



I N I C I A T I V A

# **COOPERACIÓN TÉCNICA PARA PROYECTOS DE PRODUCCIÓN, ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y USO DE HIDRÓGENO VERDE**

 **FONDO BILATERAL**  
 **PARA EL DESARROLLO EN TRANSICIÓN**  
**CHILE - UNIÓN EUROPEA**

# INDICE

Presentación	03
Agradecimientos	04
Palabras del Embajador de la Unión Europea en Chile, León de la Torre Kraus	06
Palabras del Director Ejecutivo (s) de la AGCID, Enrique O’Farrill	07
Palabras del Ministro de Energía, Diego Pardow	08
Palabras del Vicepresidente Ejecutivo de Corfo, José Miguel Benavente	09
Desarrollo del Hidrógeno Verde en Chile	10
Fondo Bilateral para el Desarrollo en Transición Chile-Unión Europea y descripción del proyecto	11
Concurso de cofinanciamiento de estudios de preinversión de proyectos de producción, almacenamiento, transporte y/o uso de hidrógeno verde	12
Proyectos	13
• Génesis	13
• Pauna Greener Future	16
• Producción de hidrógeno verde por electrólisis y carriers energéticos (amoníaco, diésel sintético, otro), usando electricidad proveniente de dos tecnologías solares combinadas: fotovoltaica (PV) y Concentración Solar de Potencia (CSP)”	18
• H2V CVE Chile	21
• Estudio de Prefactibilidad y Preparación de Hoja de Ruta para Proyecto de Hidrógeno Verde en Piscicultura Fiordo Aysén (PFA)	24
• Vientos Magallánicos: Hidrógeno renovable para una industria química sostenible	28
• H2V Cabeza del Mar	31
Misión tecnológica de difusión de estudios de preinversión y capacitación en hidrógeno verde y otros	35
The European Development Days	35
Glosario de términos	36

# PRESENTACIÓN

Este documento tiene el propósito de difundir los resultados derivados de la implementación del proyecto **“Cooperación técnica para proyectos de producción, almacenamiento, transporte y uso de hidrógeno verde”**, el cual fue financiado por el Fondo Bilateral para el Desarrollo en Transición Chile – Unión Europea. Dicha iniciativa fue suscrita entre la Dirección General de Asociaciones Internacionales de la Comisión Europea y la Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AGCID).

Este proyecto de cooperación técnica fue ejecutado por el Ministerio de Energía de Chile y la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO). A través de esta iniciativa se desarrolló el **“Concurso de cofinanciamiento de estudios de pre inversión de proyectos de producción, almacenamiento, transporte y/o uso de hidrógeno verde”**, en la que participaron 7 empresas y cuyos resultados se exponen en este documento.





# AGRADECIMIENTOS

La realización de este proyecto fue posible gracias al trabajo y dedicación de los equipos del **Ministerio de Energía de Chile** y de la **Corporación de Fomento de la Producción (CORFO)**. Asimismo, ha sido fundamental el apoyo de la **Delegación de la Unión Europea en Chile**, con quien AGCID ha trabajado colaborativamente en la ejecución del Fondo y de los proyectos que lo conforman.

Finalmente, agradecemos a las empresas españolas **Calvera, Ariema, Iberdrola y el Centro Nacional del Hidrógeno de España** por su disposición a traspasar su valiosa experiencia y conocimiento vinculado al transporte, almacenamiento, suministro y producción de hidrógeno verde y derivados, lo cual fue fundamental para enriquecer los conocimientos de los profesionales chilenos y los representantes de las empresas beneficiadas por el proyecto durante una misión técnica en Madrid, realizada en mayo de 2022. Asimismo, agradecemos la colaboración entregada por los funcionarios de la Misión de Chile ante la Unión Europea, para garantizar la exitosa participación de los integrantes del proyecto en los European Development Days.



**PALABRAS DE  
AUTORIDADES**





Para la Unión Europea y para Chile los desafíos del cambio climático y de la transición energética son hoy más cruciales que nunca, con más urgencia si cabe ante la crisis energética provocada por la guerra de Rusia contra Ucrania, en Europa y en todo el mundo.

Adaptándonos a los desafíos que implica la cooperación con países “graduados”, que han alcanzado ya un nivel de ingreso que les hace no ser elegibles para la Ayuda Oficial para el Desarrollo AOD, como es el caso de Chile, desde hace años hemos impulsado el concepto de desarrollo en transición, trabajando de forma conjunta con socios en la región como CEPAL, la OCDE y Chile.

Sabemos que el Desarrollo en Transición implica entender el desarrollo como un proceso multidimensional y ofrecemos abordar estos procesos complejos de forma abierta y colaborativa.

Fruto del trabajo conjunto logramos crear el Fondo Bilateral para el Desarrollo en Transición, iniciativa co-financiada por la UE y Chile a través de AGCID, una herramienta innovadora para abordar aspectos de interés común y generar nuevas áreas de colaboración.

Dentro de las acciones de este Fondo, se llevó a cabo este proyecto de “Cooperación técnica para proyectos de producción, almacenamiento, transporte y uso de hidrógeno verde”, gracias al cual un total de siete empresas recibieron cofinanciamiento para realizar estudios de pre-inversión en proyectos de hidrógeno verde en 4 regiones de Chile. De esta manera se evaluaron y apoyaron iniciativas pioneras para la industria del hidrógeno verde en Chile, un sector que tiene un enorme potencial transformador para el país y la región.

Este trabajo se enmarca dentro de la Iniciativa de Equipo Europa (Team Europe Initiative) para el Desarrollo sostenible de la industria del Hidrógeno Renovable en Chile, coordinando los esfuerzos de la UE, sus países miembros, las agencias de cooperación y otros actores públicos y privados.

En la UE estamos convencidos que la cooperación conjunta en este ámbito es clave para abordar el objetivo de la carbono-neutralidad que compartimos con Chile y que nos permitirá seguir avanzando en ese frágil equilibrio que siempre supone el desarrollo sostenible y la necesidad de proteger el medio ambiente.

**León de la Torre Krajs**

Embajador de la Unión Europea en Chile



Chile es un país en camino al desarrollo, al igual que la mayoría de los países de la región de América Latina y el Caribe. Desde hace tiempo, la Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AGCID), ha trabajado por asentar y difundir el concepto de 'desarrollo en transición', a través de un diálogo generado en la región, y que ha sumado apoyo internacional y multilateral, como por ejemplo, desde la CEPAL, la Comisión Europea y sus países miembros y el Centro de Desarrollo de la OCDE.

El desarrollo en transición es un marco analítico que propone restaurar el carácter multidimensional de las necesidades de desarrollo para la implementación de la Agenda 2030 y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Además, este enfoque considera que el proceso de desarrollo no es una línea ascendente, sino un continuo, que busca superar las brechas y trampas estructurales de los países de ingresos medios y altos.

En términos de convertir el desarrollo en transición en desarrollo para la acción, la cooperación chilena ha promovido, desde hace varios años, el establecimiento de "alianzas para el desarrollo" con todos sus socios. En este sentido, destacamos y valoramos la creación y financiamiento del Facility para el Desarrollo en Transición de la Unión Europea, a través del cual hemos diseñado, estructurado y cofinanciado en conjunto, el Fondo Bilateral para el Desarrollo en Transición, que es un instrumento innovador de cooperación entre la Unión Europea (UE) y Chile, enfocado en fortalecer la alianza entre ambas partes y apoyar el proceso de Chile hacia un desarrollo sostenible más allá de los criterios de medición de ingresos.

En el marco de esta alianza birregional, la Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo, en coordinación con el Ministerio de Energía de Chile y la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), han ejecutado el proyecto "Cooperación técnica para proyectos de producción, almacenamiento, transporte y uso de hidrógeno verde", cuyos resultados son presentados en las siguientes páginas.

La materialización de los esfuerzos conjuntos, chilenos y europeos, que involucran a diversos actores, tanto públicos como privados, da como resultado estos siete estudios de preinversión, que buscan impulsar la industria del hidrógeno verde en Chile. Asimismo, ha permitido fortalecer capacidades y capital humano en nuestro país, a través del intercambio de experiencias y conocimientos.

La cooperación chilena seguirá esta misma línea, impulsando y concretando iniciativas innovadoras que aporten a los desafíos que el mundo actual nos impone, con la finalidad de transitar a un desarrollo más equitativo y sostenible para nuestro país y la región en su conjunto.

