

Factsheet

Uso de hidrógeno verde para el suministro de energía fuera de la red – y tecnología de celda de combustible

Las tecnologías de hidrógeno verde y celdas de combustible ofrecen un potencial global de descarbonización, electrificación y mayor seguridad de suministro para los consumidores y usuarios de energía en una amplia gama de aplicaciones.

Chile se enfrenta al desafío de satisfacer la creciente demanda de electricidad verde derivada de los objetivos climáticos fijados por su gobierno de forma respetuosa con el medio ambiente y con los recursos. Estas ambiciones están acompañadas e impulsadas por un alto nivel de apoyo político. El hidrógeno verde juega un papel importante como vector energético tanto para la transformación de la matriz energética como para la diversificación de la economía exterior, a partir de la incorporación del hidrógeno verde como producto de exportación, en la Estrategia Nacional del Hidrógeno del país a medio y largo plazo. En este camino de transformación, las tecnologías de celda de combustible garantizan el uso de hidrógeno verde para el suministro de energía local y descentralizado, ofrecen un amplio y diverso rango de productos para la exportación. En este camino de transformación, las tecnologías de pilas de combustible garantizan el uso de hidrógeno verde para el suministro de energía local y descentralizado, ofrecen un amplio y diverso ámbito de posibles aplicaciones y ya pueden utilizarse de forma económica para el suministro de energía fuera de la red o descentralizado y para sustituir los generadores diésel existentes en Chile.

Situación política y económica

- A finales de 2021, el candidato de izquierdas Gabriel Boric (35 años) ganó las elecciones presidenciales del país. Se supone que habrá una continuidad en la política de transición energética con respecto al gobierno anterior. En su programa electoral, Boric también hizo hincapié en la necesidad del almacenamiento de energía para impulsar la descarbonización¹
- Tras una caída económica relativamente fuerte en 2020, del 5,8% del PIB, la economía se recuperó en 2021, con un crecimiento estimado del 6,2%. Se prevé un crecimiento del 3,8% en 2022.
- Actualmente Chile tiene 26 acuerdos de libre comercio con más de 59 países (incluida Alemania), lo que supone una fuerte integración en el mercado mundial.
- Sin derechos de importación adicionales para las importaciones de tecnología de Alemania y la UE.

Marco de política energética

- Durante los últimos períodos de gobierno, la política energética chilena se ha caracterizado por su coherencia y transversalidad, incluso bajo gobiernos de distinto signo político. El marco de la política energética chilena se establece con vistas a 2050 y se orienta hacia objetivos globales como el **aumento de la seguridad y calidad del suministro** (especialmente descentralizado), la **modernización de la matriz energética** y la **sostenibilidad del suministro energético**. Sobre esta base, Chile también ha formulado el objetivo de **alcanzar la neutralidad de gases de efecto invernadero en 2050**^[5]. Esencialmente, la reducción del consumo de diésel, la electrificación y el uso de hidrógeno verde en todos los sectores relevantes deberían contribuir a este objetivo.
- **Cierre de 8 centrales eléctricas de carbón hasta 2024 (-20% de emisiones de CO₂), las 20 restantes para 2040**^[3]
- Las exportaciones de energía también están ganando importancia, sobre todo a través del diseño de la estrategia del hidrógeno, con el telón de fondo de las condiciones naturales muy favorables para el uso de energías renovables en Chile debido a la alta radiación solar en el norte y a los fuertes y continuos vientos en partes del norte y del extremo sur.^[4]
- La demanda de electricidad del país también aumenta continuamente, con un incremento previsto del 13,7% en 2025 respecto a 2021 y de hasta el 25,5% en 2030.^[5]

Suministro de energía – actual y perspectivas

Actualmente 27 GW de capacidad total instalada (dic. 2021) ^[6]

112 millones de toneladas de emisiones de CO2 en 2016, **el 32%** de las cuales se debieron a la generación de electricidad ^[7]

Aproximadamente **9 GW de capacidad de generación de electricidad renovable**(corresponde al 32,5% de la capacidad total)^[8]

Tasa de electrificación: 99,6% de la población; en las zonas rurales, el 96,5%; aún hay 75.000 personas sin acceso al suministro eléctrico. ^[7]

