



Ministerio de
Energía

Gobierno de Chile

Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde y líneas de acción

Sesión 2 – Servicios Públicos

Noviembre, 2021



Hidrógeno

Principales Características

H^1

Más abundante del Universo
Más ligero
El más pequeño

H_2

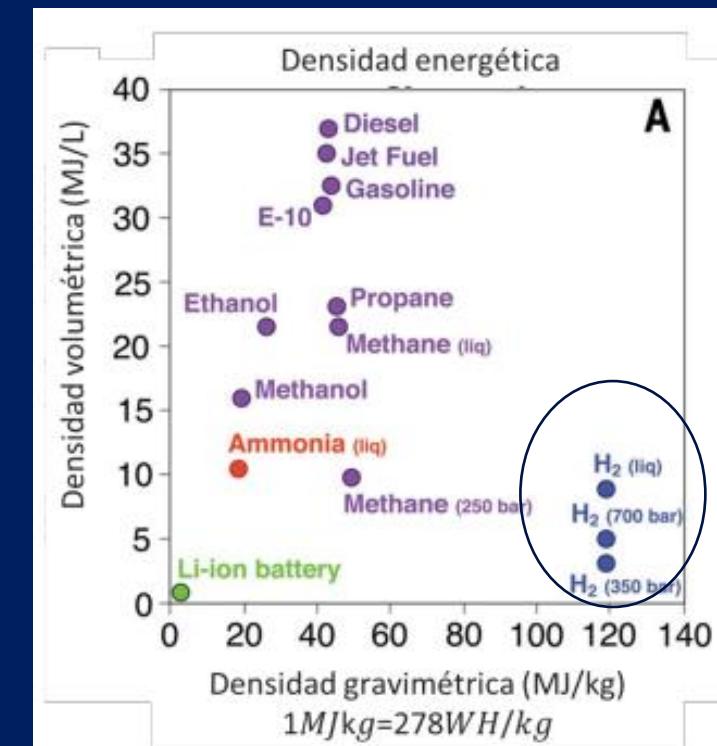
Condiciones normales
de T° y presión
Gas



Difícil de obtener en
forma gaseosa
de manera natural

*Vector
energético*

Alta densidad energética en términos
másicos pero baja en términos volumétricos



Hidrógeno

Principales Características

El ser humano no es capaz de detectarlo



Significativamente más liviano que el aire



Alto rango de inflamabilidad y llama invisible



Energía mínima de Ignición es muy baja
T° de autoignición mayor



Peligros de detonación



60+ proyectos en desarrollo en Chile



+15

USD billones proyectados
en inversión al 2030



+1,200

kTon/año de H₂ proyectado
en producción al 2030



+500

kTon/año H₂ proyectado en
consumo local al 2030



+15

Proyectos ya definieron fecha
de inicio de operación

Source: Ministry of Energy

Atacama Hydrogen Hub

Electrólisis a gran escala con
potencial de exportación y tren de
carga propulsado por pila de
combustible de hidrógeno



HyEx

Producción de amoniaco verde en
el norte de Chile para consumo
doméstico e internacional,
reemplazará importaciones de
amoniaco de ENAEX

Acero verde

Mezcla de hidrógeno verde en hornos
de CAP para reducir el consumo de
coque y eventualmente reemplazarlo
por completo en su producción de
acero

HIF

Planta a escala industrial en
Magallanes que producirá
combustibles sintéticos
climáticamente neutros para
exportación

HNH ENERGY

Producción de amoniaco verde
a gran escala en Magallanes
para exportación

- 
- A wide-angle photograph of a mountainous landscape. In the foreground, a deep blue lake stretches across the frame. The middle ground is dominated by a range of mountains with rugged peaks and patches of snow. The sky above is a clear, pale blue with a few wispy clouds. A dark blue rectangular box is overlaid on the left side of the image, containing the following text.
1. Introducción
 2. Estrategia
 3. Líneas de acción

Se desarrolló una estrategia participativa



Mesas Técnicas

Mesas técnicas con representantes de empresas, universidades, centros de investigación y asociaciones gremiales

4 sesiones entre junio y julio de 2020

Participantes: 66 organizaciones.

Talleres Ciudadanos

Representantes de ONGs y asociaciones ciudadanas locales.

3 talleres en agosto de 2020

Participantes: 90 representantes.



Mesa Interinstitucional

Mesa para elaborar diagnóstico.

4 sesiones entre abril y octubre de 2020

Participantes: Ministerios de Energía; Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación; Minería; Economía; Transporte y Telecomunicaciones; Medio Ambiente y Relaciones Exteriores, junto con CORFO e InvestChile, además de la agencia alemana GIZ.

Consejo Asesor

Especialistas en políticas públicas para asesorar al Ministerio de Energía,

4 sesiones entre mayo y agosto de 2020

Miembros: Ex Presidente Ricardo Lagos, Vivianne Blanlot, Jeannette von Wolfersdorff, Klaus Schmidt-Hebbel, Marcelo Mena, Gonzalo Muñoz.

Publicación

Lanzamiento el 03/11/20 en el marco del Green Hydrogen Summit – Chile 2020. Consulta pública finalizada y hoy en revisión para publicación de versión definitiva.



El hidrógeno verde más competitivo del planeta

Nos permitirá reducir emisiones eficientemente en otras aplicaciones

Costo nivelado de hidrógeno verde (USD/kg H₂)

Fuente: McKinsey & Company.

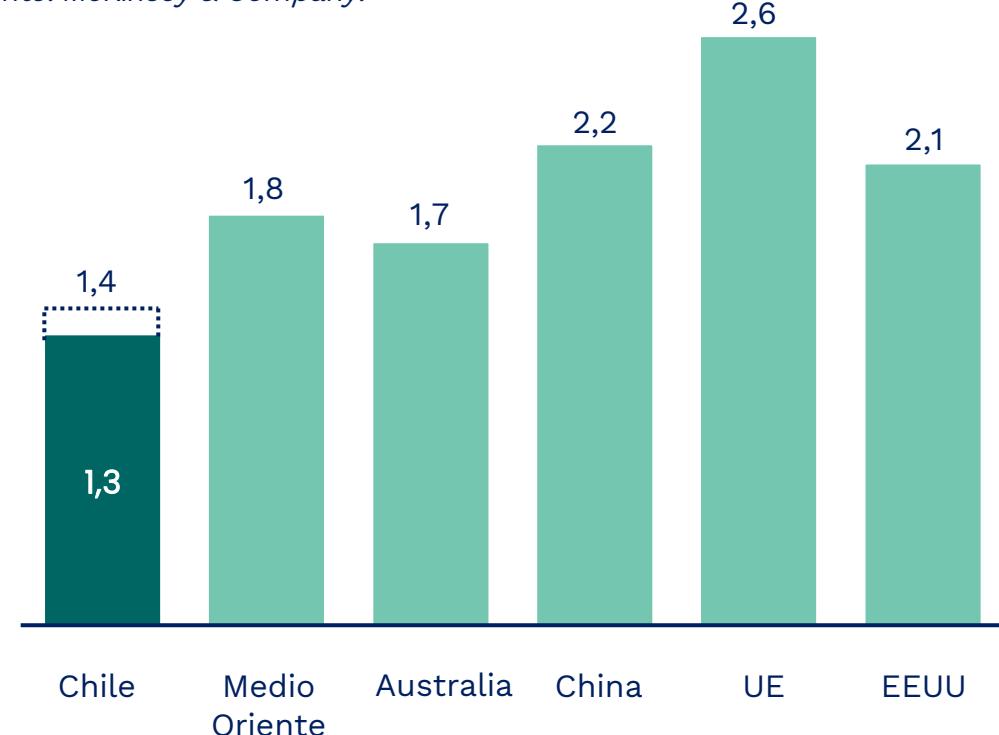


Potencial de 160 Mton por año de producción de hidrógeno verde en Chile*

*Fuente: Agencia Internacional de Energía.

Costo nivelado de producción comparado al 2030 (USD/kg H₂)

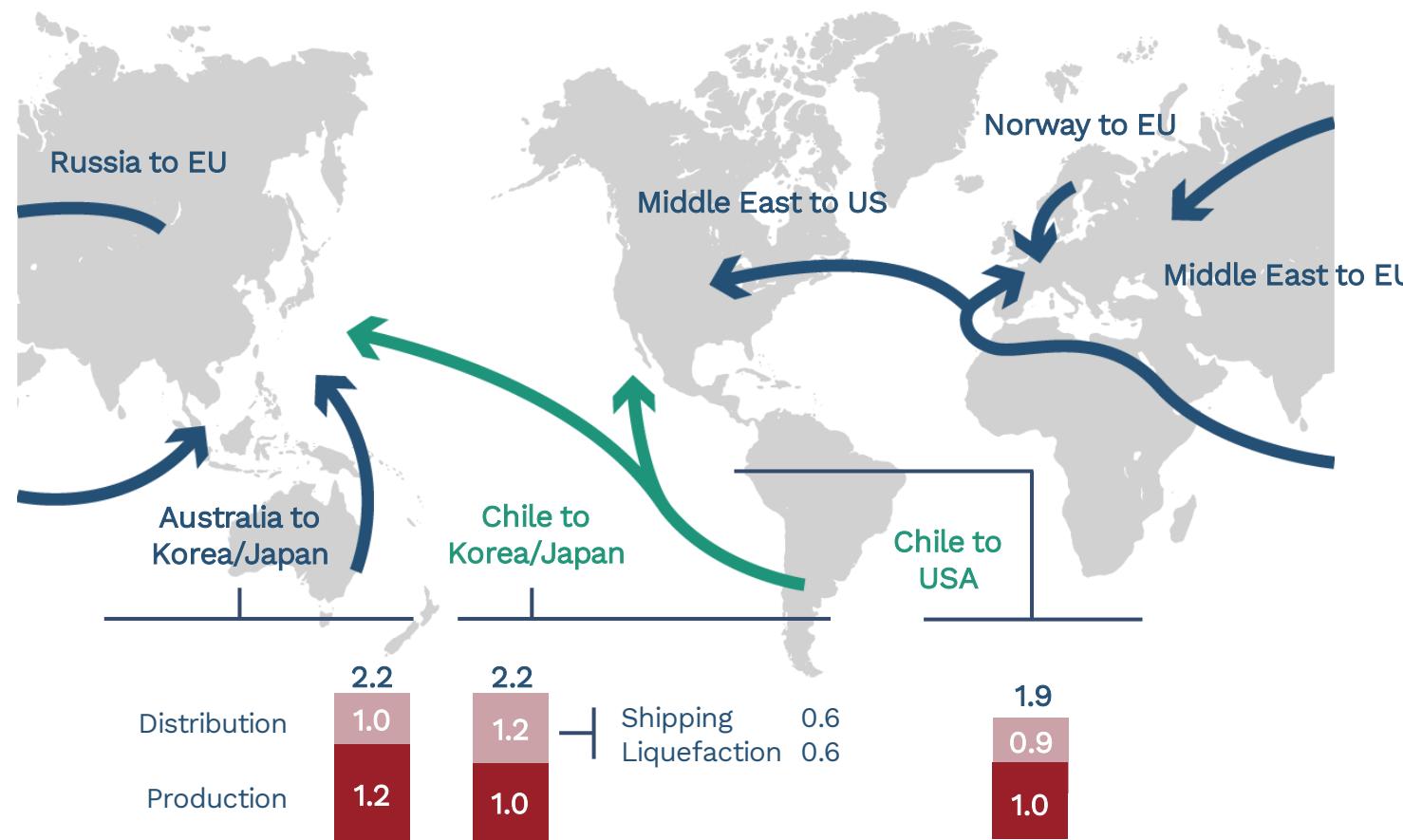
Fuente: McKinsey & Company.



