Plan de Acción
Hidrógeno Verde

Construyendo un Futuro Verde

De Chile para el mundo

Una predicción acertada

Durante las últimas décadas, la comunidad científica ha manifestado la urgencia de actuar frente al cambio climático. En la actualidad, sus efectos se manifiestan en todo el mundo a través de eventos como inundaciones, sequías prolongadas y megaincendios.

A pesar de que Chile emite sólo el 0,1% de las emisiones globales de CO_2, se encuentra entre los 10 países más vulnerables al cambio climático.

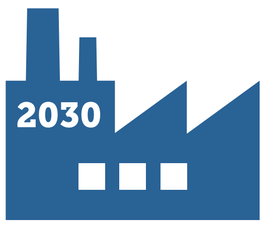
Consecuencias del cambio climático

Fuente: Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. (2018) IPCC.

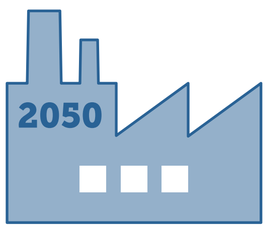
¿Qué podemos hacer para frenar las consecuencias?

Acuerdo de París

Primer acuerdo universal para frenar los efectos del cambio climático. El acuerdo busca mantener el aumento de la temperatura global promedio por debajo de los 2ºC con respecto a los niveles preindustriales, y perseguir esfuerzos para limitar el aumento a 1,5ºC con respecto a la época preindustrial.



Las emisiones de CO_{2eq} deben reducirse a 25-30 Gt CO_{2eq}* para lograr que temperatura no aumente en más de 1,5ºC.



Las emisiones deben reducirse a 0 Gt CO_{2eq} emisiones netas, consistentes con 1,5ºC.

*CO2eq es una medida que equipara diferentes gases de efecto invernadero al impacto del CO2 en el cambio climático.

Compromiso mundial

Para abordar esta crisis, **193 países y la Unión Europea firmaron el Acuerdo de París** en 2016, estableciendo la meta de alcanzar la Neutralidad de Carbono** para el año 2050.

**Neutralidad de Carbono: significa no emitir más carbono del que se compensa o elimina de la atmósfera

Una búsqueda urgente

Con este propósito, la ciencia continúa avanzando en la búsqueda de alternativas a las energías contaminantes, **fomentando el uso de fuentes de energía renovable** y promoviendo la electrificación de las aplicaciones que suelen depender de combustibles fósiles. En este contexto, emerge el **hidrógeno verde como un nuevo energético.**

El Hidrógeno Verde como nuevo energético

Si bien el hidrógeno es el elemento químico más abundante en nuestro planeta, rara vez se encuentra en estado puro en la naturaleza, por lo que debe ser producido.

Hay diversas formas de producir hidrógeno, y el color asignado está vinculado al proceso utilizado. Por ejemplo, el hidrógeno gris se produce a partir de gas natural o la gasificación del carbón. La distinción entre gris y azul radica en que este último realiza la captura del CO_2 emitido durante el proceso de producción.

Pos su parte, el hidrógeno verde se obtiene mediante la electrólisis del agua, separando el hidrógeno del oxígeno, utilizando electricidad de fuentes renovables como la energía eólica o solar. A diferencia de los otros dos métodos tradicionales, su producción no genera CO_2.

Dada la urgencia del calentamiento global, el hidrógeno verde podría desempeñar un papel fundamental en aplicaciones difíciles de electrificar, como la industria pesada (cemento, acero, forestal) y el transporte pesado (camiones, autobuses, maquinaria minera, embarcaciones, trenes y aviones).