El suministro eléctrico actual de Chile sigue dependiendo en gran medida de los combustibles fósiles en las redes de suministro pequeñas, medianas y grandes. En particular, en las redes pequeñas y medianas, esto se traduce en brechas de suministro e incertidumbres para los consumidores y también se refleja en el gasto público en forma de pagos de subsidios, que tienen por objeto mantener el precio de la electricidad para los clientes finales en las redes pequeñas y medianas al nivel de las redes principales. La estructura de las redes de suministro chilenas se caracteriza por las condiciones geográficas específicas:

Tres grandes redes principales: SEN (27.007 MW), SEA (66 MW), SEM (116 MW): Fuente de energía ER aprox. 53,6%, fósil aprox. 46,4%. ^[6]

9 redes regionales de tamaño medio (de 1,5 MW a 200 MW), que suelen tener una elevada proporción de generadores diésel

Aprox. 111 pequeñas redes <1,5 MW, de las cuales aprox. 50% <100 kW y 25% entre 1 - 1,5 MW

-> **Aproximadamente el 40% de las pequeñas redes carecen de suministro continuo.**

-> **Aprox. el 65% de la capacidad instalada de las pequeñas redes son generadores diésel**

Se espera que continúe la creciente integración de las fuentes de energías renovables (aumento del 20% entre 2015 y 2020) ^[12] con el fin de explotar aún más el potencial de generación de energías renovables (1.400-1.800 GW) (especialmente de energía solar y eólica). ^[13]

Potencial de tecnología de celda de combustible y hidrógeno verde

Estrategia nacional sobre el hidrógeno, incluso la hoja de ruta hasta 2050 publicada en Noviembre de 2020^[14]: Directrices sobre regulación y aceleración de la producción de hidrógeno en el mercado, fomento de proyectos piloto, desarrollo del capital humano, instrumentos de financiación.

Actores estatales importantes:

El Ministerio de Energía elabora leyes y reglamentos y subvenciona los precios de la electricidad en pequeñas redes eléctricas

La Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) comprueba el cumplimiento de la normativa y tramita los procedimientos de autorización

CORFO (Corporación de Fomento de la Producción) apoya grandes proyectos de investigación en el campo del hidrógeno

Operadores de redes eléctricas locales de pequeñas redes: son en parte privados y en parte estatales, a menudo también en manos municipales

Objetivos principales para el desarrollo de una economía del hidrógeno:

-> Para 2025, 5.000 millones de dólares de inversión internacional en proyectos de hidrógeno, 5 GW de capacidad de electrólisis instalada y al menos 200.000 toneladas de producción de hidrógeno al año.

-> Para 2030: exportación de hidrógeno (y derivados) por valor de 2.500 millones USD/año, costes de producción < 1,5 USD/kg H2, capacidad de electrólisis instalada de 25 GW.

Marco de la política energética y objetivos de descarbonización del suministro energético en los sectores de la industria, los edificios, el transporte y la electricidad; desafíos del suministro energético actual.

Integración cada vez mayor de fuentes de energía renovables, grandes potenciales naturales de generación fotovoltaica (especialmente en el norte con altas intensidades de radiación solar) y eólica (especialmente en el sur), así como bajos costes de generación de electricidad (la energía solar ya cuesta menos de 0,02 USD/kWh).

Primeros proyectos con uso de celdas de combustible (financiados por CORFO): Desarrollo y reconversión de vehículos mineros, uso de pilas de combustible en trenes de transporte minero para 2023. ^[15]; Dos proyectos para el uso de grúas horquillas en logística, incl. estación de repostaje de H2 ^[10]

Marco para los proyectos de H2:

Los proyectos de hidrógeno pueden obtener autorización para su construcción y operación a través de la clasificación de proyectos especiales de la Comisión Reguladora de Electricidad y Combustibles (SEC) previa presentación de los siguientes documentos: Copia de la norma extranjera que se utilizará, Análisis de riesgos, Memoria de cálculo, Planos de construcción, Materiales y equipos certificados, Características técnicas de la planta, Caracterización del contexto (véase también la guía SEC 2021^[13]).

El marco reglamentario de los proyectos de H2 está siendo desarrollado por el Ministerio de Energía competente.