**Enrique O'Farrill-Julien**

Director Ejecutivo (s)

Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AGCID)



Las condiciones únicas de generación de energía renovable en Chile han puesto a nuestro país en una posición privilegiada para liderar la producción de Hidrógeno Verde (HV2), y con ello, convertirnos en protagonistas de la transición energética mundial la que es necesaria para enfrentar la crisis climática.

Como Gobierno, nos hemos comprometido a acelerar el desarrollo de una industria local en torno a este energético yendo más allá: queremos que Chile sea reconocido no solo por producir HV2, sino también por exportar conocimiento e innovación, vincular acciones de transferencia tecnológica y contribuir a generar valor agregado en las regiones.

Esta industria tiene el potencial de incidir significativamente en avanzar hacia un nuevo modelo de desarrollo para el país. Con eje en la sostenibilidad, en el fortalecimiento del desarrollo de valor agregado pero por sobre todo en la industria nacional, transformando gran parte de la cadena productiva de nuestro país. Por ejemplo, puede aportar a una minería baja en emisiones, un turismo más sustentable, mejor transporte de carga y también ayudar a la creación de soluciones para comunidades que todavía necesiten acceso autónomo y almacenamiento de energía. Además, podría usarse en sistemas de calefacción y en la producción de derivados como amoníaco y metanol.

La respuesta del sector privado a las oportunidades que ofrece Chile no se ha hecho esperar. Existen más de 15 proyectos productivos en carpeta, 6 de los cuales cuentan con fondos de fomento de Corfo por un total de 50 millones de dólares. Estos 6 proyectos suman casi 400 MW de capacidad de electrólisis, con una producción anual cercana a 45 mil toneladas al año.

Durante este año, estableceremos la línea de acción para acelerar la transformación en los consumos locales por medio de diversos programas de fomento a la demanda, delineando la hoja de ruta para materializar la estrategia ya existente.

Junto con ello, buscamos fortalecer la colaboración con otros países, un paso vital para potenciar los ejes en los que queremos que el hidrógeno tenga incidencia y repercuta en el bienestar nacional. Este ha sido el caso del proyecto de Cooperación Técnica financiado por el Fondo Bilateral Chile-Unión Europea, ejecutado por Corfo, AGCID y Ministerio de Energía, y que precisamente apunta al fomento en la producción, almacenamiento, transporte y uso de HV2.

Este tipo de alianzas seguirán siendo fundamentales para seguir compartiendo experiencia adquirida y promoviendo el desarrollo temprano de esta industria. Esperamos así transitar hacia una nueva matriz energética y un modelo de desarrollo sustentable que implique beneficios a las personas, generando mayor valoración de lo local.

**Diego Pardow**  
Ministro de Energía



Desde el gobierno del Presidente Boric, vemos el Hidrógeno Verde (H2v) como un instrumento para alcanzar la misión de descarbonizar Chile al 2050, transformando nuestra matriz energética y abriendo oportunidades para el desarrollo de una nueva industria exportadora. Esto nos impone el desafío de incursionar en actividades más sofisticadas con fabricación local de algunos componentes clave, la provisión de servicios especializados y el desarrollo de innovaciones que faciliten el proceso.

Los avances dependen de múltiples actores del Estado, del compromiso del sector productivo y de la participación de las comunidades y la sociedad civil. La clave es resolver la coordinación del sector público y articular con el mundo privado, que requiere señales sobre la importancia de esta nueva industria, de la disposición de recursos públicos para invertir y del compromiso del Gobierno para solucionar materias prioritarias.

En esa línea, creamos un Comité Corfo encargado de impulsar la industria del H2V en Chile, liderada por el Ministerio de Energía e integrada por otros 10 ministerios desde donde se abordarán desarrollo y ordenamiento territorial, medio ambiente, regulaciones, inversiones y financiamiento, desarrollo de conocimiento y transferencia tecnológica, logística, relaciones internacionales y producción de bienes y servicios asociados. El comité, además, es un espacio de interlocución con inversionistas, comunidades, gobiernos regionales y otros actores claves.

Desde Corfo entendemos que el H2V plantea desafíos y oportunidades en la descarbonización de la demanda local de energía, que implica transformar nuestra capacidad energética para producir H2V y atender así la demanda nacional; en la reconversión de los sectores tradicionales chilenos para utilizar esta energía limpia; y la exportación, donde tenemos ventajas competitivas. Desde Corfo nos interesa generar valor local tanto con la transformación energética de las industrias locales que incorporen H2V como con la producción de electrolizadores.

Este impulso da continuidad a una Estrategia que ha identificado un potencial de producción por electrólisis de 25GW a 2030, lo que implica duplicar la capacidad total instalada actualmente en Chile para la producción de energía eléctrica. Cuánto de esta oportunidad seamos capaces de capturar dependerá no solo de los esfuerzos de inversión y desarrollo tecnológico que estamos impulsando, sino de la capacidad que mostremos para avanzar asegurando la sostenibilidad de esta industria, tanto en materia ambiental como social, especialmente en territorios donde podrían generarse los más importantes polos de producción.

El trabajo desarrollado por Corfo, desde hace varios años, permite decir que Chile tendrá la mayor producción de hidrógeno verde en el mundo en 2025. Pero este es un camino que recién comienza.

**José Miguel Benavente**

Vicepresidente Ejecutivo de Corfo

# DESARROLLO DEL HIDRÓGENO VERDE EN CHILE

Chile avanza decididamente contra el cambio climático, comprometiéndose a ser un país carbono neutral antes del 2050, tal como quedó establecido en la recién promulgada Ley Marco de Cambio Climático. El hidrógeno verde dispone de un rol central en el cumplimiento de dicha meta, con el potencial de representar un 24% de la reducción de emisiones de carbono en el sector energético al 2050, transformando la forma en que se produce y consume energía, permitiendo descarbonizar soluciones y aplicaciones de forma costo-eficiente y factible en comparación a otros vectores energéticos.

El país tiene un potencial de energía renovable, y reconocido internacionalmente, en términos de cantidad y calidad de los recursos, principalmente solar en las regiones del norte del país, como el desierto de Atacama y un gran potencial eólico en la zona sur y la Patagonia. Las estimaciones de la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2019) indican que Chile podría alcanzar un costo de producción de hidrógeno verde menor de 1,5 dólares por kilogramo al 2030.

Desde noviembre del 2020, el país cuenta con una Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde que busca atraer inversiones por 5.000 millones de dólares al 2025 y alcanzar una meta de 25 GW de electrolizadores al 2030. Esto plantea desafíos sobre el territorio, así como también desafíos en el área social y ambiental que el país está decidido a abordar.

De forma complementaria, Chile es un país altamente receptivo a la inversión extranjera y el más competitivo de América Latina, liderando históricamente diversos rankings internacionales de competitividad y facilidad de hacer negocios. Asimismo, Chile ha demostrado poseer un mercado altamente competitivo en el sector de energía, ocupando el segundo lugar entre 107 economías emergentes como país más atractivo para invertir en este sector y 11º a nivel global, cuando se consideran países desarrollados (ClimateScope, 2021).

Múltiples empresas han hecho públicas sus iniciativas de proyectos de hidrógeno verde a lo largo del país y la Asociación Chilena del Hidrógeno, H2Chile, cuenta hoy con más de 130 socios, lo que habla de un animado ecosistema privado en busca de desarrollar proyectos y hacer crecer rápidamente este mercado.

Desde el sector público, destaca que Corfo realizó en 2021, el primer llamado para el financiamiento de proyectos de escala industrial en Chile. Hoy, seis proyectos distribuidos a lo largo del país, con una potencia de electrolizadores agregada de 388 MW e inversiones por más de 1.000 millones de dólares avanzan hacia la meta de iniciar su producción antes de diciembre de 2025.



# FONDO BILATERAL PARA EL DESARROLLO EN TRANSICIÓN CHILE - UNIÓN EUROPEA

## Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El Fondo Bilateral para el Desarrollo en Transición Chile – Unión Europea es una iniciativa conjunta entre la Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AGCID) y la Dirección General de Asociaciones Internacionales de la Comisión Europea- INTPA (ex DEVCO), en coordinación con la Delegación de la Unión Europea en Chile, y desarrollada en el marco de la Facilidad Regional para el Desarrollo en Transición.