Ministerio de Energía
Gobierno de Chile

BID

Plan de Acción
Hidrógeno Verde

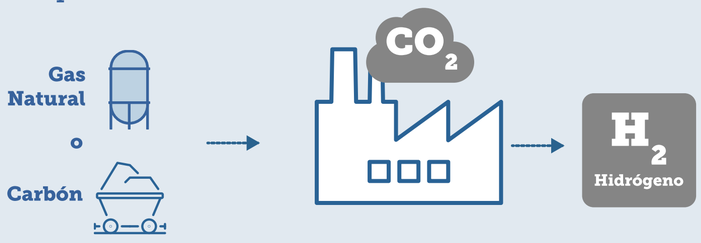
Construyendo un Futuro Verde

De Chile para el mundo

Hidrógeno Gris

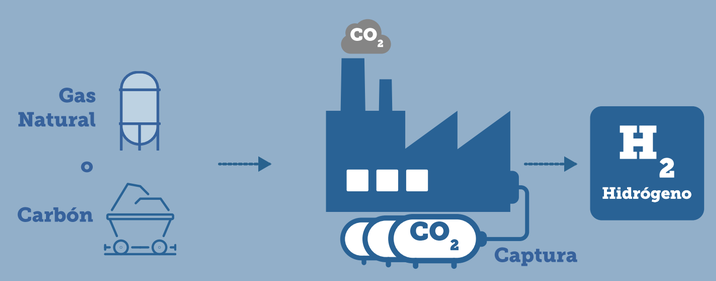
La mayoría del hidrógeno producido actualmente es gris, derivado de combustibles fósiles.

Se obtiene a partir del reformado de gas natural o la gasificación del carbón, liberando CO_2 como subproducto.



Hidrógeno Azul

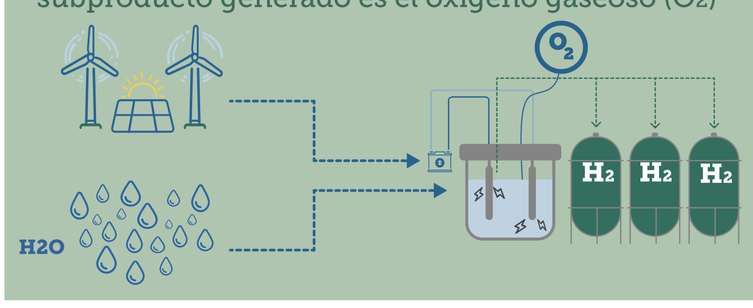
Se obtiene utilizando combustibles fósiles a través de los mismos métodos que el hidrógeno gris pero incorpora tecnologías de captura y almacenamiento de CO_2.



Hidrógeno Verde

Se produce a través de la electrólisis del agua, utilizando electricidad generada a partir de energías renovables.

Su producción no genera CO_2 y el único subproducto generado es el oxígeno gaseoso (O_2)



CO2

Emisiones generadas al producir H2 gris generado con metano o gas natural:
10 tCO_2/tH_2

Emisiones H_2 gris generado con carbón:
19 tCO_2/tH_2

Fuente: IEA

CO2

Emisiones generadas al producir H_2 azul con metano o gas natural:
1-2 tCO_2/tH_2 aproximadamente

Emisiones generadas al producir H_2 azul con carbón:
1,9-3,8 tCO_2/tH_2 aproximadamente

Fuente: IEA

¿Sabías qué?

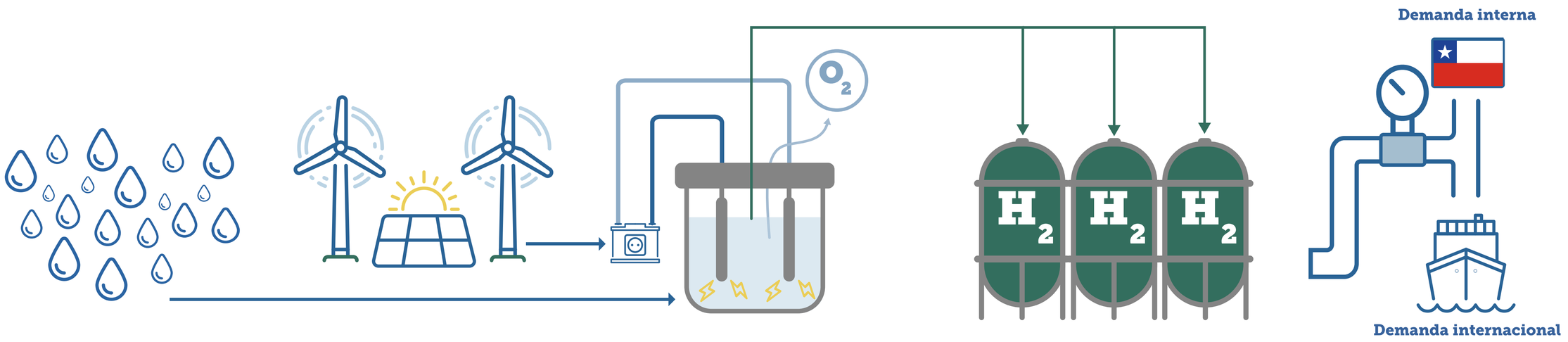
Un árbol maduro (alrededor de 10 años de edad), puede capturar aproximadamente 23 kg de CO_2 por año. Por lo tanto, para compensar 1 tonelada de CO_2 en un año, se requerirían aproximadamente 46 árboles maduros.