*Sin considerar costos de compresión, transporte y distribución, los que varían según la aplicación final.

Pushing the boundaries of the energy transition through green hydrogen

Cost of liquid H₂ at port of destination, 2030 (USD/kg H₂)

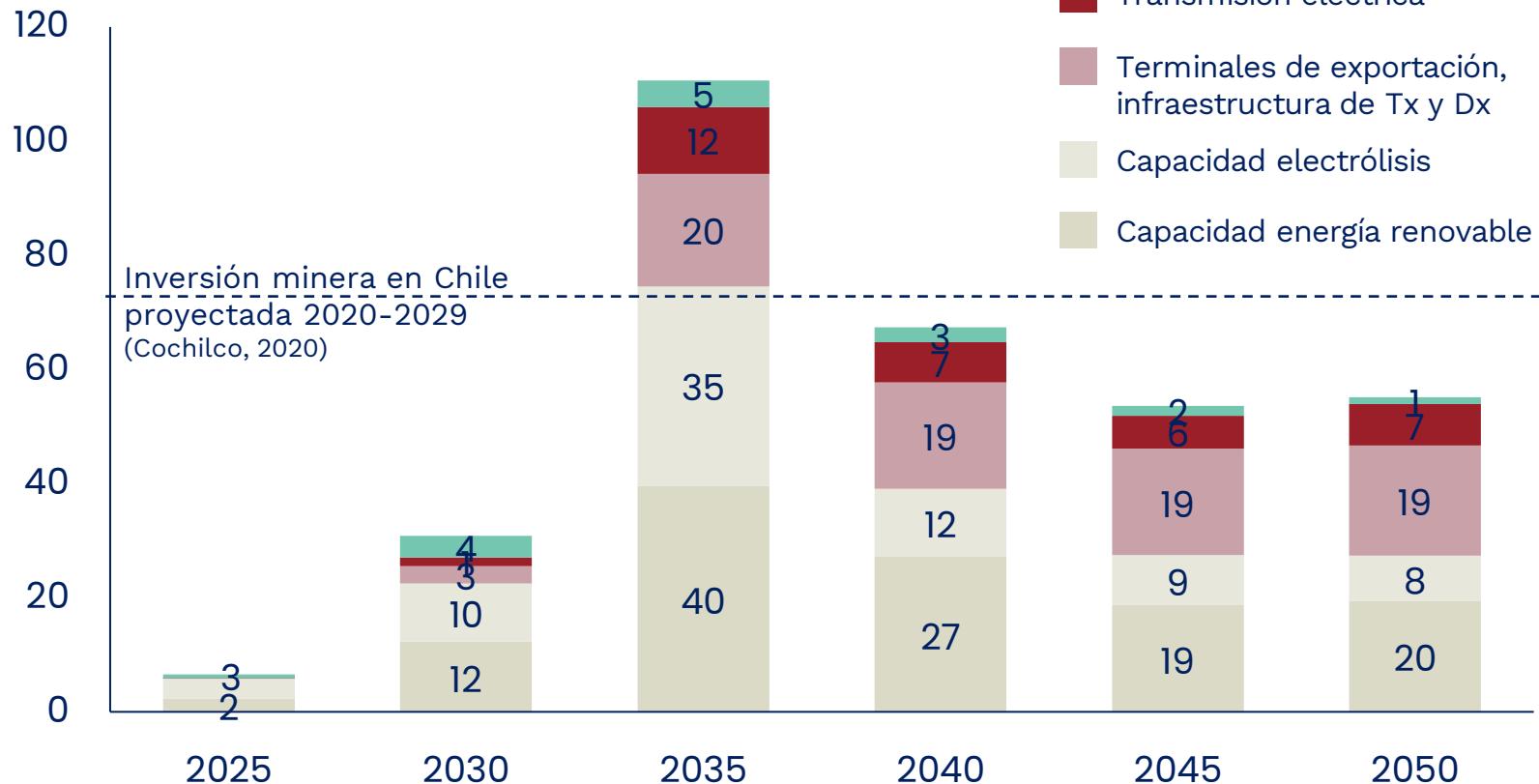


Renewable energy carriers

- LH₂** Liquid hydrogen
- NH₃** Green ammonia
- CH₃OH** Green methanol / eFuels
- Cu** Green copper and other green exports

Un sector que liderará la inversión en Chile

CAPEX requerido (USD B)



El hidrógeno verde dinamiza toda la economía chilena, creando oportunidades enormes de inversión en infraestructura

Es clave entender el paradigma de que el hidrógeno verde comprende una cadena de valor extensa y ramificada, la que catalizará oportunidades en varias industrias existentes:

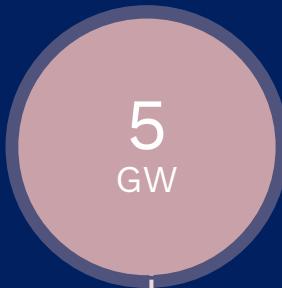
- **Industria eléctrica:** Plantas de generación, líneas de transmisión, transformadores, subestaciones, condensadores.
- **Industria construcción:** Obras civiles, puertos, estaciones de servicio, gasoductos.
- **Industria química:** plantas de amoniaco, metanol, captura de carbono.

Nuestra ambición

2025



Top 1
inversiones en
hidrógeno
verde en
Latinoamérica



Capacidad de
electrólisis
construida y en
desarrollo

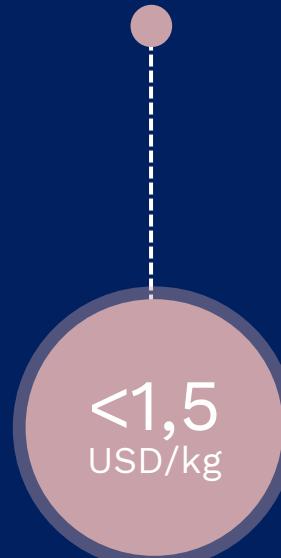


Producción en al
menos 2 polos
de hidrógeno
verde en Chile

Líder
exportador
global de
hidrógeno verde
y sus derivados



El hidrógeno
verde más barato
del planeta



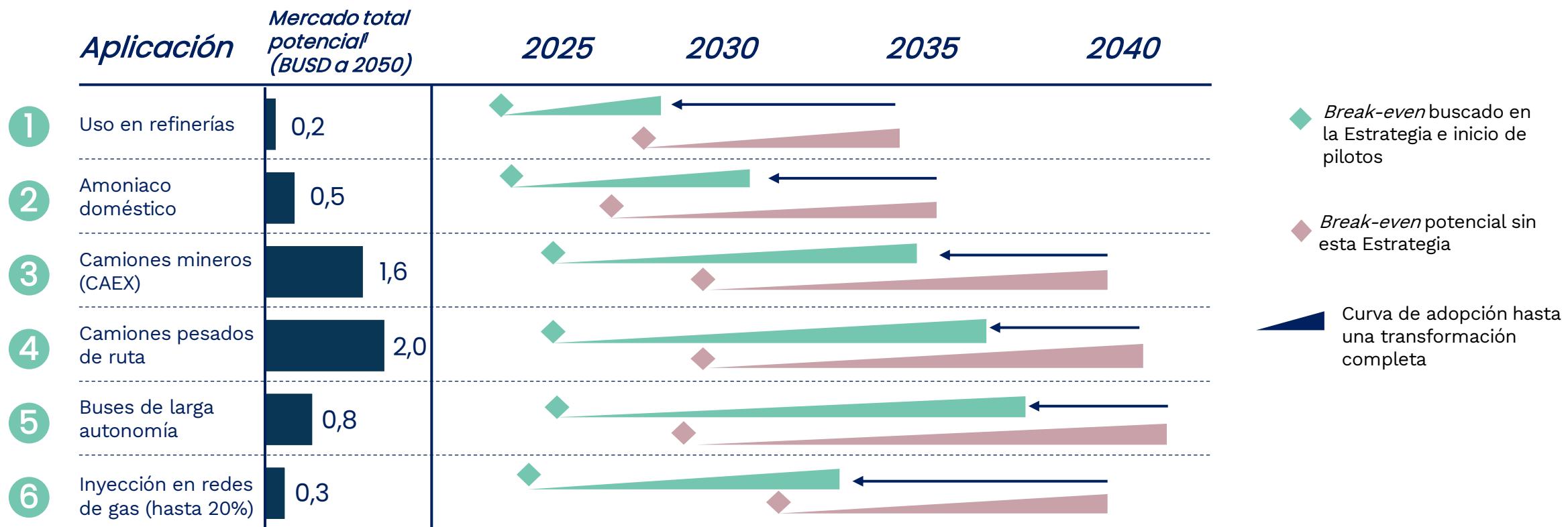
Líder
productor global
de hidrógeno
verde por
electrólisis



2030

Etapa I: 2020-2025

Activar la industria doméstica y desarrollar la exportación

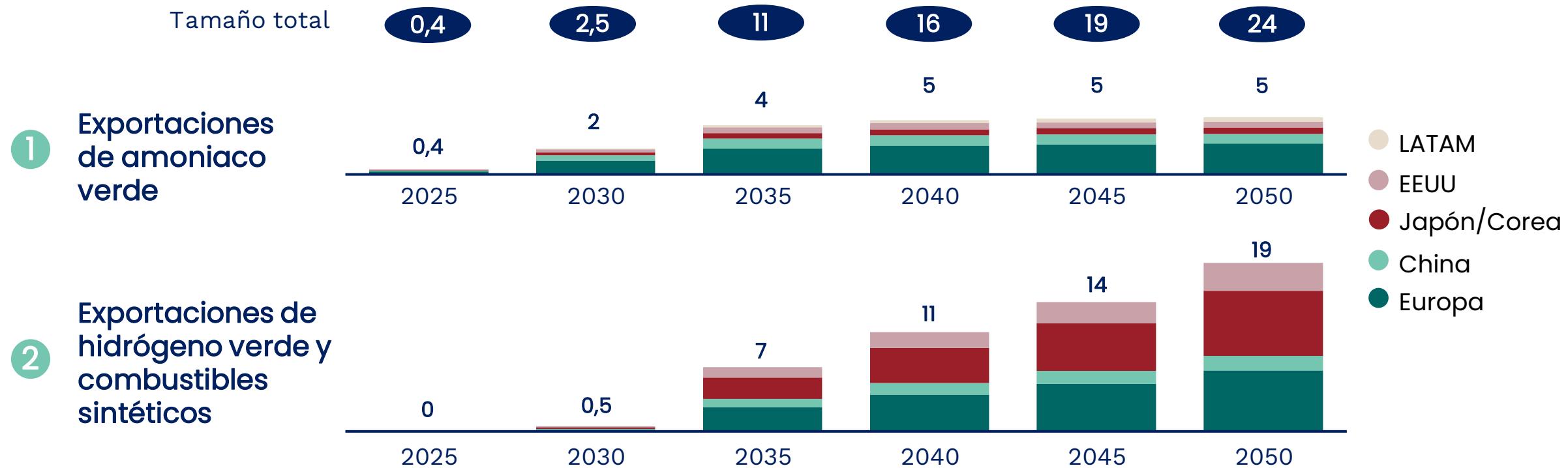


Anticipo de 6 aplicaciones prioritarias en Chile

Etapas II y III: 2025-2030 y 2030+

Escalar para conquistar mercados globales

Tamaño de mercado estimado para exportaciones chilenas (BUSD)



Abordar mercados que serán importadores netos



- 
- A wide-angle photograph of a mountainous landscape. In the foreground, a deep blue lake stretches across the frame. The middle ground is dominated by a range of mountains with rugged peaks and patches of snow. The sky above is a clear, pale blue with a few wispy clouds. A dark blue rectangular box is overlaid on the left side of the image, containing the following text.
1. Introducción
 2. Estrategia
 3. Líneas de acción

¿En qué hemos enfocado el trabajo del sector público?



