emisiones de carbono en sectores clave, como el transporte y la industria, impulsa la necesidad de soluciones innovadoras.

En la búsqueda incansable de soluciones ecoeficientes, la atención se centra en los **vehículos propulsados por hidrógeno** como catalizadores de una revolución en la movilidad. En este contexto, se explora el horizonte de potenciales clientes que actualmente impulsan la adopción de esta innovadora tecnología. Desde vehículos de pasajeros hasta aplicaciones industriales, el hidrógeno como potencial fuente de energía del futuro, promete un cambio fundamental en la forma en que nos desplazamos y operamos hoy en día.

En el marco de la iniciativa Hydrospider mencionada en el apartado 5.3. de este informe, [Hyundai](#) tiene el ambicioso objetivo de desplegar en Suiza para el año 2025 una flota de 1.600 camiones eléctricos *Hyundai H2 Xcient* propulsados por hidrógeno, habiendo entregado ya decenas de ellos desde 2020 tras elegir a Suiza como mercado piloto en Europa. Los pilares de este proyecto son

una planta de electrólisis de 2 megavatios, que ha estado operativa desde finales de 2019, y 30 nuevas estaciones de repostaje de H₂ en Suiza, proyectadas para ir entrando progresivamente en funcionamiento desde 2020.

Actualmente sólo hay unas pocas decenas de automóviles alimentados por hidrógeno circulando en Suiza, pero se espera que la iniciativa Hydros spider incremente notablemente esta cifra, sobre todo sobre la base de las nuevas estaciones de repostaje. Hoy día en Suiza, sólo se encuentran disponibles dos modelos de turismos propulsados por hidrógeno: [Hyundai Nexo Fuel Cell](#) y el [Toyota Mirai](#).

Durante la 23.ª Conferencia Europea para la Transición Energética en Ginebra, se presentó el primer camión de [40 toneladas desarrollado en Suiza como parte del proyecto ¡GoH! \(Generación de Hidrógeno\)](#). Esta iniciativa surge de la colaboración entre la Fundación Nómadas y cuatro empresas clave: Migros, empresa de distribución minorista de alimentos en Suiza que tiene el objetivo de reducir su huella de carbono; GreenGT, especialista en sistemas de propulsión eléctrica y mediante hidrógeno; Geneva Industrial Services (SIG); y LARAG, expertos en camiones.

Geneva Industrial Services tiene previsto invertir entre 20 y 30 millones de francos suizos para producir hacia 2024-2025 hidrógeno mediante electrólisis a partir de la incineración de residuos generados en Suiza. El camión prototipo, cuyo coste superó el millón de francos, se comercializará a dos o tres veces el precio de un camión diésel estándar. Sin embargo, se espera que los costes adicionales se compensen con el menor precio del hidrógeno, conocido y estable, reforzando así la viabilidad económica de este enfoque innovador.

5.6. Importación futura de hidrógeno

En el futuro, se anticipa que el **hidrógeno desempeñará un papel crucial como tercer pilar en la producción de electricidad en Suiza**. A medida que la generación de electricidad a partir de fuentes renovables como el sol y el viento se incrementa, surge la necesidad de alternativas flexibles de respaldo. Las centrales eléctricas de hidrógeno, impulsadas por ciclos combinados de gas y vapor, representan este respaldo esencial, constituyendo ya el tercer componente fundamental de la matriz eléctrica suiza, junto con la energía hidroeléctrica y las centrales solares. Además de su uso en la generación de electricidad, el hidrógeno desempeña un papel vital en procesos industriales.

Para cubrir la demanda de hidrógeno, Suiza dependerá en gran medida de las importaciones, ya que el excedente de energía solar en verano no es suficiente para impulsar plantas de electrólisis que utilicen fuentes renovables (solar o eólica) para producir hidrógeno a partir del agua.

