

1er SEMINARIO INTERNACIONAL DEL **HIDRÓGENO**



Ventajas Comparativas del Hidrógeno Verde en Chile



1er SEMINARIO INTERNACIONAL DEL HIDRÓGENO



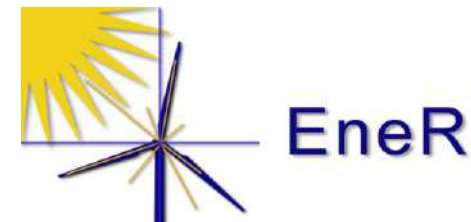
Ventajas Comparativas del Hidrógeno Verde en Chile



Dr. Erwin Plett
Technology Director

Lo Fontecilla101, Of. 312
CP: 7591018 Las Condes
Santiago de Chile
Fono: +56 9 9779 2785

erwin.plett@ene-r.cl



JAPAN Liaison Office
日本連絡事務所

HYDROGEN RESEARCH UNIT
H2 研究ユニット

17-12, Miyanomori 2-17
Chuo-Ku, Sapporo 064-0952
Japan



Índice de Contenido

Capítulo 1

H2 Chile, la Asociación Chilena de Hidrógeno

Capítulo 2

La Economía del Hidrógeno: “*Power to X*” y “*Sector Coupling*”

Capítulo 3

Hidrógeno verde made in Chile:
¿Hacia un mercado internacional de energía renovable?

Capítulo 4

Ventajas comparativas de Chile en costos y desafíos para el desarrollo de un nuevo mercado

1



Asociación Chilena de Hidrógeno

H2 Chile: Asociación Chilena del Hidrógeno

Constituida el 9 de Enero del 2018, H2 Chile es un **espacio colaborativo**, entre entidades públicas, privadas y académicas que estén interesadas en el uso del hidrógeno como vector energético. Una plataforma para enseñar, educar, colaborar, fomentar y realmente producir un cambio significativo en la manera en que la sociedad ve al hidrógeno, logrando así posicionar a Chile como un líder en la producción y utilización de **Hidrógeno Verde**.



Mision

Acelerar la transición energética mediante la promoción del desarrollo de las tecnologías del Hidrógeno.



Vision

Establecer la sociedad del hidrógeno en Chile y posicionar al país como líder mundial en producción y exportación de Hidrógeno Verde.

Directorio 2019:



Hans Kulenkampff
Presidente



Rodrigo Vásquez
Vicepresidente



Andrea Moraga
Tesorera



Rodrigo Gálvez
Secretario



Rossana Gaete
Directora



Juan Pablo Zúñiga
Director Ejecutivo



www.h2chile.cl



LinkedIn



Principales Actividades 2018 - 2019

Julio 2018 – Participación en el World Hydrogen Energy Conference en Rio do Janeiro, Brasil / Redes con Asociaciones Gremiales de Argentina, Brasil y México.

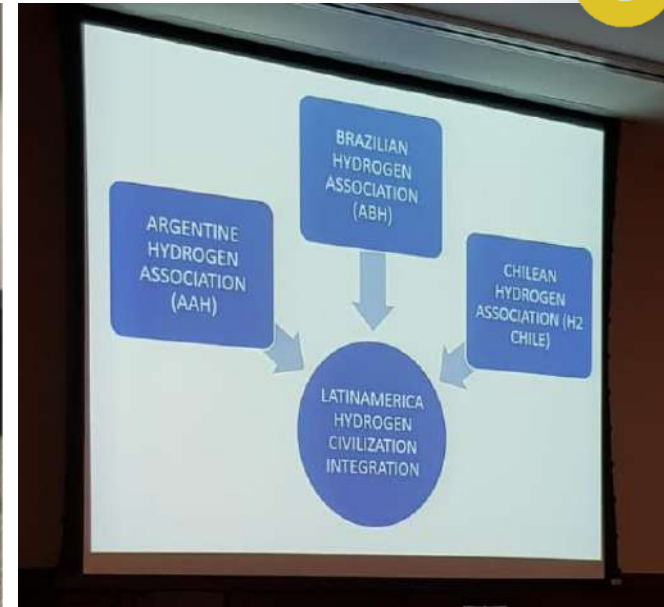
3



Juan Pablo Zuñiga, Rodrigo Vasquez y Hans Kulenkampff, miembros del Directorio en la WHEC 2018.



Reunión con otras asociaciones gremiales de Latam: Argentina, Brasil y México.



Presentación realizada por el presidente de la Asociación Argentina de H2

Principales Actividades 2018 - 2019

Septiembre 2018 – Presentación en II Conferencia Internacional de Hidrógeno Verde en Chile .

3



Panel de Debate (De izq a der) Julius Scholz NOW, Michelle Azalbert BU Hydrogen Engie, Denis Thomas FCHJU/Hydrogenics, Hans Kulenkampff H2 Chile y Thomas Bueno EDF



Susana Jiménez, ex Ministra de Energía, abriendo la conferencia.

Principales Actividades 2018 - 2019

Octubre 2018 –Realización de primera Capacitación (16 horas) y Celebración del Día del Hidrógeno.

En conjunto con CAMCHAL, se realiza la primera capacitación a empresas y personas. 23 Asistentes (entre ellos, ENGIE, COPEC, ENAP, AChEE, Transelec, Codelco, A.G., Lipigas)



4 5



El 10 de Octubre se realiza un after-office en conmemoración del día del Hidrógeno. Cerca de 20 personas llegan al evento.



5

H₂ National Hydrogen & Fuel Cell Day | 10-08

Acompañanos a celebrar el día nacional del hidrógeno y pilas de combustibles este Lunes 8 de Octubre. Si estás en Santiago de Chile, nos juntaremos en el **Flannery's Beerhouse (Tobalaba 379)** a las **20:00 hrs.**

1	← atomic number
H	← element symbol
Hydrogen	← element name
1.008	← atomic weight

10/08 ← National Hydrogen Day

Confirma tu asistencia para poder reservar las mesas, los esperamos!
contacto@h2chile.com
Equipo H2 Chile

Principales Actividades 2018 - 2019

Noviembre 2018 – Presidente H2 Chile, invitado a exponer en III USM TECH Innovation Summit



Principales Actividades 2018 - 2019

Marzo 2019 – H2 Chile invitado a exponer en charla organizada por Grupo de Energía de CAMCHAL y en Mininn Summit 2019

3

4



Principales Actividades 2018 - 2019

Marzo 2019 – Participación reuniones Hannover Messe & Workshop de Mission Innovation en Antwerp, Belgica



H2 Chile visita Stand Siemens en grupo junto al Jefe División Energía sustentable del Ministerio de Energía Gabriel Prudencio, el Director Programa Energía GIZ Rainer Schröer y el CEO Siemens Chile Oscar Falcón.



H2 Chile invitado al taller de Mission Innovation en Antwerp, Belgica. CORFO participa también como representante de Chile

Principales Actividades 2018 - 2019

Mayo 2019 – H2 Chile fue invitado a participar en reunión de coordinación de la COP 25 en Palacio de la Moneda



Principales Actividades 2018 - 2019

Junio 2019 – H2 Chile expone en Webinar internacional organizado por Ata Insights / Exposición en Exponor / Exposición a Cochilco.

Webinar: El hidrógeno verde: retos y oportunidades

20 de junio, 2019 a las 16:00 CEST | 11:00 am Santiago de Chile (Comprueba tu hora local)



giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Rodrigo Vasquez

Asesor Programa

Energía



H2Chile

Hans Kulenkampff

Presidente



4 3



Principales Actividades 2018 - 2019

Junio 2019 – H2 Chile invitado a participar en Mes de la Energía organizado por el Colegio de Ingenieros de Chile A.G.



Principales Actividades 2018 - 2019

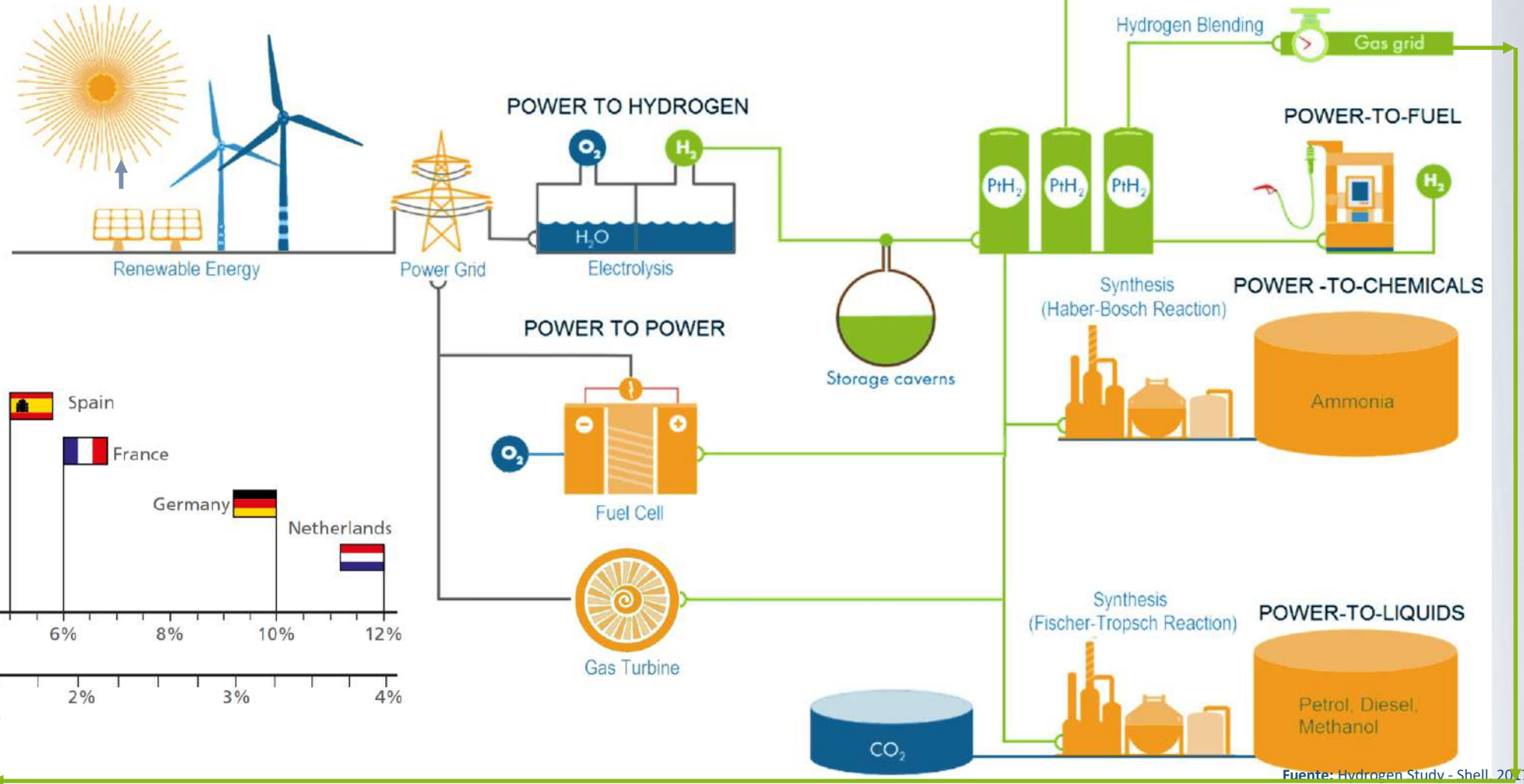
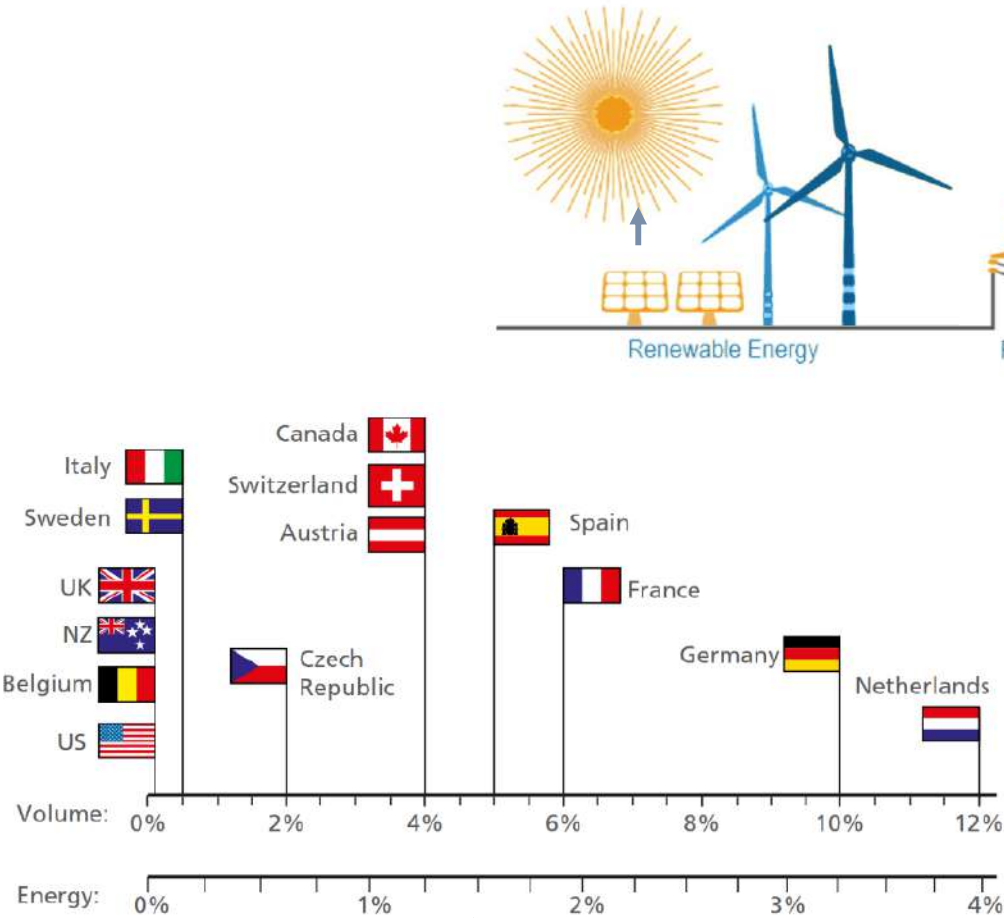
Junio - Julio 2019 – H2 Chile es parte del Comité Técnico de la Estrategia Nacional del Hidrógeno