REGULACIÓN

Reducir incertidumbre en el mercado para acelerar ejecución de proyectos de hidrógeno verde

Reducir complejidad asociada al desarrollo de nuevos proyectos



FINANCIAMIENTO

Contribuir a **cerrar brechas de costo** para impulsar competitividad en industria local

Generar incentivos para el impulse de proyectos tempranos



DEMANDA

Acelerar demanda interna para lograr descarbonización y comenzar desarrollo de mercado de H2 verde

Capturar demanda externa de manera temprana para posicionar a Chile como proveedor competitivo



VALOR LOCAL

Preparar territorios con potencial productivo, de manufactura y de servicios para la captura de valor en la industria de H2 verde

Conectar y coordinar actores del ecosistema local, definiendo prioridades y potenciando roles.

Cronograma de estudios 2021

	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr
BM: Esquemas de certificación de H2 verde y recomendaciones para Chile								
BID: Prefactibilidad terminal de exportación de H2v								
BID: Inyección de H2v en redes de gas: Regulación y factibilidad técnica								
BID: Hydrogen Valleys								
BID: Prefactibilidad de combustibles sintéticos en Magallanes								
BID: Regulación de EESS multicombustibles								
BID: Portal web informativo								
PROPIO: H2v y los mercados y sistemas eléctricos								
BM: Escenarios de impacto de la transición energética a la carbono-neutralidad en el sector de los combustibles y mecanismos de cuotas. + Barreras regulatorias al uso de H2v en sistemas eléctricos medianos y aislados								
BM: Apoyo técnico a la mesa de instrumentos económicos y tributarios para la transición energética								
BM: Análisis y recomendaciones para el desarrollo de normativa de seguridad para habilitar el uso de hidrógeno en la minería								
IEEJ/TARA: Costo y huella de carbono de H2 chileno puesto en Japón								

Se lanzó la Estrategia Climática de Largo Plazo



Presentamos el Anteproyecto de la Política Energética Nacional



Lanzamos una Estrategia Nacional de Electromovilidad



Reaching further applications with renewable power

Our National Electromobility Strategy sets ambitious goals for transport

2035



2040



2045



100% of light and medium vehicle sales will be zero emissions.



100% of public transport sales (buses, taxis, others) will be zero emissions.



100% of major mobile machinery will be zero emissions.

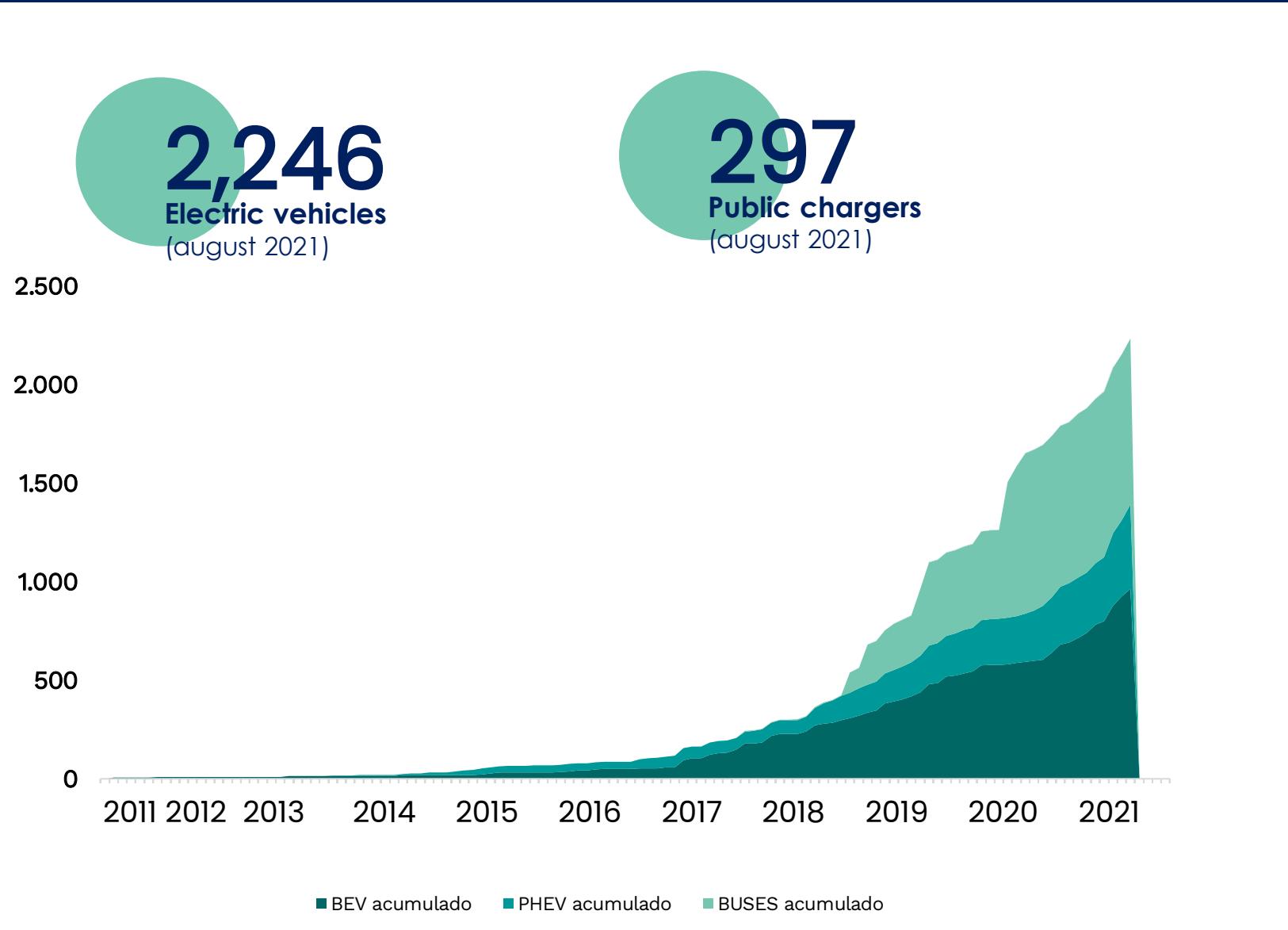


100% of minor mobile machinery will be zero emissions.

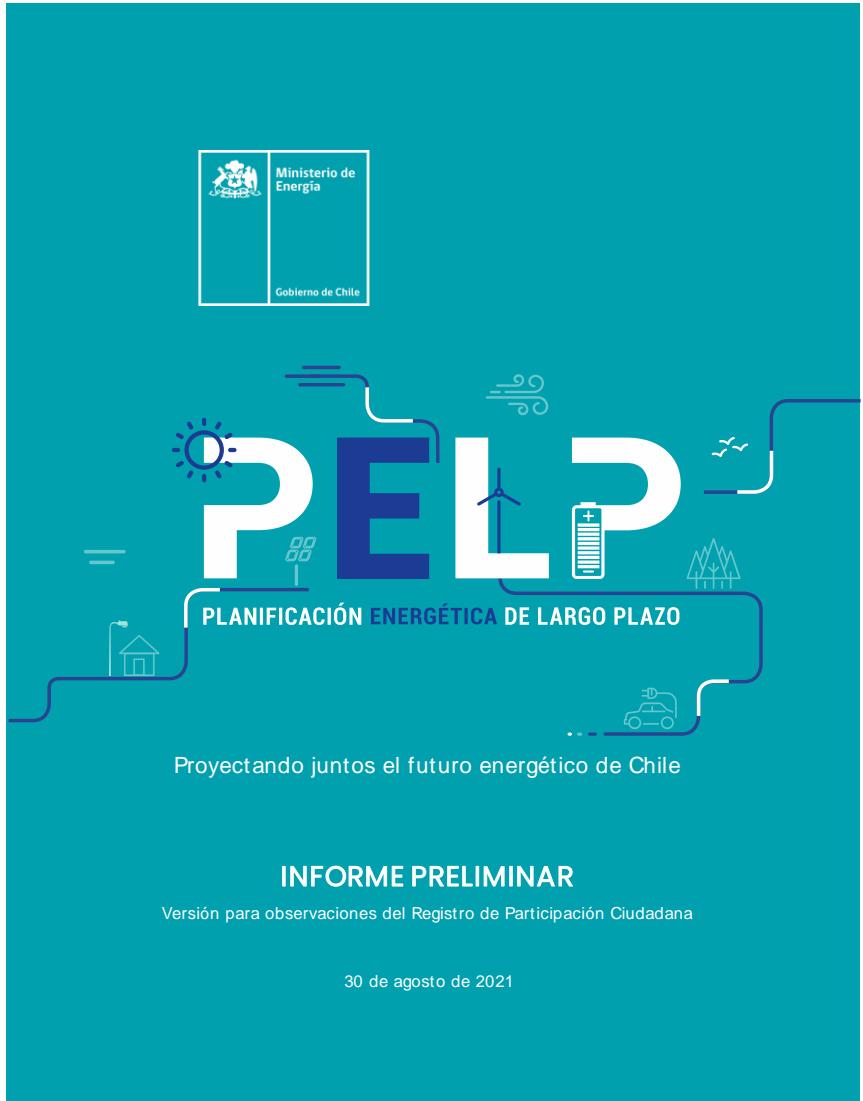


100% of load transport vehicle and inter-urban bus sales will be zero emissions.