Su objetivo general es promover y apoyar el proceso de transición de Chile hacia su desarrollo sostenible e inclusivo, mediante el impulso del sector de las energías renovables, en específico, el hidrógeno verde. Para ello, se crea una instancia de diálogo estratégico que contribuya a generar nuevas modalidades de cooperación entre ambos socios, así como también, permita seleccionar y realizar acciones innovadoras, con un efecto demostrativo, de acuerdo a las prioridades estratégicas de la cooperación entre Chile y la UE; además de sistematizar el proceso de gestión y desarrollo de la nueva agenda para el Desarrollo en Transición, rescatando buenas prácticas y experiencias.

Con el fin de apoyar este esfuerzo del Estado de Chile por desarrollar una nueva industria energética limpia en el país, es que se propone y se financia el proyecto “Cooperación técnica para proyectos de producción, almacenamiento, transporte y uso de hidrógeno verde”, el cual es ejecutado entre el Ministerio de Energía de Chile y la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO).

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO:

- 1.- Apoyar técnicamente proyectos innovadores y de carácter demostrativo que activen un mercado de demanda de hidrógeno verde en Chile.
- 2.- Generar evaluaciones técnico-económicas viables de proyectos de hidrógeno verde en Chile que permitan acelerar el desarrollo de iniciativas demostrativas de uso y/o producción de hidrógeno verde.
- 3.- Generar las condiciones que potencien las asociaciones de empresas a lo largo de la cadena de valor de la producción de hidrógeno verde.
- 4.- Generación de información y conocimientos que permitan reducir las incertidumbres ligadas a esta nueva industria.

CONCURSO DE COFINANCIAMIENTO DE ESTUDIOS DE  
PREINVERSIÓN DE PROYECTOS DE  
**PRODUCCIÓN, ALMACENAMIENTO,  
TRANSPORTE Y/O USO DE  
HIDRÓGENO VERDE**

En el marco de la ejecución del Proyecto “Cooperación Técnica para Proyectos de Producción, Almacenamiento, Transporte y Uso de Hidrógeno Verde”, se lanzó el 11 de mayo de 2021 el **“Concurso de cofinanciamiento de estudios de preinversión de proyectos de producción, almacenamiento, transporte y/o uso de hidrógeno verde”**.

El día 26 de julio de 2021, se procedió a realizar el cierre de postulaciones, en la que se recibieron los antecedentes de 11 empresas postulantes. De estas, 7 fueron seleccionadas a través de la evaluación desarrollada por un comité técnico, el que adjudicó el cofinanciamiento para que, durante 2022 ejecutaran estudios de preinversión de proyectos que contemplaban la producción, almacenamiento, transporte y/o uso de hidrógeno verde a lo largo del país, en específico, en las regiones de Antofagasta (3), Coquimbo (1), Aysén (1) y Magallanes (2).



**EMPRESAS Y PROYECTOS ADJUDICADOS:**

**REGIÓN DE ANTOFAGASTA**

- Antuko Comercialización SPA
- Empresa Eléctrica Pilmaiquén S.A.
- Cerro Dominador CSP S.A.

**REGIÓN DE COQUIMBO**

- CVE Energía Renovable Chile SPA

**REGIÓN DE AYSÉN**

- MOWI Chile S.A.

**REGIÓN DE MAGALLANES**

- RWE Renewables Chile SPA
- Inversiones y Desarrollos Energéticos Free Power SPA

A continuación, se presenta un resumen de cada uno de los proyectos y las principales conclusiones obtenidas por sus ejecutores, a partir de los estudios que realizaron con el apoyo del fondo. Se espera que esta información aporte a la toma de decisión de inversión, y de esta manera, acelerar el desarrollo de la industria de hidrógeno verde, y con ello, favorecer la obtención de las metas de descarbonización en el país.

# PROYECTOS

## 1.- PROYECTO “GÉNESIS”

### **Nombre de la empresa y descripción: Antuko Comercialización SPA**

Antuko Comercialización SPA es un desarrollador de proyectos de hidrógeno verde y BESS. Además la compañía provee soluciones integrales para inversionistas, desarrolladores y financistas de proyectos energéticos. Dentro de sus áreas de negocio, destacan la comercialización de energía, gestión CDEC y Asset Management, M&A Corporate Finance, consultoría cuantitativa, proyecciones de precio de la energía e inteligencia de mercado.

**Consultora que realizó el estudio:** Tractebel Engineering S.A.

### **Descripción del proyecto:**

El proyecto se encuentra ubicado en el Barrio Industrial La Negra, en la Región de Antofagasta y consiste en la producción, almacenamiento y distribución de hidrógeno verde utilizando el proceso de electrólisis. Contempla tres fases de escalabilidad, partiendo con una capacidad instalada de electrólisis de 20 MW, escalando a 40 MW adicionales el tercer año de operación; y otros 40 MW adicionales el cuarto año de operación, hasta llegar a una capacidad instalada de 100 MW (20, 60 y 100 MW).

Su objetivo es apalancar la gran cantidad de energía renovable que ofrece la Región de Antofagasta, para poder ofrecer soluciones para descarbonizar ciertos procesos en industrias “hard-to-abate”, donde la electrificación tiene sus limitaciones. Es decir, busca principalmente suministrar hidrógeno al mercado nacional. Se han sostenido varias conversaciones con potenciales off-takers de distintas industrias, como la minería, cementeras, siderúrgicas, movilidad, entre otros.

Actualmente, el estudio cuenta con una pre-factibilidad y en los próximos meses se espera partir con la factibilidad. Los próximos pasos contemplan cerrar acuerdos con off-takers, desarrollar la DIA, avanzar con la factibilidad e identificar posibles co-desarrolladores y/o compradores.



### **Brechas identificadas:**

Como cualquier proyecto de este tipo se identificaron varios potenciales riesgos, principalmente tecno-económicos y de carácter normativo. En este sentido, será clave poder alinear los objetivos de privados con la Estrategia Nacional.

### **Oportunidades identificadas:**

Chile tendrá un LCOE muy competitivo de aquí a 2030 en comparación con otros países, lo que permite producir un hidrógeno verde competitivo. En los últimos meses, el mercado energético ha vivido mundialmente mucha incertidumbre, debido a varios factores, como, la guerra en Ucrania. Chile tiene la oportunidad de liderar la descarbonización de su matriz y a la vez, ser autosuficiente al 2030. Poder descarbonizar con hidrógeno verde industrias que históricamente han contaminado de manera significativa, podrá permitir posicionar a Chile como un líder en los nuevos mercados “verdes”, como el “cobre verde”. Y la Región de Antofagasta cuenta con un potencial enorme de consumo de hidrógeno verde debido a la gran densidad de industrias que no se pueden electrificar.

### **Aplicaciones:**

Calor industrial  
Feedstock  
Agente reductor  
Movilidad

### **Principales conclusiones del estudio:**

- Costos marginales muy competitivos.
- Potencial de contar con varias aplicaciones en un entorno relativamente reducido.
- Acceso a infraestructura.
- LCOH competitivo.
- Potencial para comercializar O<sub>2</sub>.

<b>DESCRIPCIÓN TÉCNICA</b>	
Potencia electrolizador [MW]	100MW
Producción de hidrógeno [ton/año]	15.000 ton/año
Producción de derivados (hidrógeno, amoníaco, metanol u otros) [ton/año] o [m3/año]	Solo se producirá hidrógeno gaseoso y oxígeno.
Suministro de energía eléctrica [MW solar/MW eólica/red/ppa]	PPA's Renovables
Suministro de agua y consumo requerido [l/año o m3/año]	40 m3/h (el consumo anual dependerá del factor de carga de los equipos). Se estima entre 140.000-332.000 m3/año
Cantidad de Carbono equivalente no emitido [ton CO2/año]	No emitido ~ 120.000 ton/año
Monto de inversión [USD]	160-212 MM/USD
Año esperado de ingreso al SEIA	2022
Año esperado de entrada en operación	Primera fase 2025



**TRACTEBEL**



## 2.- PROYECTO “PAUNA GREENER FUTURE”

**Nombre de la empresa y descripción:** **Empresa Eléctrica Pilmaiquén S.A** es una empresa STATKRAFT, que se dedica a la generación de energía renovable.

