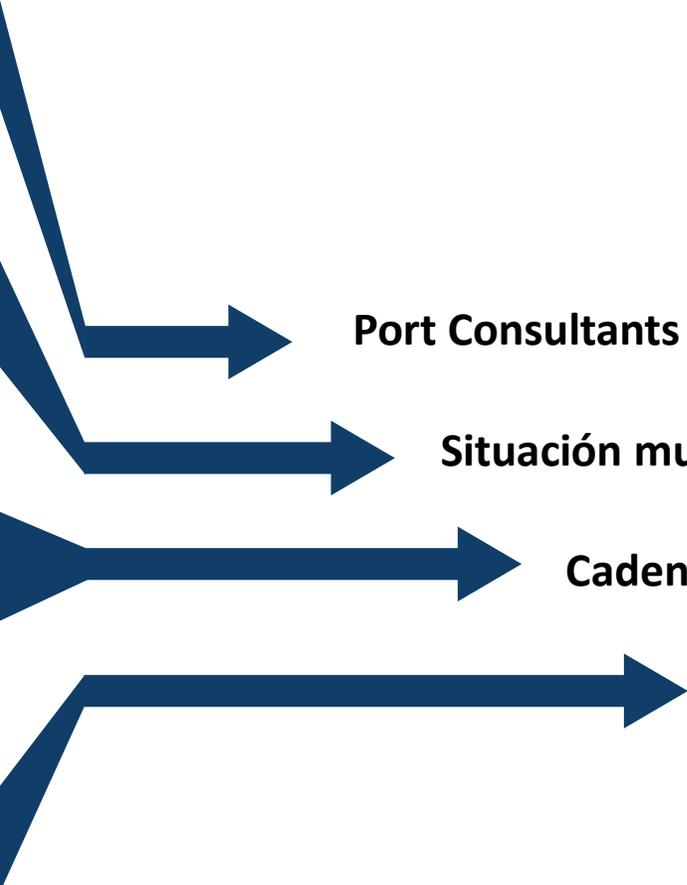


HIDRÓGENO VERDE Y SUS CADENAS LOGÍSTICAS PARA LA EXPORTACIÓN

Mesa de Hidrógeno Verde Rionegrina - 2 de Septiembre de 2021

Agenda



Port Consultants Rotterdam - ¿Quiénes somos?

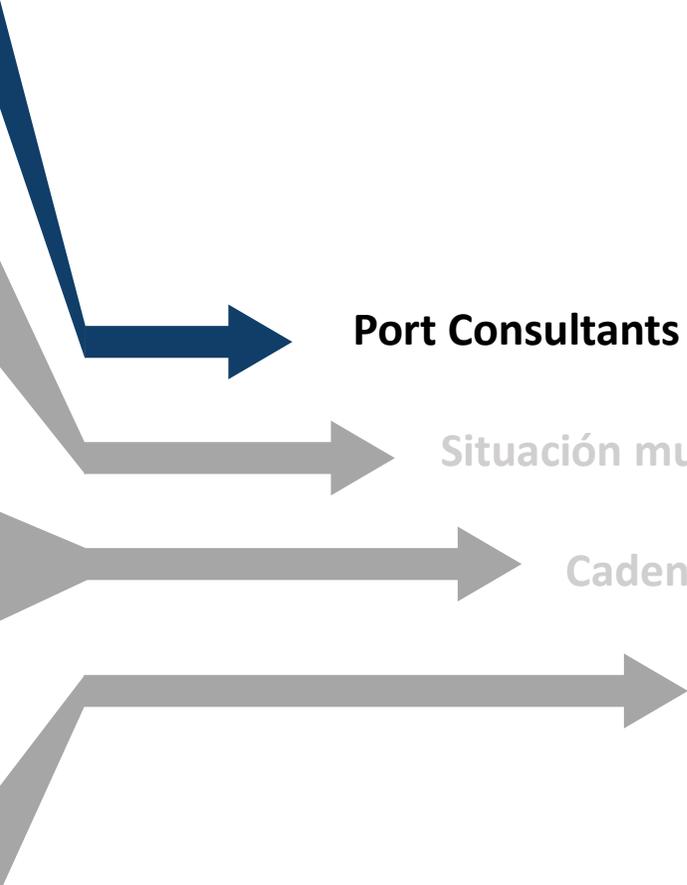
Situación mundial del Hidrógeno Verde

Cadena de producción y distribución del Hidrógeno

Posicionamiento de Río Negro y sus implicancias en términos logísticos



Agenda



Port Consultants Rotterdam - ¿Quiénes somos?

Situación mundial del Hidrógeno Verde

Cadena de producción y distribución del Hidrógeno

Posicionamiento de Río Negro y sus implicancias en términos logísticos



Port Consultants Rotterdam



*“Practical when possible,
scientific when necessary”*

Desde
2013



Consultora independiente con reputación internacional en planificación y desarrollo de los puertos y sus *hinterland*.

Un equipo de expertos portuarios senior llevando cada uno **mas de 25 años de experiencia** en proyectos de desarrollos portuarios.



Presencia muy fuerte en la región, a través de una **filial en Buenos Aires** y un **equipo de expertos argentinos** que aportan experiencia local para los proyectos de la región.

Port Consultants Rotterdam

- Ofrecemos servicios desde la concepción hasta la gestión de un puerto: estrategia, planeamiento, (pre) factibilidad, diseño, implementación, gestión
- Nuestros expertos cuentan con experiencia in-situ en el desarrollo portuario y ocuparon puestos a responsabilidad en empresas líderes del sector.
- Además, PCR cuenta con una red de expertos asociados con experiencia local y/o especialización en distintos aspectos

*Independent, reliable,
transparent, critical,
result driven and
professional*



>70

países donde PCR proveyó sus
servicios



> 400

Proyectos exitosos

Port Consultants Rotterdam

La visión de PCR para el desarrollo continuo y sostenible de un puerto.