Moving forward towards the electrification of transport



Actualizamos nuestra Planificación Energética de Largo Plazo



pelp.minenergia.cl



Informe Preliminar
PELP 2023-2027

Green hydrogen is a constant across Chilean energy policies



Energy Transition Law:
Will address electromobility, green Hydrogen and NCRE



2040:
20% of the country's fuel mix is green hydrogen



2050:
70% zero emission fuels (such as green hydrogen) in non-electric end energy uses



2050:
Up to 40% of electric demand driven by green hydrogen production for local uses

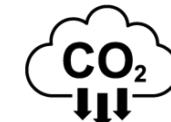
Política Nacional Minera 2050: un nuevo modelo para nuestra minería

El anteproyecto de la PNM 2050 establece una carta de navegación para la industria y el Estado, basada en tres pilares: económico, social y medioambiental, y propone objetivos ambiciosos.

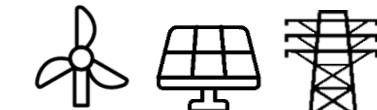
Tener **flotas cero-emisiones** en operación en la gran minería hacia **fines de esta década**.



Reducir las **emisiones de CO2 equivalente** de las operaciones mineras de gran escala en al menos un 50% al 2030, alcanzando la **carbono neutralidad** al 2040.



Garantizar que el sector minero se alimente en un 90% a partir de **fuentes de energía renovables** al 2030 y en un **100% al 2050**.

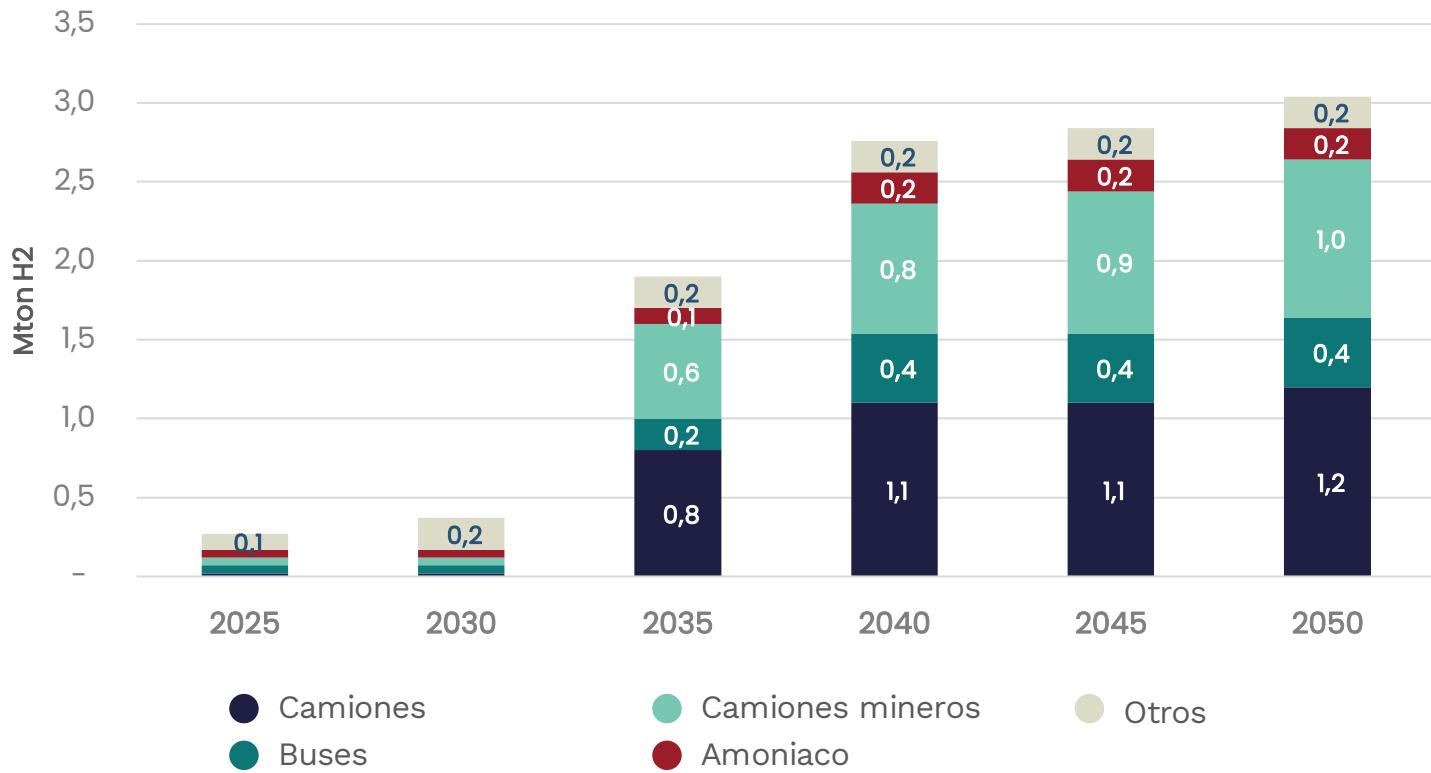


Establecer objetivos medibles y contabilizables **para las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de alcance 1, 2 y 3 para 2030**.



La minería tiene el potencial de liderar la adopción de hidrógeno

Consumo de hidrógeno en Chile para distintas aplicaciones





Chile has an extensive coastline, high maritime traffic levels, and important industrial hubs close to port infrastructure



Chile's coastline
>> 6,000 km



Yearly landings
~ 20,000 ship landings in Chilean ports each year



National ports
Chile has ~ 40 ports, ranging from Arica in the North to Puerto Williams in the South

Several bays offer high potential for supplying zero emissions fuels

Promising bays for hydrogen hubs



Inter-American Development Bank

Currently studying a hydrogen export terminal in Chilean promising bays with potential for reutilizing infrastructure

1 Tocopilla Port



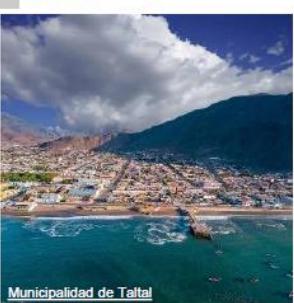
Prensa SQM

2 Mejillones Port



Agencia Uno

3 Taltal Port



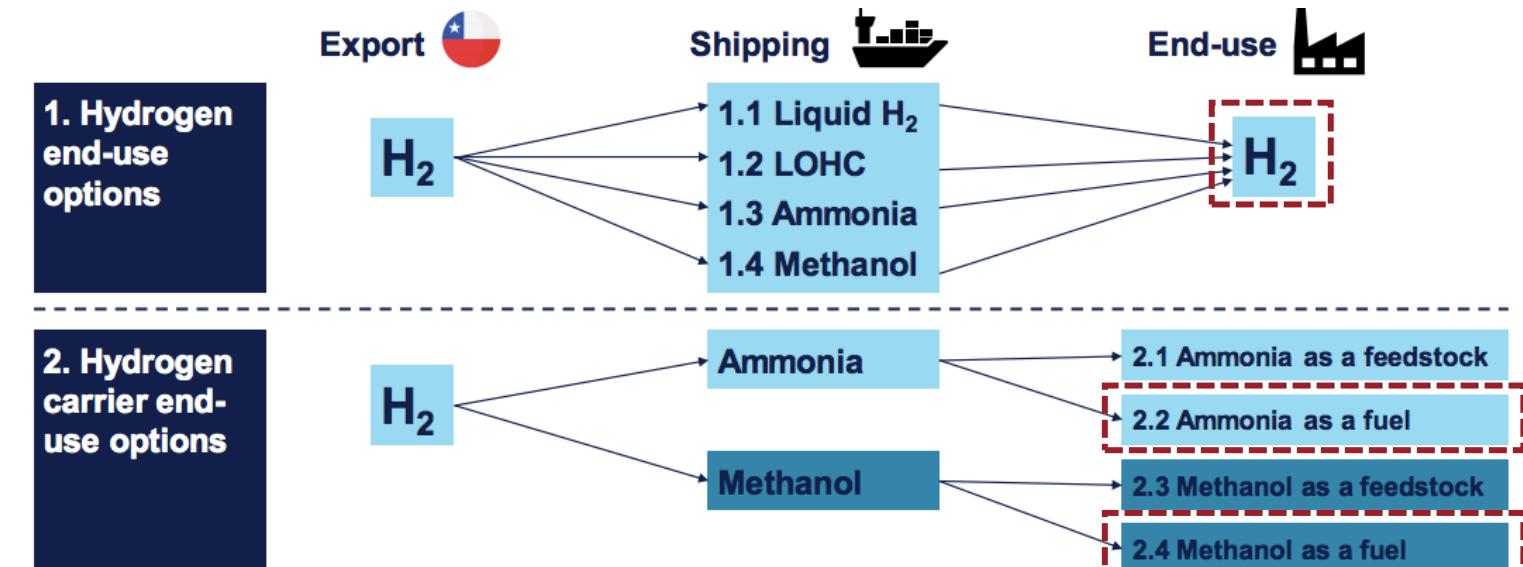
Municipalidad de Taltal

4 Cabo Negro Port



MarineTraffic

H2 exports from Chile can support the global supply of maritime fuels



Singapore
Top global bunkering port

MoU in place with for setting up an export-import corridor



Rotterdam
Top EU bunkering port

MoU in place for setting up an export-import corridor

A competitive and sustainable industry with high standards

Paving the road for green hydrogen certification

We are conducting research and bilateral conversations to **make our green hydrogen compliant** with different markets and regulations.



Recommendations for a Green Hydrogen Certification Scheme in Chile that is compatible with national and international carbon markets



Requirements for the production and export of Green-sustainable hydrogen

Public and private traceability frameworks

Chile already has private and public systems to trace and certify renewable electricity.



THE INTERNATIONAL REC STANDARD

New renewable energy

Additional renewable energy plants will be deployed for this industry and to achieve domestic decarbonization targets:

By 2030, 80% of power generation will come from renewable energy

Territorial coordination



Green hydrogen as a catalyst for local growth

Clean fuels will generate local hubs for investment, innovation, and economic activity.

Community generation: 100 MW of indigenous or local rural organizations in the power matrix by 2030.



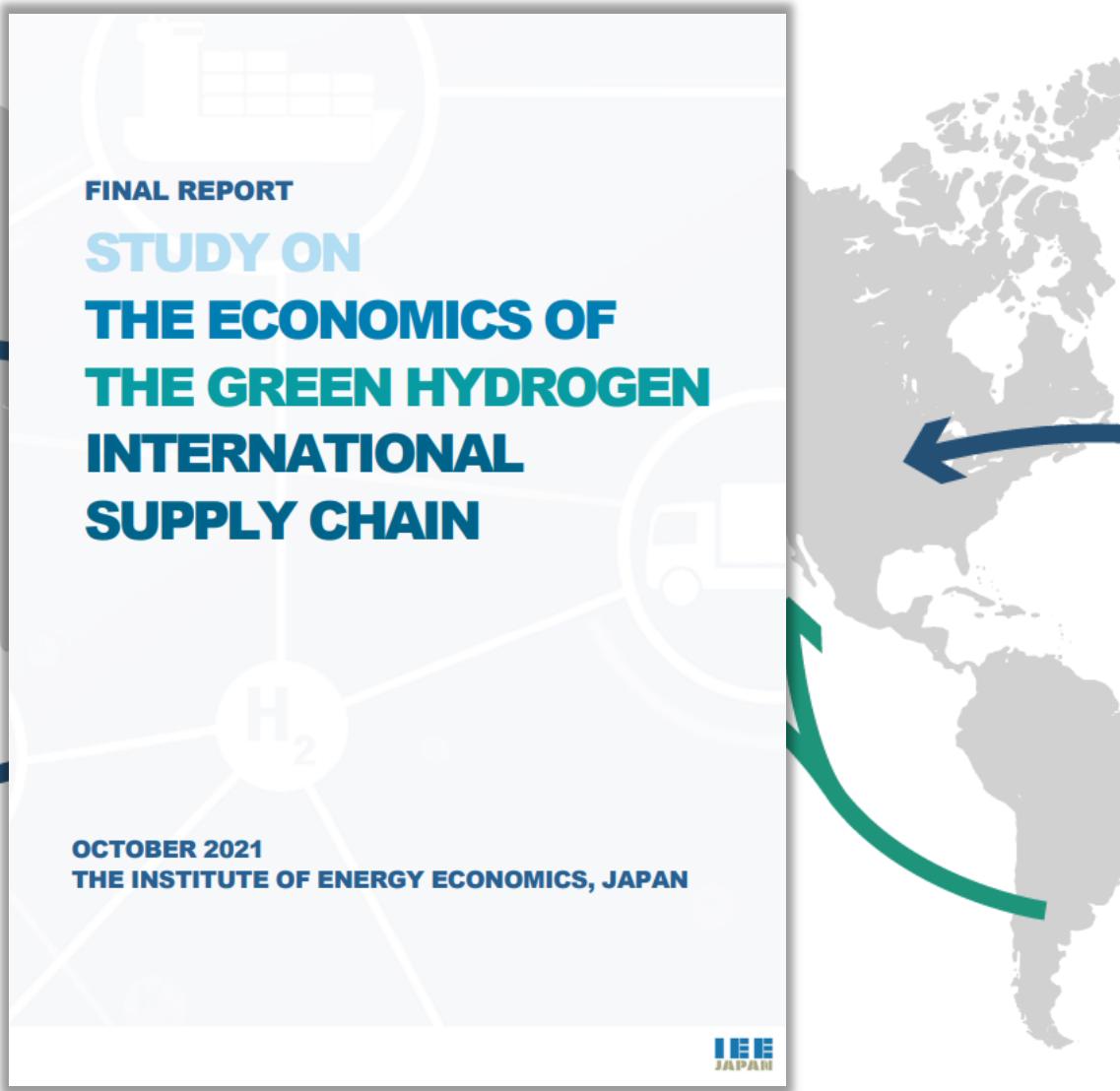
Balanced use of resources and land

Developed in harmony with its environment and nearby communities, paying special attention to a responsible use of water



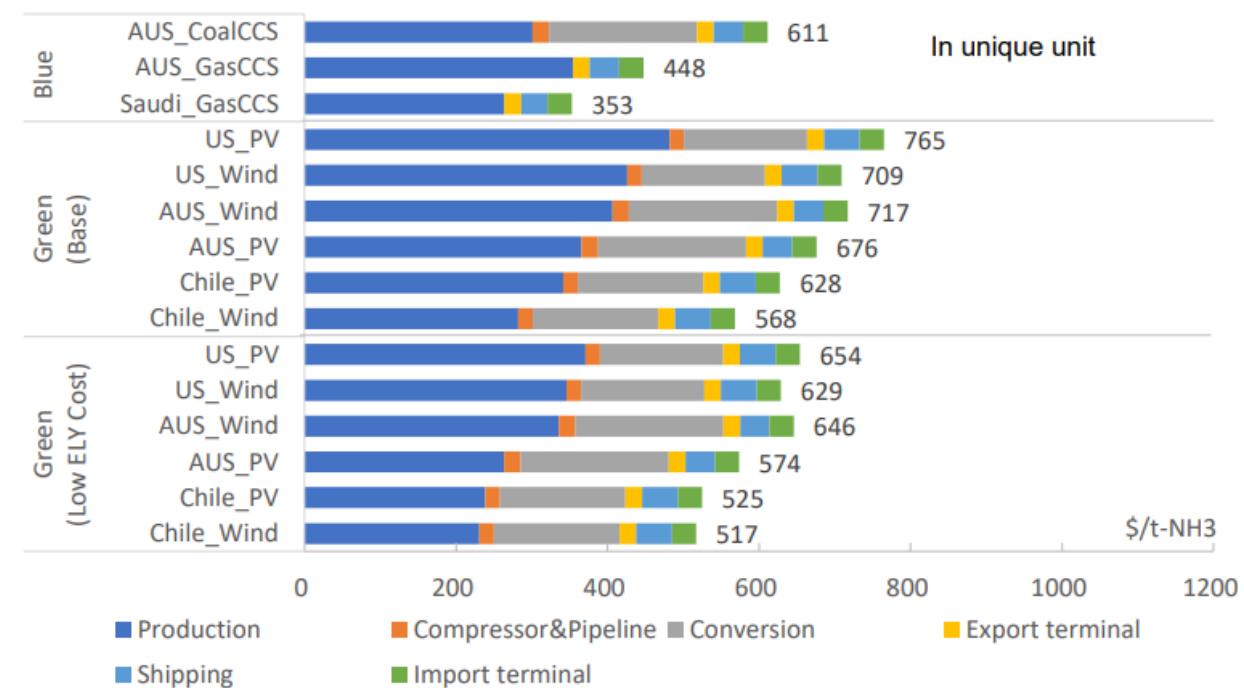
Patagonia, Chile

Chile: most competitive green NH₃ exporter to Japan



Ammonia supply cost (without cracking) in Japan

By 2030, green ammonia from Chile will be the most cost effective supply chain of derivatives of green H₂ to Japan



- 
- A wide-angle photograph of a mountainous landscape. In the foreground, a large, dark blue lake with a smooth surface reflects the surrounding peaks. The mountains are rugged, with patches of white snow on their upper slopes and rocky, brownish terrain below. The sky is a clear, pale blue with a few wispy white clouds.
- 1. Introducción
 - 2. Estrategia
 - 3. Líneas de acción
 - 4. Proyectos en curso

+60 proyectos mapeados en Chile



+25

Proyectos de producción



+25

Aplicaciones locales en transporte



+5

Aplicaciones locales en usos industriales



+5

Aplicaciones locales en generación eléctrica



+5

Aplicaciones locales en calor

SE HAN EMPEZADO A PRODUCIR LAS PRIMERAS MOLÉCULAS DE H2V

Fuente: Diario Financiero (23 de agosto)

EMPRESAS

Proyectos de hidrógeno verde en Chile se triplican y se concentran en Antofagasta, Valparaíso, Biobío y Magallanes



<https://bit.ly/3EWpZwQ>

Fuente: PV-Magazine (24 de agosto)

Entra en operación la primera planta de producción de hidrógeno verde en Chile

Se trata de un proyecto de la minera británica Anglo American. La hidrogenera está ubicada en Las Tórtolas, que es un embalse de relave de la minera Los Bronces, en la Región Metropolitana de Santiago, y generará hidrógeno a partir de fuente solar para alimentar una grúa horquilla que la compañía usará en sus operaciones.

AGOSTO 24, 2021 EMILIANO BELLINI

ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA | FV COMERCIAL & INDUSTRIAL | GRANDES PLANTAS | TECNOLOGÍA E+D | CHILE | CHILE



Imagen: Ministerio de Energía

<https://bit.ly/3uiSxq7>

PULSO 10SEP2
www.pulso.cl

Fuente: Pulso LT (9 de septiembre)



Portada País Regiones Deportes Magazine Mundo Opinión Multimedia Programas Marcas & Negocios

Fuente: Cooperativa (10 de septiembre)

Comenzó construcción de la primera planta de hidrógeno verde en Chile

Publicado: Viernes, 10 de Septiembre de 2021 a las 17:18hrs. Autor: Cooperativa.cl

- "Haru Oni", de la empresa Highly Innovative Fuels, se emplaza en Punta Arenas y producirá combustible sin generar emisiones contaminantes.
- Es el proyecto más grande de su tipo en América Latina y uno de los primeros a nivel mundial.
- Contempla una inversión de 51 millones de dólares, y operará utilizando energías renovables y dióxido de carbono extraído de la atmósfera.



<https://bit.ly/3D6bZ6j>

+8 proyectos iniciarán sus exportaciones en esta década



Mejillones



Taltal



Planta de amoníaco verde y suministro de energía solar fotovoltaica para reemplazar las importaciones de amoníaco gris para la planta de fabricación de explosivos. La ampliación permitiría exportar a través de la terminal existente.

Se desarrollará una instalación de hidrógeno verde para el suministro de trenes de mercancías para la industria minera. Las fases de ampliación apuntarían al amoníaco o LH₂ para la exportación. Ya se asoció con Complejo Portuario Mejillones.

Producción de amoníaco verde impulsada por una planta híbrida solar fotovoltaica-ind-BESS.

Planta de amoniaco verde para exportación y producción de fertilizantes. Las instalaciones agrícolas se incorporarían al proyecto. No se proporcionó información sobre la terminal.

Planta de producción de amoniaco verde en desarrollo. Las instalaciones terrestres y portuarias aún no están aseguradas..

+8 proyectos iniciarán sus exportaciones en esta década



Magallanes

2024	 HIF SIEMENS ENERGY
2026	 AustriaEnergy
2028	 CWP GLOBAL
2030	Sociedad de Inversiones Albatros  alfanar

Producción de metanol y gasolina verde a partir de energía eólica y captura de CO₂ para exportar a los compradores alemanes Porsche y Mabanaft. La fase piloto comienza a operar en 2022. La terminal de exportación para el piloto está asegurada.

Amoníaco verde para proyecto de exportación. Ya ha obtenido tierras y tiene un memorando de entendimiento con Trammo. El terminal de exportación no está claro.

Planta de producción de amoniaco verde en desarrollo. Las instalaciones terrestres y portuarias aún no están aseguradas

Planta de producción de amoniaco verde y parque eólico en desarrollo. Terreno asegurado

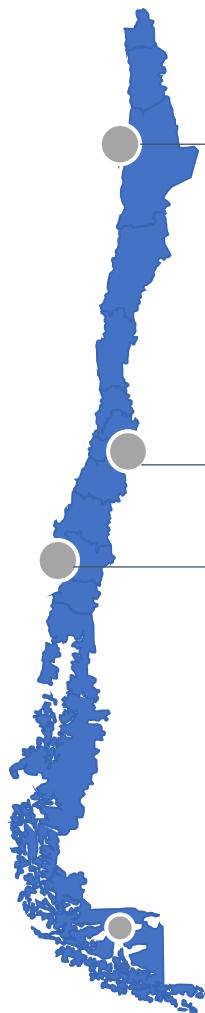
Otras empresas que se sabe que están desarrollando proyectos verdes de H₂ a gran escala o que tienen un interés manifiesto en establecer / adquirir uno



Otros proyectos buscan abastecer la demanda interna y pilotear



Otras iniciativas se enfocan en el desarrollo de tecnología



Antofagasta



Corfo aportará 143 MUSD al Instituto Chileno de Energías Limpias liderado por Associated Universities en los próximos 10 años para impulsar, entre otras soluciones sostenibles, el hidrógeno verde.