**Consultora que realizó el estudio:** **HINICIO.**

### **Descripción del proyecto:**

Ubicado en la Región de Antofagasta, consiste en el diseño, construcción y operación de una planta de amoníaco verde para la exportación a Europa. En la actualidad, se encuentran explorando los mercados objetivos, potenciales offtakers, así como eventuales socios comerciales, junto con reunirse con posibles proveedores de equipos clave del proyecto para afinar el capex y opex. En paralelo, cotizan la ingeniería de SEIA para poder ingresarlo a evaluación ambiental.

El proyecto se encuentra en etapa de ingeniería conceptual logrando una prefactibilidad muy auspiciosa con resultados preliminares tremendamente competitivos a nivel global.

### **Brechas identificadas:**

Una de las brechas identificadas es la falta de offtaker, que repercute directamente en la decisión de inversión. Por ello, la empresa se encuentra explorando alternativas de offtakers fuera y dentro de Chile.

### **Aplicaciones:**

Amonio verde para reemplazo de energéticos

**Mercado objetivo:** Rotterdam.



## Principales conclusiones del estudio:

La tecnología se encuentra suficientemente madura como para desarrollar un proyecto de esta naturaleza, pero existe una brecha de disponibilidad de compradores, de provisión de equipos en tiempos razonables, así como de precios más competitivos de estos mismos, para llegar a LCOA atractivos para competir con otros energéticos. Se trata de un excelente proyecto de categoría global y muy competitivo en precios.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA	
Potencia electrolizador [MW]	447MW
Producción de hidrógeno [ton/año]	29.000 ton/año
Producción de derivados (hidrógeno, amoníaco, metanol u otros) [ton/año] o [m3/año]	162.000 ton/año
Suministro de energía eléctrica [MW solar/MW eólica/red/ppa]	562 MW solar + 10 MW red
Suministro de agua y consumo requerido [l/año o m3/año]	530 m3/h peak
Cantidad de Carbono equivalente no emitido [ton CO2/año]	192.208
Monto de inversión [USD]	560 MM USD
Año esperado de ingreso al SEIA	2023
Año esperado de entrada en operación	Q4 2027



**Statkraft**



### **3.- PROYECTO “PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO VERDE POR ELECTRÓLISIS Y CARRIERS ENERGÉTICOS (AMONIACO, DIÉSEL SINTÉTICO, OTRO), USANDO ELECTRICIDAD PROVENIENTE DE DOS TECNOLOGÍAS SOLARES COMBINADAS: FOTOVOLTAICA (PV) Y CONCENTRACIÓN SOLAR DE POTENCIA (CSP)”**

#### **Nombre de la Empresa y descripción: Grupo Cerro**

Grupo Cerro, Fondos administrados por EIG Global Energy Partners son propietarios del 100% del Grupo Cerro, el cual opera un complejo solar de 100 MW PV y 110 MW CSP en el desierto de Atacama, junto con un portafolio de 110 MW de pequeñas y medianas centrales hidroeléctricas de pasada, ubicadas en las regiones de O'Higgins, Maule, Biobío y La Araucanía.

El Complejo Solar Cerro Dominador produce energía 100% renovable, 24/7 y de bajo costo, gracias a un innovador sistema de almacenamiento térmico de 17,5 horas, que dota a esta tecnología de un alto grado de gestionabilidad y despachabilidad, suministrando electricidad de forma estable y predecible las 24 horas del día, permitiéndole dar respuesta a todos los períodos de demanda de consumo energético.

Adicionalmente, Grupo Cerro tiene una cartera de proyectos futuros basados en tecnología CSP de hasta 690 MW y PV de hasta 600 MW, así como más de 40 MW de centrales hidroeléctricas de pasada.

**Consultora que realizó el estudio:** CEA-Liten

#### **Descripción del proyecto:**

Ubicado en la comuna de María Elena, en la Provincia de Tocopilla, Región de Antofagasta, esta iniciativa planifica construir una planta para suministrar 2600 kg / día de hidrógeno verde (949 tonH<sub>2</sub> / año) a partir de un electrolizador de 6MWe. Posteriormente, se evaluará la producción de carriers energéticos o combustibles sintéticos mediante procesos industriales adicionales.

En la actualidad, el proyecto de inversión de H<sub>2</sub> se encuentra en etapa conceptual de prefactibilidad. Durante 2023, se espera avanzar con los estudios de ingeniería de detalle, para a fines de ese año, seleccionar, a través de una licitación internacional, a los proveedores a cargo de la construcción de la planta de producción de H<sub>2</sub> propuesta, procediendo a firmar los contratos de EPC correspondientes para iniciar obras en el segundo semestre del año 2024 y COD hacia fines del 2025.

#### **Brechas identificadas:**

En 2024, el Capex de tecnología SOEL podría continuar siendo alto, comparado con las tecnologías alcalinas y PEM, en caso de que no se habiliten y desarrollen más pilotos con tecnología SOEL que permitan la maduración de esta tecnología.

## **Oportunidades identificadas:**

La tecnología de electrolizador de alta temperatura (SOEL) es la más promisoría para el futuro. Si se invierte en pilotos que consideren experiencia y mejora de esta tecnología, que aún no está madura, podría permitir la producción de hidrógeno al menor costo posible, considerando su alta eficiencia (90%, superior a las demás tecnologías actuales de producción alcalina y PEM de alrededor de 70%).

Además, en el caso del electrolizador de tecnología SOEL, utiliza directamente una parte del calor de la planta CSP, lo que se traduce en una mayor eficiencia y un coste aún más competitivo en el futuro.

En caso de que no haya demanda para el H<sub>2</sub> en un momento en particular, existe la posibilidad de volver a producir electricidad a partir del H<sub>2</sub> producido por el electrolizador, gracias a una pila de combustible. Esta es la cadena de “power to power”, que en el largo plazo puede ser una alternativa de almacenamiento de energía para complementar la producción de energías renovables variables.

## **Aplicaciones:**

El proyecto contempla la instalación de un electrolizador y de almacenamiento para producción de hidrógeno en terrenos del Complejo Cerro Dominador.

## **Mercado objetivo:**

El hidrógeno tendrá como mercado objetivo interno, el mercado de combustibles limpios, dado su alto potencial para reemplazar uso de combustibles fósiles en industrias de uso intensivo como el transporte y la minería en maquinaria y camiones, así como el uso de LPG y gas natural a nivel comercial. Considerando un camión que pueda recorrer 400 kms utilizando un tanque de 32 kg de H<sub>2</sub>, y que la distancia media recorrida por el camión en un año es de unos 40.000 kms por camión, el electrolizador podría alimentar a unos 300 camiones.

## **Principales conclusiones del estudio:**

El piloto ha de centrarse en la producción de hidrógeno para mezcla con otros combustibles. Considerando que el H<sub>2</sub> es el inicio de cualquier otro portador de H<sub>2</sub>, otros productos derivados podrían producirse más adelante en función de la demanda.

La valorización de excedentes de electricidad considerando potenciales congestiones de transmisión, es un punto importante. Luego, la empresa quiere establecer un piloto en 2025. Por tanto, un electrolizador de aproximadamente 6 MWe alcalino, podría cumplir con estos requisitos. Sin embargo, la tecnología de electrolizador de alta temperatura SOEL es la más promisoría en el futuro próximo.



<b>DESCRIPCIÓN TÉCNICA</b>	
Potencia electrolizador [MW]	6 MWe
Producción de hidrógeno [ton/año]	949 tonH <sub>2</sub> / año
Suministro de energía eléctrica [MW solar/MW eólica/red/ppa]	110 MW CSP Cerro Dominador + 100 MW PV Cerro Dominador
Suministro de agua y consumo requerido [l/año o m <sup>3</sup> /año]	8.540 m <sup>3</sup> /año
Cantidad de Carbono equivalente no emitido [ton CO <sub>2</sub> /año]	5.600 ton CO <sub>2</sub> /año
Monto de inversión [USD]	10,75 MM€
Año esperado de ingreso al SEIA	Segundo semestre del año 2023
Año esperado de entrada en operación	2025



## 4.- PROYECTO “H2V CVE CHILE”.

### **Nombre de la empresa y descripción: CVE Chile**

CVE Chile, CVE es un productor independiente de energía renovable que participa en los mercados de energía solar fotovoltaica, biogás e hidroeléctrica. Su casa matriz está en Francia y realiza operaciones en Chile, Estados Unidos y África. CVE tiene una visión del mercado basado en la producción descentralizada y venta directa de energía; busca satisfacer sosteniblemente las necesidades energéticas y medioambientales de las empresas y las comunidades. CVE se encuentra en Chile desde 2017 con negocio enfocado en la generación fotovoltaica de tipo PMGD con el desarrollo, construcción y operación de plantas fotovoltaicas a lo largo del país.

**Consultora que realizó el estudio:** CEA-Liten

### **Descripción del proyecto:**

La iniciativa considera un proyecto en desarrollo en la Región de Coquimbo y consiste en realizar una evaluación técnico-económica de proyecto de inversión, para la valorización de hidrógeno verde producido vía electrólisis con una planta fotovoltaica de tipo pequeño medio de generación distribuido (PMGD), ubicada en Chile, evaluando distintos modos de producción y usos finales.

Su objetivo es construir una planta de electrólisis del agua alimentada por una planta fotovoltaica existente de PMGD Chile, valorizando así los activos de CVE, ya sea produciendo H2V vía excedentes de generación o usando una planta enteramente dedicada a la producción de H2V. Al implementar el proyecto se busca aumentar la rentabilidad de los activos de CVE, agregando el componente de H2V, ya sea para uso propio o para su comercialización.

El proyecto propone una alternativa de negocio para poder invertir en un piloto demostrativo que pueda replicarse para todas las plantas de CVE Chile y CVE Group que tienen excedentes, están sujetas a recorte o vertimiento, y como nueva forma de operación con plantas 100% dedicadas a la generación de hidrógeno distribuido.

Para el estudio se considera una planta solar fotovoltaica de 10 MWdc y se analizan 8 escenarios de producción de hidrógeno variando las condiciones de generación fotovoltaica con foco en cuatro aplicaciones de hidrógeno: Movilidad/Industria/Power to Power/Amoniaco.

Finalizado el estudio se obtuvieron resultados que permiten plantear nuevas estrategias de negocio para CVE Chile con foco en generación distribuida de hidrógeno verde. Este estudio ha entregado los resultados técnico-económicos para proceder con la etapa de desarrollo del primer proyecto piloto de hidrógeno de CVE Chile. Próximamente, se espera desarrollar el proyecto e iniciar los procesos de permisos asociados.

### **Brechas identificadas:**

Se debe mejorar la eficiencia total del sistema cuando se quiere generar electricidad con celdas de combustible. Se requiere una mejor identificación de la demanda de hidrógeno para las distintas aplicaciones si se quiere escalar su uso de forma rentable.

### **Oportunidades identificadas:**

Al considerar parques PMGD cerca de potenciales consumidores, no se requiere transporte del hidrógeno, disminuyendo su costo final.

### **Aplicaciones:**

Las aplicaciones que considera son para movilidad, industria y generación de electricidad. En movilidad, se plantea generar hidrógeno como suministro para una gasolinera para reemplazar camiones diésel por camiones a hidrógeno. En industria, se analiza el reemplazo de combustible en procesos de calor por hidrógeno desde un 10 a un 100%. Y en generación de electricidad, se estudia el almacenamiento de energía en forma de H2 para producción de electricidad mediante celdas de combustible.

### **Mercado Objetivo:**

El mercado objetivo es el mercado energético nacional, principalmente el de generación distribuida de energía, sea en forma de electricidad o hidrógeno. En una primera instancia, el foco de CVE Chile estará en sus plantas PMGD en desarrollo y proyectos particulares con otras empresas interesadas.

### **Principales conclusiones del estudio:**

En los distintos escenarios, existen configuraciones que permiten un modelo de negocio rentable bajo condiciones y escalas específicas, siendo clave la demanda estimada del hidrógeno para cada aplicación. Se descartan la generación de amoníaco y de electricidad con celdas de combustibles para la escala PMGD.

Este proyecto tiene el potencial de replicarse a todos los PMGD de Chile, donde hay cerca de 1 GW en centrales PMGD solar fotovoltaico, permitiendo al sector energético distribuido no solo ser proveedores de electricidad, sino también de hidrógeno como segundo producto.



DESCRIPCIÓN TÉCNICA	
Potencia electrolizador [MW]	Se estudian distintas capacidades de electrolizadores para los diversos usos de hasta 10MW.
Producción de hidrógeno [ton/año]	Se obtienen diferentes producciones para los distintos escenarios, desde 4,5 a 200 toneladas por año.
Producción de derivados (hidrógeno, amoníaco, metanol u otros) [ton/año] o [m3/año]	El estudio desestima la producción de amoníaco como negocio de CVE Chile.
Suministro de energía eléctrica [MW solar/MW eólica/red/ppa]	Se considera una planta de 10 MW solar bajo distintos escenarios de generación.
Suministro de agua y consumo requerido [l/año o m3/año]	Varía según el escenario de 40 a 400 m3 de agua.
Cantidad de Carbono equivalente no emitido [ton CO2/año]	Estimaciones entre 4.500 y 9.500 toneladas de CO2/año no emitidas.
Monto de inversión [USD]	Cifras con inversión de planta solar de hasta 10 MM USD
Año esperado de ingreso al SEIA	2023
Año esperado de entrada en operación	2026



## 5.- PROYECTO “ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD Y PREPARACIÓN DE HOJA DE RUTA PARA PROYECTO DE HIDRÓGENO VERDE EN PISCICULTURA FIORDO AYSÉN (PFA)”

### **Nombre de la empresa y descripción: MOWI Chile**

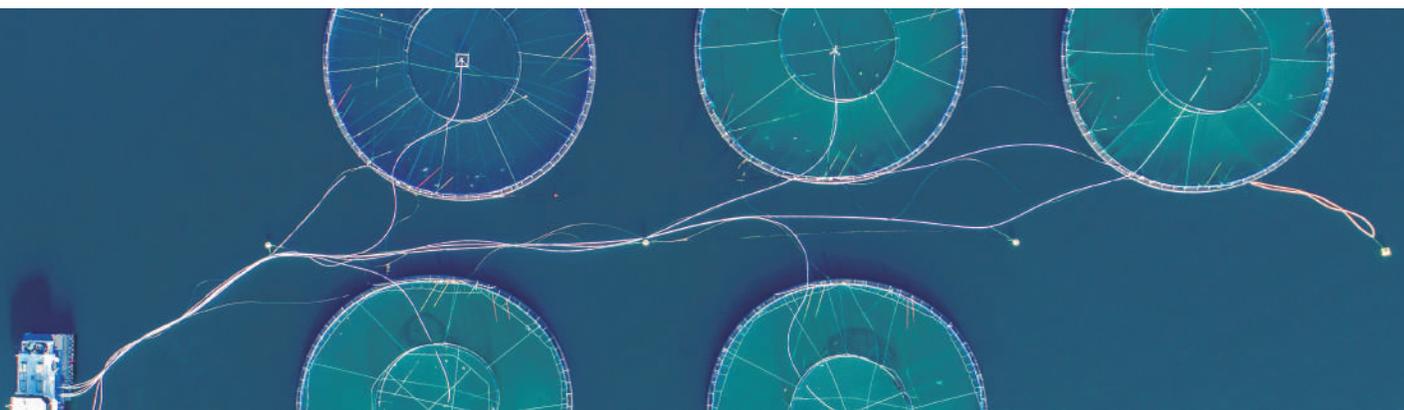
Mowi Chile se dedica a la producción de salmones. Mowi como grupo, es el productor de salmón atlántico más grande del mundo y como empresa global, entre sus principales prioridades está la sustentabilidad, para la cual tiene el compromiso con el principio de las Naciones Unidas (Objetivos de Desarrollo Sostenible). Una de las preocupaciones es el cambio climático, en donde ha puesto mucho énfasis en la reducción de la huella de carbono. Bajo este escenario, explorar la posibilidad de generar H2V que pueda ser utilizado en su producción y así disminuir el uso de combustible fósil es muy interesante.

**Consultora que realizó el estudio:** Núcleo INVENT de la Universidad Austral de Chile.

### **Descripción del proyecto:**

Esta iniciativa, ubicada en la Región de Aysén, consistió en realizar un estudio de prefactibilidad que permitiera a Mowi Chile implementar una Planta Piloto de generación de H2V en PFA, de manera de comenzar con un proceso de descarbonización de las etapas de producción de smolt en agua dulce y de crecimiento en agua de mar, procesos asociados directamente a PFA y los Centros de Cultivo, respectivamente.

