



6 **HIDRÓGENO VERDE**

Hidrógeno verde, un actor esencial en la transición energética

En el último tiempo, el hidrógeno verde se ha posicionado como un componente fundamental para la transición hacia un modelo energético más sostenible. Su producción mediante electrólisis del agua, utilizando energías limpias, lo convierte en un recurso esencial para reducir las emisiones de CO₂, y en Chile, ya existen proyectos a gran escala que están posicionando al país como líder en la adopción de esta tecnología.

A nivel mundial, el hidrógeno verde se ha convertido en un componente crucial para la transición energética debido a su capacidad para descarbonizar sectores considerados difíciles de electrificar, como la industria pesada y el transporte. Su versatilidad no sólo le permite actuar como combustible, sino también como materia prima en la producción de productos químicos, como el amoníaco y los fertilizantes. Además, tiene el potencial de desempeñar un papel central en el almacenamiento de energía, ayudando a equilibrar la oferta y la demanda en sistemas energéticos que dependen de fuentes renovables intermitentes. Como se puede suponer, este aspecto es de suma importancia en un contexto de creciente adopción de ener-

gías limpias, ya que el hidrógeno puede almacenar el exceso de energía generado durante los periodos de alta producción. Para integrar el hidrógeno verde en la economía global, es necesario desarrollar la infraestructura adecuada para su producción y distribución. Las inversiones en tecnologías de electrólisis y en sistemas de transporte de hidrógeno están en aumento, lo que augura un futuro prometedor para este recurso en la lucha contra el cambio climático.

Tipos de hidrógeno

El hidrógeno verde se produce mediante la electrólisis del agua, usando electricidad generada por fuentes de energía renovable, como la solar y la eólica. Este proceso no emite dióxido de carbono (CO₂) y tiene

un impacto ambiental significativamente menor en comparación con otros tipos de hidrógeno, como el gris y el azul.

■ **Hidrógeno gris:** Se produce principalmente a partir de combustibles fósiles, como el gas natural, mediante un proceso conocido como reformado de metano. Este método genera grandes cantidades de CO₂, con emisiones que pueden alcanzar hasta 10 kg de CO₂ por cada kilogramo de hidrógeno producido.

■ **Hidrógeno azul:** Su producción es similar a la del hidrógeno gris, pero incorpora tecnologías de captura y almacenamiento de carbono (CAC) que buscan reducir las emisiones de CO₂. Sin embargo, este método no elimina completamente las emisiones, resultando en aproximadamente 3,5 a 4 kg de CO₂ por kilogramo de hidrógeno.



HIDRÓGENO VERDE 7

Proyectos de producción a gran escala en Chile

En los últimos años, Chile se ha ido posicionando como un líder en la producción de hidrógeno verde, con varios proyectos a gran escala en desarrollo, como los siguientes ejemplos:

- Proyecto Hydra de Engie y Enaex en Antofagasta, con una capacidad de 26 MW.
- Proyecto de Hy24 y Enagás en Magallanes, con una capacidad de 1,2 GW.
- Proyecto de Enel Green Power en Antofagasta, con una capacidad de 1,8 GW.

Estos proyectos utilizarán tecnologías avanzadas de electrólisis y aprovecharán el excelente potencial de energía renovable de Chile, contribuyendo significativamente al desarrollo de una economía basada en el hidrógeno verde en el país.

La producción de hidrógeno verde, en cambio, no genera emisiones de CO₂ durante su proceso, lo que lo convierte en un recurso clave en la lucha contra el cambio climático y en la transición hacia una economía más sostenible.

Tecnologías de producción de hidrógeno verde

El hidrógeno verde se genera mediante la electrólisis del agua utilizando electricidad proveniente de fuentes renovables. Existen varios métodos avanzados para su producción, cada uno con características y eficiencias distintas:

■ **Electrólisis alcalina:** Es el método más común, con una eficiencia del 50-70%.

Requiere agua desmineralizada y un electrolito alcalino, como el hidróxido de potasio. Aunque es una tecnología consolidada, se están realizando esfuerzos para mejorar su eficiencia y reducir costos.