El consorcio tecnológico de Alset, financiado con 12.500 MCLP (16,7 MUSD), busca adaptar un camión CAEX para co combustionar H2 y diésel. Pilotearían un camión en 2022-2023, pero no se conocen avances.



Hydra es un proyecto de desarrollo de camiones CAEX con celdas de combustible 100% H2 liderado por Engie y financiado con 252 MCLP (340 kUSD) por parte de CORFO.



El consorcio tecnológico de la USM, financiado con 1.300 MCLP (1,7 MUSD), busca adaptar la operación de equipos móviles mineros a hidrógeno. Pilotearían un cargador frontal en 2022, pero no se conocen avances.

El Teniente



UCSC tiene adjudicado un fondo FNDR de 643 MCLP (0,9 MUSD) para construir una pequeña planta de producción y estudio de hidrógeno verde. Buscará generar capital humano y pilotaje de aplicaciones.

Biobío



UdeC tiene patentada una tecnología de uso de hidrógeno verde para el procesamiento de refinado de cobre sin emisiones. Buscan reemplazar a las fundiciones de cobre actuales. Aún no cuentan con financiamiento para desplegar la tecnología a escala.



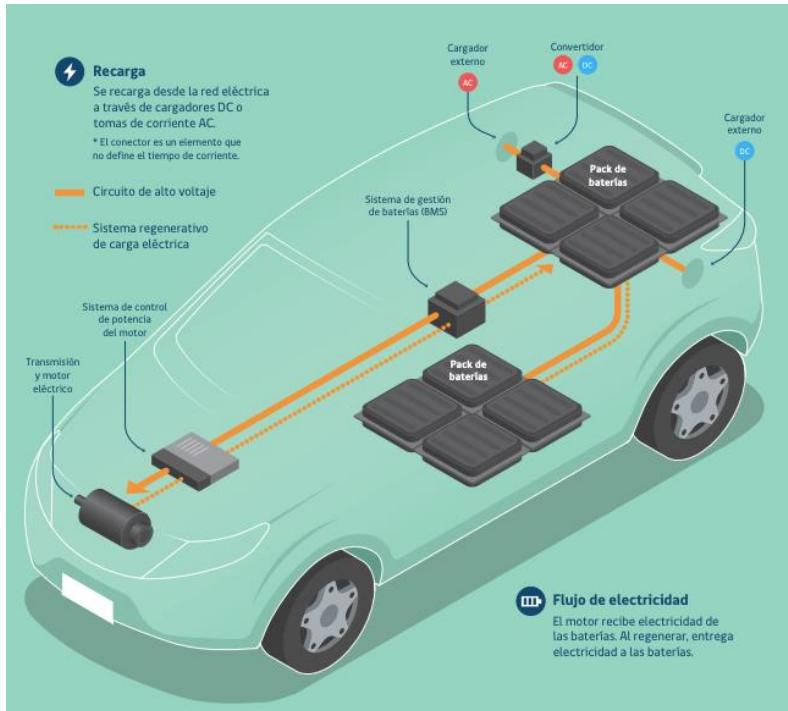
Existe una Alianza Estratégica Hidrógeno Verde para el Biobío con 33 entidades asociadas, incluyendo empresas, que busca nivelar brechas de información en actores de la región respecto al H2v.



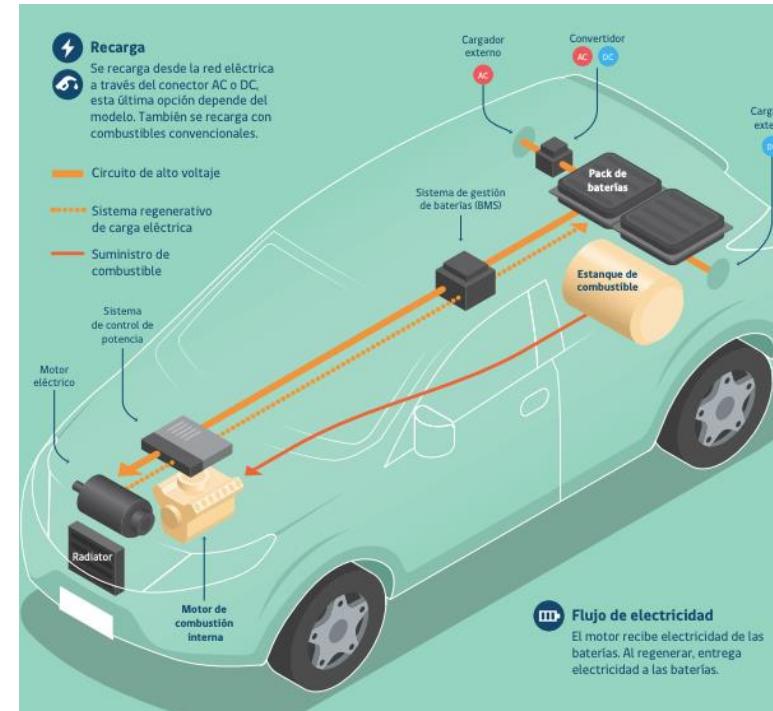
Aplicaciones en
Transporte

Electromovilidad: alternativas para transporte cero emisiones

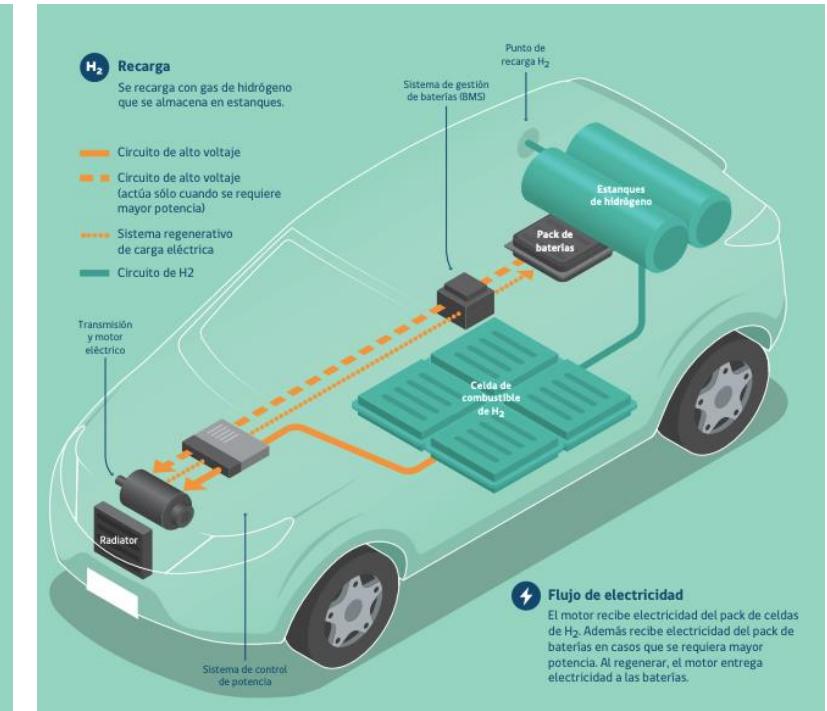
Eléctricos a Batería (BEV)



Híbridos enchufables (PHEV)

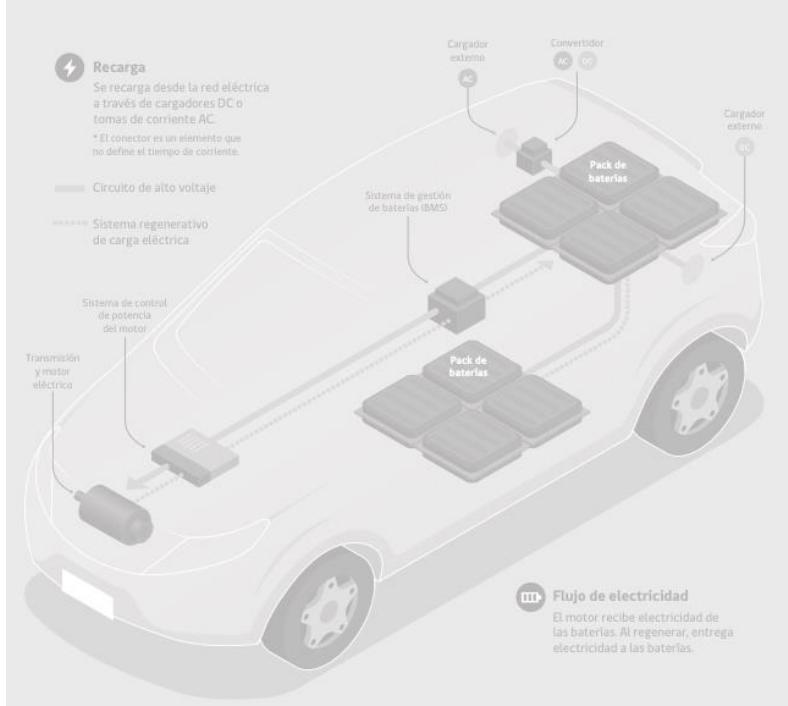


Celdas de Hidrógeno (FCEV)