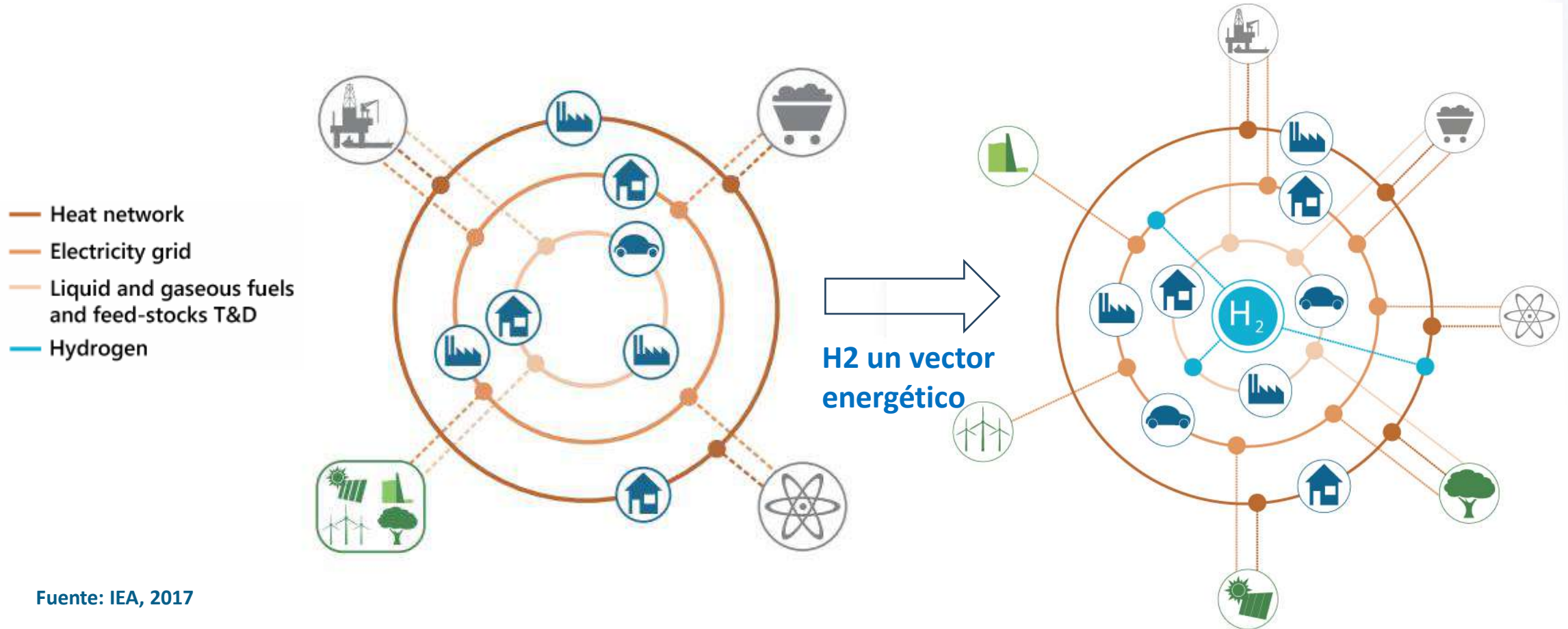
La Economía del Hidrógeno: *“Power to X” y “Sector Coupling”*

Power to X



Fuente: Hydrogen Study - Shell, 2017

Sector Coupling



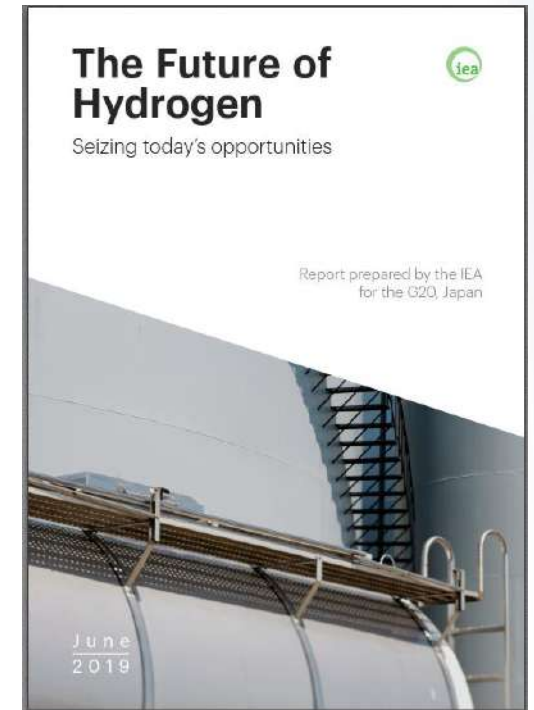
Fuente: IEA, 2017

Sector Coupling – El Caso Chileno según el Ministerio Energía



3

Hidrógeno: ¿Mercado Internacional de Energía Renovable?



G20 – Ministerial Meeting on Energy Transition

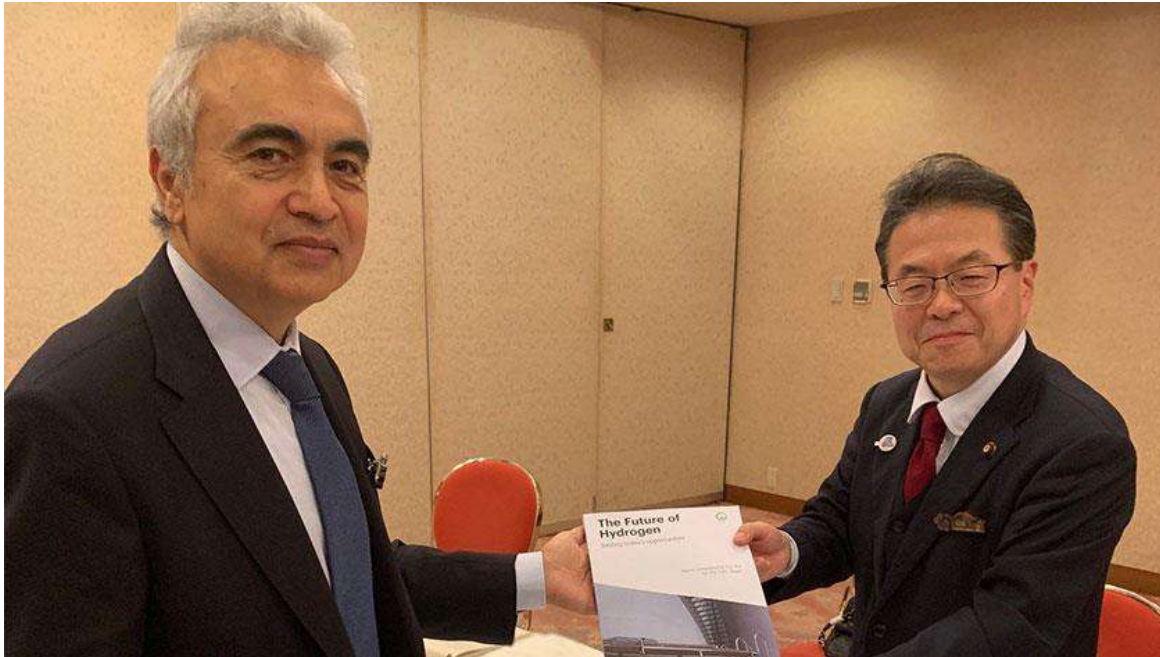


15, 16 Junio en Karuizawa, Japón.

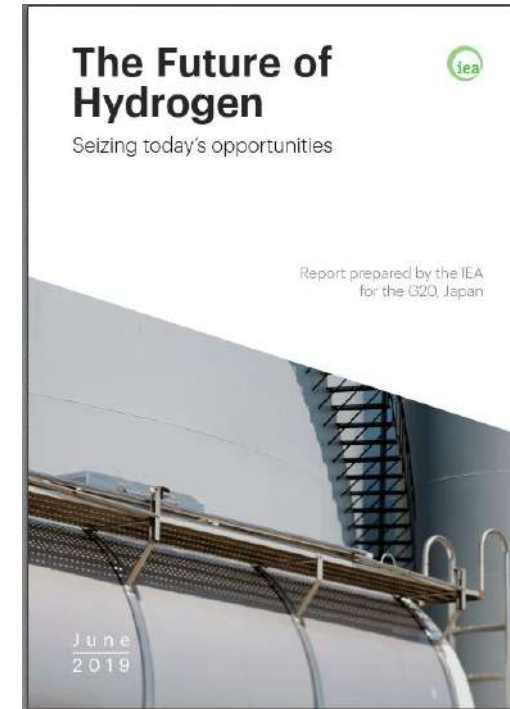
*“The International Energy Agency has provided in-depth support for this weekend’s meeting of G20 energy and environment ministers, including the publication of a major new study on **hydrogen’s potential role in global energy transitions**”.*

Fuente: <https://www.iea.org/newsroom/news/2019/june/iea-takes-part-in-g20-energy-and-environment-ministerial-in-japan.html>

G20 – Ministerial Meeting on Energy Transition



Dr Fatih Birol, the IEA's Executive Director, alongside Mr Hiroshige Seko, Japan's Minister of Economy

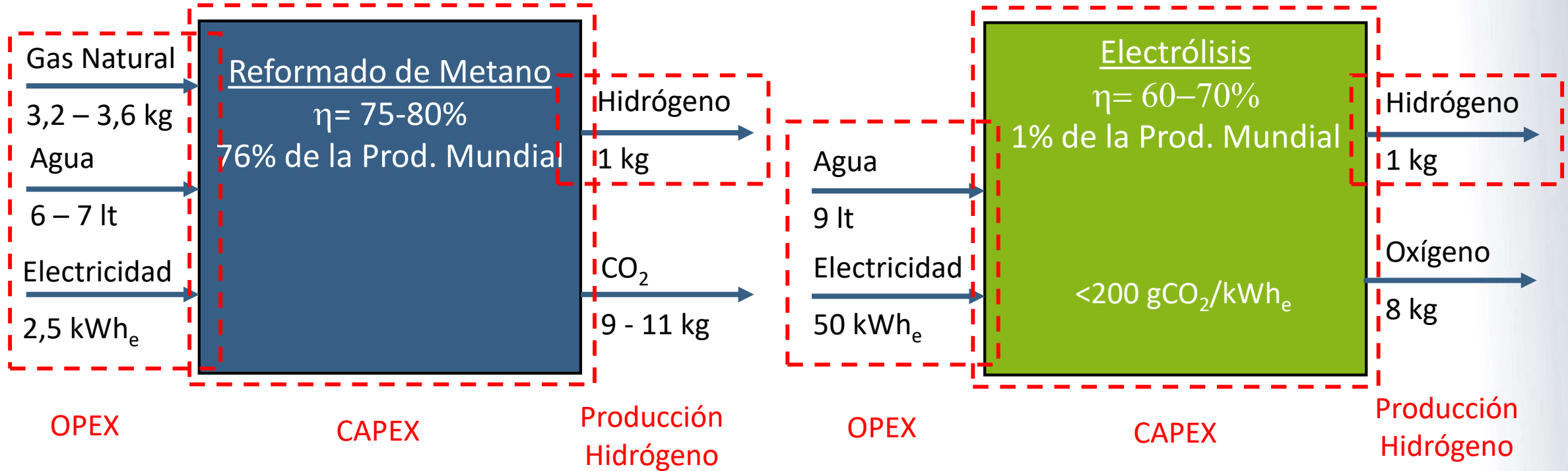


*“The International Energy Agency has provided in-depth support for this weekend’s meeting of G20 energy and environment ministers, including the publication of a major new study on **hydrogen’s potential role in global energy transitions**”.*

Fuente: <https://www.iea.org/newsroom/news/2019/june/iea-takes-part-in-g20-energy-and-environment-ministerial-in-japan.html>

Generación H₂: Reformado de Metano v/s Electrólisis

Producción Mundial Anual: 70 Mt = 8,4 EJ

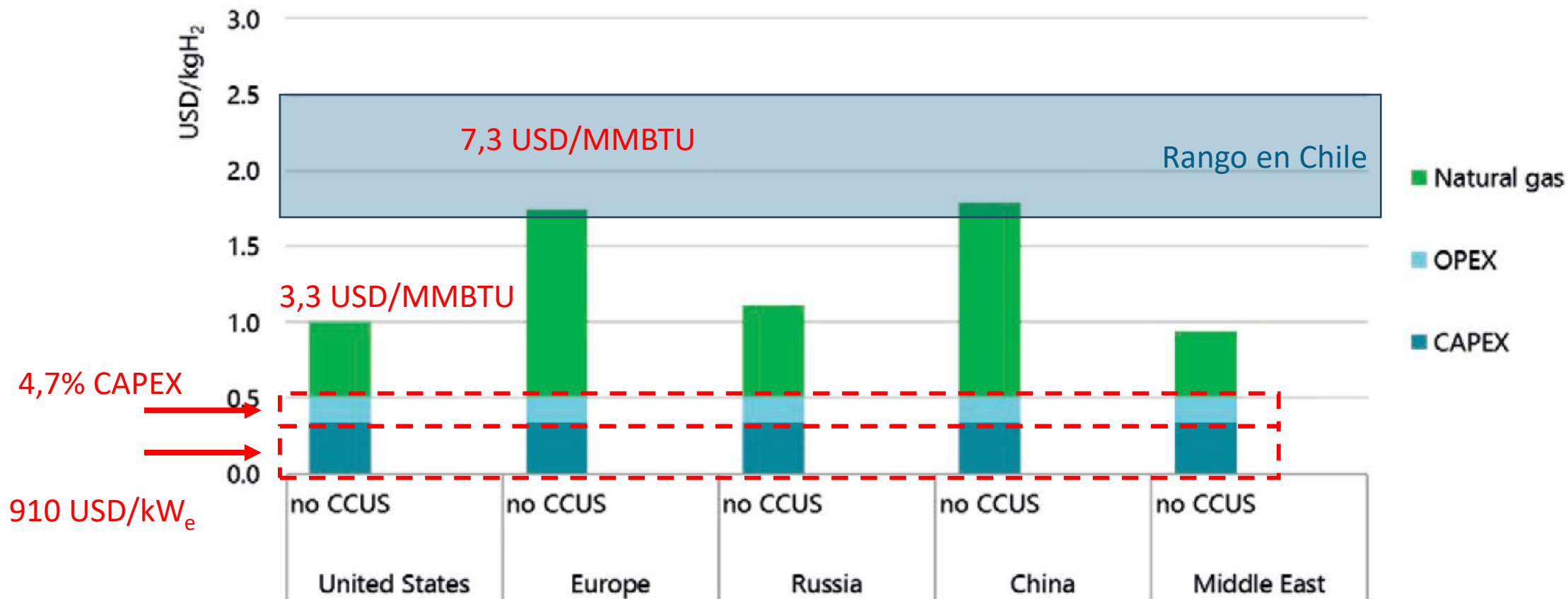


$$LCOH = \frac{VAN(CAPEX + OPEX)}{VAN(\text{Producción H}_2)} \cdot \frac{USD}{kg}$$

Costo Nivelado de Hidrógeno

Reformado de Metano (hidrógeno gris)

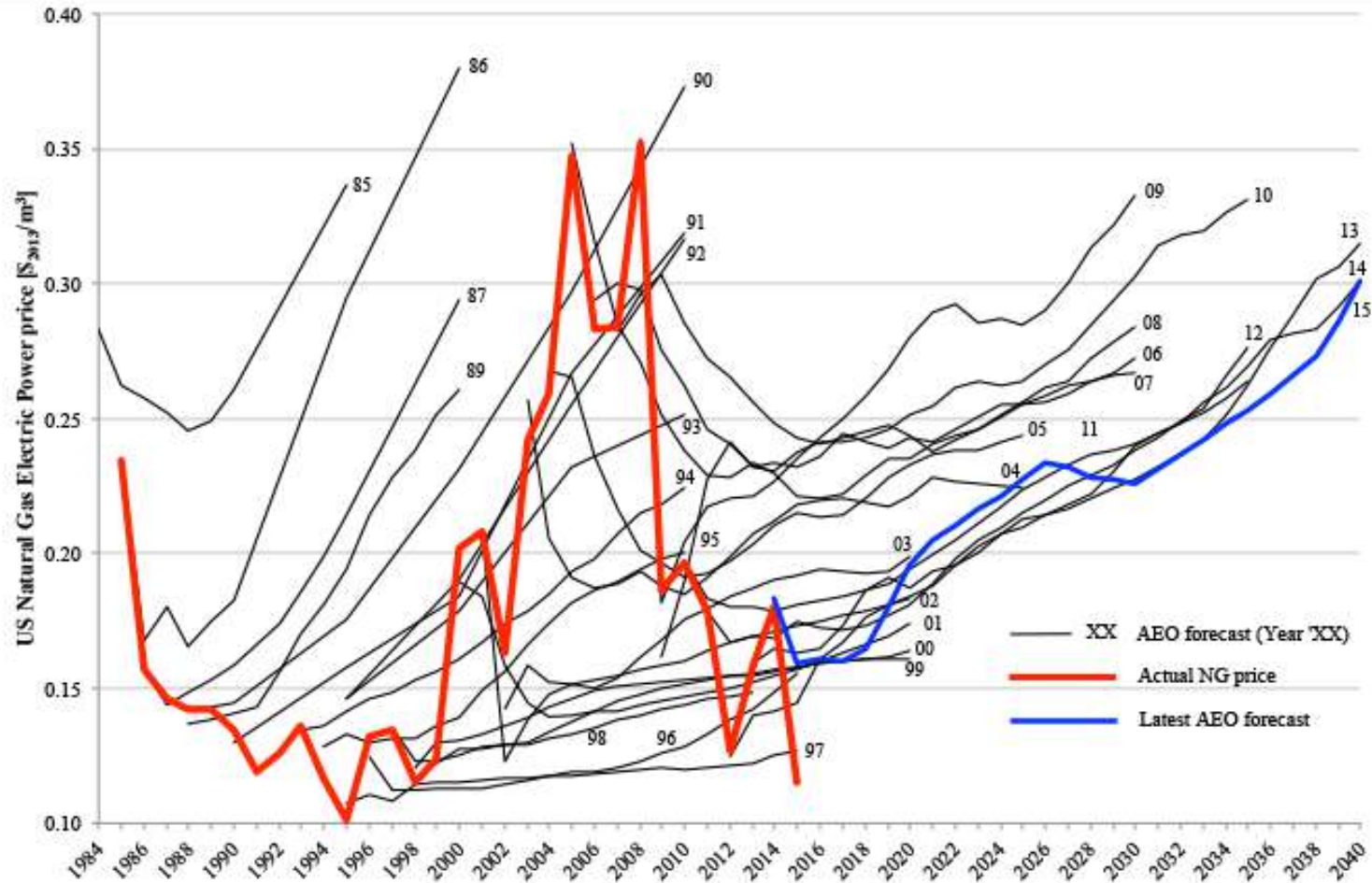
Figure 9. Hydrogen production costs using natural gas in different regions, 2018



Fuente: The Future of Hydrogen – IEA, junio 2019

Costo Nivelado de Hidrógeno

Tendencias Gas Natural

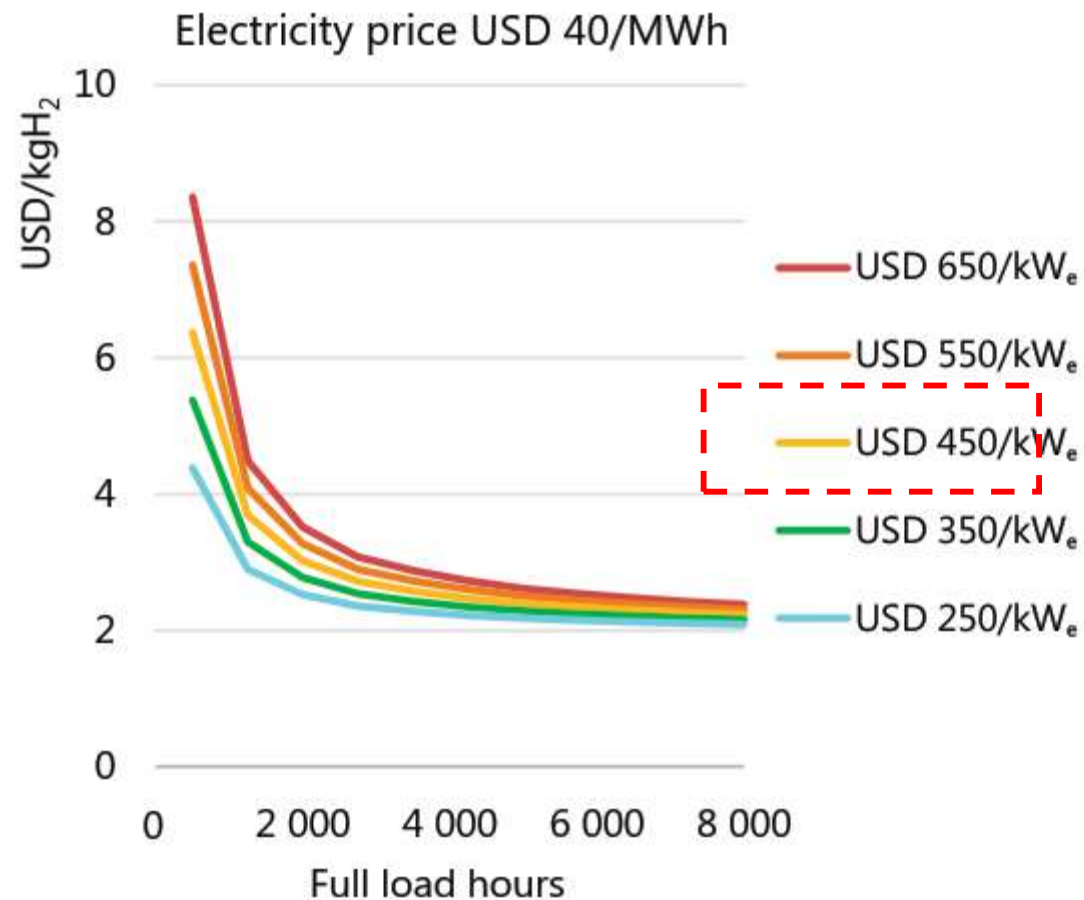
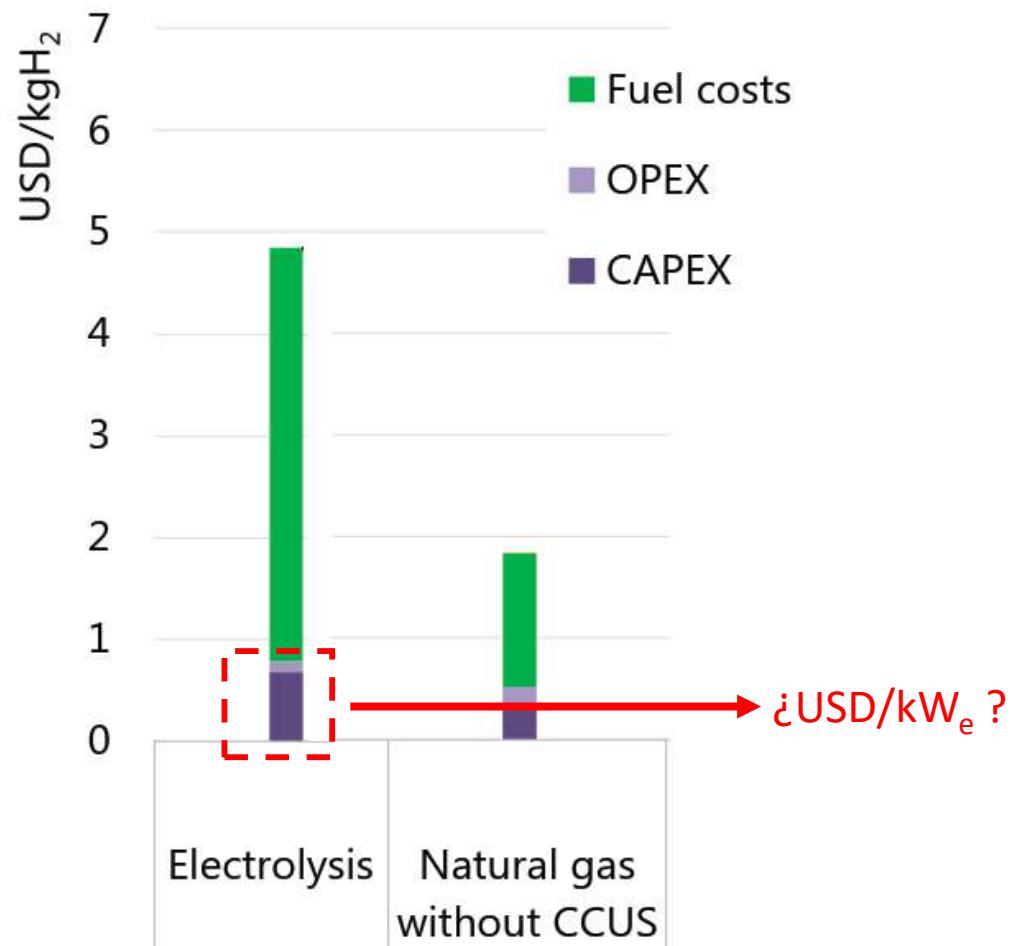


Natural gas for electricity production price in the US: comparison between the yearly EIA Annual Energy Outlook (AEO) price forecasts and the actual values for the years 1985-2015.

- The **black lines** are the forecasts made in different years.
- The **red line** indicates the actual price.
- The **blue line** is the most recent forecast (2015)

Fuente https://www.researchgate.net/figure/Natural-gas-for-electricity-production-price-in-the-US-comparison-between-the-yearly_fig1_317689860

Costo Nivelado de Hidrógeno Electrólisis (hidrógeno verde)



Notes: MWh = megawatt hour.

Based on an electrolyser efficiency of 69% (LHV) and a discount rate of 8%.

Fuente: The Future of Hydrogen – IEA, junio 2019

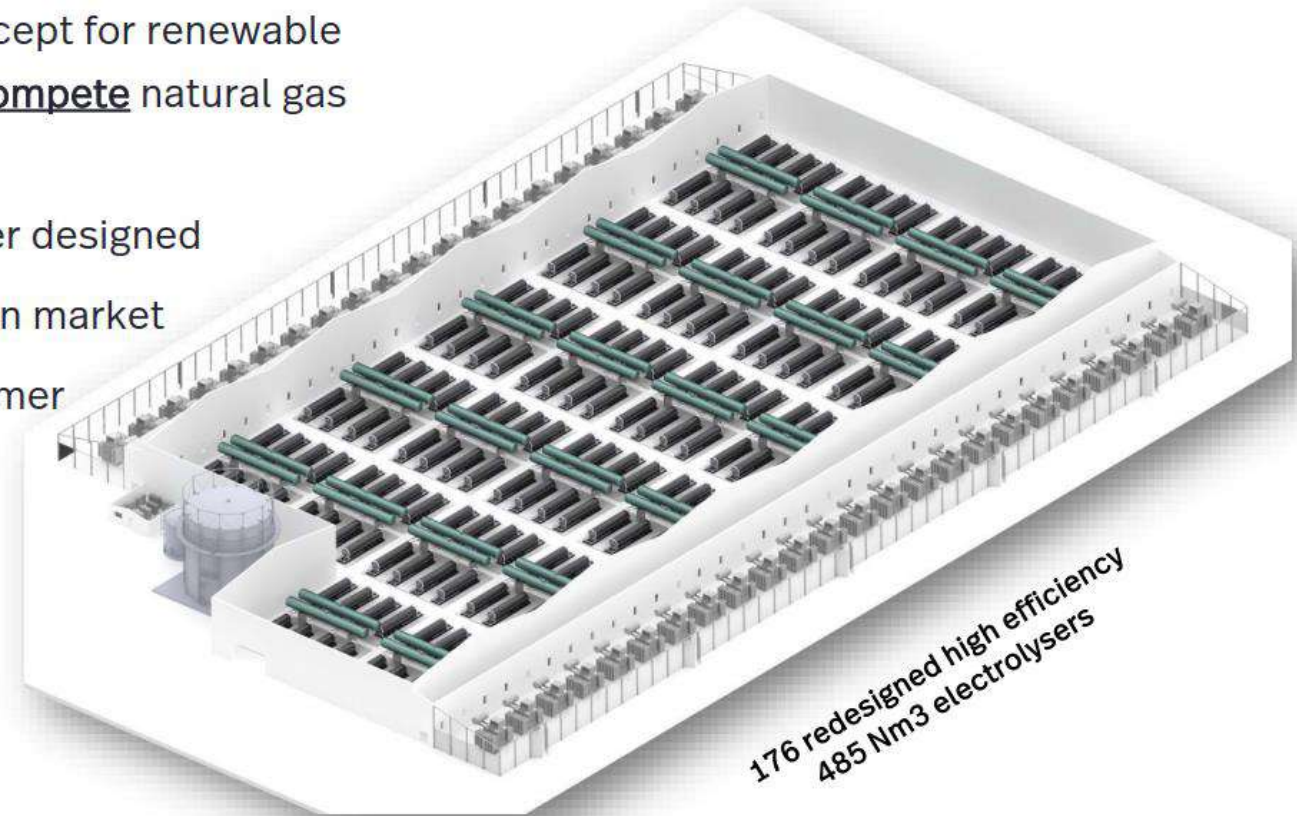
Costo Nivelado de Hidrógeno

Tendencias Electrolizadores

Project develop.: 400MW renewable H2 plant to outcompete natural gas reforming

Project examples

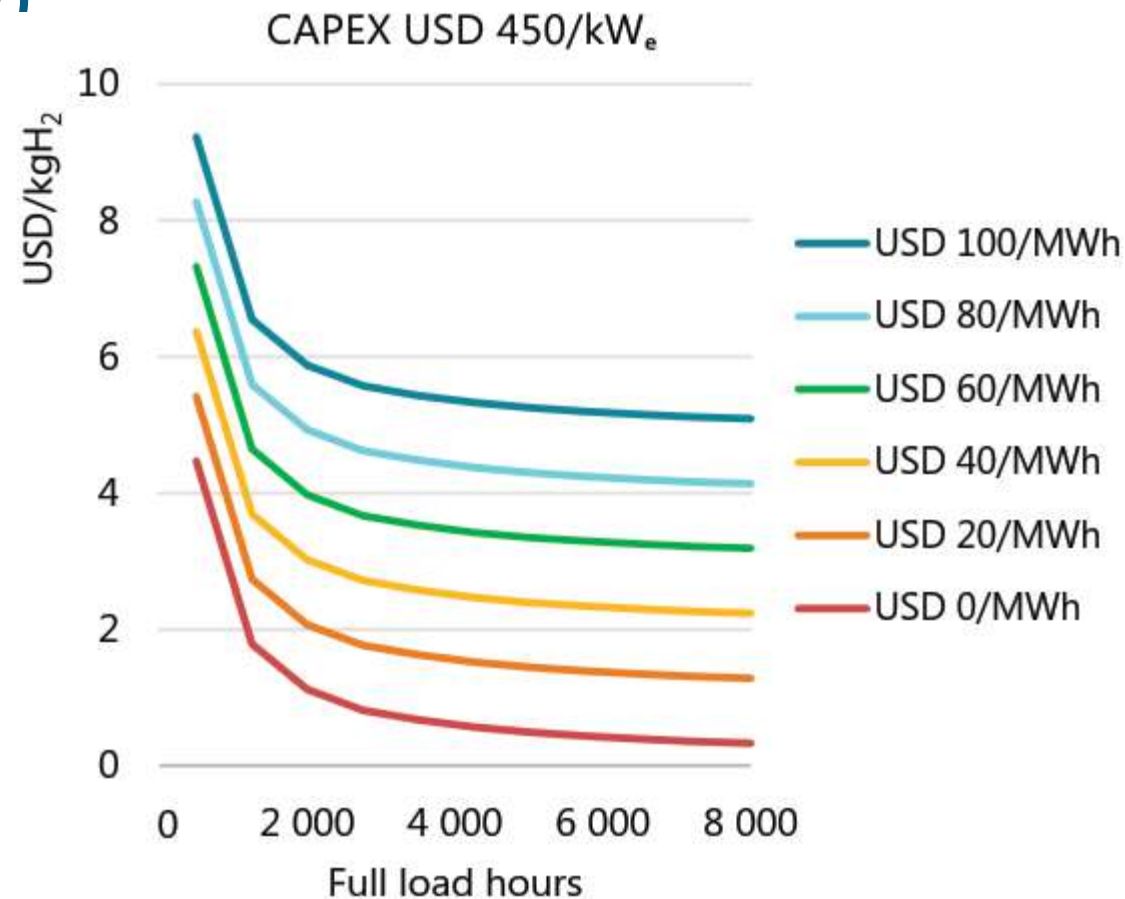
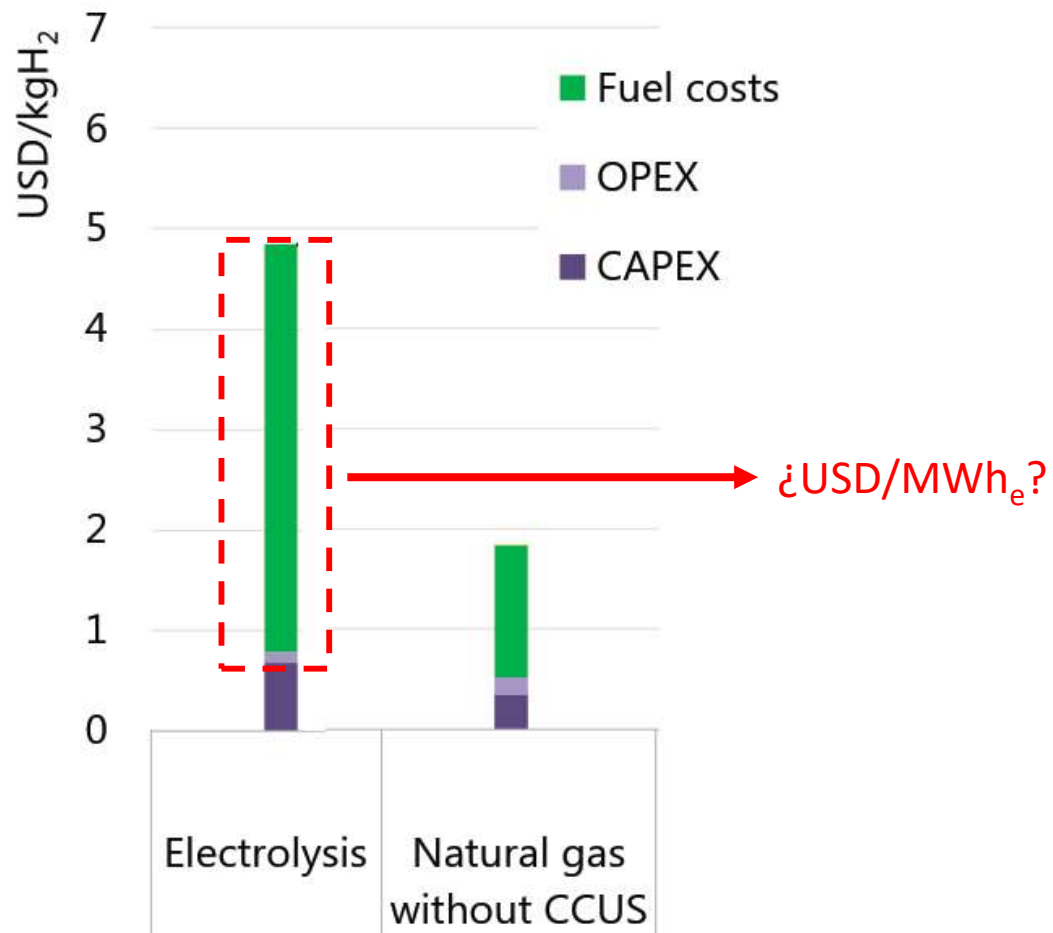
- Working on GIGA factory concept for renewable hydrogen production to **outcompete** natural gas reforming
- Largest electrolyser plant ever designed
- Addressing a USD ~ 150 billion market
- International industrial customer
- Tied to solar power
- CapEx of USD ~175 million
- Benchmark CapEx ratio:
 - 0.45 MUSD/MW



nel

Fuente: Hannover Messe 2017, Electrolyzer Elevator Pitch - NEL

Costo Nivelado de Hidrógeno Electrólisis (hidrógeno verde)

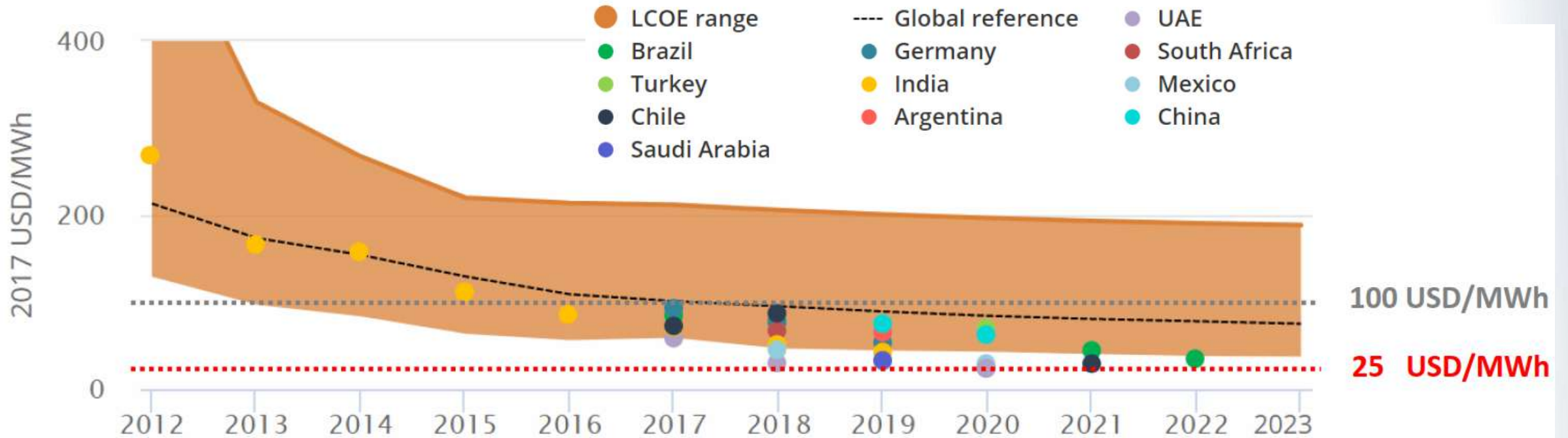


Notes: MWh = megawatt hour.
Based on an electrolyser efficiency of 69% (LHV) and a discount rate of 8%.

Fuente: The Future of Hydrogen – IEA, junio 2019

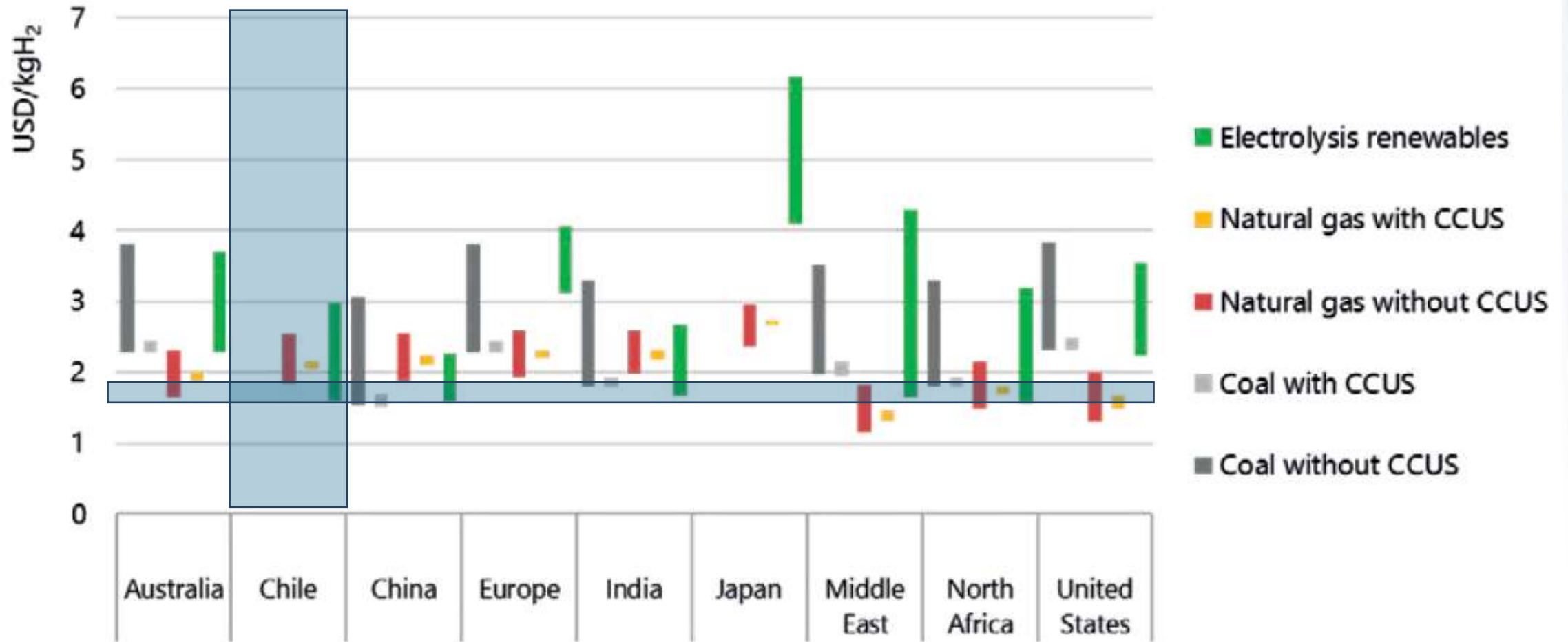
¿Por qué Chile?

Chile, el país donde probablemente se puede producir la **electricidad más barata** del mundo



Fuente: Analysis from Renewables – IEA, 2018

Costo de Producción de Hidrógeno en el Mundo

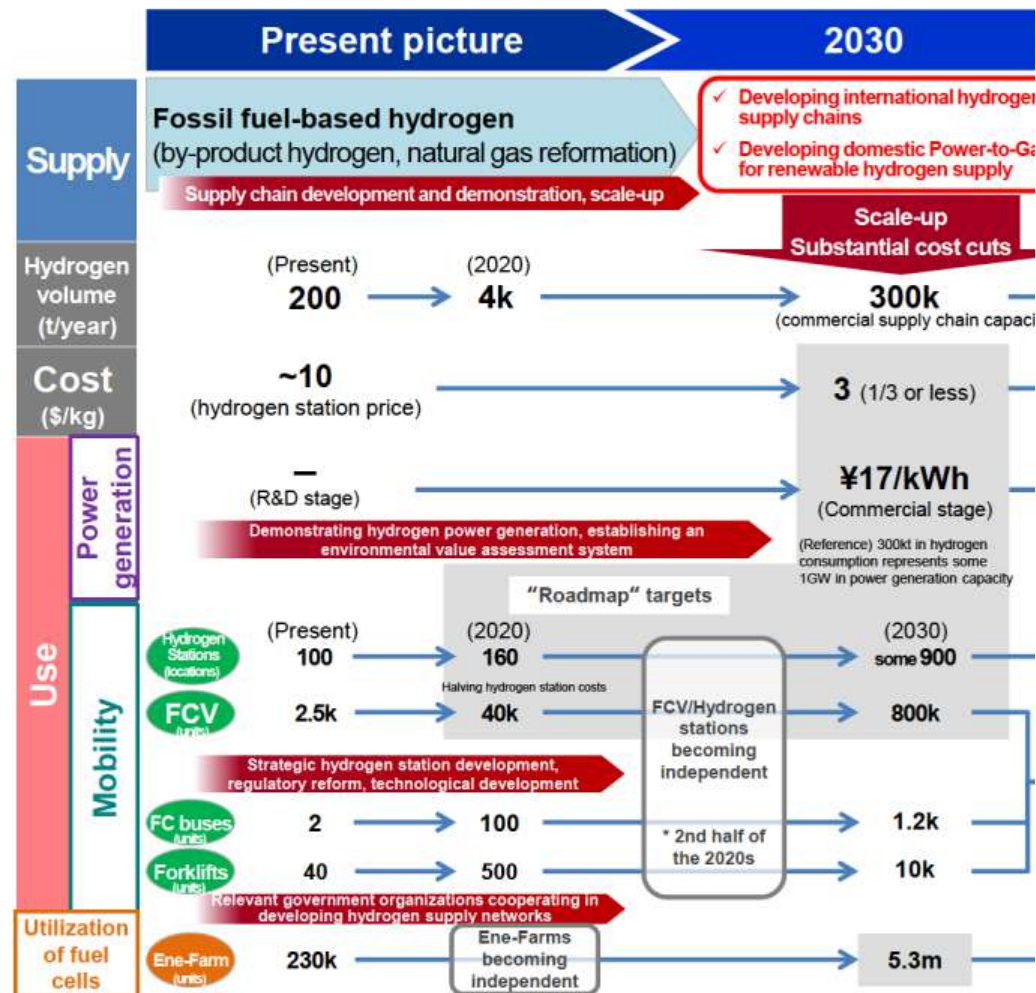


Fuente: The Future of Hydrogen – IEA, junio 2019

Posibles países importadores de hidrógeno



Scenario for Basic Hydrogen Strategy



Apoyo político en Chile:

Chile's president hints at interest in hydrogen vehicles

Written by: BNamericas
Published: Friday, June 21, 2019



change" to its electromobility program towards hydrogen-powered vehicles.



EL MERCURIO *Inversiones*

SUSCRÍBETE AQUÍ

Inicio | Análisis | Recomendaciones | Mercados en línea | Entrevistas | Columnas | Reportes | Revistas

Acciones | Bonos | Monedas | Fondos | Pensiones | Economía | Regulaciones | Impuestos | Propiedades

Viernes, 24 de mayo de 2019 | 14:50

Hidrógeno verde: una oportunidad para la transformación productiva de Chile

Esto permitiría exportar la enorme capacidad solar del Desierto de Atacama con un fuerte impacto en el crecimiento de Chile. No ocurrirá sin coordinación público-privada.

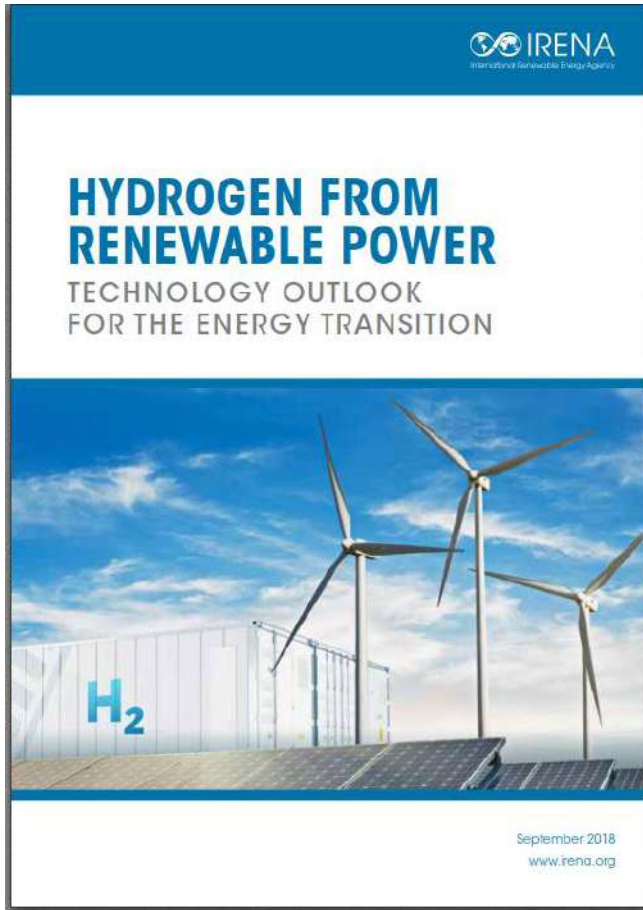
Fuente: ENGIE Energía Chile @ENGIEENERGIACL Twitter

4



Ventajas comparativas en costos y desafíos para el desarrollo de un nuevo mercado

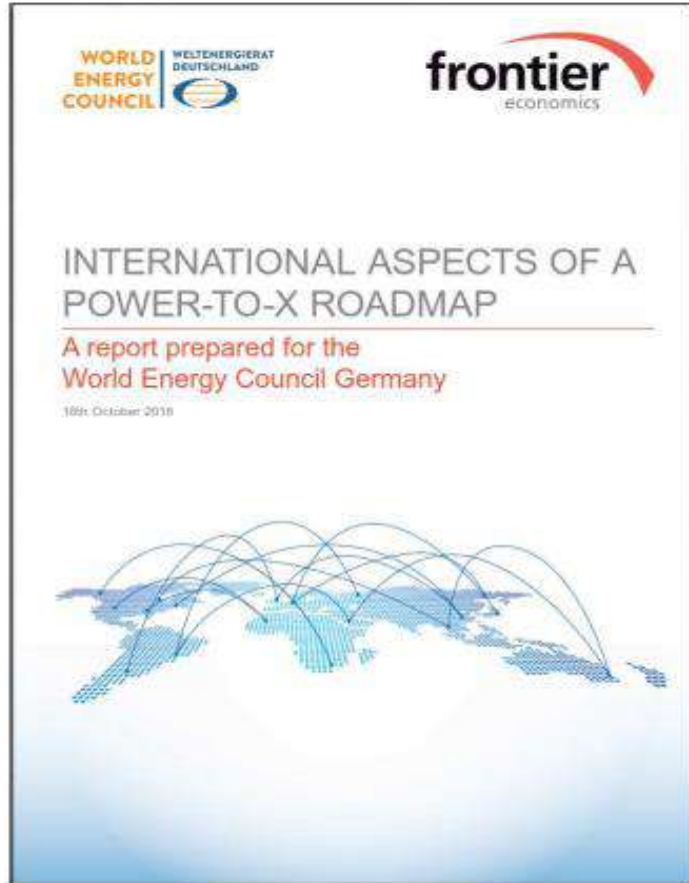
¿Por qué Chile? – IRENA



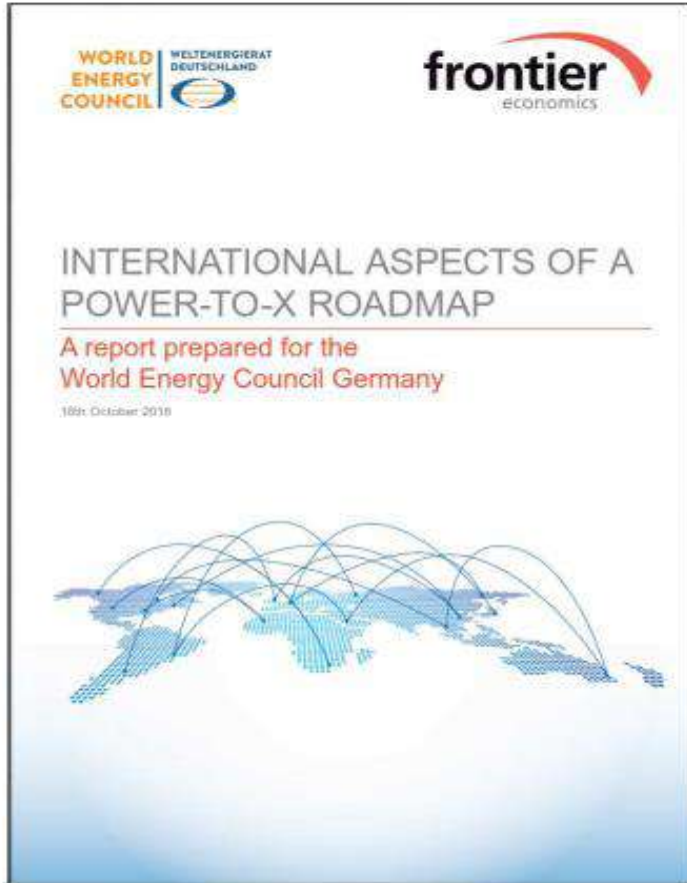
*(...)The ideal case for Chilean hydrogen production combines a **low LCOE with a high capacity factor**, making the best use of cheap renewable electricity and minimising the impact of electrolyser depreciation on the LCOH.*

*Notably, countries such as **Argentina** (due to the high load factor of wind generation in Patagonia) and **Australia** and **Chile** (due to abundant sun) are developing roadmaps to convert their surplus VRE into compressed gaseous or liquid hydrogen (or another carrier similar to LCOH, see above) for **transport to regions with a net demand**, such as Japan and the Republic of Korea (...)*

¿Por qué Chile? – World Energy Council (WEC)



¿Por qué Chile? – World Energy Council (WEC)

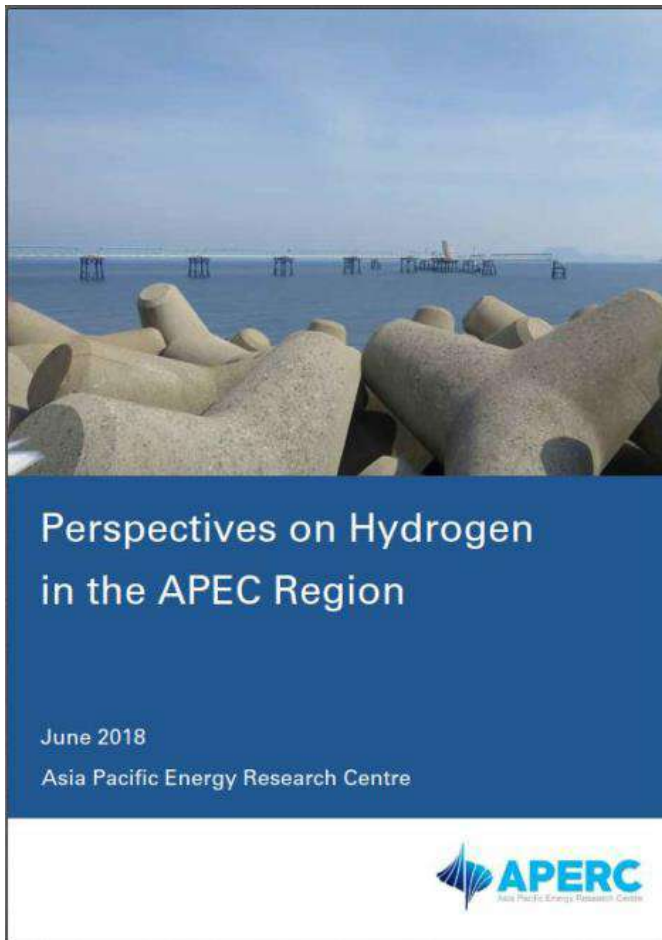


Type	PtX motivation and readiness	Selected example
Frontrunners	<ul style="list-style-type: none"> ▪ PtX already on countries (energy) political radar ▪ Export potential and PtX readiness evident ▪ Uncomplicated international trade partner ➢ Especially favourable in early stages of market penetration 	Norway
Hidden Champions	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fundamentally unexplored RES potential ▪ Largely mature, but often underestimated, (energy) political framework with sufficiently strong institutions ➢ PtX could readily become a serious topic if facilitated appropriately 	Chile
Giants	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Abundant resource availability: massive land areas paired with often extensive RES power ▪ PtX readiness not necessarily precondition, may require facilitation ➢ Provide order of PtX magnitudes demanded in mature market 	Australia

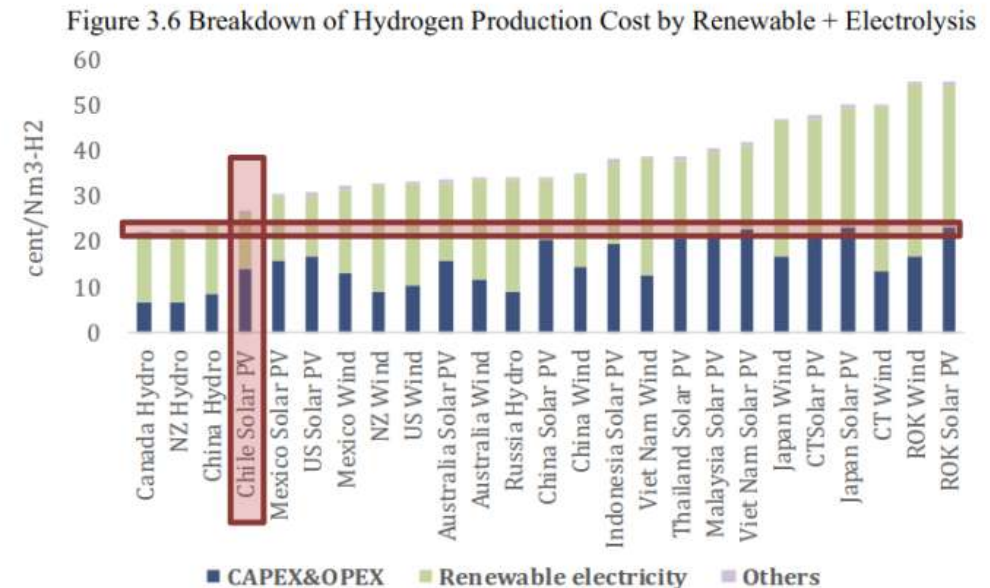
Chile – the hidden champion: Largely unexplored RES potential paired with strong (energy) political environment

Countries categorised as hidden champions, like Chile, typically demonstrate fundamentally unexplored RES potential with strong climate change targets. Paired with a largely mature (energy) political framework and sufficiently strong institutions – that are often underestimated in the general perception of Latin American countries – PtX could immediately become a serious topic if facilitated appropriately. These countries may well be in the lead in the market penetration phase, fostering the development of PtX technology.

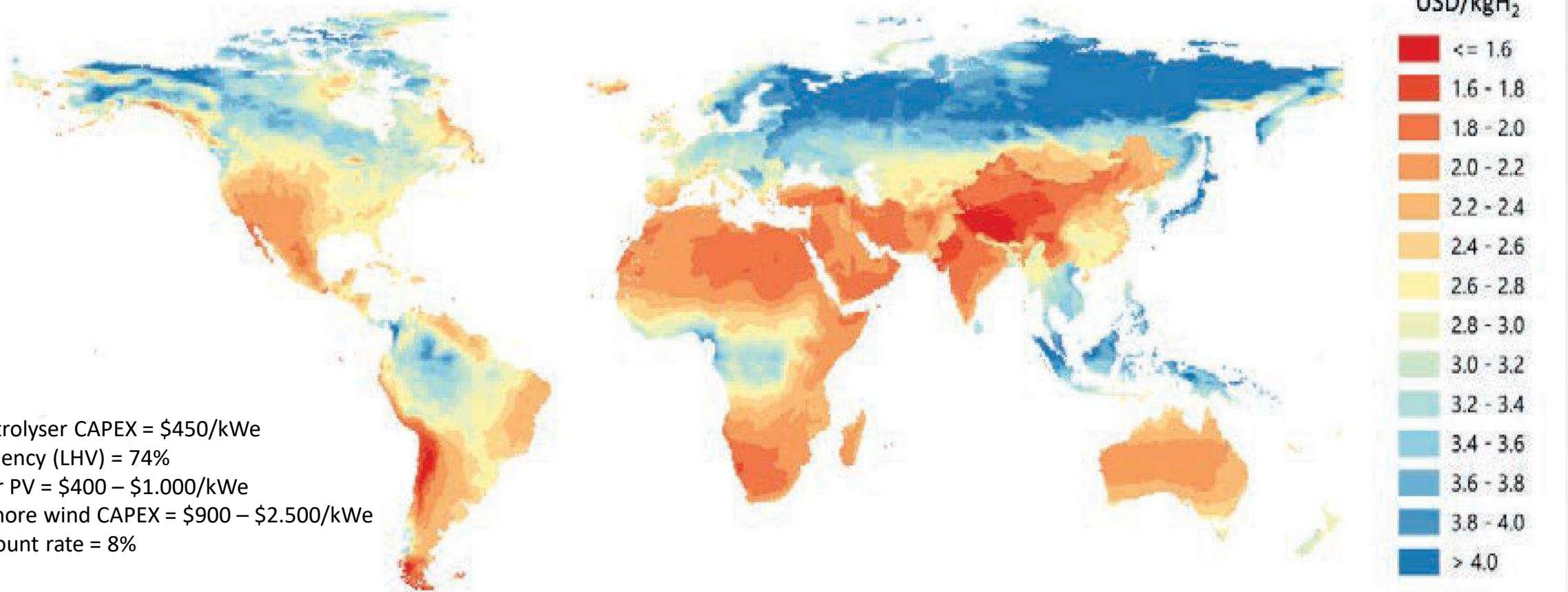
¿Por qué Chile? – Asia Pacific Energy Research Center (APERC)



*“If hydrogen were distributed within the APEC region, economies with abundant fossil fuel and **renewable energy resources**, such as Australia, Canada, **Chile**, Indonesia, Mexico, New Zealand, Russia, and the United States, would be candidates as hydrogen-exporting countries, while other economies would be hydrogen importers.”*



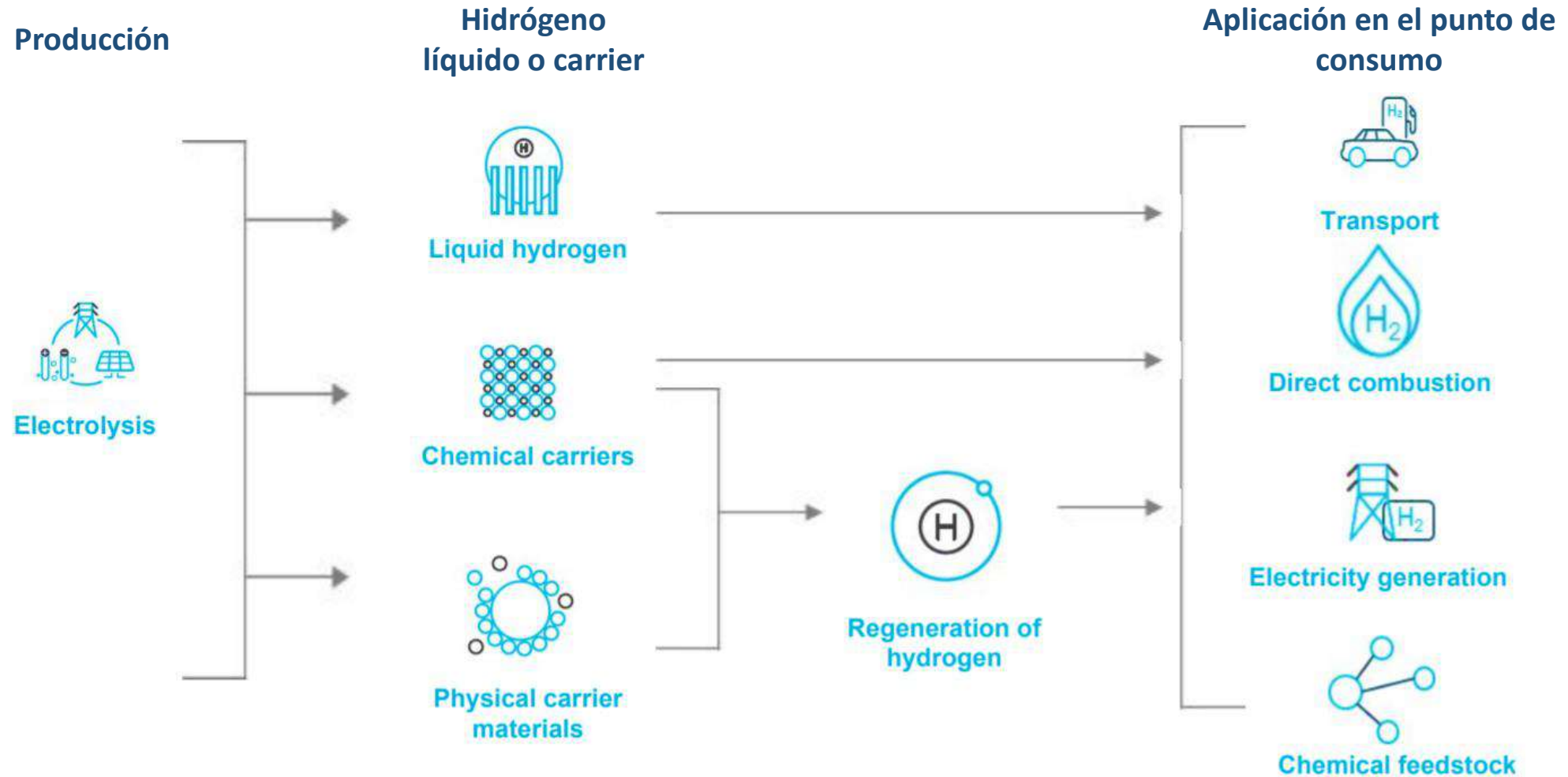
Costo de Producción de Hidrógeno en el Mundo



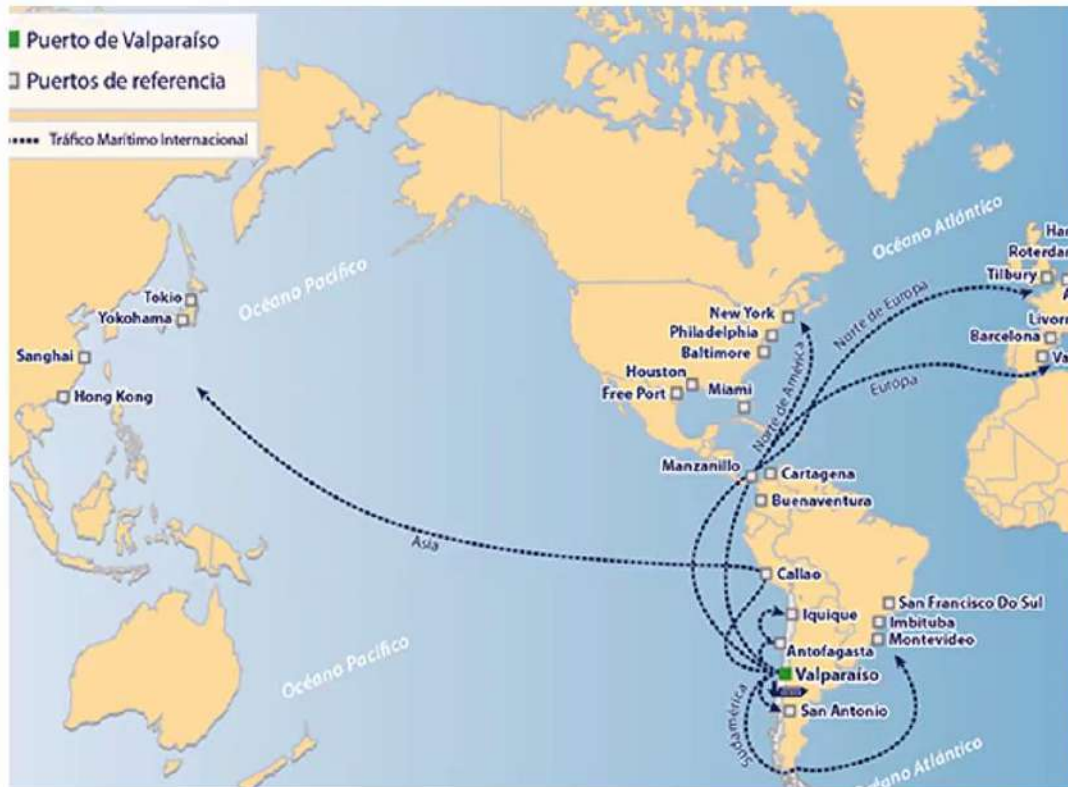
Electrolyser CAPEX = \$450/kWe
Efficiency (LHV) = 74%
Solar PV = \$400 – \$1.000/kWe
Onshore wind CAPEX = \$900 – \$2.500/kWe
Discount rate = 8%

Fuente: The Future of Hydrogen – IEA, junio 2019

Cadena de Valor para Exportación



Mercado Global de H2 al 2023



US\$ 200.000 millones/año¹

Chile puede capturar una gran parte de este mercado, dada las condiciones de energía baja en emisiones a bajo costo

1.- <https://globenewswire.com/news-release/2018/03/27/1453296/0/en/Global-Hydrogen-Market-Will-Reach-USD-183-34-Billion-by-2023-Zion-Market-Research.html>

Tecnologías de Transporte Hidrógeno Líquido

Small liquefied hydrogen carrier

Capacidad de carga: 2.500 m³
(equiv. a la de los buques de GNL que operan en la costa)



Large liquefied hydrogen carrier

Capacidad de carga: 160.000 m³
(Distribución global de hidrógeno)



Fuente: <https://global.kawasaki.com/en/stories/articles/vol18/>

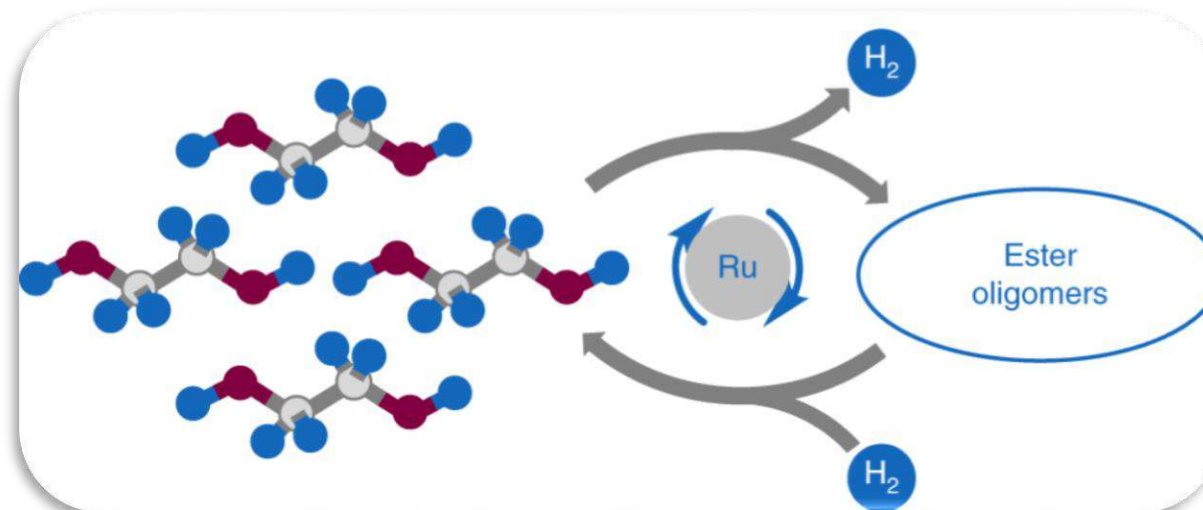
Tecnologías de Transporte Amoníaco & Carriers Orgánicos

Incorporar el H₂ en moléculas más fáciles de transportar:

Amoníaco



Carrier Orgánico



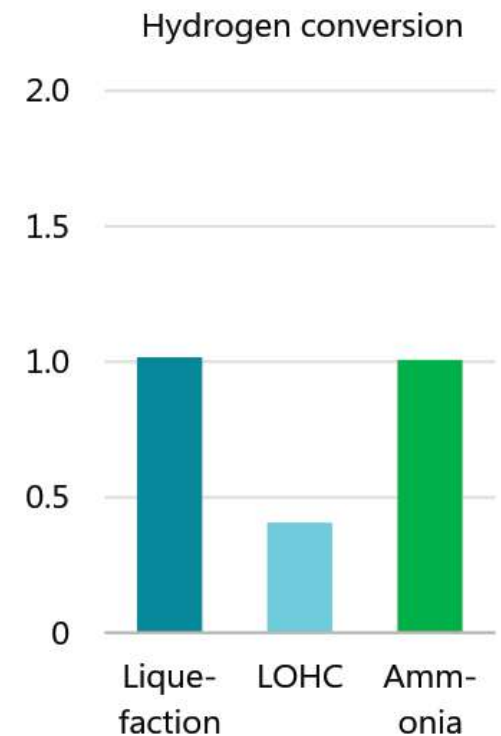
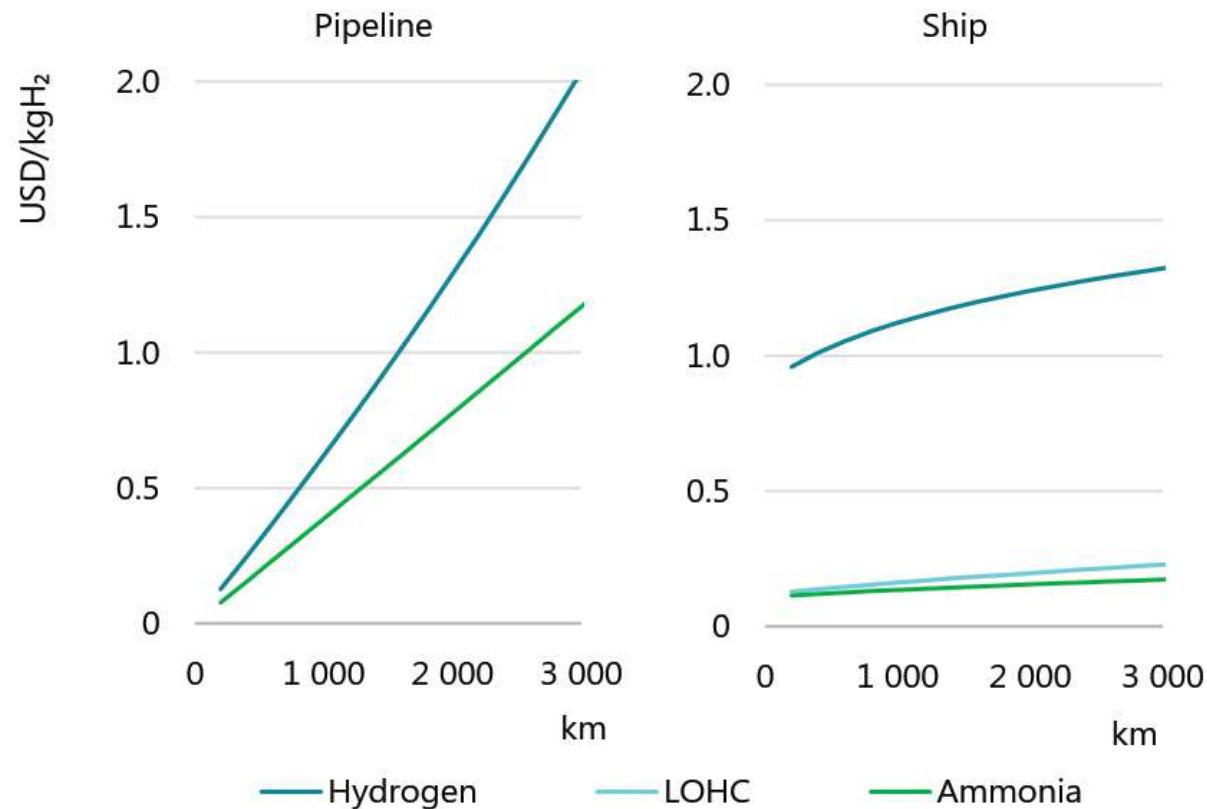
Inconvenientes: El hidrógeno debe ser recuperado en el punto de consumo (+ energía)

Costos de Transporte

Costo de almacenamiento y transporte de hidrógeno por tuberías y barco

La forma óptima de transportar hidrógeno va a **depender** de la **distancia**.

Trade off entre costos adicionales de **conversión** vs ahorros en **transporte**



Fuente: The Future of Hydrogen – IEA, junio 2019

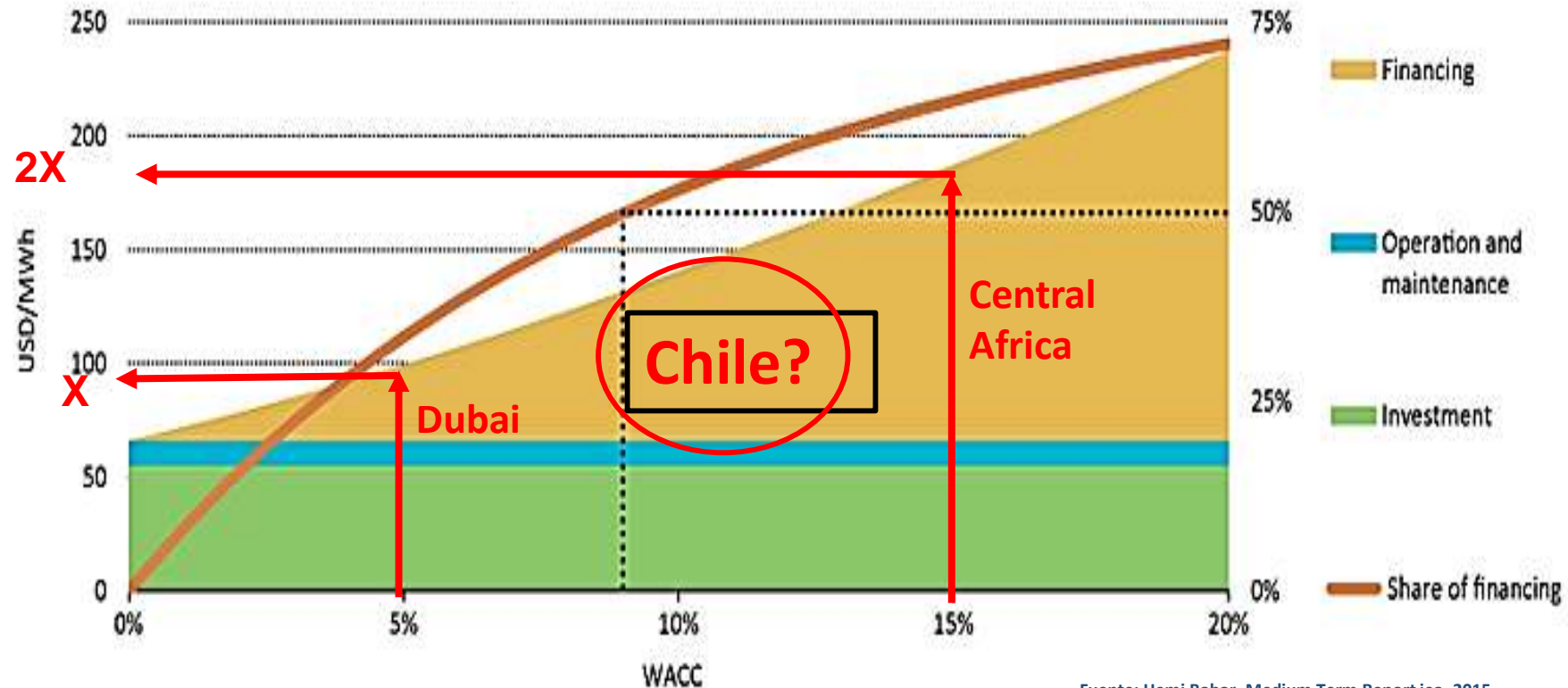
Costos de Financiamiento

Costo de financiamiento de proyectos de largo plazo, p.ej. 20 años

Reducir los costos financieros es clave para el desarrollo de proyectos de largo plazo

Impacto del **costo de capital %** (WACC) en el costo de generación nivelado de energía renovable (USD/MWh) (para recursos y costos de inversión equivalentes)

Los riesgos de mercado y regulatorios pueden aumentar el costo promedio ponderado del capital y minar la competitividad de las energías renovables



Fuente: Hemi Bahar, Medium Term Report iea, 2015

Ventajas comparativas de Chile

1) Los menores costos de generación nivelado de electricidad renovable (USD/MWh)

Excelente *radiación solar* en el norte y buenas *condiciones eólicas* en el sur.

2) ¿País estable, confiable y con reglas claras?

En el contexto latinoamericano, si. Ministerio de Energía y Comité Solar de CORFO están elaborando la **Estrategia Nacional de Hidrógeno**, que ayudará a centrar esfuerzos en el manejo de riesgos de estos proyectos.

3) Mitigación del riesgo:

Acuerdos público-privados para asegurar contratos. La generación de la electricidad renovable está basada en CAPEX (no hay costos de combustibles) y un riesgo país pequeño significa que se pueden conseguir hoy préstamos con **intereses bajos**, lo que es muy significativo para los precios finales del H2 verde, por ser préstamos a largo plazo.



LinkedIn

<https://www.linkedin.com/company/h2chile>



<https://twitter.com/H2Chile2018>



www.h2chile.cl

GRACIAS



EneR
Centro de Estudios de Energías Renovables



Dr.-Ing. Erwin Plett
Technology Director
Erwin.Plett@ene-r.cl