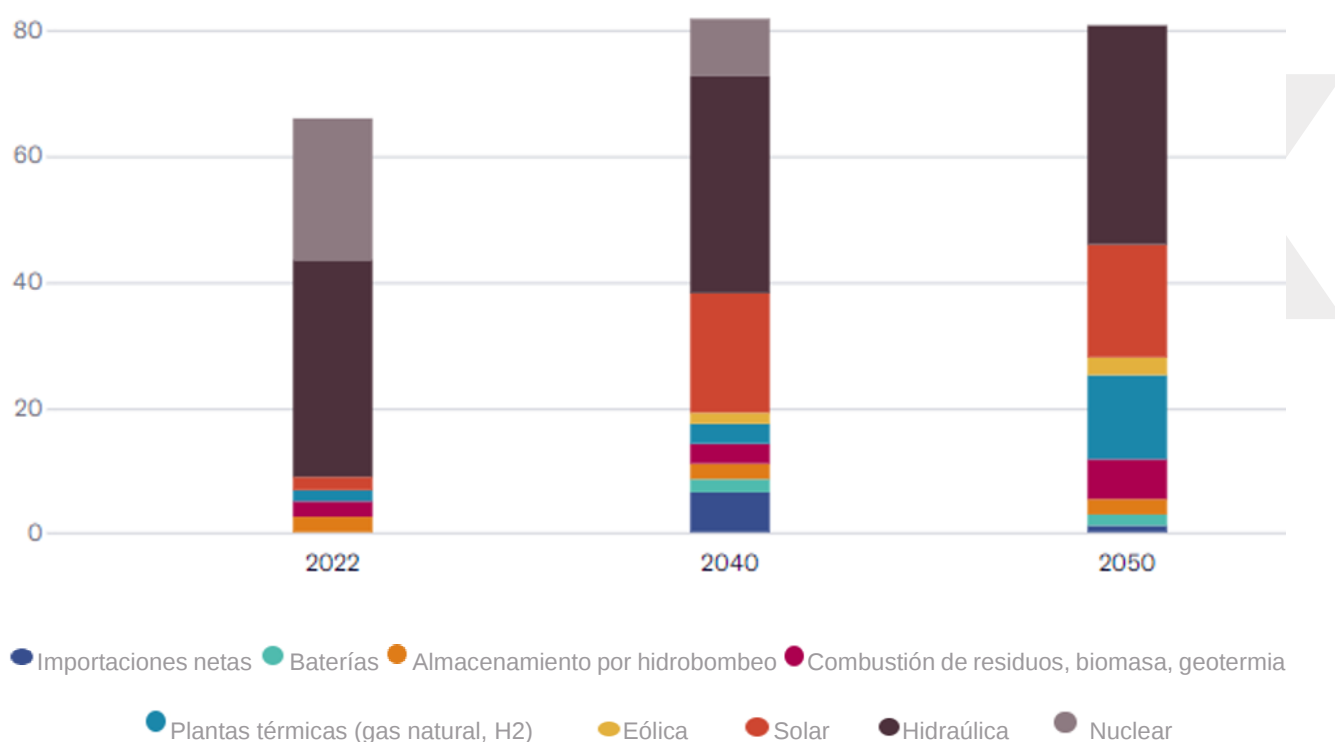
En la actualidad, durante el invierno las importaciones de electricidad representan aproximadamente el 10 % del consumo total (3 teravatios/hora), cifra que podría aumentar a 7-9 teravatios hora en 2050, según el escenario proyectado por [VSE](#). En 2040, la dependencia de las

importaciones será aún mayor, lo que podría llevar a importar el 27 % de la electricidad en invierno, si Suiza estuviera totalmente integrada en el mercado europeo del hidrógeno.

Sin la llegada planificada de hidrógeno a través de gaseoductos en 2050, sería necesaria la expansión adicional de la energía solar para satisfacer la demanda interna, disparando los costes del sistema hasta los 7.000 millones de CHF al año. En caso de una completa integración en el mercado europeo de electricidad, la opción sería importar electricidad sin problemas adicionales. La incertidumbre sobre el suministro de hidrógeno destaca la importancia de la planificación y la integración cuidadosa en los mercados europeos para garantizar la sostenibilidad y estabilidad del suministro de energía en Suiza.

GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN SUIZA

(en TWh)



Nota: Proyecciones basadas en la existencia de un mercado plenamente integrado, un despliegue ambicioso de las energías eólica y solar y altas ganancias en eficiencia.

Fuente: Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen | VSE [\[So sieht das Schweizer Energiesystem bis 2050 aus | VSE \(strom.ch\)\]](#)

6. Precios

Aunque tecnológicamente sea viable y esté probada en plantas piloto, la producción de hidrógeno verde o renovable sigue siendo limitada a pequeña escala, debido principalmente a los elevados costes asociados. La inversión inicial en electrolizadores es significativa, y la rentabilidad de la electrólisis depende de la disponibilidad constante de electricidad a bajo coste.

En sistemas con una creciente participación de energías renovables, el excedente ocasional de electricidad podría utilizarse eficazmente para producir hidrógeno a través de la electrólisis y el almacenamiento. Sin embargo, depender exclusivamente de este excedente puede no ser económicamente viable. Operar el electrolizador durante períodos de carga completa y pagar por la electricidad adicional podría resultar más rentable que depender del excedente con limitadas horas de carga completa.

Así, los costes de producción del hidrógeno varían según el proceso:⁷

- **Hidrógeno verde o renovable:** Se produce mediante la electrólisis de agua con energía renovable, con un coste de 2,5-5,5 €/kg y cero emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).
- **Hidrógeno gris:** Se obtiene a partir de gas natural mediante reformado de vapor de metano, con un coste aproximado de 1,5 €/kg (en función del precio del gas y las emisiones de carbono). Este proceso emite alrededor de 9,3 kg de CO₂ por kg de hidrógeno.
- **Hidrógeno azul:** Se emplean procesos similares al hidrógeno gris, pero se captura y almacena el CO₂, con un coste de alrededor de 2 €/kg, siendo más caro que el gris, pero más económico que el verde. Las instalaciones existentes podrían convertirse en hidrógeno azul si cuentan con capacidad de almacenamiento de CO₂, minimizando los costes de inversión.

6.1. Perspectivas del precio del hidrógeno

Se estima que la demanda de hidrógeno experimente un crecimiento constante y moderado hasta 2030, impulsado por diversas aplicaciones en sectores industriales, del transporte, energía y construcción. Este crecimiento incidirá positivamente en los costes de producción del hidrógeno, anticipándose una reducción del 50 % para el año 2030, seguida de descensos continuos a un ritmo más gradual hasta 2050.⁸

⁷ Política de hidrógeno de la UE: El hidrógeno como vector energético para una economía climáticamente neutral:

[EU hydrogen policy: Hydrogen as an energy carrier for a climate-neutral economy | Think Tank | European Parliament \(europa.eu\)](#)

⁸ [Working Paper - National Hydrogen Strategies - September 2021.pdf \(worldenergy.org\)](#)



De acuerdo con el informe [*The Green Hydrogen Economy*](#), para el año 2050 se estima que los costes de producción de hidrógeno verde en regiones con recursos renovables limitados, como es el caso de Suiza, alcanzarán aproximadamente los 2 €/kg, convirtiendo a dichos mercados en posibles exportadores de hidrógeno verde. Sin embargo, esta disminución en los precios solo se logrará mediante la reducción de los costes de los electrolizadores, la mejora de la infraestructura de transporte existente y, especialmente, del aumento de la capacidad instalada de energías renovables en estas regiones, generando una disminución en los precios de la electricidad.

Adicionalmente, el Pacto Verde Europeo aboga por una subida de los precios de los derechos de emisión de carbono, lo que debería incentivar el encarecimiento de las formas más contaminantes de producción de hidrógeno. Por ende, el **hidrógeno verde** posee un significativo potencial para convertirse en la **forma más económica de hidrógeno para el año 2050**.

icex



Si desea conocer todos los servicios que ofrece ICEX España Exportación e Inversiones para impulsar la internacionalización de su empresa contacte con:

Ventana Global

913 497 100 (L-J 9 a 17 h; V 9 a 15 h)

informacion@icex.es

Para buscar más información sobre mercados exteriores [siga el enlace](#)

www.icex.es