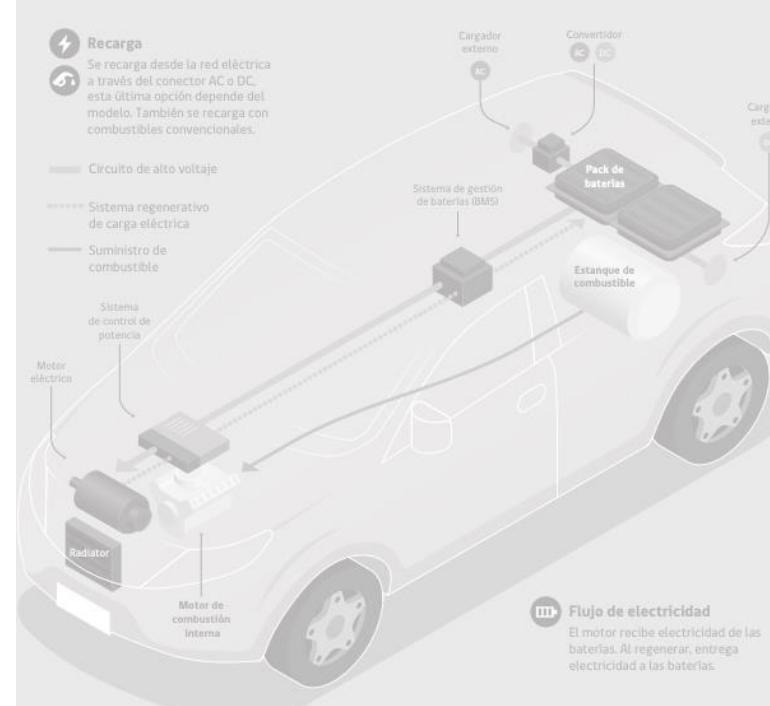


Electromovilidad: Hidrógeno como complemento a las baterías

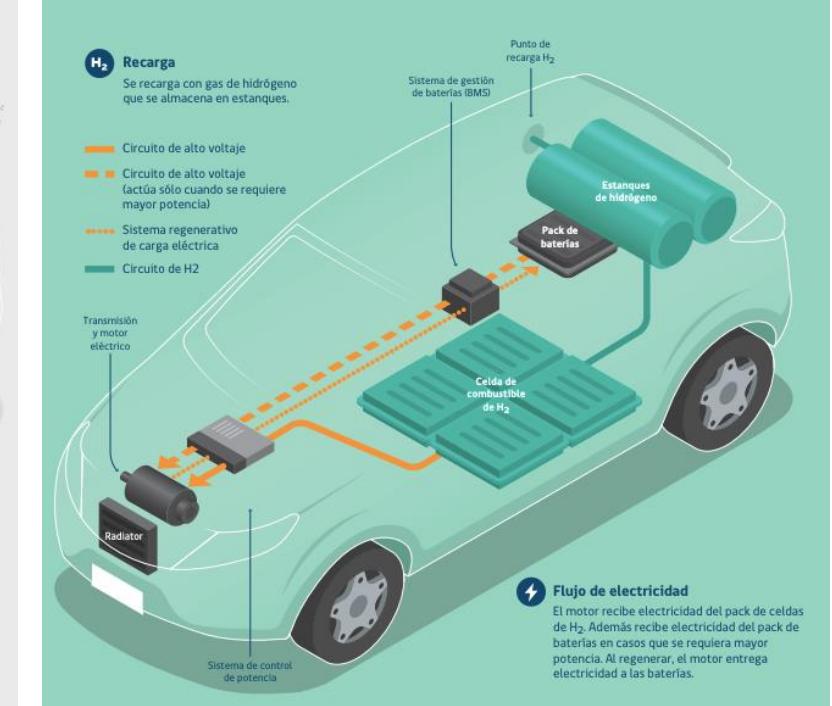
Eléctricos a Batería (BEV)



Híbridos enchufables (PHEV)



Celdas de Hidrógeno (FCEV)



Algunos factores a considerar

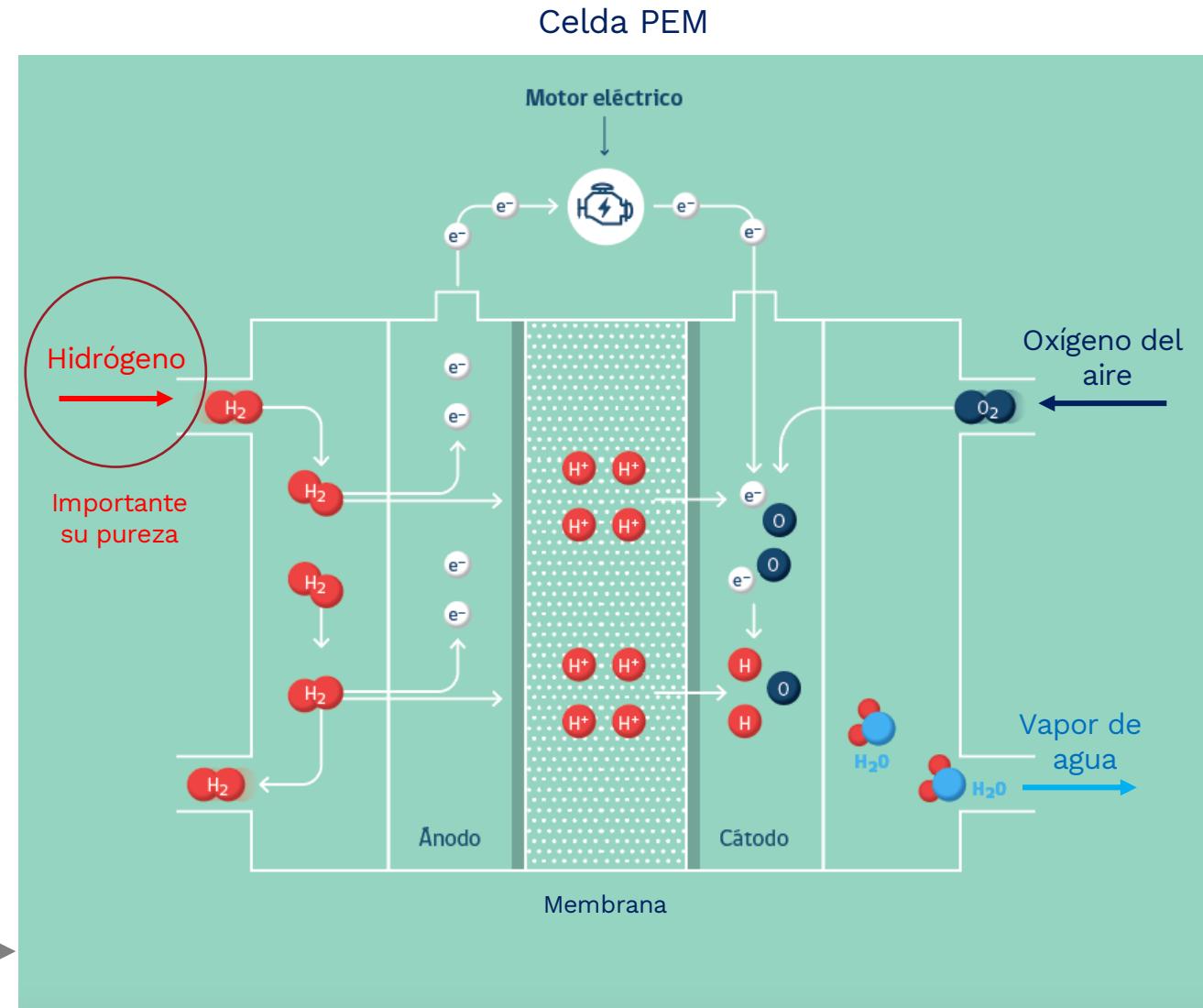
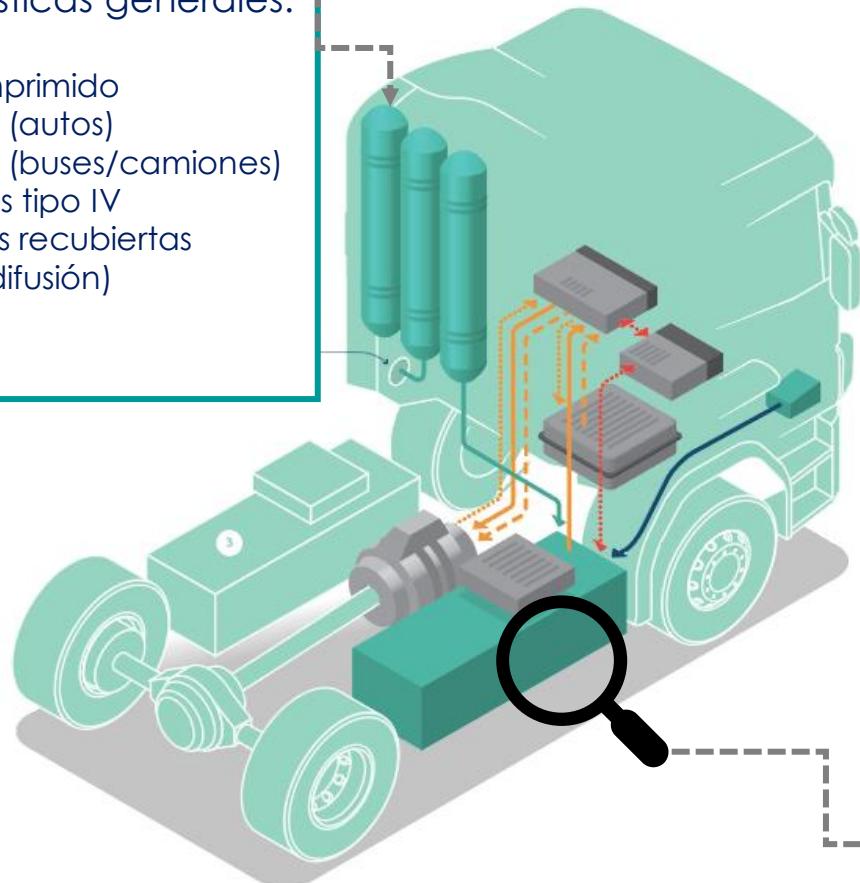
- Autonomías
- Peso
- Volumen
- Tiempo de carga
- Eficiencias
- Costos

Celdas de Combustible

O Fuel Cells

Características generales:

- H₂ comprimido
- 700 bar (autos)
- 350 bar (buses/camiones)
- Tanques tipo IV
- Paredes recubiertas (evitar difusión)



Existen diferentes visiones en la industria

“hydrogen fuel cell for powering cars is extremely silly”, Elon Musk

“It's just very difficult to **make** hydrogen, to **store** and use it in a car”

“Hydrogen is an **energy-storage** mechanism; it is **not a source of energy**”

“Fuel cells are **half as efficient** as batteries. Hydrogen gas is also pernicious molecule and extremely flammable”

“It will all become apparent in the next few years. There is no reason for us to have this **debate**. It will become super obvious”

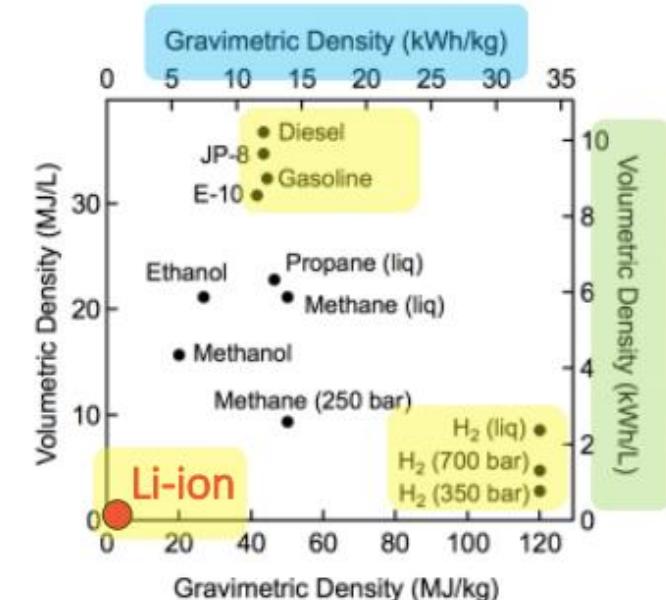
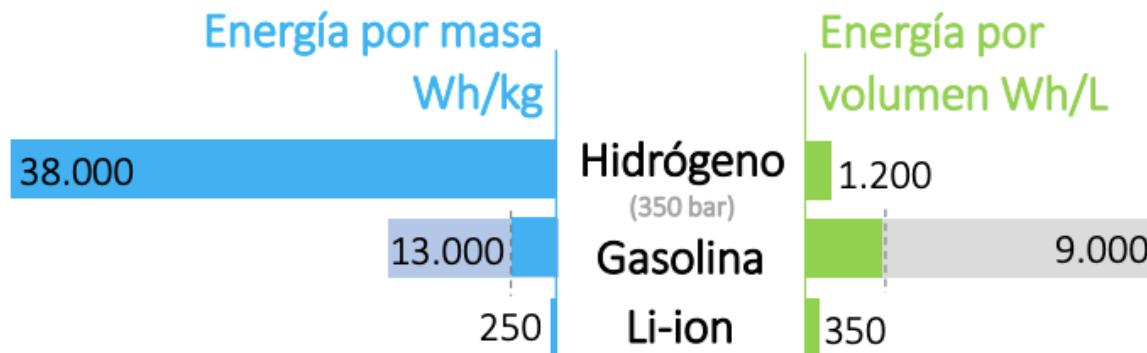
“the technology for a good electric car just isn't there (batteries)”, Toyota