Port Consultants Rotterdam

Una experiencia comprobada de servicios de consultoría en aspectos de sostenibilidad en puertos y terminales.

**Estrategias de
descarbonización**

**Transición
energética**

**Logística
del hidrógeno**

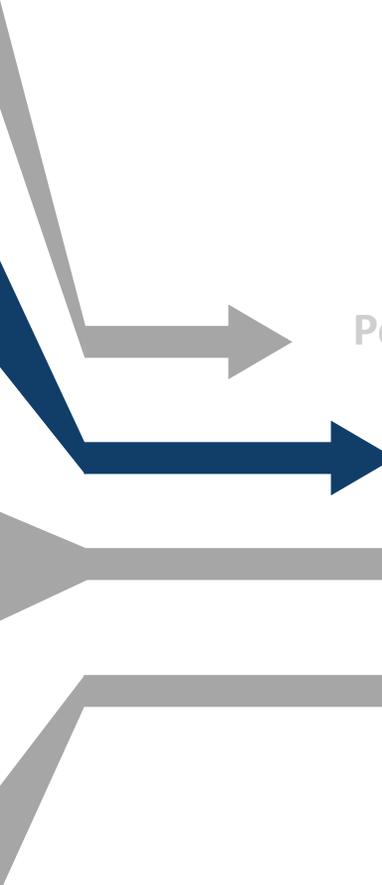
**Planificación
sostenible**

**Financiación de proyectos
verdes**

**Filosofía “Trabajando con la
Naturaleza”**



Agenda



Port Consultants Rotterdam - ¿Quiénes somos?

Situación mundial del Hidrógeno Verde

Cadena de producción y distribución del Hidrógeno

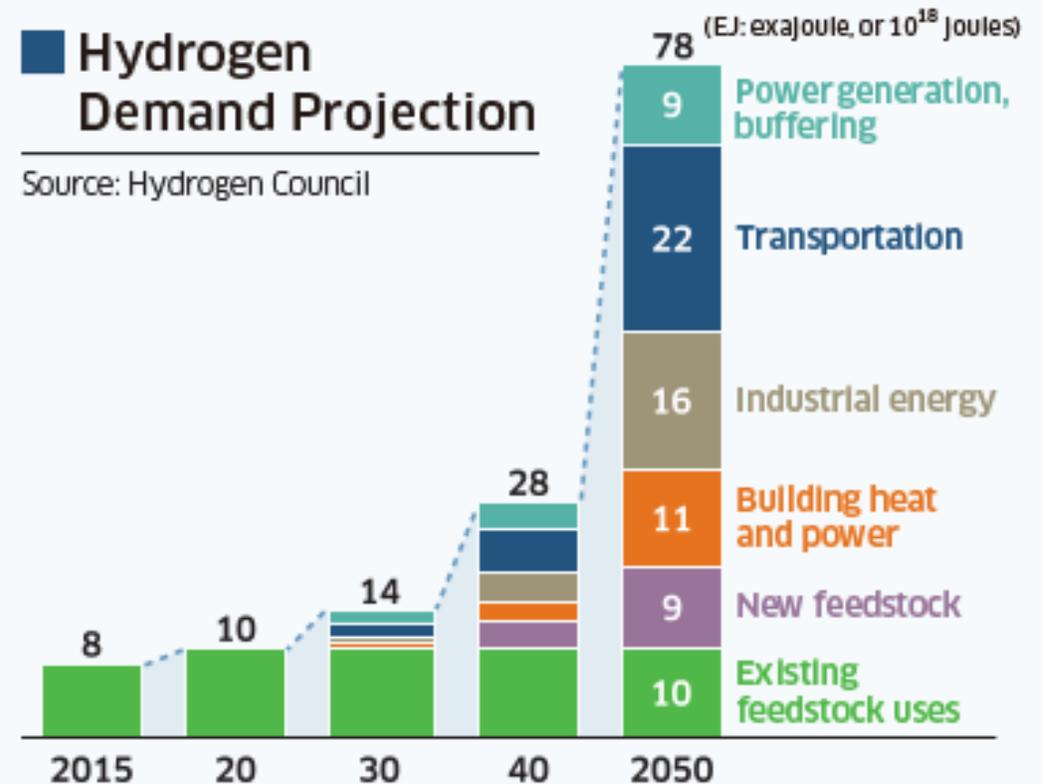
Posicionamiento de Río Negro y sus implicancias en términos logísticos



Demanda mundial de hidrógeno

Escenarios para la demanda mundial de hidrógeno

- Según la AIE (Agencia Internacional de la Energía) la demanda de hidrógeno (H₂) para 2050 será de unos **300 millones de tn**, con alrededor del 50% de la producción de hidrógeno procedente de electricidad renovable.
- Según IRENA (Asociación Internacional de Energías Renovables) la potencia necesaria para la electrólisis para producir hidrógeno en 2050 será de **4-16 TW**. En 2019, solo 1 TW de energía a nivel mundial se produjo a partir de energías renovables.



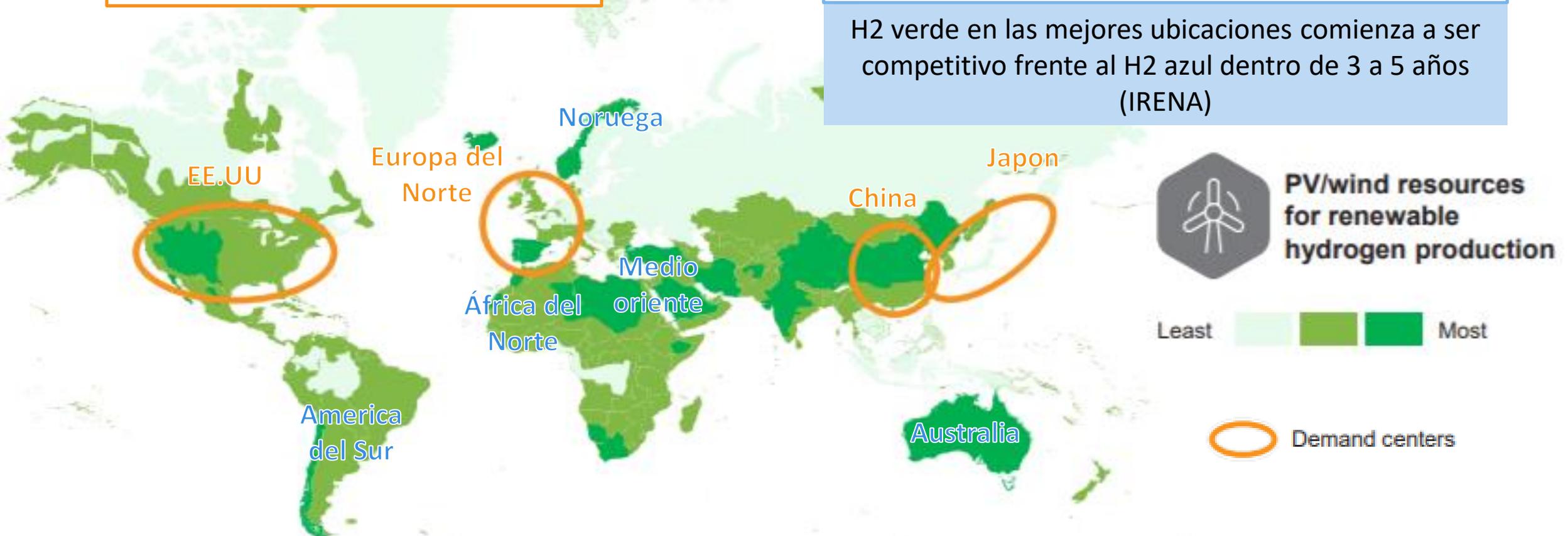
Oferta y demanda mundial de hidrógeno verde

La producción local en áreas de alta demanda no es suficiente



Producción en áreas con menor demanda, pero con excelentes recursos para energía renovable

H2 verde en las mejores ubicaciones comienza a ser competitivo frente al H2 azul dentro de 3 a 5 años (IRENA)



¿El Puerto de Rotterdam, futuro *hub* de importación?

3x

DUTCH ENERGY CONSUMPTION FLOWS
THROUGH THE PORT OF ROTTERDAM

20 Mt

TOTAL HYDROGEN FLOW IN
ROTTERDAM IN 2050

200 GW

WIND POWER NEEDED TO PRODUCE
20MT OF GREEN HYDROGEN

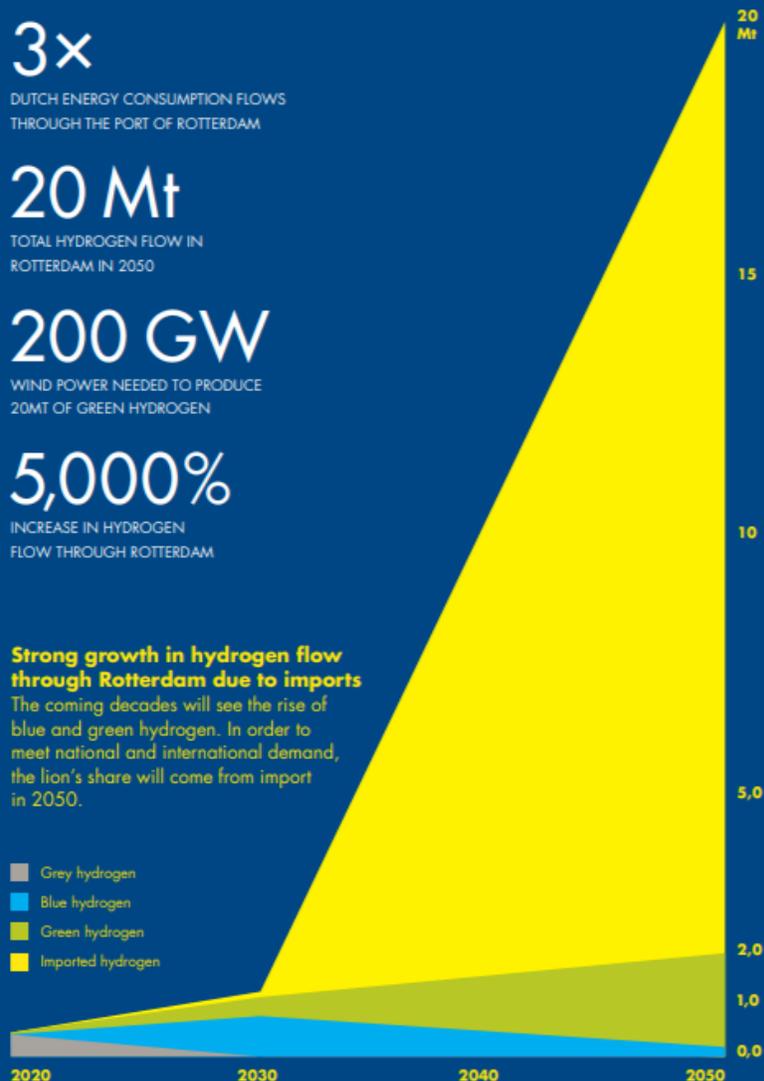
5,000%

INCREASE IN HYDROGEN
FLOW THROUGH ROTTERDAM

Strong growth in hydrogen flow through Rotterdam due to imports

The coming decades will see the rise of blue and green hydrogen. In order to meet national and international demand, the lion's share will come from import in 2050.

Grey hydrogen
Blue hydrogen
Green hydrogen
Imported hydrogen



La Visión: Rotterdam como principal plataforma de importación, producción, conversión, consumo y tránsito del H2 a escala europea

Ejemplos de proyectos relacionados con el hidrógeno y alianzas del puerto de Rotterdam:

- Alianza para la producción e importación de hidrógeno verde (*Transhydrogen Alliance*)
- MoU entre el Puerto de Rotterdam y el Ministerio de Energía de Chile sobre el hidrógeno verde.
- Estudio de factibilidad para la exportación de hidrógeno verde desde el sur de Australia a Rotterdam

Port Consultants Rotterdam está cooperando con **TU Delft** en un estudio de planificación de terminales de hidrógeno y sus aspectos de seguridad vinculados a la logística de hidrógeno.

Agenda

Port Consultants Rotterdam - ¿Quiénes somos?

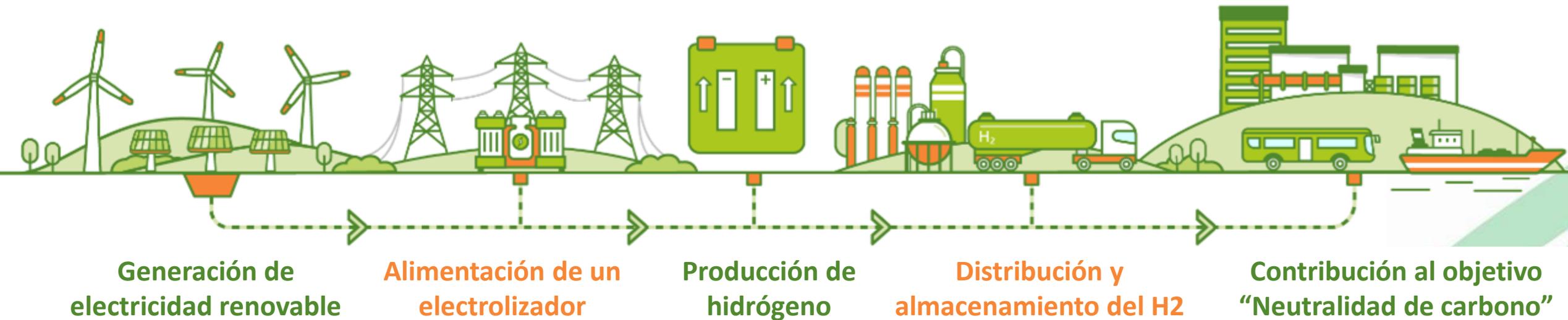
Situación mundial del Hidrógeno Verde

Cadena de producción y distribución del Hidrógeno

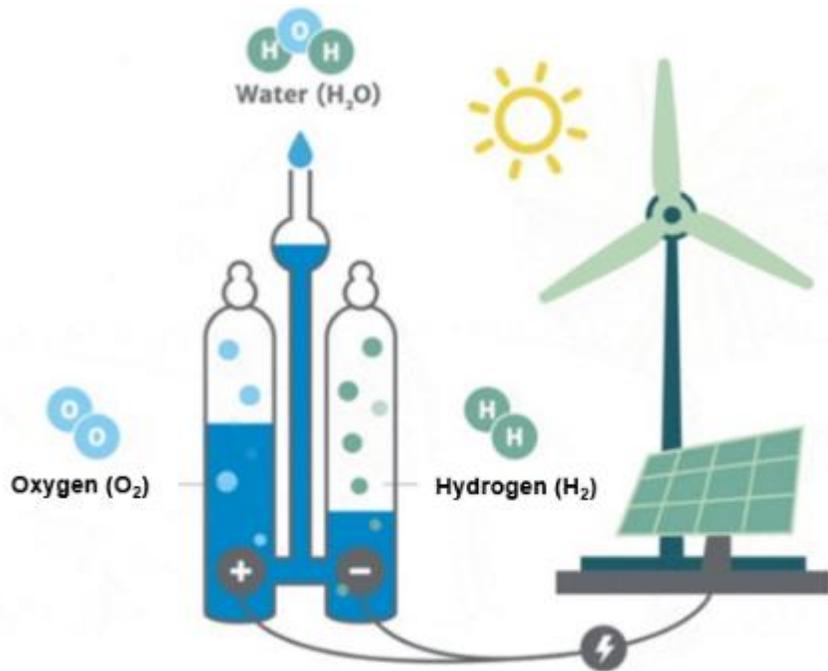
Posicionamiento de Río Negro y sus implicancias en términos logísticos



Producción y distribución del hidrógeno verde



Producción del hidrógeno verde



Insumos:

Electricidad : entre 50 MWh (actual) y 40 MWh (futuro) por tn de H₂
Agua: entre 18.000 y 24.000 litros por tn de H₂

Para producir **100.000 toneladas de H₂** al año:

- ➡ electrolizador de 500 MW
- ➡ alrededor de 1 GW de potencia instalada de electricidad verde (suponiendo un factor de aprovechamiento del 50%).
- ➡ alrededor de 2.000 millones de litros de agua (equivalente al consumo anual de San Antonio Oeste, Prov. de Río Negro)