Es importante recordar que la capacidad de los árboles para absorber CO_2 varía según la especie, la edad y las condiciones ambientales.

Fuente: European Environment Agency. Accessed June 16, 2022.

Fuente: The future of Hydrogen, IEA. 2019.

¿Cómo se genera el Hidrógeno Verde?



1. Materia Prima:
Para su elaboración se necesita agua. La mayoría de los proyectos en Chile desalinizarán agua de mar.

2. Energías Renovables:
La electricidad generada mediante energía renovable, como la solar y la eólica, se utiliza para alimentar el electrolizador, el cual descompone la molécula de agua (H_2O).

3. Electrólisis:
Mediante la aplicación de electricidad, se logra la separación de los componentes moleculares del agua, aislando el hidrógeno del oxígeno.

4. Almacenamiento:
El hidrógeno se almacena en forma de gas o incluso en estado líquido, en contenedores y estanques especialmente diseñados.

5. Distribución:
Para satisfacer la demanda nacional, el hidrógeno verde puede ser transportado por gasoductos, camiones especializados o en barcos a otras zonas del país.

Para atender la demanda internacional, se transportará inicialmente en forma de amoníaco a bordo de buques.

Almacenamiento y traslado seguro

El hidrógeno verde requiere un tratamiento muy similar al gas natural, pudiendo ser almacenado y distribuido en forma gaseosa o líquida bajo los mismos protocolos de seguridad actuales que son requeridos para el hidrógeno gris. Su conversión a amoníaco para facilitar el traslado tampoco requiere cuidados diferentes a los actuales, lo que implica estanques de almacenamiento en sitios resguardados para ello.

Ministerio de Energía
Gobierno de Chile

BID

Plan de Acción **Hidrógeno Verde**

Construyendo un Futuro Verde

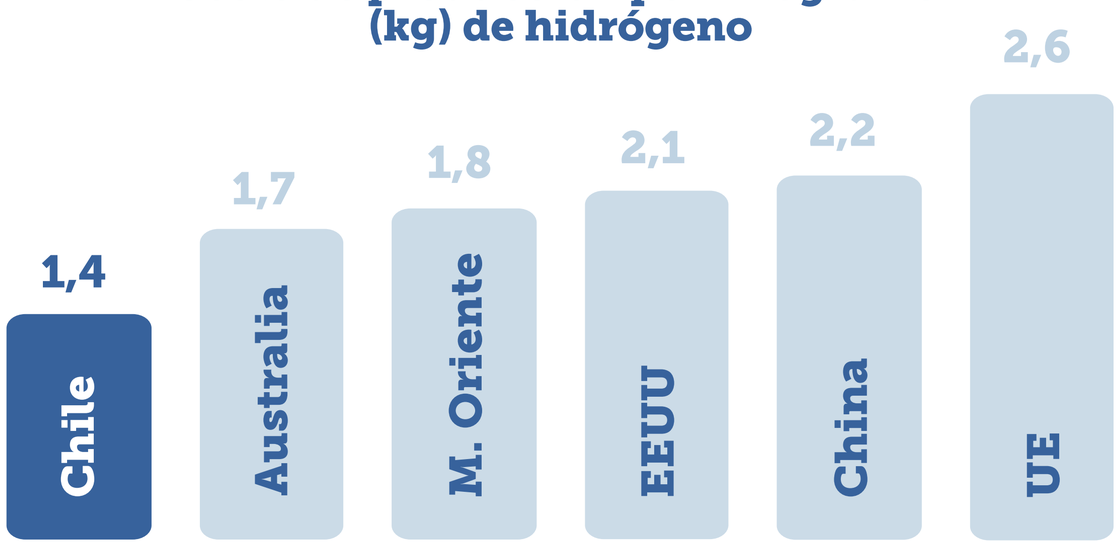
De Chile para el mundo

¿Por qué Chile podrá jugar un rol importante en la producción del Hidrógeno en el mundo?

En el marco de la transición global hacia energías más limpias, el hidrógeno se presenta como un elemento esencial.

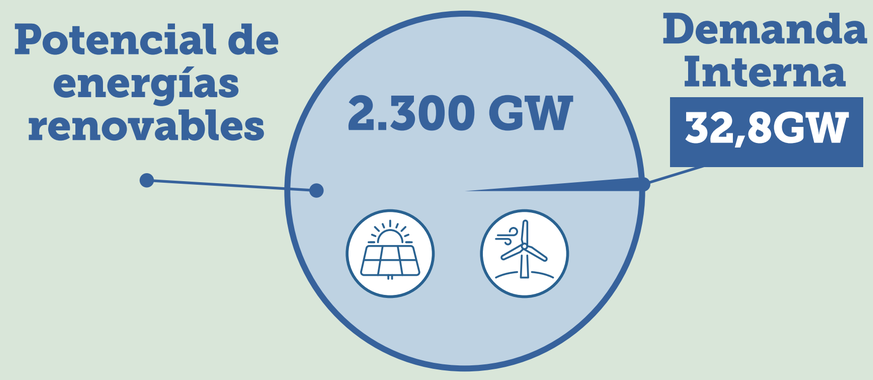
En este contexto, Chile emerge como un competidor destacado en la producción de hidrógeno, gracias a su acceso a energía renovable abundante y precios competitivos. Esto, dado que la electricidad es una variable clave en los costos de producción, consolidando la posición de nuestro país en el escenario mundial.

Costo de producción por kilogramo (kg) de hidrógeno



Estimación de costos nivelados de producción de hidrógeno verde al 2030 (USD/kg H_2)

Fuente: Estrategia nacional de hidrógeno verde año 2020



Nuestro potencial es **70 veces más** que la demanda nacional

Gracias a este gran potencial renovable, Chile por primera vez podrá ser energéticamente independiente, mitigar hasta el 24% de sus emisiones de CO_2 y ser capaz de aportar al mundo con energéticos sostenibles como el hidrógeno verde y sus derivados.

¿Cómo se mide la energía?

Una ampolleta de 10 Watts de potencia, encendida durante 1 hora, utiliza 10 Watts-hora (W) de energía eléctrica. La unidad de Wh mide cuanta energía consume un dispositivo cuando funciona durante una hora.

Por su lado, la potencia (W) indica cuánta energía consume (o produce) el dispositivo por unidad de tiempo, que en este caso era 10 Watts.

La potencia puede puede expresarse en magnitudes mayores como kW, MW o GW.

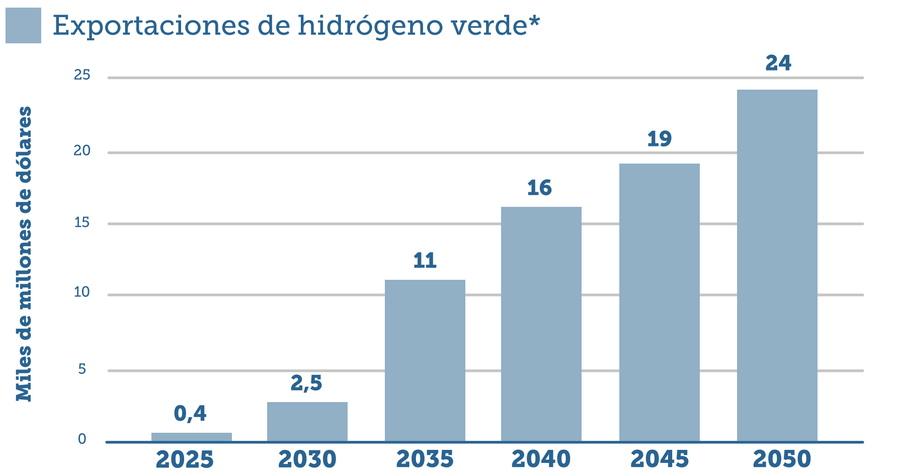
1.000 W = 1 kW
1.000 kW = 1 MW
1.000 MW = 1 GW

Beneficios para Chile

El desarrollo de esta industria ofrece perspectivas prometedoras para la economía nacional, con la creación de nuevos empleos e ingresos a través de las exportaciones.

Además, se estima que las exportaciones alcancen los 24.000 millones de dólares anuales para el año 2050.

Proyección del mercado chileno de hidrógeno verde y derivados para exportación (Miles de millones de dólares)



*Incluye exportaciones de metanol verde y combustibles sintéticos

Fuente: Estrategia nacional de hidrógeno verde año 2020

Ministerio de Energía
Gobierno de Chile

BID

Plan de Acción
Hidrógeno Verde

Construyendo un Futuro Verde

De Chile para el mundo

¿Para qué sirve el Hidrógeno Verde? Múltiples caminos de valorización de esta molécula.

Industria

- Refinerías
- Química
- Alimenticia
- Vidrio
- Cementera
- Acero
- Agricultura

Energía

- Balance de red
- Generación Combinada de Calor y Electricidad
- Almacenamiento

Movilidad

- Autobuses
- Automotriz
- Marítima
- Transporte
- Minera
- Aérea

Ver video de transporte e hidrógeno →

Múltiples usos del Hidrógeno Verde

El hidrógeno verde se puede utilizar en forma directa como energético o para la elaboración de productos secundarios limpios, como amoníaco o metanol.

Su uso directo tiene un gran potencial para descarbonizar procesos industriales, la generación de energía y el transporte, convirtiéndolo en un aliado para los motores eléctricos.

Su conversión a amoníaco permite la generación de nuevos productos limpios como fertilizantes o energéticos que pueden ser usados en el transporte marítimo.

¿Cómo se prepara Chile?

En el año 2020, Chile publicó su Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde que busca potenciar las ventajas de nuestro país en la producción y consumos de hidrógeno verde a nivel nacional e internacional.

Ir a la estrategia →

Además, desde el año 2023, Chile viene trabajando el Plan de Acción de Hidrógeno Verde para impulsar el desarrollo de esta industria.

Ir al plan de acción →

Metas Nacionales para el desarrollo del Hidrógeno Verde

5GW
de capacidad de electrólisis contruída y en desarrollo.

2,5 BUSD*/año
***miles de millones de USD**
Líder exportador global de hidrógeno verde y sus derivados.

25 GW
Líder productor global de hidrógeno verde por electrólisis.

2025 | **2030**

5BUSD
Top 1 en inversores de hidrógeno verde en LATAM.

200 kton/año
Producción en al menos 2 polos de hidrógeno verde en Chile.

<1,5 USD/kg
hidrógeno verde más barato del planeta.