■ **Electrólisis de membrana de intercambio de protones (PEM):** Ha ganado interés recientemente por su mayor eficiencia, que oscila entre el 60-75%. Utiliza una membrana polimérica como electrolito y opera a presiones más altas, lo que permite reducir el tamaño de los componentes. Sin embargo, su costo sigue siendo superior al de la tecnología alcalina.

■ **Electrólisis de óxido sólido (SOEC):** Funciona a altas temperaturas (700-





850°C) y tiene una eficiencia del 80-90%. Utiliza un electrolito cerámico sólido y puede producir hidrógeno a partir de vapor de agua. Aunque es prometedora,

esta tecnología aún está en desarrollo y enfrenta desafíos relacionados con la durabilidad y los materiales.

Innovaciones en electrolizadores

Los electrolizadores son componentes clave en las plantas de hidrógeno verde, ya que determinan la eficiencia del proceso de electrólisis. Las innovaciones en esta área son esenciales para reducir los costos de producción. Entre los principales avances se incluyen:

- Mejoras en los materiales de electrodos y membranas para aumentar la eficiencia y durabilidad.
- Desarrollo de electrolizadores a gran escala para aprovechar las economías de escala.
- Integración de electrolizadores con fuentes de energía renovable para optimizar la eficiencia.
- Avances en la automatización y control de los sistemas de electrólisis. ■

Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde

La Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde, presentada en noviembre de 2020, tiene como propósito establecer a Chile como un líder global en la producción y exportación de hidrógeno verde. Esta estrategia se apoya en la abundante disponibilidad de recursos renovables, como la energía solar y eólica, que facilitan la producción de hidrógeno a bajo costo.

Objetivos principales

La estrategia establece tres objetivos fundamentales:

- **Producción económica:** Generar el hidrógeno verde más asequible del mundo para 2030, con un costo objetivo de menos de 1,5 USD/kg.
- **Exportación:** Convertirse en uno de los tres principales exportadores de hidrógeno verde para 2040.
- **Capacidad de electrólisis:** Alcanzar una capacidad de electrólisis de 5 GW para 2025 y 25 GW para 2030.

Plan de acción

Para lograr estos objetivos, se han delineado acciones específicas:

- **Fomento del mercado:** Implementar iniciativas que promuevan el uso interno y la exportación de hidrógeno verde.
- **Regulación y seguridad:** Desarrollar normativas y realizar proyectos piloto para asegurar la producción y uso seguro del hidrógeno.
- **Desarrollo social y territorial:** Crear polos de desarrollo que beneficien a las comunidades locales.
- **Capacitación e innovación:** Fomentar la formación de habilidades en la fuerza laboral y promover la innovación tecnológica en el sector.

A pesar de su ambición, la estrategia reconoce importantes desafíos, como la necesidad de tecnología avanzada, capacitación especializada y una adecuada coordinación entre los sectores público y privado. Sin embargo, las condiciones naturales y la ubicación de Chile brindan una oportunidad única para liderar en la producción de hidrógeno verde, contribuyendo así a la descarbonización global y al desarrollo sostenible.

Objetivo 2020:	Establecer las bases para el desarrollo del Hidrógeno Verde
Objetivos 2025:	Activar la industria y desarrollar la exportación
5 mil millones de USD	Primer país en inversión de hidrógeno verde en Latinoamérica.
5 GW	Capacidad de electrólisis construida y en desarrollo.
200 Kton al año	Producción en al menos dos polos de hidrógeno verde en Chile.
Objetivos 2030:	Conquistar los mercados globales
2,5 mil millones de USD al año	Líder exportador global de hidrógeno verde y sus derivados.
Menos de 1,5 USD/Kg	El hidrógeno verde más barato del planeta.
25 GW	Líder global de producción de hidrógeno verde por electrólisis.

Fuente: "El hidrógeno verde en Chile", de la Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Santiago de Chile (2022), con datos de la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde (2020).
Tabla 1. Objetivos de la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde