



Ministerio de
Energía

Gobierno de Chile

Hidrógeno Verde

Y su significado para Chile

Centro de Estudios Públicos

5 de octubre, 2021

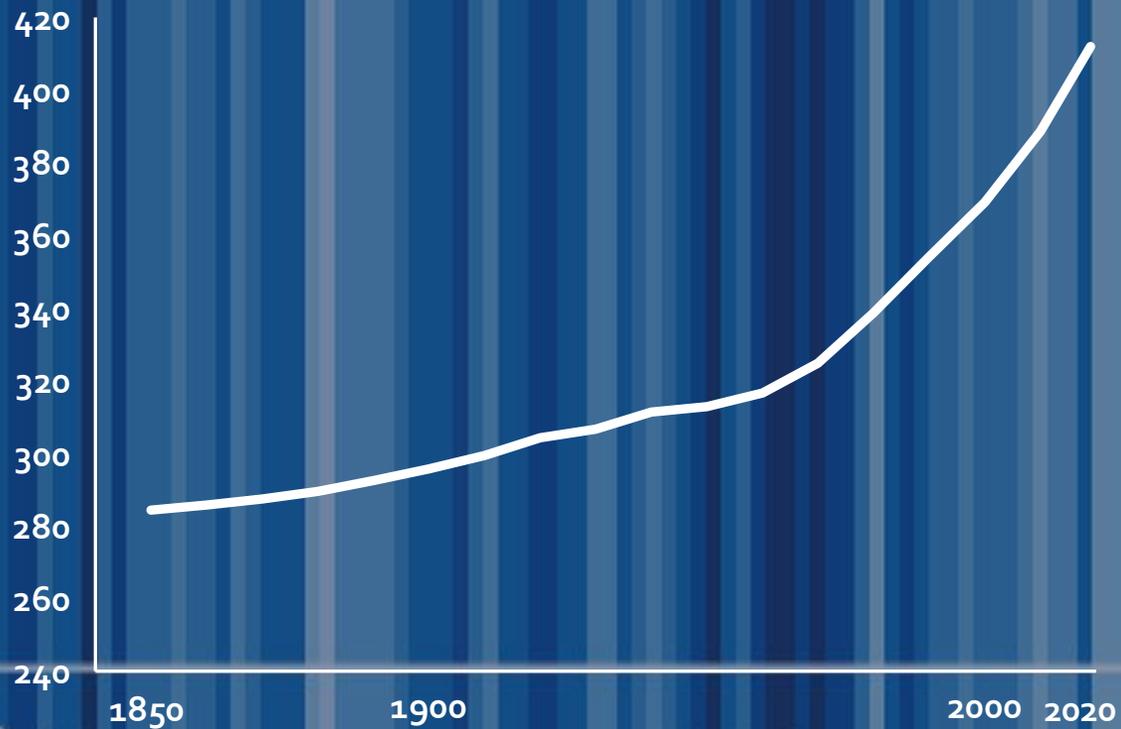


THE PRELIMINARY ROUND

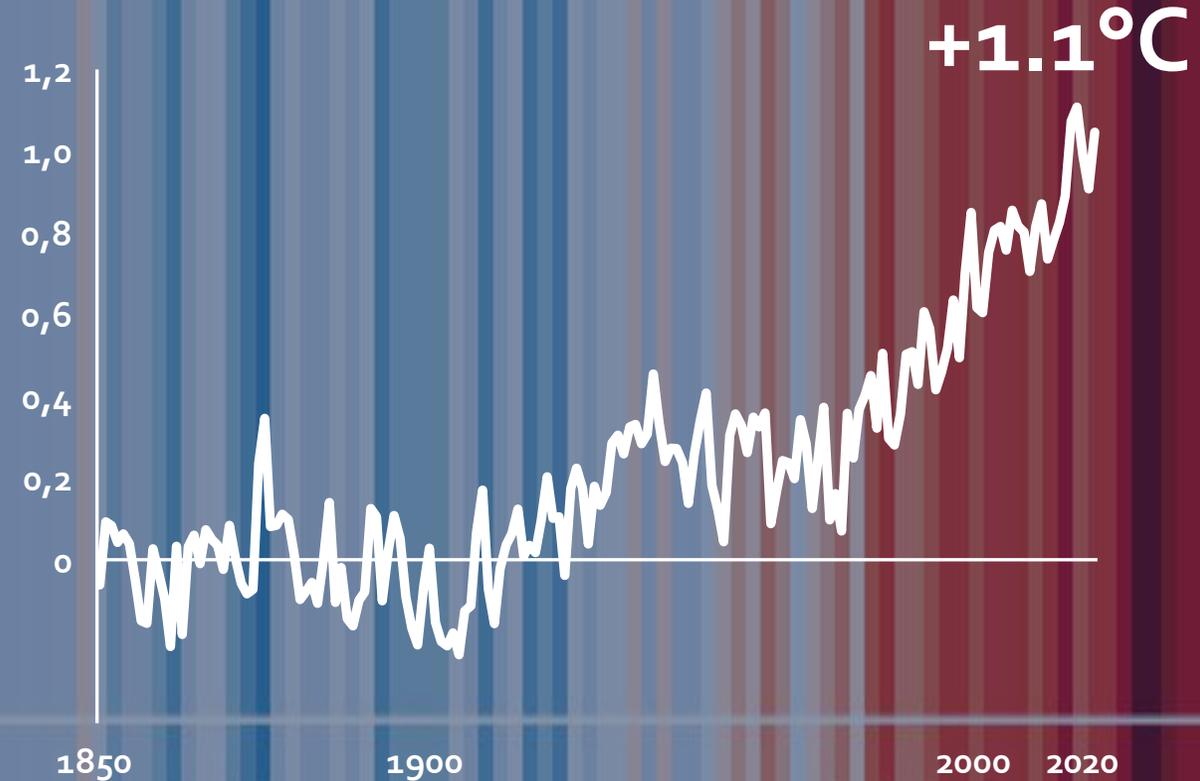


El aumento de emisiones ha llevado a una aceleración del calentamiento global

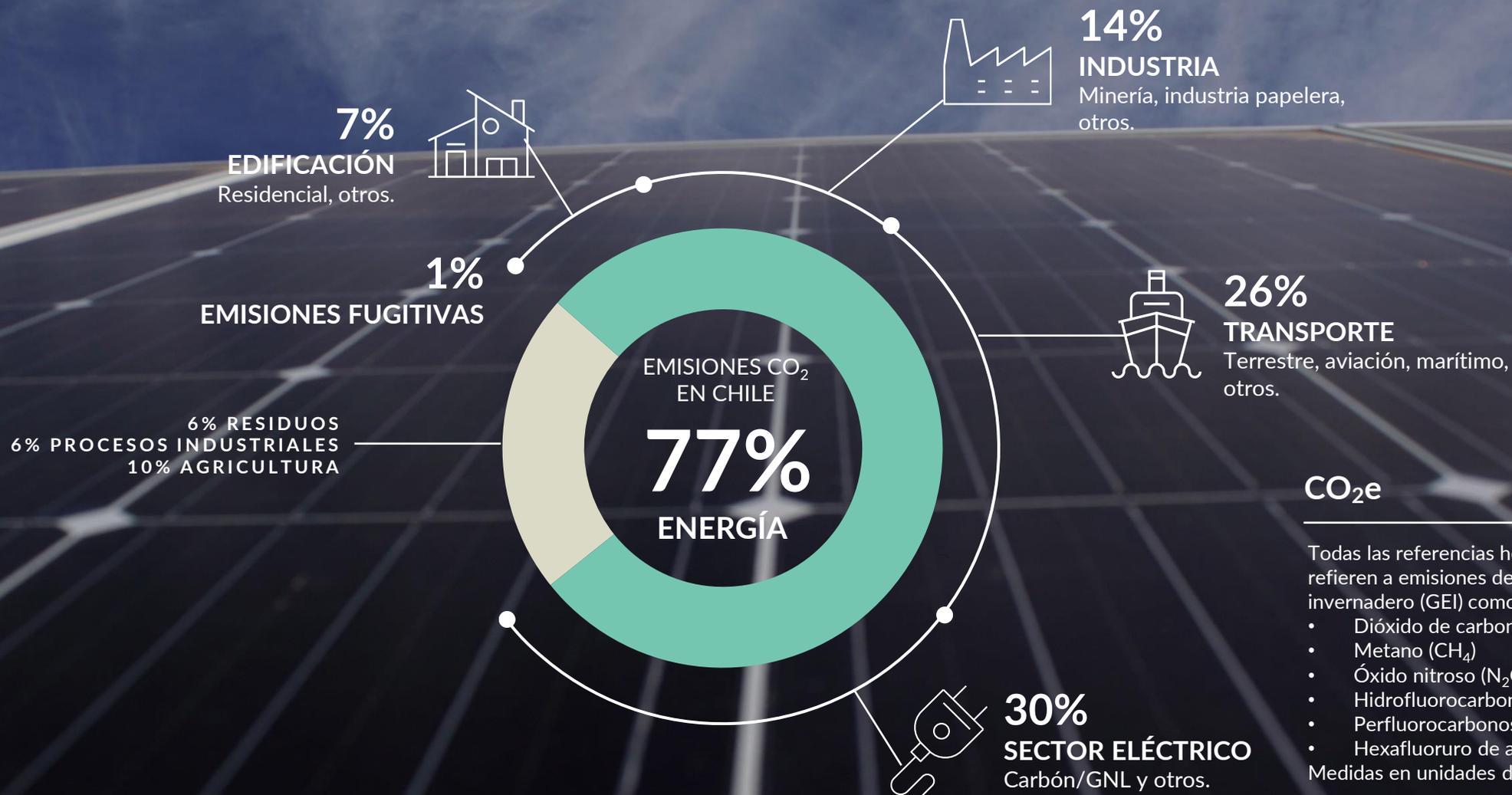
CO₂ en la atmósfera (ppm)



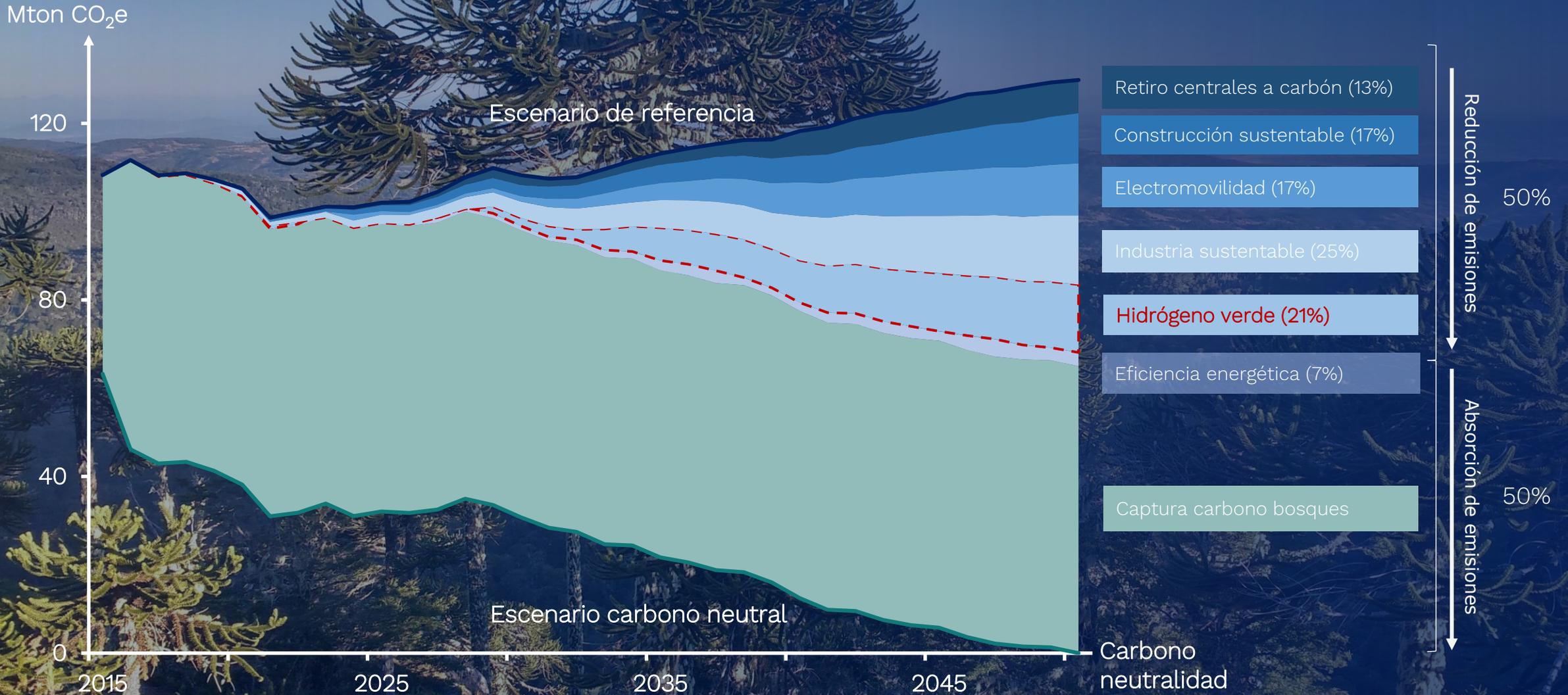
Cambio en temperatura global promedio (°C)



Carbono neutralidad 2050 requiere reducir emisiones en energía

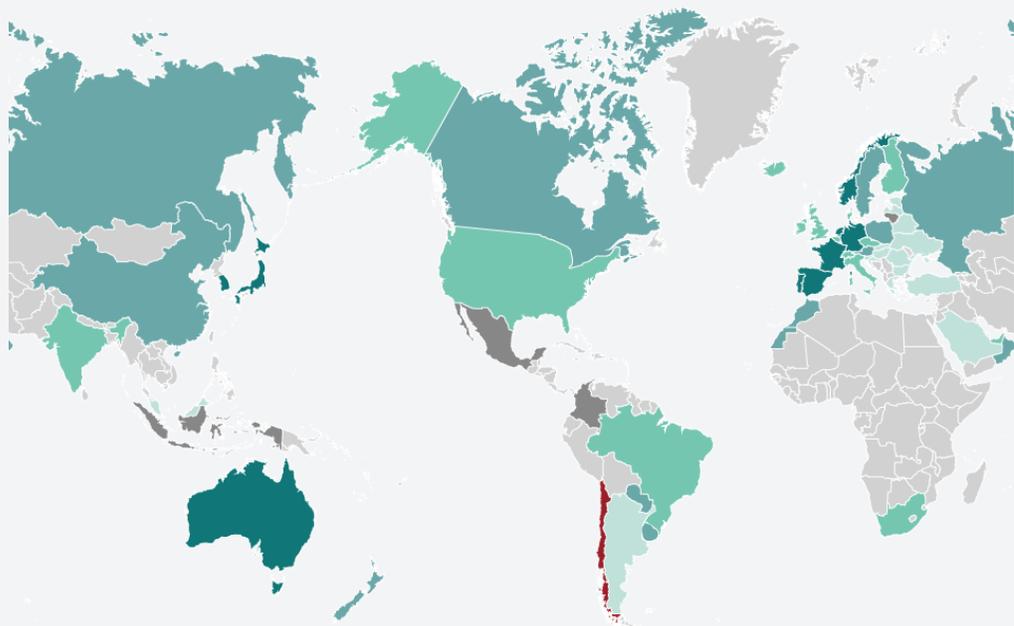


El hidrógeno verde es el eslabón clave para alcanzar la carbono neutralidad



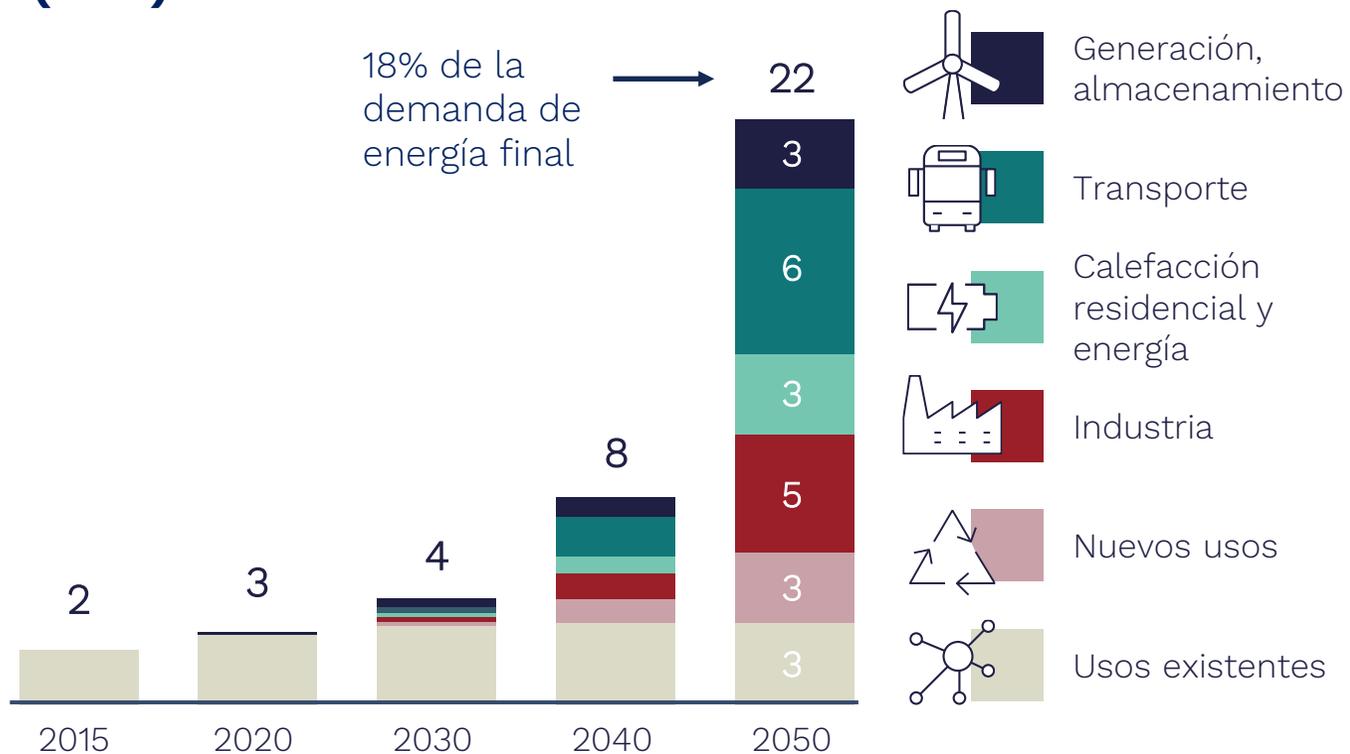
El momento del hidrógeno es ahora

Países que representan casi el 90% del PIB global tienen políticas de apoyo al hidrógeno



- Estrategia nacional disponible
- Estrategia nacional en preparación
- Apoyo a pilotos y proyectos demostrativos
- Discusiones preliminares
- Sin actividades relevantes
- No evaluado

Demanda global de energía suministrada con hidrógeno (PWh)



18%
Demanda final de energía

2,5 TUSD
Mercado total del hidrógeno

300 BUSD
Mercado de exportación

80%
Baja de costos de electrolizador

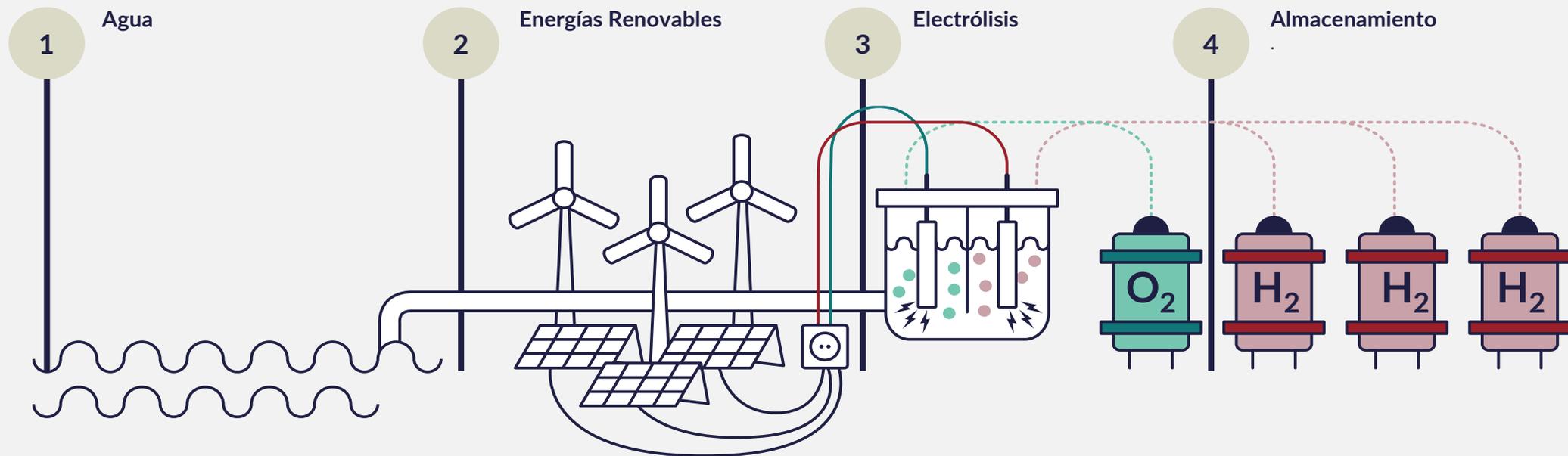
“I believe that water will one day be employed as fuel, that hydrogen and oxygen which constitute it, used singly or together, will furnish an inexhaustible source of heat and light, of an intensity of which coal is not capable”

Jules Verne, 1874



¿Cómo se produce?

- El hidrógeno es el elemento más abundante en la naturaleza.
- Se puede obtener a partir del gas natural (llamado hidrógeno gris y azul) o del agua y electricidad renovable (hidrógeno verde).
- La molécula de H₂ tiene alta densidad energética por unidad de masa (3 veces más que la gasolina y 120 veces más que las baterías de litio).



Conceptos clave del H₂ verde



Requiere relativamente poca agua.

Menos del 1% del agua que usa la minería podría reemplazar todo su consumo de diésel.

Conceptos clave del H₂ verde



Solo emite vapor de agua

en su uso.

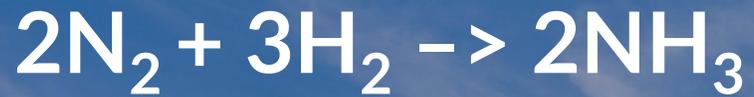
Eso hace que sea un combustible cero emisiones

Conceptos clave del H₂ verde



Mayor densidad energética que las baterías de litio.

Complementariedad para otras soluciones limpias.



Aire

Hidrógeno
verde

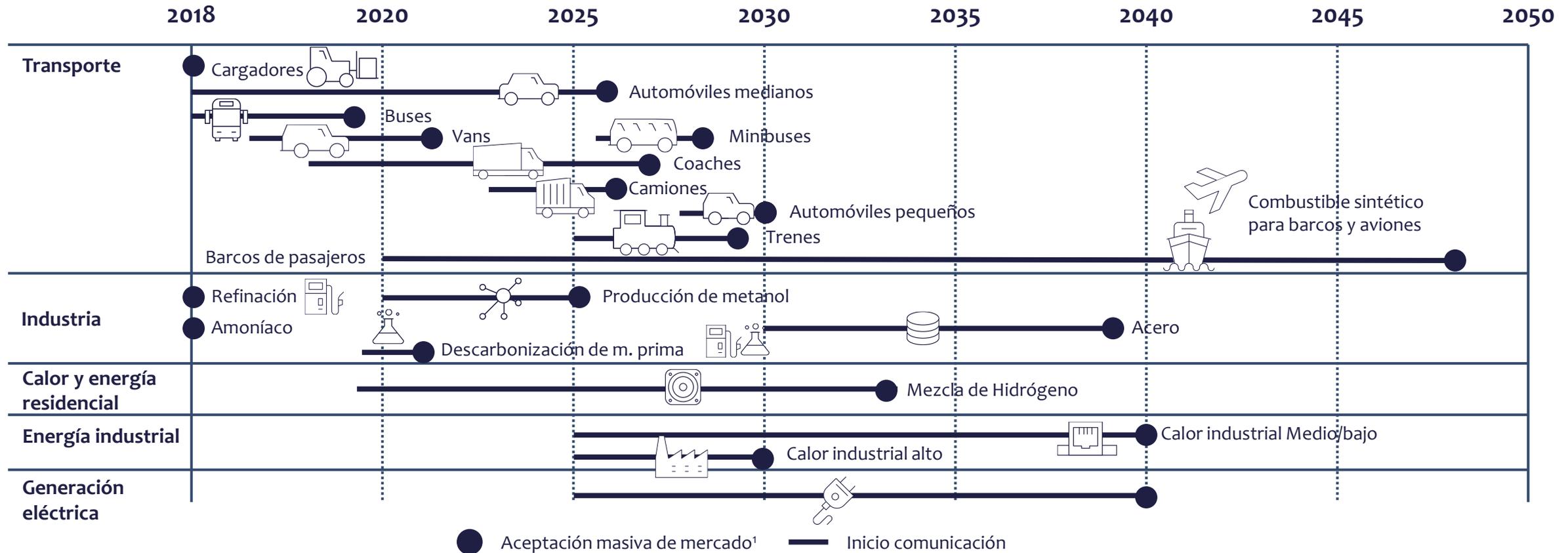
Amoníaco
verde



El mismo proceso que creó el salitre sintético, permitirá producir amoníaco verde con H₂

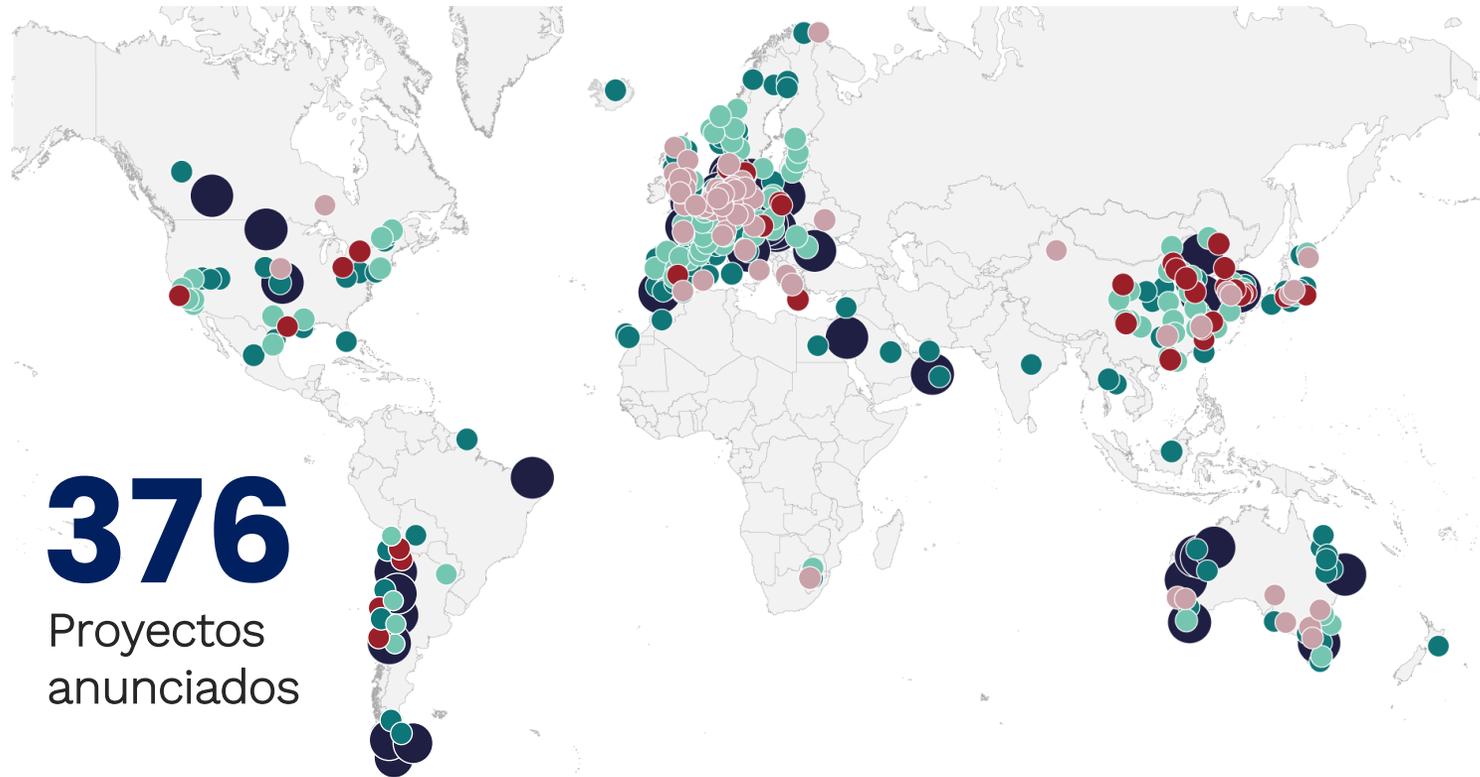
Aplicaciones del hidrógeno están empezando a desarrollarse masivamente

En diversos sectores de la economía



1. Definido como ventas >1% del segmento

La economía del hidrógeno está tomando fuerza

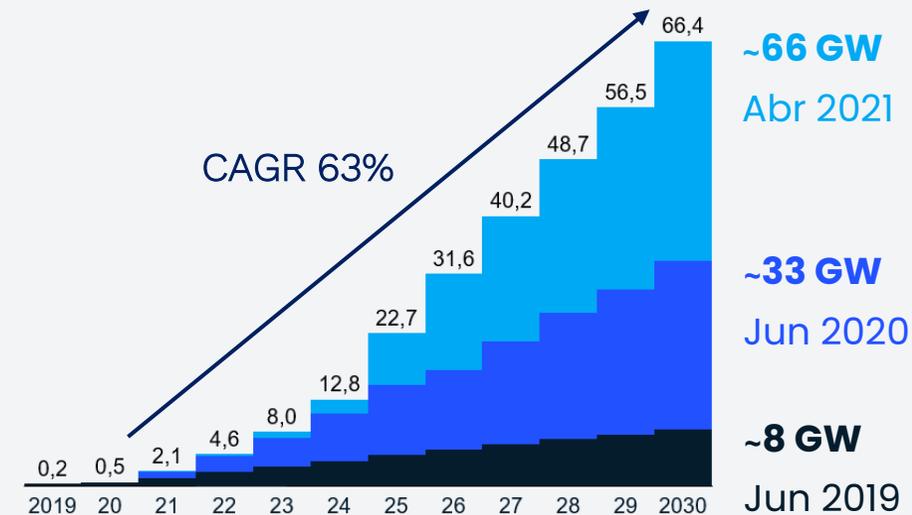


376

Proyectos
anunciados

- 146** ● Uso industrial de gran escala: refinería, amoníaco, electricidad, metanol, acero y materia prima
- 100** ● Transporte: trenes, buques, camiones, automóviles y otras aplicaciones
- 60** ● Economía H₂ integrada: multi-industria y proyectos con distintos tipos de usos finales
- 32** ● Producción de gran escala: electrolizadores para H₂ verde >1 GW y proyectos de H₂ bajos en carbono >200 kt/año
- 38** ● Proyectos de infraestructura: distribución de H₂, transporte, conversión y almacenamiento

Capacidad de electrólisis proyectada (GW)



Nuestro potencial renovable es **+80 veces** nuestra capacidad actual



Concentración solar



Fotovoltaica



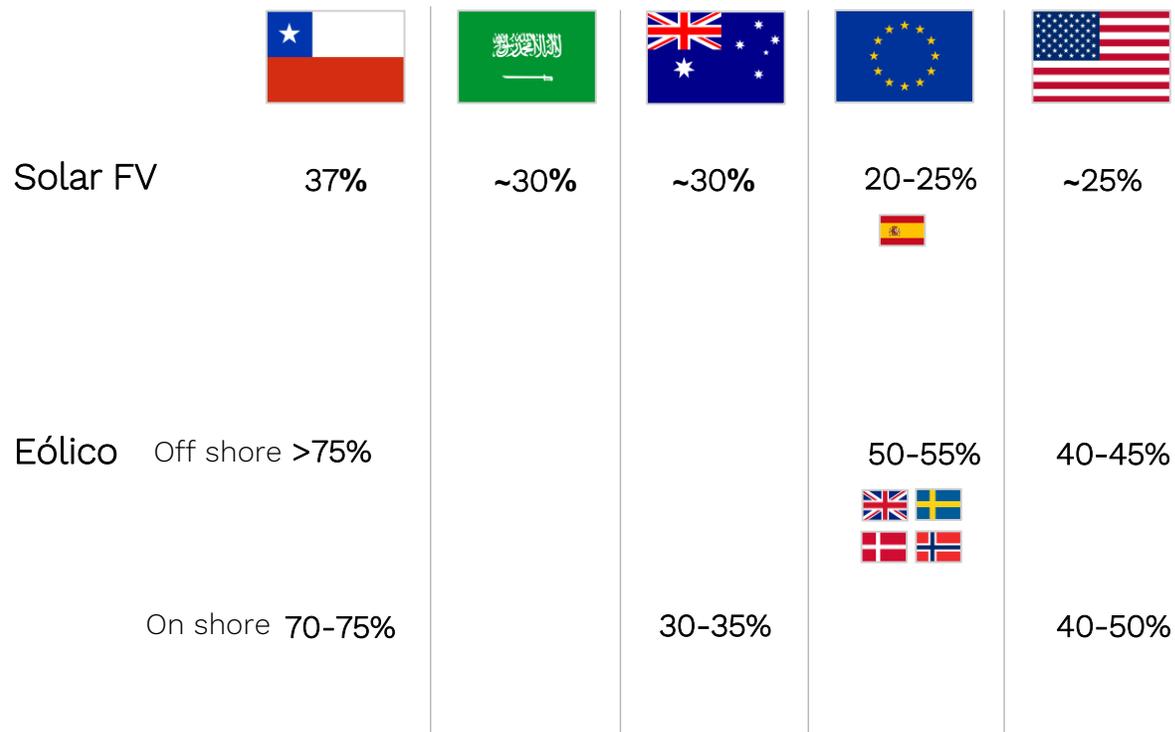
Eólica



Hidro

Chile es el productor más competitivo

Factor de planta renovable en mejores zonas (%)

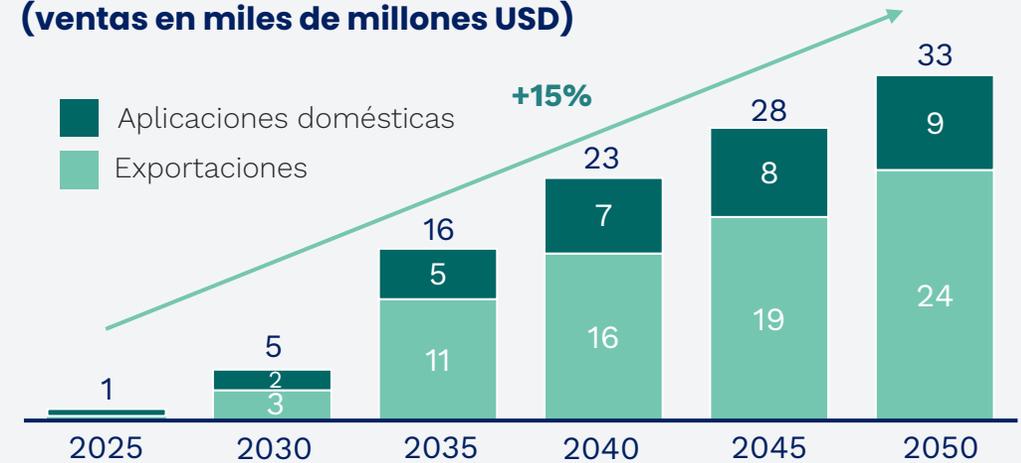


Costo nivelado de producción de hidrógeno verde a 2030 (USD/kg H₂)

Sin considerar costos de compresión, transporte y distribución



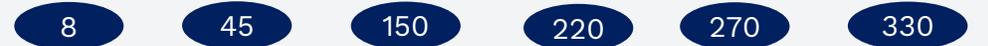
Proyección de mercados chilenos de hidrógeno verde y derivados (ventas en miles de millones USD)



Capacidad renovable asociada (GW)

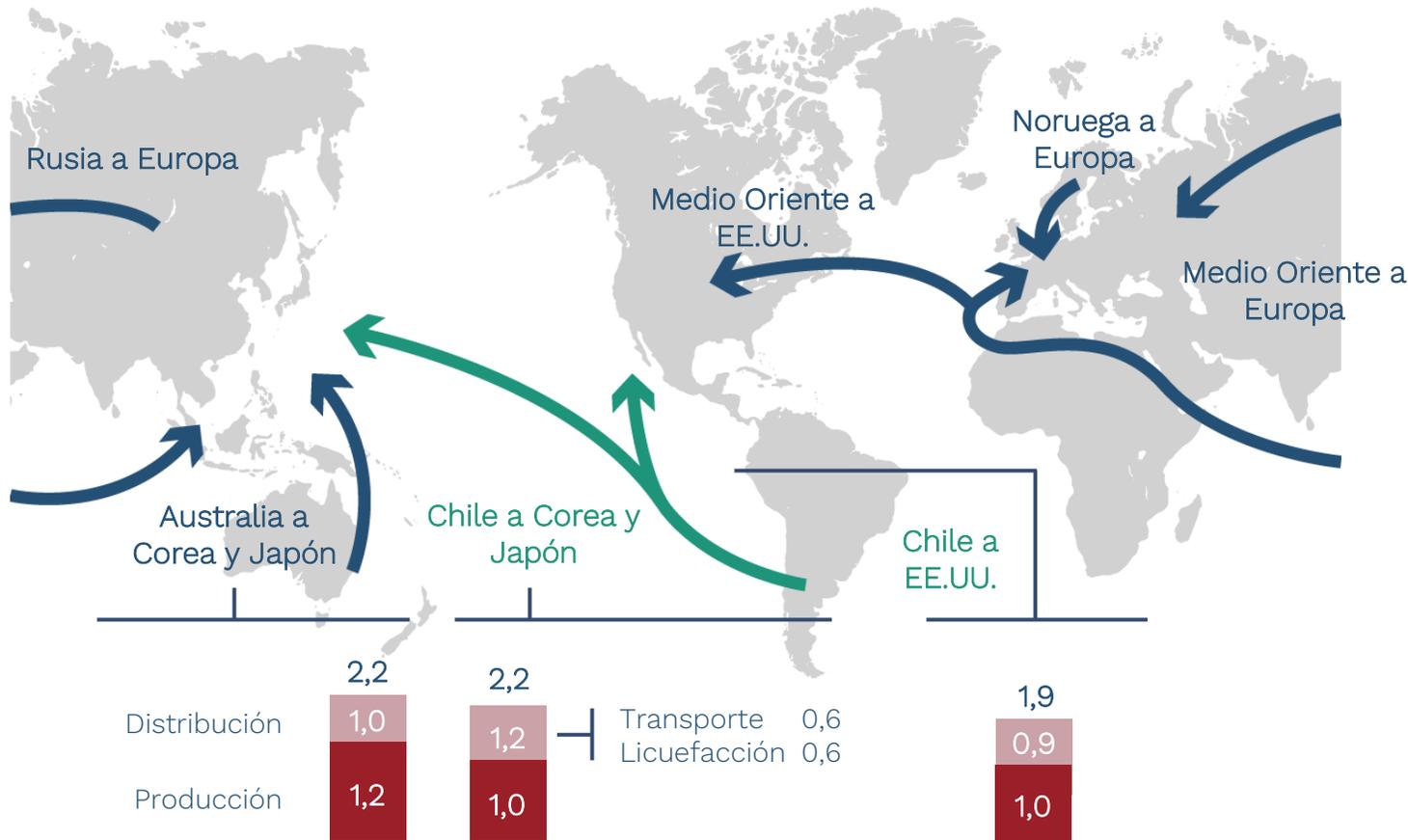


Inversión necesaria acumulada (MUSD)



A pesar de la distancia a grandes consumidores, nos mantenemos competitivos

Costo de H₂ líquido en el puerto de destino, 2030 (USD/kg H₂)



Vectores de transporte de energía renovable

- LH₂** Hidrógeno líquido
- NH₃** Amoníaco verde
- CH₃OH** Metanol verde / combustibles sintéticos
- Cu** Cobre verde y otros minerales

Chile: exportador de NH3 verde más competitivo a Japón

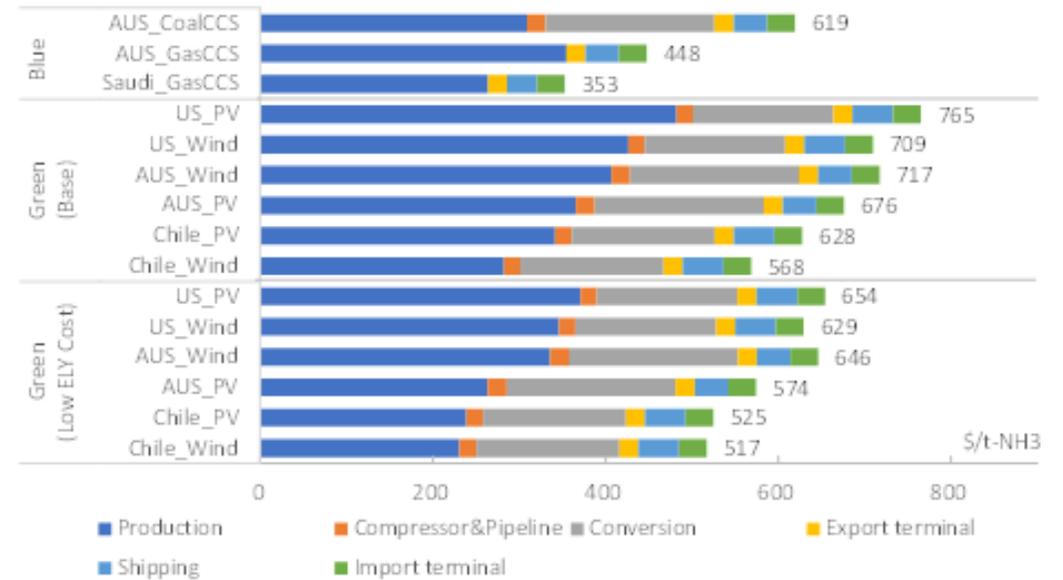
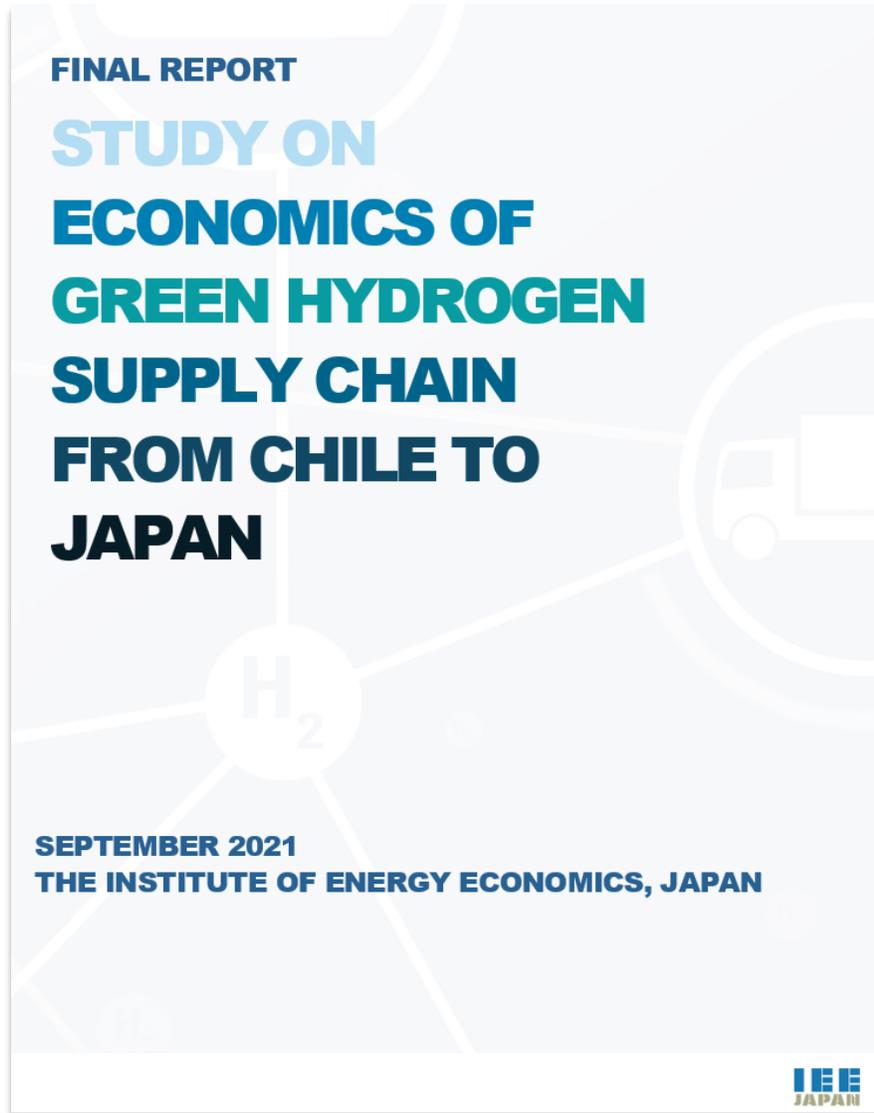


FIGURE 5. AMMONIA SUPPLY COST (IN UNIQUE UNIT)

*Resultados preliminares

Hidrógeno Verde

CHILE



Definimos metas claras para liderar la economía del hidrógeno verde

2025



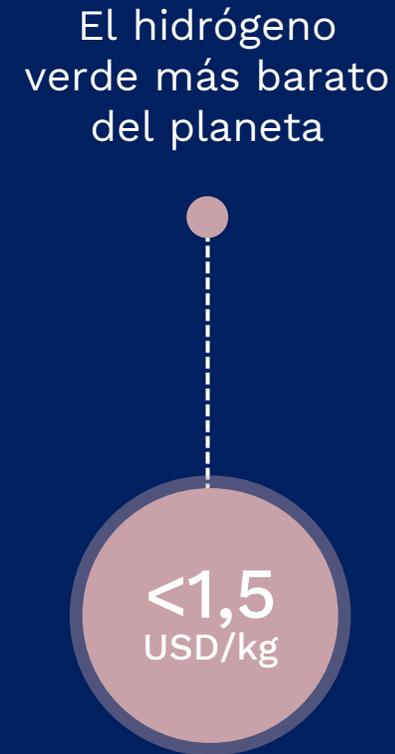
Top 1
inversiones en
hidrógeno
verde en
Latinoamérica



Capacidad de
electrólisis
construida y en
desarrollo



Producción en
al menos 2
polos de
hidrógeno verde
en Chile



2030

Esta oportunidad se materializará en 3 oleadas distintivas

La primera oleada serán consumos domésticos de gran escala con demanda establecida.

Las oportunidades de más corto plazo son el reemplazo de amoníaco importado por producción local y el reemplazo del hidrógeno gris utilizado en las refinerías del país. Luego, el uso en transporte de pasajeros y carga pesada de larga distancia se volverá atractivo.

En la segunda mitad de la década veremos más usos de transporte y el inicio de la exportación.

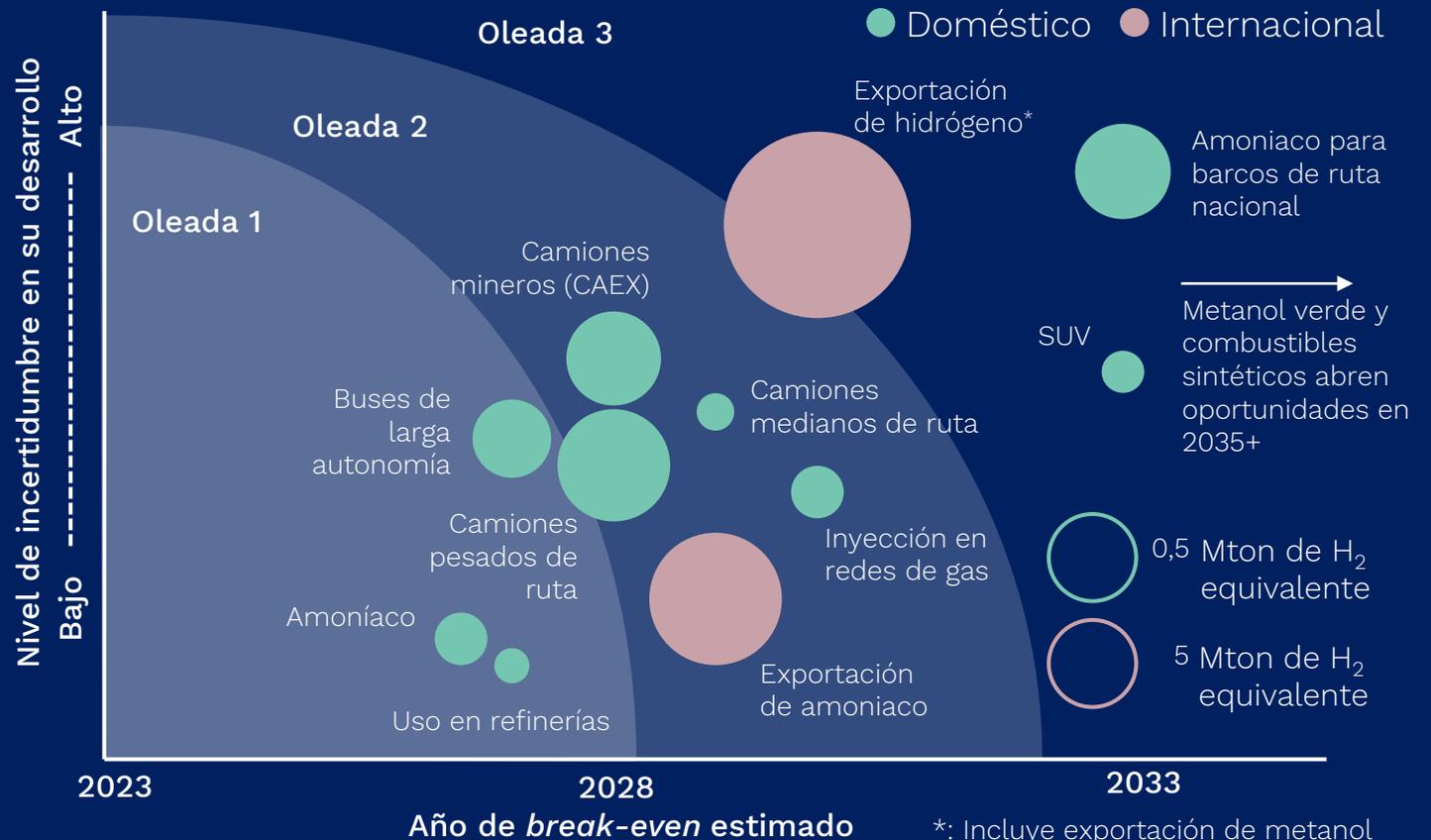
Una producción de hidrógeno más competitiva desplazará a combustibles líquidos en el transporte terrestre en nuevas aplicaciones, como en la minería, y a combustibles gaseosos en redes de distribución. En paralelo, se abre una clara oportunidad de exportación de hidrógeno y sus derivados a mercados internacionales.

En el largo plazo, se abrirán nuevos mercados de exportación para escalar.

Los sectores del transporte marítimo y aéreo podrán ser descarbonizados mediante combustibles derivados del hidrógeno, tanto en rutas locales como internacionales. Además a medida que otros países se descarbonicen, crecerán los mercados de exportación.

Desarrollo proyectado de aplicaciones del hidrógeno verde

Nivel de incertidumbre, tamaño de mercado y año de *break-even* de algunas de las aplicaciones del hidrógeno en Chile. No considera precio al carbono.



*: Incluye exportación de metanol verde y combustibles sintéticos.

Y un plan de acción en torno a 8 pilares claves



1 Estrategia y metas

Establecer una visión y misión para alinear a *stakeholders* públicos y privados. Impulsar acciones y compromisos de inversionistas, desarrolladores, reguladores y sociedad civil hacia las metas.



5 Incentivos y financiamiento

Apoyar el cierre de las brechas de costos relativas a las soluciones fósiles, especialmente reduciendo el costo de capital.



2 Regulaciones y permisos

Desarrollar una clara, estable y coherente regulación de mercado y de aspectos de seguridad, a fin de reducir la incertidumbre de proyectos. Tramitación de permisos ágil para acelerar el despliegue de las tecnologías.



6 Infraestructura

Planes para el desarrollo de infraestructura portuaria, eléctrica y de distribución, adecuada y coordinada para fomentar el crecimiento de *hubs*.



3 Coordinación y alianzas

Reducir fallas de mercado: asimetrías de información, altos costos de transacción, barreras de entrada. Cooperación internacional para superar las brechas y desafíos tecnológicos, comerciales, regulatorios y culturales.



7 Investigación y desarrollo

Desplegar tecnologías y resolver dificultades de implementación local, a fin de reducir costos, desbloquear mercados e incrementar competencia en el sector.



4 Cadena de valor y desarrollo

Habilitar el desarrollo de manufactura y servicios para capturar mayor valor del mercado a nivel doméstico.

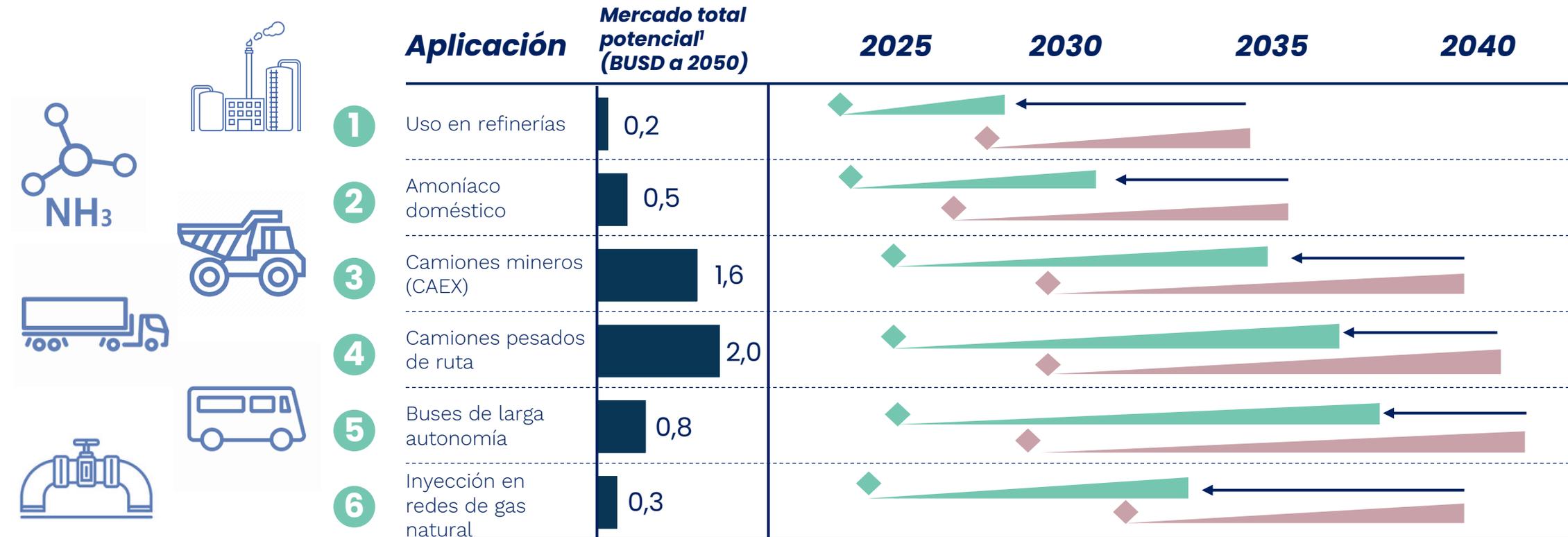


8 Capital humano

Desarrollar talento local y capacidades técnicas para acelerar el despliegue de proyectos y generar trabajos verdes.

Etapa I: 2020-2025

Activar la industria doméstica con 6 aplicaciones prioritarias:



(1) Ventas anuales, considera la transición total de cada aplicación al uso de hidrógeno verde

◆ Break-even buscado en la Estrategia e inicio de pilotos
 ◆ Break-even potencial sin esta Estrategia
 ▲ Curva de adopción hasta una transformación completa

Desarrollamos una estrategia de largo plazo con amplio apoyo y participación

Consejo asesor



Ricardo Lagos
Ex Presidente de la República
Vivianne Blanlot
Ex Secretaria Ejecutiva CNE
Marcelo Mena
Ex Ministro de Medio Ambiente

Jeannette Wolfersdorff
Fundadora Obs. Gasto Fiscal
Klaus Schmidt Hebbel
Ex Economista en Jefe OCDE
Gonzalo Muñoz
COP High-Level Climate Champion

Embajadores del hidrógeno verde

1. Minería

Articular y movilizar a empresas mineras y de la cadena de suministro minero al uso del hidrógeno verde en la industria. Apoyar en la negociación de acciones públicas privadas y compromisos que aceleren el proceso de integración de energía limpia en el sector.



MARCOS LIMA
Ex presidente ejecutivo de Codelco - Chile y ex director de la compañía minera entre 2010 y 2015.



FRANCISCA CASTRO
Directora de Empresas en Antofagasta Minerals y Salitras. Ejecutiva con 25 años de experiencia y sólida trayectoria laboral en la industria minera del cobre, energía, concesiones de obras públicas, finanzas y también en entidades de gobierno.

2. Transportes

Generar interés y voluntad en un amplio grupo de actores privados del sector transporte de incorporar el hidrógeno verde y sus derivados, como los combustibles sintéticos, en sus operaciones.



PEDRO PABLO ERRAZURIZ
Ex ministro de Transportes y Telecomunicaciones y presidente de la Empresa de Ferrocarriles del Estado (EFE).



JOSEFINA MONTENEGRO
Directora de Sky Airway y ex jefa de la Oficina de Compensación y Asignación Familiar La Araucana.

El transversal grupo de embajadores del HIDRÓGENO VERDE

Un reporte de PATRICIO POBLETE

Desarrollar un ecosistema necesario para explorar el hidrógeno verde en Chile requiere no solo de tener la materia prima, sino que de establecer una estrategia de corto-mediano plazo que permita contar con las condiciones para ello, y así ganar la frenética carrera mundial por ser fuente de esta energía.

Es por ello que el Ministerio de Energía, dirigido por Juan Carlos Jobet, convocó a un grupo transversal de embajadores con el objetivo de impulsar avances en cada eje estratégico de la estrategia nacional del hidrógeno verde.

Este grupo estará a cargo de apoyar la labor del Ministerio de Energía y otras instituciones públicas y privadas en reducir las barreras al desarrollo del hidrógeno verde en Chile, así como actuar como puente con la ciudadanía y los diversos grupos de interés para comunicar las oportunidades y los desafíos de esta nueva industria.

Así, tendrán un rol relevante en la primera de las tres fases de la estrategia nacional, que está planificada hasta el 2028 y está orientada en los consumidores domésticos a gran escala con demanda establecida. "Las oportunidades de más corto plazo son el reemplazo de amoníaco importado por amoníaco producido localmente a partir de hidrógeno verde, utilizando las refinerías de petróleo del país", explican desde el Ministerio de Energía. Luego, el uso de hidrógeno verde en camiones en minería, transporte de pasajeros y carga pesada de larga distancia se volverá atractivo, dicen. "Industrias claves para nuestra economía como la minería, la agricultura y el transporte podrán bajar su huella de carbono y así ganar competitividad en los mercados internacionales. Por eso, la estrategia plantea - en su primera fase - desarrollar el mercado doméstico para luego iniciar la etapa de exportación", cuenta Jobet.

Este grupo de personas se divide en 9 áreas específicas con misiones particulares.

3. Petróleo y gas

Explorar posibles escenarios y rutas para el involucramiento de ENAP en la futura cadena de valor del hidrógeno verde en Chile.



LORETO SILVA
Ex ministra de Obras Públicas del primer gobierno del Presidente Sebastián Piñera. Además, entre 2018 y 2020 se desempeñó como presidenta del directorio de ENAP.



DANIEL FERNÁNDEZ
Ex gerente general de ENAP y presidente de la Cámara Marítima y Portuaria de Chile (Camporti).



EDUARDO FREI
Ex Presidente de la República entre 1994 y 2000, y luego elegido como Senador. Desde 2014 gerenció como embajador extraordinario y plenipotenciario de Chile en Asia-Pacífico.



DAVID GALLAGHER
Embajador de Chile en Reino Unido desde 2018. Socio fundador de Asset Chile, empresa dedicada a banca de inversiones que le presta asesoría financiera a empresas chilenas y extranjeras.

5. Educación y ciudadanía

Crear y difundir mensajes clave para la ciudadanía y a actores sociales, con énfasis en las oportunidades que ofrece al país el desarrollo de esta nueva industria, en diversos medios y plataformas.



JAVIERA PARADA
Miembro de Democracia es Diálogo y fundadora de "Un camino posible".



PABLO ORTÚZAR
Investigador del Instituto de Estudios de la Sociedad (IES). Fue representante en Chile de The Global Shapers Community (Foro Económico Mundial).

VALORES

¿Qué es el hidrógeno verde?

Es el elemento más abundante del universo. Este no se encuentra en estado puro en el planeta, sin embargo existen diversas formas para obtenerlo. Una de ellas es a través de un proceso llamado electrolisis, para el cual se necesita agua y energía eléctrica. Cuando esa energía proviene de fuentes renovables, hablamos de hidrógeno verde.

¿Por qué es una oportunidad para Chile?

Chile tiene el potencial de generar con energías renovables 70 veces la demanda eléctrica actual en el país.

Proyectos en Chile

Están en evaluación más de 20 proyectos piloto de hidrógeno verde en Chile. A partir de energías renovables, como la eólica y la solar, algunos proyectos producirán hidrógeno verde para ser usado como energético y otros para generar derivados como el amoníaco, metanol y otros combustibles verdes.

¿Cuál es la estrategia de Chile?

Ai2025: contar con 5 GW de capacidad de electrolisis en desarrollo.
Ai2030: producir el hidrógeno verde más barato del mundo.
Ai2040: estar entre los principales exportadores.

6. Financiamiento e incentivos

Identificar y desarrollar fuentes de financiamiento público y privado, nacional y extranjero, para la industria del hidrógeno verde. Proponer eventuales mecanismos de incentivos que fomenten la obtención del financiamiento necesario para esta industria baja en carbono.



AXEL CHRISTENSEN
Director de Estrategia de Inversiones para América Latina en BlackRock, la mayor administradora de fondos del mundo.



ANDRÉS PÉREZ
Es coordinador de Finanzas Internacionales del Ministerio de Hacienda, rol en el cual es responsable de llevar la relación con instituciones financieras y foros económicos internacionales. Desde junio de 2020, es también jefe de Asesores.



CAROLINA YAZMIN LÓPEZ
Representante en Chile de UNEP Financiera del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Experta en desarrollo y finanzas sostenibles, apoyando procesos en Chile y en el mundo.

7. Encadenamiento económico y pymes

El ministro Juan Carlos Jobet convocó a un grupo diverso de personas, tanto en su color político como su área de expertise, para ser los promotores del hidrógeno verde en Chile, así como también atraer inversionistas a nuestro país. La primera fase de la estrategia nacional del hidrógeno verde tiene su escala en 2028, para lo cual la tarea de este grupo será fundamental.

Promover la integración de empresas y capacidades locales dentro de la emergente cadena de valor del hidrógeno verde, incluyendo la promoción del emprendimiento en el área y la identificación de oportunidades en las que proveedores locales serán claves.



EDUARDO BITRÁN
Presidente del Club de Innovación e Impulsor de Masón Coventría, que ha aportado en la difusión del hidrógeno verde. Fue presidente del Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad y vicepresidente ejecutivo de Corfo.



Diego Fleischer
Ex director de la Asociación de Emprendedores de Chile. Fundador de la compañía de seguros y créditos AVA, que luego se vendió a FWF (Banco Alemán de Desarrollo). Actualmente es fundador y director ejecutivo de la FinTech Migrante. Adicionalmente, es miembro del Comité de Políticas Públicas de Sofía.

8. Valor local y comunidades

Identificar y promover mejores prácticas de relacionamiento comunitario para el desarrollo de proyectos de inversión en hidrógeno verde.



NICOLA BORREGARD
Experta en el desarrollo de proyectos en el territorio y trabajo con las comunidades.



MARÍA ELENA ARNTZ
Directora ejecutiva de la casa de La Paz. Fue coordinadora del Programa Pueblos Indígenas del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).