La planta piloto considera como fuente de energía renovable para la generación de H2V, una central hidráulica de pasada de 2 MW preexistente en PFA. A través de electrolizadores instalados en PFA, se almacena el H2V que es luego transportado hacia los centros de cultivo en rack de botellas. En los centros de cultivo el H2V es utilizado, a través de un sistema de celda de combustibles, para proveer de electricidad para los servicios, minimizando así el uso de petróleo diésel que actualmente se consume. A partir de la Planta Piloto de H2V, se considera la escalabilidad para poder cubrir otras áreas productivas de Mowi Chile. Se consideró desarrollar una Hoja de Ruta consistente a largo plazo, pero con metas a corto y mediano plazo, que permitan llevar a cabo dicha escalabilidad para lograr cumplir con los KPI de Mowi Chile. La premisa fundamental es transformar a PFA en el centro de operaciones energético de Mowi Chile desde donde se podrá comenzar con el proceso de descarbonización al 2050. La generación y uso del H2V permitirá reducir la huella de carbono del proceso productivo de salmones.



## **La prefactibilidad consideró desarrollar las siguientes actividades:**

- Estimación de potencial de producción de H2V aprovechable a partir de la generación eléctrica de central hidráulica existente en PFA donde se dimensionaron los excedentes de generación hidráulica y la demanda eléctrica, tanto de PFA como de los pontones asociados a los Centros de Cultivo para poder dimensionar la Planta Piloto de H2V. Se llevaron a cabo análisis de otros medios energéticos locales y se desarrolló la formulación del proyecto considerando una estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes para cuantificar el impacto del desarrollo de la Planta Piloto de H2V.
- Análisis de almacenamiento / transporte del H2V desde la PFA a los pontones asociados a los Centros de Cultivo, buscando la optimización de los procesos asociados en la logística del transporte marítimo que actualmente PFA considera. Se realizó una caracterización del transporte marítimo y un análisis de la potencialidad del uso de H2V en los medios de transporte bajo distintas formas de almacenamiento.
- Análisis del uso del H2V como energético en los pontones asociados a los Centros de Cultivo que son diésels dependientes y que actualmente no tienen una opción energética que permita su descarbonización. Se realizó un análisis de integración de celdas de combustible que permitan una generación tal que reduzca el uso actual de grupos electrógenos que consumen petróleo diésel. Se evaluó la opción de poder usar H2V en dichos grupos electrógenos.
- Diseño de modelo económico y evaluación del proyecto de Planta Piloto de generación de H2V usando los excedentes de generación de la central hidráulica existente en PFA. Se llevó a cabo una evaluación considerando la operación actual de PFA en términos energéticos que permiten comparar diferentes opciones de Planta Piloto de H2V.
- Preparación de hoja de ruta para la implementación del proyecto Planta Piloto de H2V.

El proyecto se encuentra en etapa de apalancamiento de subsidios para poder lograr su implementación. Cuenta con una prefactibilidad y Mowi Chile sigue contando con el apoyo del Núcleo INVENT de la UACH quienes están coordinando la postulación a herramientas disponibles de entidades como CORFO, para lograr el desarrollo de al menos la primera parte de la Planta Piloto. La postulación considera la necesidad de marinizar el sistema de almacenamiento y transporte ya que éste trabajará en un ambiente marino. La premisa es poder optimizar y mantener la vida útil de la Planta Piloto.

En paralelo, se está buscando formalizar una asociación con empresas proveedoras de los equipos necesarios para el desarrollo de la Planta Piloto de H2V para poder hacer más robusta las postulaciones a fondos concursables disponibles.

Llevar a cabo este proyecto marcará la Hoja de Ruta al 2050 de Mowi Chile; y en paralelo, desarrollar otras opciones de generación eléctrica renovable que permitan escalar la producción de H2V y poder llegar a más Centros de Cultivo de Mowi Chile.

## **Aplicaciones:**

La generación de H2V será destinada a reemplazar el consumo actual de petróleo diésel de los pontones de los Centros de Cultivo ubicados en la Región de Aysén. El H2V será consumido por celdas de combustible para una generación eléctrica sin emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes. El O2 que se genera produciendo H2V será capturado y usado como insumo de los procesos productivos de smolt en PFA, los resultados del proyecto determinaron el potencial de reemplazo de la actual planta de generación de O2.

## **Brechas identificadas:**

Para el desarrollo posterior de la Planta Piloto es necesario contar con subsidios ya que, los costos de los equipos de generación, almacenamiento y uso aún son altos y de baja disponibilidad en el corto plazo, también es necesario poder resolver la logística de abastecimiento y la disponibilidad de instalación de proyectos de ERNC para obtención de energía eléctrica para poder escalar la Planta Piloto. Sin embargo, desde el punto de vista de impacto medioambiental, la producción y uso de H2V cierra una brecha de poder reducir la generación de gases de efecto invernadero y contaminantes, que para nuestra industria es algo muy difícil de lograr debido a las distancias y zonas en las cuales se encuentran tanto PFA como los Centros de Cultivo.

## **Oportunidades identificadas:**

Al llevar a cabo el análisis de otras fuentes renovables de generación se logró identificar el potencial de poder generar internamente en PFA y poder reemplazar el actual consumo de petróleo diésel de respaldo. Es tal el potencial, que permite escalar rápidamente la Planta Piloto de generación de H2V. Esto representa una gran oportunidad para lograr cumplir con las metas de sustentabilidad al 2050 y seguir contribuyendo a mejorar el impacto medioambiental de nuestros procesos productivos. Por otro lado, poder contribuir a las comunidades aledañas los beneficios del uso de H2V y resolver brechas energéticas de las mismas.

## **Mercado Objetivo:**

Actuales operaciones de las etapas de producción de smolt en agua dulce y de crecimiento en agua de mar de PFA y Centros de Cultivo, respectivamente. Se logrará disminuir la huella de carbono productiva del salmón por lo que el mercado objetivo es el consumidor final.

## Principales conclusiones del estudio:

Se ha logrado desarrollar un análisis de factibilidad de la primera Planta Piloto de H2V asociada a la industria salmonera gracias al trabajo mancomunado de Mowi Chile e INVENT UACH, y con el financiamiento parcial otorgado por el Fondo Bilateral para el Desarrollo en Transición Chile - UE. Este análisis de factibilidad involucró la presentación del H2V como alternativa de suministro energético para las operaciones de Mowi Chile, el estudio de los procesos propios de la salmonicultura y la caracterización de su consumo energético, el dimensionamiento de recursos renovables en la cercanía de PFA, y el diseño de plantas de producción de H2V, generación en base a energías renovables, transporte y consumo de H2V en las operaciones de Mowi Chile, tanto en PFA como en 3 centros de cultivo.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO:	
Potencia electrolizador [MW]	0,43 MW
Producción de hidrógeno [ton/año]	96 kg/día
Producción de derivados (hidrógeno, amoníaco, metanol u otros) [ton/año] o [m3/año]	768 kg/día de O2
Suministro de energía eléctrica [MW solar/MW eólica/red/ppa]	Central hidráulica de 2 MW
Suministro de agua y consumo requerido [l/año o m3/año]	13 L/kg H2
Cantidad de Carbono equivalente no emitido [ton CO2/año]	136 ton CO2/año
Monto de inversión [USD]	CAPEX de USD 1.250.000
Año esperado de ingreso al SEIA	2023
Año esperado de entrada en operación	2024

# MOWI®



**INVENT** UACH  
INNOVATIVE ENERGY TECHNOLOGIES

## **6.- PROYECTO “VIENTOS MAGALLÁNICOS: HIDRÓGENO RENOVABLE PARA UNA INDUSTRIA QUÍMICA SOSTENIBLE”.**

### **Nombre de la empresa y descripción: RWE Renewables Chile**

RWE Renewables Chile; RWE es una empresa de energía de origen alemán, fundada en 1898, con sede en Essen, una de las principales compañías de Europa. Con una vasta experiencia en toda la cadena de la energía, cuenta con aproximadamente 20.000 empleados en sus distintos mercados y filiales. Está presente en toda la cadena de valor de la energía y su negocio operativo se divide en cuatro principales ramas: RWE Renewables, RWE Supply & Trading, RWE Generation y RWE Power.

La rama RWE Renewables es una de las principales compañías de energía renovable del mundo. Cuenta con 3.500 personas y está presente en 20 países, con foco en el desarrollo, construcción y operación de proyectos de energía renovable eólicos onshore, offshore, Solar PV y almacenamiento. Actualmente, tiene una capacidad instalada aproximada de 10GW. Su meta es alcanzar la carbono neutralidad en 2040. En este contexto, a fines de 2021 se anunció una inversión de 50 mil millones de euros para aumentar la capacidad instalada actual de energía renovable a 50GW en 2030, lo que incluye hidrógeno verde.

**Consultora que realizó el estudio:** Hinicio

### **Descripción del proyecto:**

El proyecto está ubicado en la comuna de Río Verde, Región de Magallanes y de la Antártica Chilena; y consiste en integrar de manera sostenible el potencial eólico de dicha región, con una planta de producción de hidrógeno verde y amoníaco renovable para su posterior exportación a mercados europeos. Actualmente, cuenta con estudio de prefactibilidad concluido; y el próximo paso es la elaboración del estudio de factibilidad, que permita aumentar la precisión de la estimación de costos y contar con un diseño de ingeniería más avanzado. En paralelo, se piensa avanzar con estudios de medición de recurso eólico de la zona y también con estudios ambientales y levantamiento y acercamiento comunitario. Todo esto con el fin de poder avanzar en un proyecto robusto desde el punto de vista técnico, social y ambiental.

### **Brechas identificadas:**

Un desafío importante en la Región es el desarrollo de infraestructura que se requiere para transportar y exportar los productos derivados del amoníaco. De hecho, si comparamos Chile con otros países que cuentan con similares ventajas para la producción de H2 verde, ésta es una de las principales brechas en nuestro país. Por otra parte, dado que se trata de una industria nueva, es fundamental trabajar de manera adelantada para capacitar, generar mallas junto a centros de estudios que permitan contar con los técnicos y profesionales que se requerirán. Adicionalmente, es relevante contar con la tecnología y equipos que se requerirán para proyectos de esta magnitud tanto para el parque eólico como para los electrolizadores, baterías, etc. Un tema relevante es,

también, preparar a la ciudad y pueblos y comunidades para la llegada tanto de equipos como de personas.

### **Oportunidades identificadas:**

Para Chile, la producción de H2 Verde es una tremenda oportunidad para generar desarrollo social en la Región, por la inversión que traerá, generación de empleos y la contribución que cada proyecto puede realizar al entorno. Es también una gran oportunidad para descentralizar el país y aprovechar la Región de Magallanes como un polo de desarrollo de profesionales y técnicos.

Desde el punto de vista del proyecto, contribuirá a las metas de carbono neutralidad de nuestro y otros países y de industrias que hoy son muy contaminantes. A la vez, nos permitirá generar nuevas oportunidades de proyectos en otras zonas del país, gracias a las capacidades instaladas que se generen.

En particular, éste generará empleos sostenibles y permitirá posicionar al proyecto a nivel global, aprovechando las oportunidades que presenta Europa y, en particular, Alemania para el desarrollo de H2 verde.

### **Aplicaciones:**

El proyecto contempla la construcción de una planta eólica para alimentar el proceso de electrólisis para producción de hidrógeno verde. Dada la ausencia de una red eléctrica que permita absorber los períodos de baja generación eólica, se incluyó en el diseño un sistema de baterías de manera de tener un producto 100% renovable. Para la producción de amoníaco se considera una planta de síntesis a través del proceso de Haber Bosh, para posteriormente almacenarlo y exportarlo a mercados internacionales.

### **Mercado Objetivo:**

El mercado objetivo será el mercado existente y futuro de amoníaco en Europa, con foco en el mercado alemán y países vecinos. Según la plataforma FCH Observatory, el consumo de hidrógeno gris asociado al sector industrial es de aproximadamente 8.7 millones de toneladas anuales (8-10% del mercado global), de los cuales cerca de un 33%, es de dedicación exclusiva para la producción de amoníaco, equivalentes a 14.6 millones de toneladas de amoníaco al año. El proyecto tendrá como mercado objetivo, la exportación de amoníaco cero emisiones a Europa, a través de los puertos de Hamburgo y Rotterdam, con el objetivo de reutilizar la infraestructura existente para la posterior transformación de amoníaco en fertilizantes.

### **Principales conclusiones del estudio:**

El estudio pudo determinar que la construcción y operación de una planta de producción de hidrógeno verde y derivados a partir de energía eólica en la Región de Magallanes es técnicamente factible. También se pudo determinar que el Capex asociado al

proyecto completo es cercano a los 2 billones de dólares, siendo el parque eólico la componente de mayor relevancia dentro del costo (aprox. 35%), seguido del electrolizador y el almacenamiento de H2. Por último, se concluyó que dada la fragilidad del sistema eléctrico de Magallanes, es necesario incorporar una fuente de respaldo, ya sea generación en base a combustibles o un sistema de baterías. La alternativa escogida por RWE para este proyecto es baterías, ya que la compañía busca contar con un proyecto que sea totalmente renovable.



### DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO:

Potencia electrolizador [MW]	542 MW
Producción de hidrógeno [ton/año]	61.950 ton/año
Producción de derivados (hidrógeno, amoníaco, metanol u otros) [ton/año] o [m3/año]	350.000 ton/año de amoníaco verde
Suministro de energía eléctrica [MW solar/MW eólica/red/ppa]	726 MW capacidad instalada de planta eólica
Suministro de agua y consumo requerido [l/año o m3/año]	687.645 m3/año
Cantidad de Carbono equivalente no emitido [ton CO2/año]	560.000 ton CO2/año aprox.
Monto de inversión [USD]	2.099 MMUSD
Año esperado de ingreso al SEIA	2025
Año esperado de entrada en operación	2030



## 7.- PROYECTO “H2V CABEZA DEL MAR”

### **Nombre de la empresa y descripción: FreePower SpA y GH Energy**

FreePower SpA tiene como misión desarrollar grandes proyectos de energías renovables no convencionales (ERNC), así como también soluciones energéticas a medida, que permitan masificar el uso de energías sustentables, tanto en Chile como en Sudamérica. Enfocado en el desarrollo de proyectos solares, eólicos, hidrógeno verde y transmisión eléctrica, con un equipo de ingenieros eléctricos, ambientales, civiles y mecánicos.

GH Energy tiene como misión contribuir a la descarbonización del planeta, con una tecnología que garantice una mejor calidad de vida para todos en el largo plazo. Además, pretende modificar la matriz eléctrica haciéndola más sustentable. Se conforma de abogados, ingenieros y gestores de tierras.

**Consultora que realizó el estudio:** Wood Ingeniería y Consultoría Chile Ltda.

### **Descripción del proyecto:**

El proyecto se ubica 40 km al norte de la ciudad de Punta Arenas, Región de Magallanes y de la Antártica Chilena y corresponde a una instalación industrial que considera un parque eólico, una planta de electrólisis de agua destinada a producir Hidrógeno Verde para alimentar directamente una planta química de síntesis de amoníaco a través del proceso de Haber-Bosch. El proyecto abarcará un área de 9.000 ha. La energía necesaria para el proceso es generada por el parque eólico. La planta química está diseñada para producir en total 1.600 toneladas de amoníaco por día. El parque eólico dispone de una capacidad de generación de aproximadamente 900-1.000 MW y está compuesto por aerogeneradores con capacidad de 6-7 MW cada uno, interconectados mediante una red de conducción de la energía, la cual alimenta directamente a la planta de producción.

La planta de hidrógeno utiliza electrólisis de agua con celdas alcalinas, que tienen alta eficiencia y pueden ser operadas en un rango entre el 20 y el 100% de su capacidad nominal. La producción de hidrógeno gaseoso alimenta de forma directa la producción de amonio mediante compresores. El agua requerida por el proceso será obtenida a través de una planta desaladora de agua de mar, utilizando membranas de osmosis inversa. La alta calidad de agua requerida por los electrolizadores se logra sometiendo el agua desalada a un proceso de desmineralización utilizando electrodeionización.

La planta de nitrógeno utiliza un proceso de destilación de aire líquido para producir nitrógeno gaseoso y mediante compresores alimenta el reactor de producción de amonio.