Fuente: Estrategia Nacional Hidrógeno Verde año 2020

Ministerio de Energía
Gobierno de Chile

BID

Plan de Acción
Hidrógeno Verde

Construyendo un Futuro Verde

De Chile para el mundo

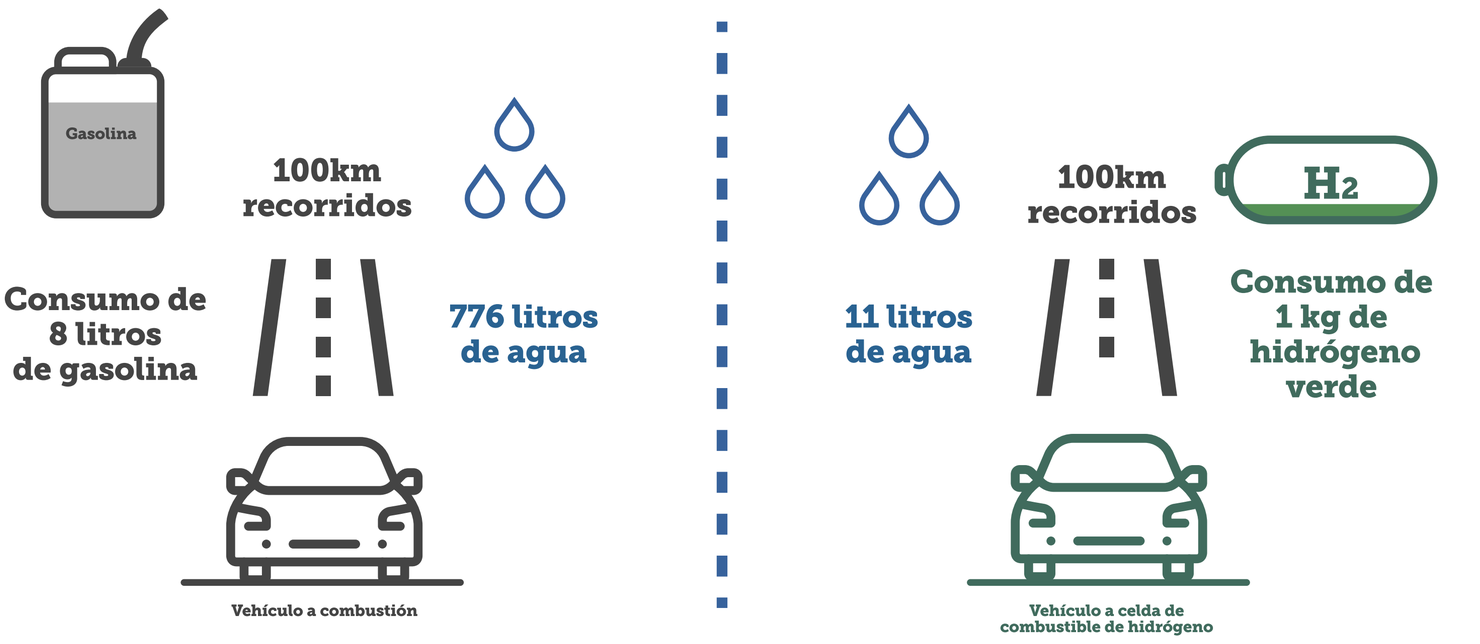
Eficiencia Hídrica

El agua es la materia prima en la elaboración de hidrógeno verde, y para un desarrollo más sostenible se están aplicando distintas innovaciones en los proyectos.

Si bien la mayoría de los proyectos desalinizarán agua de mar, en Antofagasta se está impulsando un proyecto bajo conceptos de **economía circular**: las aguas residuales sanitarias de la ciudad serán tratadas para luego ser insumo en la producción de hidrógeno verde.

Uso de agua en un vehículo liviano de pasajeros

Para viajar 100 km, un vehículo de gasolina consume 8 litros, lo que conlleva un consumo de 776 litros de agua para la refinación. En contraste, un automóvil a hidrógeno solo necesita 1 kg de hidrógeno para recorrer la misma distancia, lo que implica un uso de tan solo 11 litros de agua.

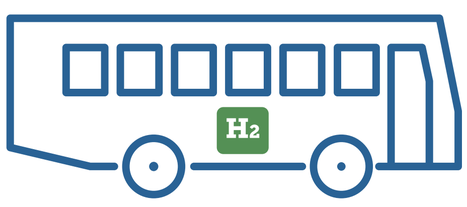


¿Cuánta agua usamos en una ducha?

1 ducha de 10 minutos equivale a 200 lt de agua

Fuente: OMS

¿Sabías qué en Chile ya hay disponibles vehículos que funcionan con Hidrógeno?



Bus coach a hidrógeno para piloto en el transporte de pasajeros para minería.

Flota de grúa horquilla para centro de distribución en la Región Metropolitana.

Vehículo liviano de pasajeros ya homologado en Chile.

Ministerio de Energía
Gobierno de Chile

BID