Parque eólico de Pomona

Potencia instalada: 113 MW

Factor de aprovechamiento: 45%

Producción: 450 GWh/año



Potencial:
10.000 tn
de H2/año

Alternativas de conversión, almacenamiento y transporte del hidrógeno H₂

<i>Property</i>	Hidrogeno líquido (LH₂)	Amoníaco (NH₃)	Liquid Organic Hydrogen Carriers (LOHCs)	Unit
Chemical Formula	H ₂	NH ₃	C ₂₁ H ₃₂	[-]
H₂ %wt	100	17.6	6.23	[%wt]
Boiling Temperature (1 bar)	-253	-33.4	390	[°C]
Liquid Density (1 bar)	70.5	682	921	[kg/m ³]
Hydrogen density (1 bar)	70.5	120	57	[kg H ₂ /m ³]
Energy density	8460	14400	6840	[MJ/m ³]
Safety	Flammable and explosive	Very toxic	Hardly flammable and non-explosive	[-]
Main advantage	No losses due to conversion	Existing commodity	Very easy to store and handle	[-]
Main disadvantage(s)	Expensive to transport and store (-253°C)	Safety issues and ammonia cracking technology	Only 6% of the cargo is hydrogen / Technological progress needed	[-]

Alternativas de distribución

0–1000 km



Camiones con LH2 o CH2



Red urbana y regional de ductos de distribución
Ductos troncales

1000–5000 km



Ductos *onshore* u *offshore*



Transporte marítimo LH2 o CH2
Transporte marítimo LOHCs

>5000 km



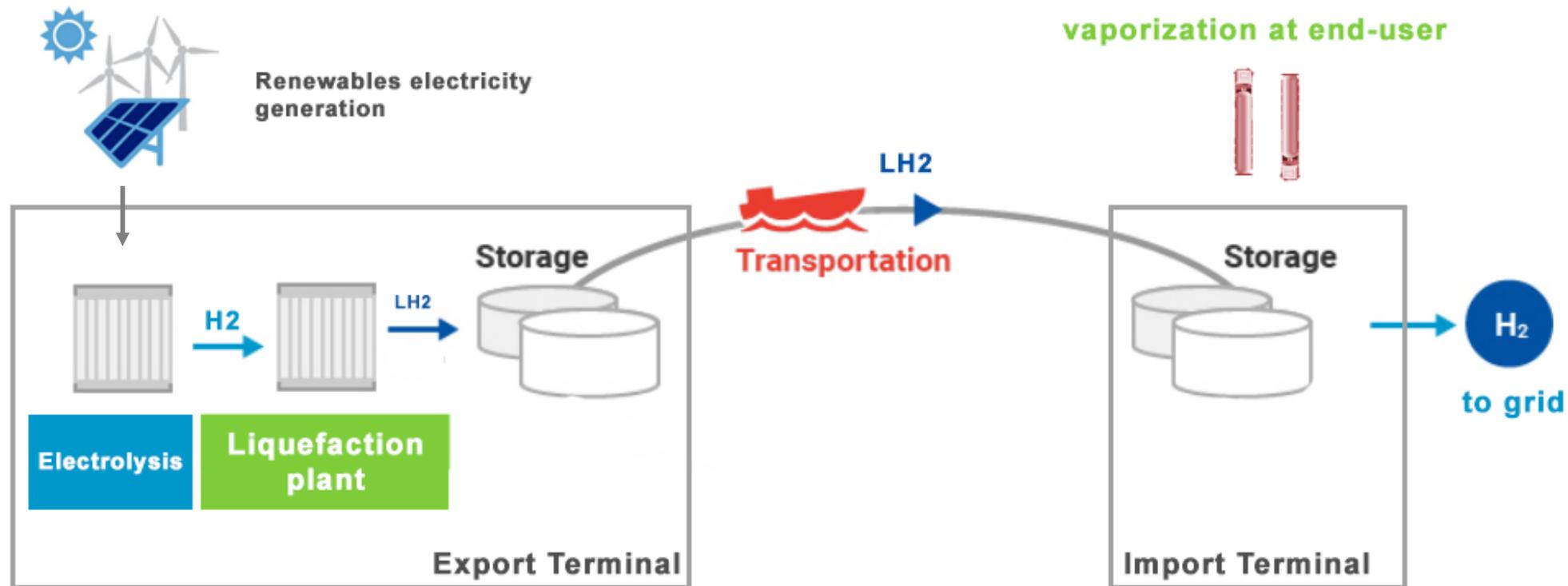
Transporte marítimo LH2
Transporte marítimo LOHCs

Otras consideraciones: → ductos mas económicos que el tren por grandes volúmenes
→ H2 vía ductos más económico que electricidad vía líneas alta tensión
→ la solución más adecuada depende en gran parte del uso final del H2
→ algunas soluciones tienen menor madurez tecnológica

Aún subsisten muchas incertidumbres sobre que solución es más conveniente en cada situación.

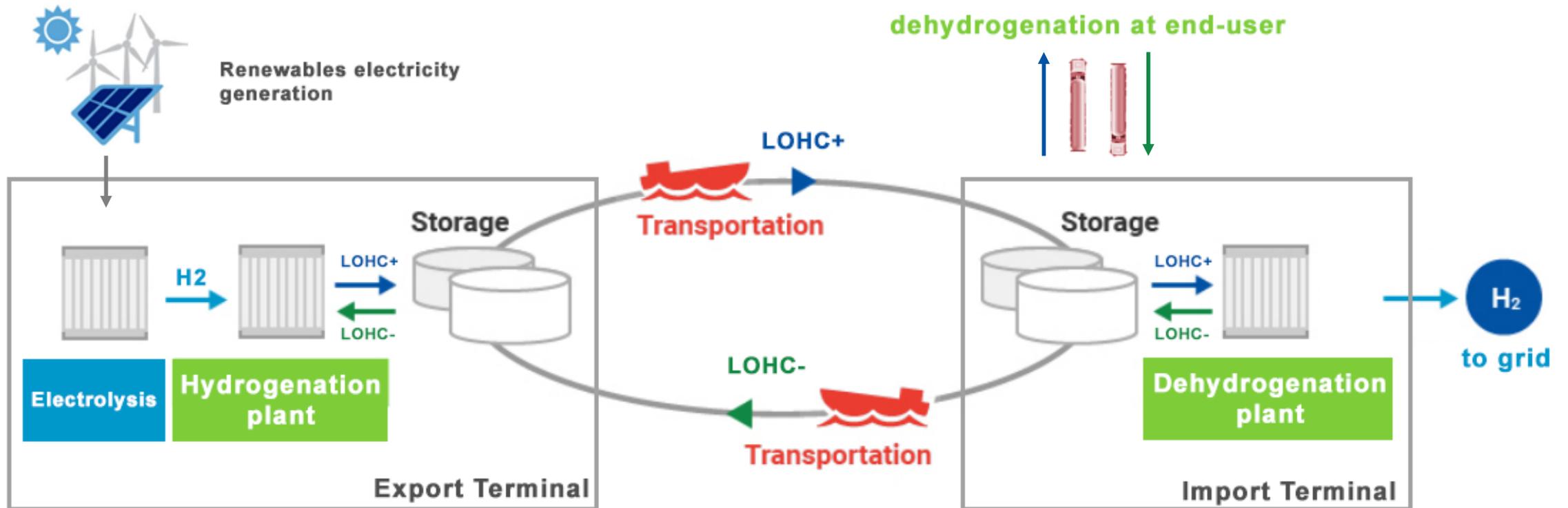
1. Cadenas logísticas intercontinentales, exportación

Hidrógeno líquido (LH2) y amoníaco (NH3): cadenas logísticas existentes



2. Cadenas logísticas intercontinentales, exportación

Liquid Organic Hydrogen Carriers: una cadena de suministro innovadora



Conversión del hidrógeno para su transporte



Hidrógeno líquido LH2

Enfriamiento del H₂ gaseoso a -253°C para convertirse en líquido.



Amoníaco NH₃

Producción en base a H₂ y nitrógeno del aire. Profertil cuenta con una gran planta de amoníaco en el Puerto de Bahía Blanca que actualmente utiliza H₂ gris.



LOHCs

Combinación del material portador y del H₂ para producir el portador hidrogenado. Posibilidad de explotación del calor generado. Sólo plantas a pequeña escala por ahora.

Almacenamiento del hidrógeno



Hidrógeno líquido LH2

Tanques refrigerados esféricos. El tanque más grande hoy por la NASA (3.800 m³). Existen planes para construir un tanque de 11.200 m³. Perspectivas de hasta 50.000 m³.



Amoníaco NH3

Típicamente en tanques cilíndricos de doble pared. Los tanques existentes son de hasta 80.000 m³. Por ejemplo, en Qatar: (D = 50 m y A = 40 m).



LOHCs

Se puede almacenar grandes volúmenes incluso en los tanques de petróleo existentes con modificaciones menores.

Transporte marítimo del hidrógeno



Hidrógeno líquido LH2

Buques tanques de LH2. Opera actualmente el '*Suiso Frontier*', 1.250 m³, entre Australia y Japón (E = 116 m, M = 19 m, C = 4,5 m). Proyecto de buque de 160.000 m³.



Amoníaco NH3

Buques tanques NH3 ya operan en todo el mundo, con capacidad de entre 30.000 y 80.000 m³. En general, sólo tráfico regional: para tráficos intercontinentales, se podrá construir buques de mayor porte.



LOHCs

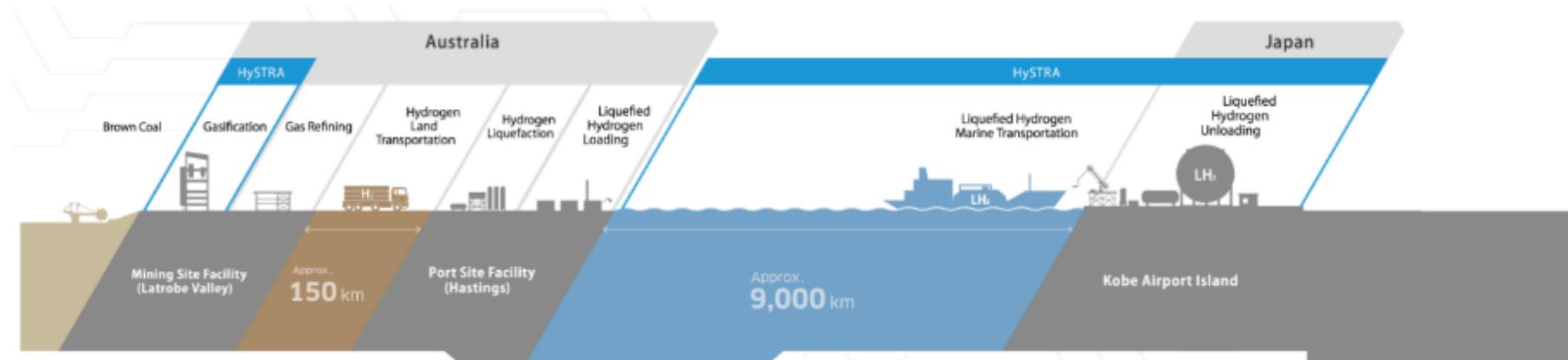
La mayoría de los LOHC son fáciles de transportar utilizando petroleros convencionales. Por ejemplo, el DBT que es similar al diésel, puede ser transportado fácilmente sin mayor limitación en buques existentes.

Puertos y terminales en la logística del H2



- Muy similares a terminales actuales:
 - De GNL para la alternativa LH2
 - De inflamables para las alternativas NH3 o LOHCs
- Posibilidad de reusar/convertir infraestructuras existentes.
- Plantas de conversión de H2 (y eventualmente producción) en zonas portuarias.
- Grandes volúmenes de carga a manejar:
 - Alternativa LH2: muy baja densidad (por ejemplo 6 veces menor al GNL)
 - Alternativas LOHCs/NH3: muy bajo contenido en H2
- Muchas sinergias posibles con complejos industriales
→ resulta favorable crear clusters

El proyecto piloto HySTRA



Potenciales usos en el ecosistema portuario y marítimo, decarbonización



Bunkering



Mantenimiento portuario

Agenda



Port Consultants Rotterdam - ¿Quiénes somos?



Situación mundial del Hidrógeno Verde



Cadena de producción y distribución del Hidrógeno



Posicionamiento de Río Negro y sus implicancias en términos logísticos



Posición competitiva de Argentina y Río Negro

Vientos de considerable magnitud y estables

Una de las mejores ubicaciones del mundo para la producción de electricidad a partir de energía eólica.

Agua limpia y abundante

Gran recurso de agua limpia procedente de los Andes, crucial para la electrólisis

Educación de calidad y ecosistema de I+D

Instituciones de investigación y educación pública-privada de clase mundial en Argentina y Río Negro: Instituto Balseiro, INVAP, CNEA, Y-Tech, CONICET, etc.

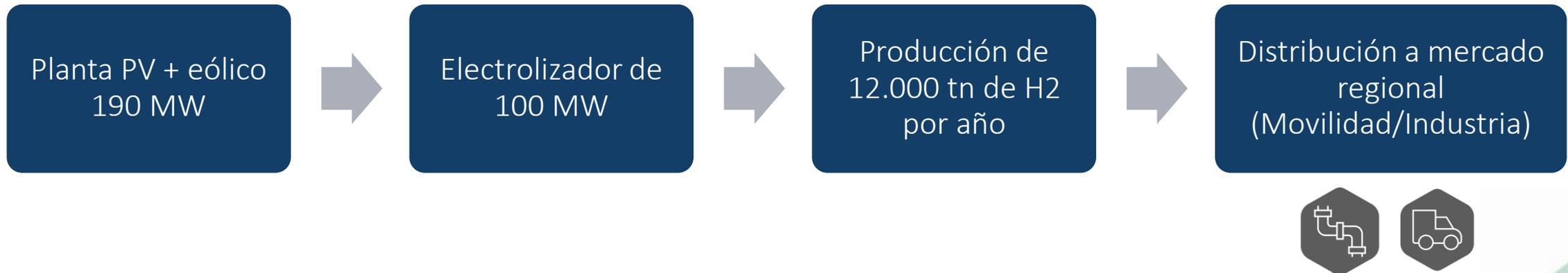


"La provincia de Río Negro tiene **enormes oportunidades** para una producción rentable de hidrógeno verde"

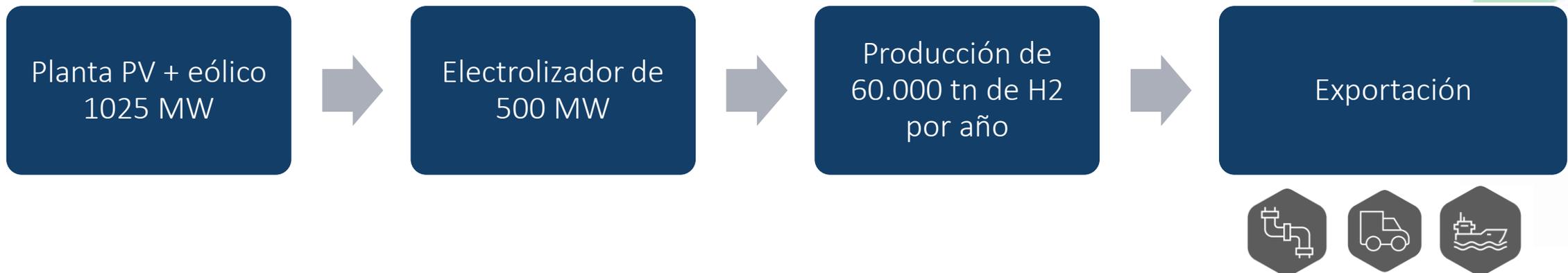
ESTUDIO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO VERDE EN LA PROVINCIA DE RIO NEGRO, Fraunhofer IEE (2021)

Escenario estudiado

1^{era} etapa: Consumo doméstico



2^{da} etapa: Exportación



Opción Terminal LH2, hidrógeno líquido

60.000 tn/año

60.000 tn/año

Planta
 H₂ → LH₂



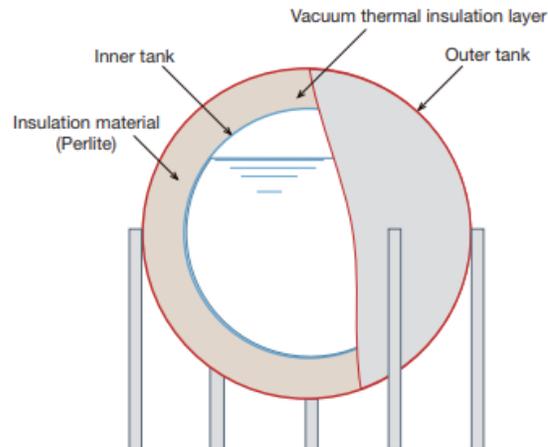
Almacenamiento
 aprox 50.000 m³



1 muelle con
 una escala
 cada 20 días



Rotaciones con
 2 buques
 de 40.000 m³
 (ejemplo Alemania)



Possible reuso de infraestructura GNL



Nueva tecnología de buques

Opción Terminal NH3, amoníaco

60.000 tn/año

Planta
H₂ → NH₃

340.000 tn/año



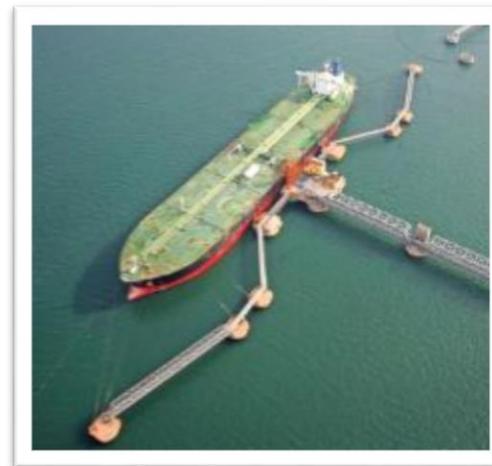
Almacenamiento
aprox 45.000 tn



Muelle con
10 escalas
por año



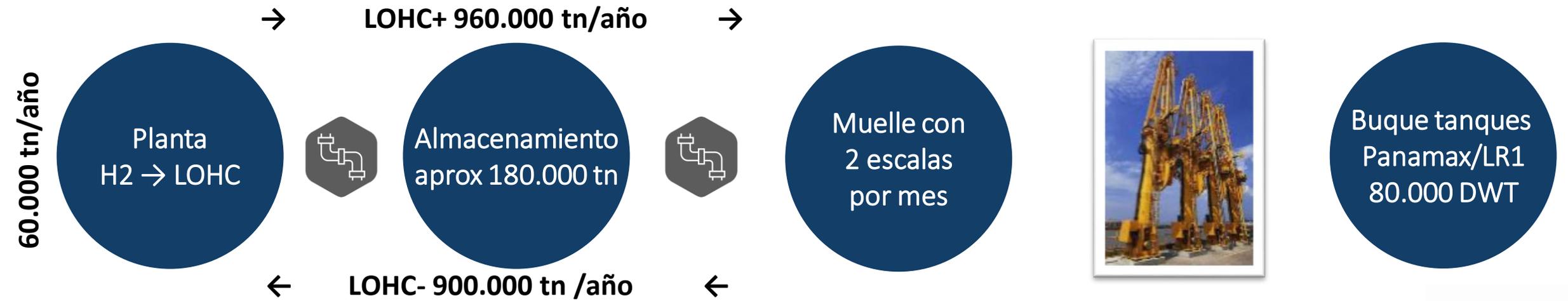
Buques
tanque GLP
de 50.000 m³



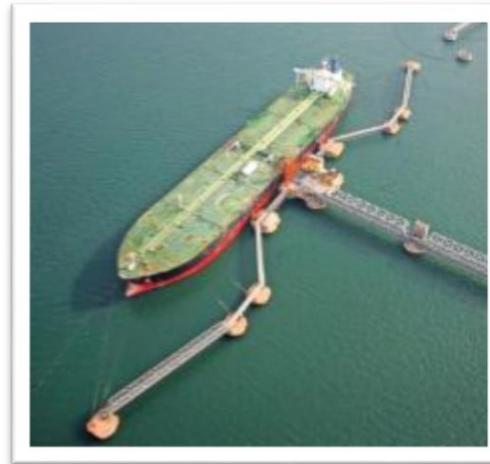
¡Uso de infraestructura existente!

Posibilidad de realizar más envíos de menor volumen a varios destinos

Opción Terminal de LOHC



¡Uso de infraestructura existente!



¡Uso de buques existente!

Conclusiones

- ① Los volúmenes de carga previstos para la exportación, cualquier sea la alternativa elegida, son relativamente bajos comparados con los volúmenes que se manejan habitualmente en infraestructura portuaria.
→ resulta indispensable buscar sinergias y aprovechar infraestructura existente para disminuir riesgos y costos de inversión.
- ② Por los costos elevados de la infraestructura de transporte, es indispensable considerar las dos etapas del proyecto desde el inicio: primero consumo local y luego exportación.
- ③ La elección de las alternativas mas adecuadas para la exportación de H2 depende mucho de la distancia del mercado objetivo, del uso final del hidrogeno, de las posibles sinergias y de la evolución de las tecnologías. Todavía hay muchas incertidumbres (tecnológicas, económicas, regulatorias, etc.) para definir las cadenas logísticas mundiales.

¡Ahora es el momento de estudiar y planificar alternativas en la logística de H2!



Address in The Netherlands:

Office building 'De Machinist', Room no. 4
Willem Buytewechstraat 45
3024 BK Rotterdam
The Netherlands

Address in Argentina:

Edificio "La Algodonera"
Avda. Alvarez Thomas 198, 4i
C1427CCO Buenos Aires
Argentina

Pedja Zivojnovic

zivojnovic@portconsultantsrotterdam.nl

Pablo Arecco

Arecco@portconsultantsrotterdam.nl