“EV are not able to **travel far** and **charge quickly**. Eventually, the consumer will realize, forcing a market reversal”

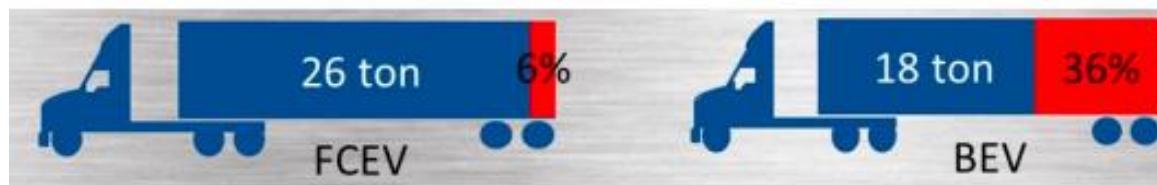
Toyota was **all-in on H₂** fuel cells, claiming it is able to meet consumer demands on ranges and charging times. But the company has had difficulty developing **H₂ fuelling infrastructure** for its Mirai (sells in small number).

Now Toyota is focusing on battery technology more than in EV. They have formed a division which is researching **solid state battery technology**.

Transporte: Importancia del almacenamiento



- ✓ Un FCEV puede conducir **más lejos** y transportar **más carga útil** que un BEV
- ✓ **Tiempos de carga** de H₂ son significativamente **menores** que un BEV (3-5 min livianos/ 6-10 min pesados aprox)



Fuente: Ancap, Uruguay

Transporte Terrestre

Vehículos pesados - Camiones



Hyundai Hydrogen Mobility

- Suiza
- 1.600 FCE camiones a 2025
- Modelo pay per use
- Autonomía 400 km (30 kg H2)



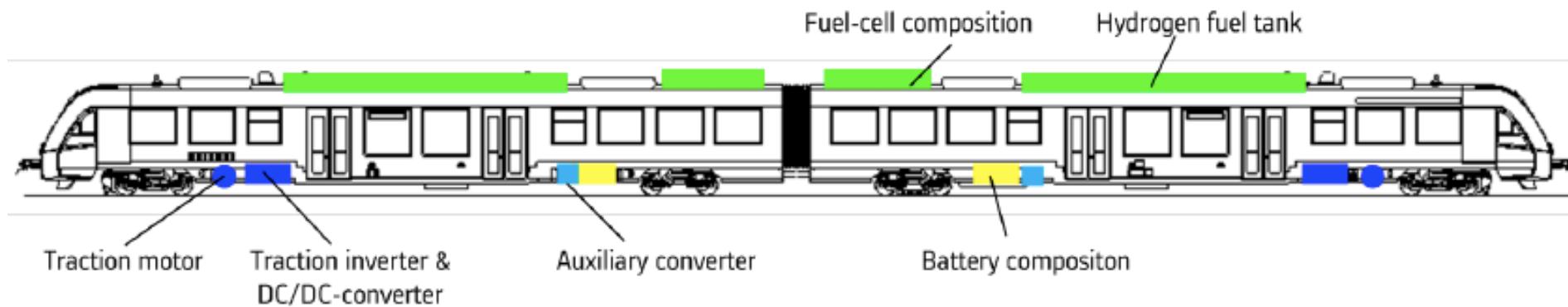
HyTrucks

- Países Bajos, Alemania y Bélgica
- 1.000 FCE camiones a 2025
- 25 estaciones de carga

Transporte Ferroviario

Coradia iLint

- Oportunidad: Gran % de las líneas no electrificadas
- Fabricante Alstom
- Operaciones en Alemania, Países Bajos, Austria
- 1.000 km de autonomía
- Vel máx: 140 km/h
- Resultados satisfactorios (compatibilidad infraestructura, pendientes, conducción, ruido, usuarios, recarga H₂)
- Próximos pasos: 41 trenes para Alemania (desde 2022-23), contratos suministro y mantenimiento por 30 años aprox. Otros proyectos en Italia, Francia y UK (transformación)



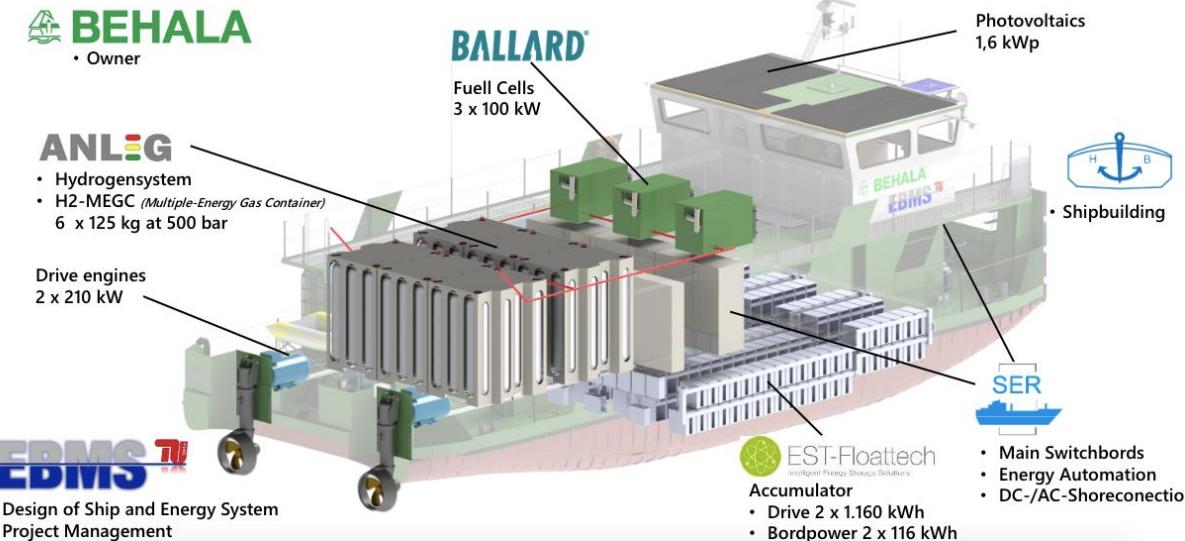
Transporte Marítimo

- **Elektra**

Alemania

Transporte de carga

Sistema dual (batería y fuel cell)



Transporte Aéreo

- Modo de transporte en el que la energía específica del combustible (relación energía / peso) es más importante





Gobierno
de Chile

gob.cl

Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde

Primer llamado para el financiamiento a proyectos de H2v en Chile

Busca impulsar la industria del H2v apoyando la inversión en iniciativas energéticas sustentables, ligadas a la producción de H2v en Chile.

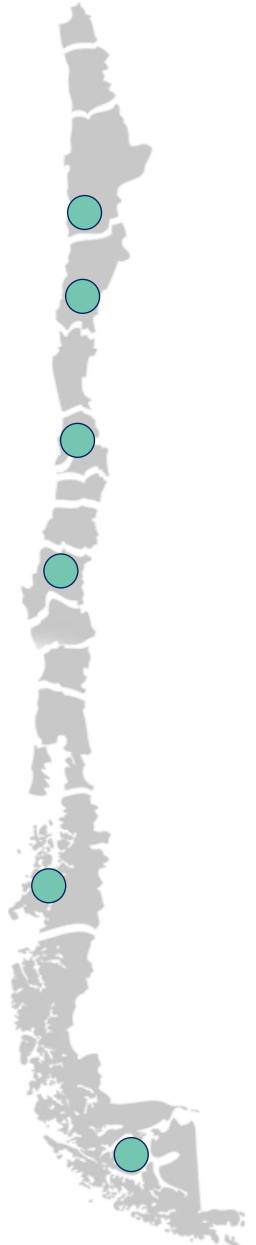


- **Características concurso:**
 - El fondo deberá ser utilizado para financiar el **electrolizador** y los componentes del balance de planta.
 - Monto total a entregar: **US\$ 50 millones**.
 - Monto máximo por postulante: **US\$ 30 millones**.
- **Requisitos:**
 - Instalar una potencia de electrolizadores ≥ 10 MW.
 - Entrar en operación a más tardar en **diciembre de 2025**.
 - Utilizar energía **100% renovable**.
 - Demostrar una clasificación internacional de riesgo igual o superior a **BBB-/Baa3** y ventas anuales > 600.000 UF.

10 postulaciones:



Sociedad de
Inversiones
Albatros



Concurso cofinanciamiento de estudios de preinversión de proyectos



Ejecutado por AGCID - CORFO - Ministerio de Energía.

Busca fomentar la realización de estudios preinversión para incentivar y acelerar la toma de decisiones destinadas a materializar inversiones en proyectos de producción, almacenamiento, transporte y uso de hidrógeno verde en el país.

Postulantes adjudicados:

RWE



MQWI[®]



FreePower

Sociedad de Inversiones Albatros



8 proyectos

Se adjudicaron los fondos del concurso



5,5 bn USD

de inversión proyectada



300.000 EUR

monto a adjudicar para el cofinanciamiento de estudios





Incentivar el uso de hidrógeno en etapas tempranas de proyectos.

La implementación de la AH2V está estructurada en etapas:

- **Etapa 1:** Apoyar el avance de los proyectos participantes para la postulación al cofinanciamiento.
- **Etapa 2:** Entrega de cofinanciamiento proyectos que hayan completado la Etapa 1 en forma exitosa para su implementación.

Monto total a entregar: 300 MMCLP



28 postulaciones

se recibieron en la convocatoria

10 seleccionados:

1. Melón - hornos
2. FreePower - generación
3. AxxaChemicals - solventes
4. Inversiones Farías y Farías - grúa
5. FCAB - tren
6. Terminal Pacífico Sur Valparaíso
7. COPEC - camiones
8. Centro Nacional de Pilotaje
9. Abastible – mezcla de gas en redes
10. Puerto Ventanas