Las condiciones favorables del emplazamiento hacen que exista un gran potencial para la producción de hidrógeno verde en Chile: producción de amoníaco, exportación de combustibles sintéticos, uso en el sector del transporte y en la minería (especialmente en el sector del transporte) y para el suministro local de energía descentralizado o fuera de la red con celdas de combustible.

Enfoque redes aisladas y Case Study / Análisis y resultados

Potencial del uso de H2 y celdas de combustible para el suministro eléctrico descentralizado o sin conexión a la red analizado en el caso concreto de 3 redes insulares chilenas y en relación con los siguientes parámetros ^[7]:

	Red eléctrica media de Aysén	Salmonera Molino de Oro	Red de la isla Melinka
Capacidad de generación instalada	53 MW (33,2 MW diésel, 22,6 MW hidroeléctrica, 3,8 MW eólica)	742,5 kW (3 generadores diésel: 297 kW, 247,5 kW und 198 kW)	1.400,06 kW (4 generadores diésel: 213 kW, 450,26 kW, dos de 368,4 kW cada una)
Consumo eléctrico anual	131 GWh	407,1 MWh	1.660 MWh
Escenario óptimo	Instalación nueva de 30,6 MWp fotovoltaica, electrolizador de 11,3 kW, almacenamiento de H2 de 2,7 kg, celda de combustible de 9 kW Utilización de la capacidad diésel: 15,97	La instalación de electrolisis y celdas de combustible actualmente no es viable desde el punto de vista económico	Instalación nueva de 660 kWp fotovoltaica, 574 kW eólica, electrolizador de 33 kW, almacenamiento de H2 de 18 kg, celda de combustible de 38 kW, Utilización de la capacidad diésel: 249 kW (-82%)
Costes de inversión	ca. 1,5 Mio. USD	ca. 90.500 USD	ca. 1,5 Mio. USD
Coste nivelado de la energía	Bajan de 0,067 USD/kWh a 0,044 USD/kWh	Bajan de 0,14 USD/kWh a 0,12 USD/kWh	Bajan de 0,306 USD/kWh a 0,13 USD/kWh
Ahorro potencial	7,4 millones de litros de diésel al año – 19.900 tCO2eq	33,400 de litros de diésel al año – 90 tCO2eq	415.800 l de litros de diésel al año – 1.123 tCO2eq
Económicamente viable	A partir de un precio de diésel de > 0,6 USD/l	No en las condiciones actuales	Sí, ya ahora

La red autónoma de Melinka es la que presenta mayores posibilidades una realización rápida, sobre todo debido a las subvenciones que recibe actualmente y al proveedor público de electricidad. El uso económico de H2 y celda de combustible ya es posible en la actualidad:

- Amortización de la inversión para este escenario base optimizado al cabo de unos 8 años
- Reducción de las subvenciones públicas en un -62% después de amortización

Requisitos técnicos y soluciones

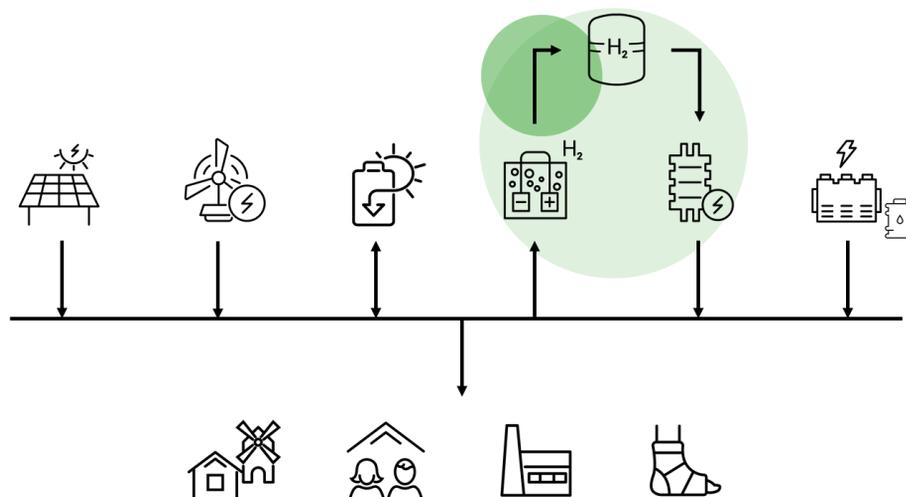
Requisitos técnicos para una red insular basada en H₂ y celda de combustible en Chile utilizando el ejemplo de Melinka

- Escalabilidad para la inclusión de usuarios adicionales
- Establecimiento de diferentes perfiles de carga mediante la conexión de diferentes usuarios (privados, industria manufacturera, instalaciones públicas, etc.)
- Integración de fuentes de generación de energía renovables (especialmente eólica y fotovoltaica)
- Estructura del sistema posiblemente incluyendo las centrales de respaldo y generación fósiles existentes.