La planta de amonio corresponde a la fijación artificial de nitrógeno mediante el proceso Haber Bosch, que es utilizado mayoritariamente a nivel mundial, para la producción de amonio. La capacidad de la planta es de 2,000 ton por día de amonio anhidro, que será condensado y almacenado a presión atmosférica a baja temperatura. El producto será posteriormente despachado mediante barcos, que serán alimentados desde los estanques de almacenamiento a través de una tubería terrestre que conectará con un sistema de boyas de carga.

Los servicios de apoyo al proyecto consideran el suministro de aire comprimido, agua potable, tratamiento de aguas servidas, edificios de mantención y operación, así como los caminos de acceso al campo eólico para su construcción y mantenimiento.

La planta química será implantada en un área de aproximadamente 36 hectáreas.

El proyecto considera una vida útil de 30 años y se encuentra en una fase de factibilidad, dado que ya se evaluó y desarrolló una ingeniería de prefactibilidad para el proyecto resultando positiva.

### **Brechas identificadas:**

Una de las principales brechas identificadas es la operación y confiabilidad de la estabilidad eléctrica interna, es decir, mantener operando la planta de producción, dado que el proyecto operaría en isla (no existe interconexión a un sistema eléctrico) por su ubicación y magnitud. Para ello, se espera poder integrar otras tecnologías que permitan mantener esta confiabilidad y la estabilidad eléctrica. Adicionalmente, se identifican diferentes impactos medioambientales, pero que podrán ser mitigados y compensados a través de una correcta y adecuada línea de base del proyecto completo, según los lineamientos del Servicio de Evaluación Ambiental.

### **Oportunidades identificadas:**

La industria relacionada con el amoniaco (producto final del proyecto) es notable hoy en día y tendrá una mayor alza dado que también se utilizará como medio de transporte del hidrógeno verde. Además, el proyecto se ubica cercano al Estrecho de Magallanes, siendo una ventaja comercial debido a la instalación de un puerto propio o bien, por un contrato de servicios de otro puerto, lo cual facilitaría la exportación de amoniaco hacia otros continentes ya sea Asia o Europa, como también a zonas dentro del país.

### **Aplicaciones:**

- Transporte marítimo (uso como combustible/amoniaco)
- Industria química (amoniaco como fertilizante)
- Generación eléctrica

## **Mercado objetivo:**

El primer mercado al cual se desea apuntar es la venta para uso de combustión y generación eléctrica, transportándose como amoniaco líquido, lo cual reduce los costos de transporte y las pérdidas por dispersión de los tanques de almacenamiento.

Un posible futuro mercado es el uso del amoniaco como combustible para barcos. Esto permitiría reducir de manera significativa la contaminación por combustión de petróleo que tiene la industria de transporte marítimo.

Otro mercado relevante es el de la industria fertilizante. En este caso, el amoniaco anhidro es sumamente utilizado, por lo que se vuelve también un mercado relevante.

## **Principales conclusiones del estudio:**

La producción de amoniaco verde utilizando como fuente de energía los vientos de la zona austral del país es factible. Se considera que la tecnología seleccionada para el proceso; generación de Hidrógeno mediante electrólisis, separación de Nitrógeno y Síntesis de Amoniaco, están evolucionando de forma rápida, con mejores rendimientos, menores consumos eléctricos, menor requerimiento de espacio y mejores catalizadores, que permiten esperar y considerar cambios positivos y sustantivos para los próximos 5 a 10 años, permitiendo disponer de equipos más eficientes, con menores consumos y; por ende, menores costos de inversión y de operación.



<b>DESCRIPCIÓN TÉCNICA</b>	
Potencia electrolizador [MW]	700 MW
Producción de hidrógeno [ton/año]	80.000 [ton/año]
Producción de derivados (hidrógeno, amoníaco, metanol u otros) [ton/año] o [m3/año]	450.000 [ton/año] de amoniaco
Suministro de energía eléctrica [MW solar/MW eólica/red/ppa]	944 MW eólico
Suministro de agua y consumo requerido [l/año o m3/año]	El suministro de agua será a partir de una planta desaladora. El consumo requerido de agua es de 7.000.000 [m3/año], el cual será utilizado tanto para la producción de Hidrógeno Verde (agua desmineralizada) como también para los sistemas de enfriamiento (agua industrial). El mayor requerimiento se ve en los sistemas de enfriamiento que utilizarían un 85% de esta agua y el 15% para la producción de Hidrógeno Verde.
Cantidad de Carbono equivalente no emitido [ton CO2/año]	960.000 [ton eq CO2/año].
Monto de inversión [USD]	3.157.000
Año esperado de ingreso al SEIA	2024
Año esperado de entrada en operación	2030



## **MISIÓN TECNOLÓGICA DE DIFUSIÓN DE ESTUDIOS DE PREINVERSIÓN Y CAPACITACIÓN EN HIDRÓGENO VERDE Y OTROS**

Entre el 17 y el 23 de mayo de 2022 se realizó una Misión Tecnológica a España con el objetivo de que las empresas beneficiadas por el concurso, participaran en actividades donde pudieran difundir los resultados de sus estudios de preinversión y además desarrollaran vínculos comerciales con potenciales inversionistas.

Esta Misión Tecnológica también consideró la participación de funcionarios públicos de Chile para que, sumados a los representantes de las empresas, participaran en el congreso “European Hydrogen Energy Conference (EHEC) 2022”. Como parte de esta actividad, las empresas presentaron sus proyectos de preinversión en un side event llamado “Green Hydrogen Business Opportunities in Chile”. Complementariamente, la misión incluyó la visita a las plantas españolas vinculadas con la producción, transporte e investigación en hidrógeno verde, tales como Calvera, ARIEMA, IBERDROLA y el Centro Nacional de Hidrógeno.

Por medio de esta misión sus participantes pudieron acceder a información actualizada sobre los principales avances mundiales en la industria del hidrógeno verde, los desafíos técnicos relativos al transporte y otros aspectos relevantes asociados al intercambio empresarial, además de conocer en terreno la planta en operación de H2V más grande de Europa.

## **THE EUROPEAN DEVELOPMENT DAYS (EDD)**

El 21 y 22 de junio de 2022, representantes del Ministerio de Energía y de la Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AGCID), con la colaboración de la Embajada de Chile en Bruselas, participaron en los “European Development Days” (Días Europeos del Desarrollo). Esta instancia corresponde al principal foro europeo sobre cooperación internacional y reúne a diversos actores clave para compartir ideas y experiencias que construyan nuevas asociaciones y fomenten el impulso de soluciones innovadoras para afrontar los desafíos más apremiantes para el desarrollo sostenible.

En la actividad, el Director Ejecutivo (s) de AGCID, Enrique O’Farrill-Julien, presentó un análisis sobre la estrategia de desarrollo en transición y la fructífera relación de cooperación que mantiene Chile con la Unión Europea. Posteriormente, el experto en nuevos energéticos del Ministerio de Energía, Camilo Avilés, abordó la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde y presentó los resultados del proyecto financiado por el Fondo Bilateral para el Desarrollo en Transición Chile – Unión Europea.

Además, el proyecto contó con un stand permanente que concentró la atención de los participantes y contribuyó a la difusión de la alianza de cooperación entre Chile y la Unión Europea, así como también, la agenda común enfocada en el desarrollo de energías renovables, especialmente el hidrógeno verde.

# GLOSARIO DE TÉRMINOS

- AGCID - Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo
- Corfo - Corporación de Fomento de la Producción
- CEPAL - Comisión Económica para América Latina y el Caribe
- OCDE - Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
- ODS - Objetivos de Desarrollo Sostenible
- UE - Unión Europea
- IEA - International Energy Agency o Agencia Internacional de Energía
- INTPA - Directorate-General for International Partnerships o Dirección General para Asociaciones Internacionales
- SOEL - Solid oxide electrolyzer cell o tecnología de electrolizador de alta temperatura óxido sólido
- EHEC - European Hydrogen Energy Conference o Conferencia Europea de Energía del Hidrógeno
- EDD - Días Europeos del Desarrollo o European Development Days
- PMGD - pequeño medio de generación distribuido
- PPA - Power Purchase Agreement o acuerdo o contrato de compraventa de energía



# “COOPERACIÓN TÉCNICA PARA PROYECTOS DE PRODUCCIÓN, ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y USO DE HIDRÓGENO VERDE”



## FONDO BILATERAL PARA EL DESARROLLO EN TRANSICIÓN CHILE - UNIÓN EUROPEA