ROSARIO NAVARRO
Vicepresidenta de Sondra, consejera de Sofía y parte del directorio de la ACTI.



ERWIN PLETT
Docente de posgrado del Diplomado en Economía del Hidrógeno, de la Universidad de Santiago, USACH. Miembro de la Asociación of Energy Engineers (AAE). Socio de la Asociación Chilena de Hidrógeno H2Chile, y socio gerente de Low Carbon Chile, dedicada a fomentar el uso de nuevas tecnologías.

Estrategia requerirá cooperar y sostener los esfuerzos en el largo plazo

Producción de H2

Responsable de operar el proceso.

Proveedor de electricidad / desarrollador

Existente o nueva.



Grupo comprador (offtaker)

Actores que crean y lideran la asociación para garantizar volumen de demanda.

Inversionistas financieros

Que inviertan en el disruptivo mercado energético Latinoamericano.

Ingeniería y tecnología

Contribución para diseño, construcción y operación.

6 Condiciones regulatorias positivas y estables



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



POWER TO LIQUIDS HIF PROJECT

Contact details:

Clara Bowman
General Manager, AME
bowman@ame.cl

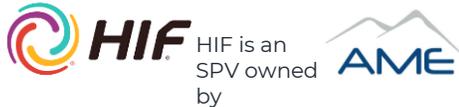
HIF is expected to yield the world's first industrial-scale plant that will produce synthetic climate-neutral fuels for export.

PRODUCTION

A wind plant will power an electrolyser which will produce green hydrogen. This will be combined with captured carbon dioxide to produce synthetic methanol. A portion of this methanol will be converted into synthetic gasoline (eGasoline).

PROJECT OWNER AND PARTNERS

PROJECT OWNER



PARTNER COMPANIES



SIEMENS ENERGY : Co-developer and technology provider.

ENEL : Renewable power developer.

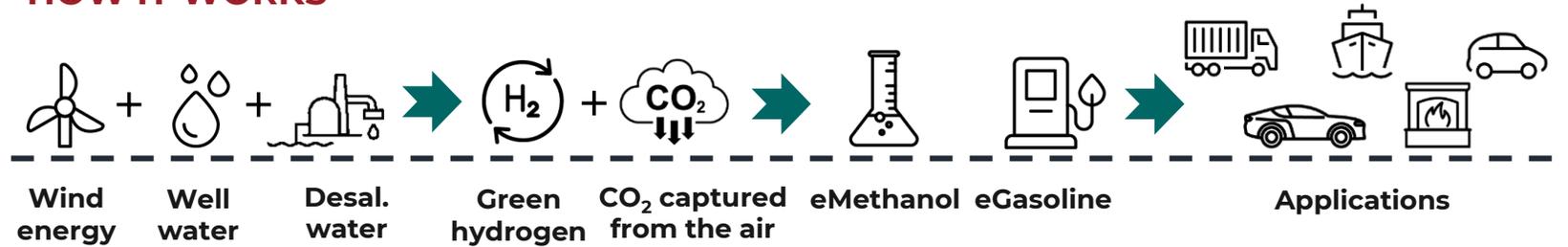
ENAP : Chilean National Oil company. Infrastructure provider.

GASCO : Co-developer and offtaker.

PORSCHE : Co-developer and offtaker.

Siemens received an **8 million euros grant** from the *German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy* to develop this project.

HOW IT WORKS



STATUS

Pilot phase is in a detailed engineering state and was recently approved by the Environmental Assessment Service. Further permits must be obtained.

Phase I is currently in development and the environmental assessment is being prepared.

PROJECTIONS

Pilot



Phase I



OFFTAKE

PORSCHE is planning to use the eGasoline from Chile in pilot projects. These include using eGasoline in Porsche's Experience Centers and sports cars.



MABANAFT, the Marquard & Bahls trading division which focuses on oil, announced an MoU highlighting the purchase of up to **500 million liters of carbon neutral eGasoline per year** from this project.



LOCATION



POWER TO AMMONIA HyEx PROJECT

Contact details:

Asunción Borrás
Sr. VP Bussines Dev. H2BU, Engie
asuncion.borras@engie.com

HyEx seeks to produce green ammonia in the North of Chile for domestic and international consumption, replacing imports.

PRODUCTION

Using renewable energy and desalinated water, the project will produce green hydrogen through an electrolysis process.

Hydrogen will then be combined with nitrogen, captured from the air, and through *Haber-Bosch process* will produce green ammonia. During the pilot phase, all production will be sent by truck to ENAEX's plant, replacing some of its current imports. The second phase considers large scale ammonia production for ENAEX consumption, export and additional applications.

PROJECT OWNER AND PARTNERS

PROJECT OWNER



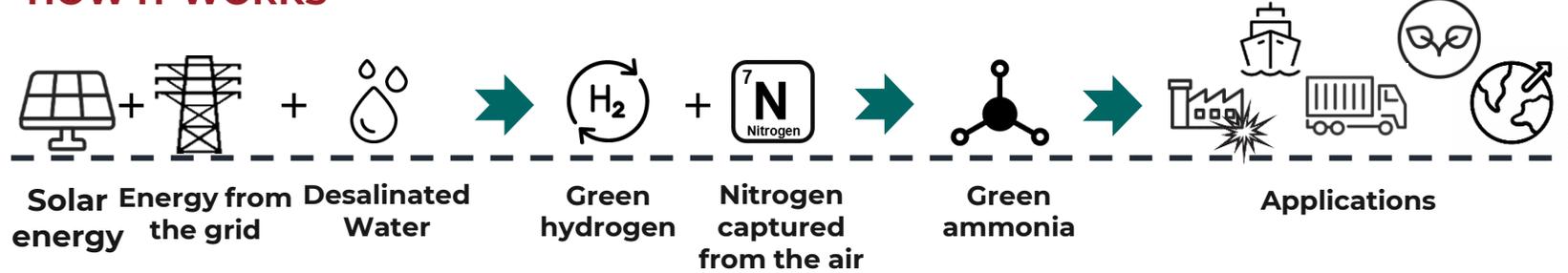
PROJECT OWNER



ENGIE is a global reference company in low-carbon energy and services, having a Business Unit dedicated to renewable hydrogen since 2018. The current portfolio of renewable H₂ projects under development and in construction is over 30 projects in 10 countries over four continents.

ENAEX is the main ammonium nitrate producer and supplier of comprehensive rock fragmentation services for the mining industry in Latin America. With over 100 years of experience and presence in 10 countries, ENAEX is actively committed to sustainability.

HOW IT WORKS



STATUS

A feasibility study of the project is being conducted.

An environmental impact study is currently being carried out to be presented to the Chilean Environmental Assessment Service by 2021.

PROJECTIONS

Pilot

18,000
Tonnes green ammonia per year

200 million
USD investment

36 MW
Solar energy

2024-2025
expected year for operation start

Industrial Plant

700,000
Tonnes green ammonia per year

2,000 million
USD investment

2.8 GW
Solar energy

2030
expected year for operation start

OFFTAKE

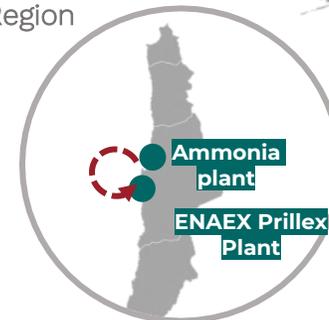
ENGIE has a partnership with **ENAEX**, which will utilize 350,000 tonnes of ammonia per year for its ammonium nitrate Prillex plant, **replacing** the current grey ammonia import.

Remaining production will be **commercialized** in local markets for mining applications and fertilizer production, as well as exported to international offtakers.



LOCATION

Antofagasta Region



Mercados visitados por Ministerio de Energía

24-26.06



Reino Unido

- ✓ Ministerio de Energía y Desarrollo Limpio
- ✓ Anglo America
- ✓ BHP
- ✓ Glencore Plc
- ✓ BP
- ✓ Champion UK COP26
- ✓ Foro Empresarial Virtual organizado por Canning House
- ✓ Lunch con fondos de inversión: Actis, Schrodres, Goldman Sachs International, JP Morgan, Aberde Standard
- ✓ ITM Power

28-29.06



Alemania

- ✓ Ministerio Federal de Economía y Energía
- ✓ Ministerio de Economía de Baviera
- ✓ Siemens Energy
- ✓ Porsche AG
- ✓ MAN Energy Solutions
- ✓ BMW AG
- ✓ RWE Renewables
- ✓ Linde Engineering
- ✓ KfW-IPEX
- ✓ Deutsche Bahn Engineering
- ✓ Thyssen Krupp
- ✓ Austria Energy
- ✓ H2.Bayern

30.06



Francia

- ✓ Ministerio de Transición Ecológica de Francia
- ✓ Task Force Hydrogen de Asociación Empresarial Medef International
- ✓ Engie
- ✓ Airliquide
- ✓ EDF
- ✓ Total
- ✓ Airbus

01.07



Países Bajos

- ✓ Ministerio de Economía y Política de Clima
- ✓ The Royal Shell
- ✓ Puerto de Rotterdam
- ✓ Gasunie
- ✓ Hes International
- ✓ The Royal Vopak
- ✓ LyondellBasell

02.07



Bélgica

- ✓ Ministerio Federal de Energía
- ✓ CMB.TECH
- ✓ Hydrogen Import Coalition (Exmar, Entras, Puerto de Amberes, Puerto de Zeebrugge y Engie)
- ✓ Solvay