Dependiendo de la ubicación, la utilización del calor residual mediante la extracción de calor

¿Qué componentes/servicios son necesarios?

- Celdas de combustible y sus componentes de sistema (carcasa, tecnología de control, tratamiento de gases, tecnología de procesos, refrigeración, inversores, sensores, electricidad de funcionamiento, aprovechamiento del calor residual).
- Batería de reserva, incluidos los componentes del sistema y la tecnología de control
- Unidades electrolizadoras y sus componentes de sistema (incl. carcasa, fuente de electricidad, suministro/tratamiento de agua, válvulas, conexión de sistema, tecnología de control).
- Tanque de almacenamiento de H₂ y componentes del sistema (reductor de presión, compresor, sensores, tecnología de control)
- Integración en la infraestructura de red existente/red de distribución, sistema de gestión de la energía



- Servicios de planificación: conceptualización técnica para la aplicación, dimensionamiento del sistema, coordinación y apoyo durante la aplicación.
- Servicios de mantenimiento
- Clases de potencia: redes medianas de 1,5 MW a 200 MW, redes pequeñas de hasta 1,5 MW de potencia total, potencial de ampliación
- La rentabilidad del sistema puede aumentar aún más si se aprovecha el calor residual y el oxígeno producido.

Presencia en el mercado:

La sensibilidad existente de los integradores y clientes chilenos a los precios, que se ve reforzada por la integración del mercado internacional chileno y la fácil accesibilidad a los productos de otros proveedores tecnológicos internacionales (especialmente asiáticos), por ejemplo. Para establecerse en el mercado, los proveedores pueden posicionarse con productos innovadores de calidad, experiencia y conocimientos técnicos del producto, asesoramiento personalizado, servicio fiable, distribución y servicios posventa, así como la consideración de la creación de valor local.

El análisis detallado del potencial de la AHK Chile puede [descargarse aquí](#). Le gustaría utilizar tecnologías ecológicas de hidrógeno y pilas de combustible para el suministro descentralizado de energía en Chile? NOW GmbH y AHK Chile están a su disposición como contactos para ideas de proyectos e información sobre financiación relacionada con la Iniciativa de Exportación de Tecnologías Ambientales: exportinitiative@now-gmbh.de

Fuentes

- [1] Boric, Gabriel (2021) Programa de Gobierno Apruebo Dignidad
- [2] Ministerio de Energía (2019) Carbono Neutralidad en el sector energético
- [3] Ministerio de Energía, GIZ (2019) Estrategia de descarbonización: retiro y/o reconversión de unidades a carbón
- [4] Ministerio de Energía (2015) Energía 2050
- [5] Ministerio de Energía (2021) Planificación Energética de Largo Plazo - Demanda Eléctrica
- [6] Ministerio de Energía (2021) Energía Abierta: Capacidad instalada
- [7] AHK Chile (2021) Einsatz von grünem Wasserstoff zur netzfernen Stromversorgung in Insel- und kleineren Stromnetzen in Chile
- [8] ACERA (2021) Estadísticas, Mai 2021
- [9] Ministerio de Energía (2021) Informe de seguimiento año 2020: Política Energética de Chile
- [10] Ministerio de Energía (2019) Energía Abierta: Reporte Mensual ERNC Julio 2019
- [11] Ministerio de Energía (2020) National Green Hydrogen Strategy
- [12] Ministerio de Energía (2021) Transporte con hidrógeno
- [13] Ministerio de Energía (2021) Guía de Apoyo para Solicitud de Autorización de Proyectos Especiales de Hidrógeno

Autores:
Annika Schüttler
Christoph Meyer

Im Auftrag des:

