

Memoria 2015 - 2025

10 años
transformando la energía
para el cambio

Memoria 2015 - 2025

10 años transformando la energía para el cambio

Una publicación de Fraunhofer Chile

| Edición general

Frank Dinter

Fabiola Oropesa

| Edición de estilo

Alejandra Carmona López

| Redacción

Fabiola Oropesa

Alejandra Carmona López

| Colaboración e investigación

Javiera Castro

| Concepción gráfica y editorial

Marcela Vidal Elgueta • www.btta.cc/creativa

| Impresión

Ograma Impresores

| Fecha de publicación

Abril 2025, Chile

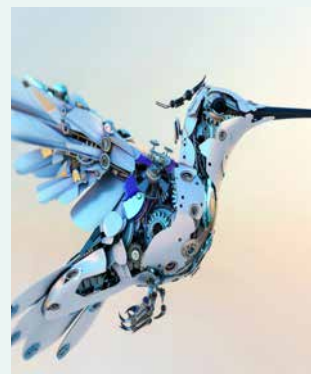
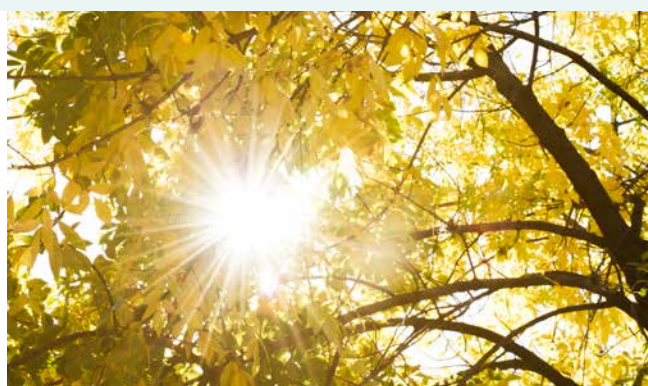
Agradecemos especialmente el permanente apoyo y compromiso de la Embajada de la República Federal de Alemania en Chile.

También, la colaboración de Fraunhofer-Gesellschaft y Fraunhofer ISE, y a todas las autoridades, instituciones, personas y al equipo humano de Fraunhofer Chile por hacer posible la realización de esta publicación.

Índice

~ 1

~ 2



Introducción

10 años transformando la energía para el cambio
P. 9

Chile y Alemania: ideas de hoy, innovaciones del mañana
P. 10

Directorio
P. 11

Fraunhofer en Chile

Quiénes somos
P. 16

Red de Fraunhofer-Gesellschaft
P. 17

Fraunhofer Chile en el ecosistema de innovación nacional
~ Eduardo Bitran
P. 18

Trazando puentes con la industria
~ Cornelia Sonnenberg
P. 19

Tecnologías para la transición energética

CSET: tecnología en movimiento
P. 23

Innovación que impulsa la competitividad
~ Helen Ipinza
P. 24

Fraunhofer Chile y su aporte al desarrollo productivo sostenible
~ Fernando Hentzschel
P. 25

Guiados por el sol: así nació CSET
~ Werner Platzer
P. 27

Impulsando la próxima década de innovación en energía sostenible
~ Hans-Martin Henning
P. 28

Innovación para un futuro sostenible
~ Iván Muñoz
P. 30

~ 3



Alta tecnología y nuevas aplicaciones para la industria fotovoltaica

Más eficientes y sostenibles

P. 33

Preparados para los retos del futuro energético

~ Francisco Moraga

P. 34

Estudios del recurso solar

P. 35

Atamos-Tec

P. 36

Corredor de la Cuenca del Salado: un modelo de ciudad solar

P. 37

Deep learning para la sostenibilidad de la industria fotovoltaica

P. 38

Estudios de reflexión para la seguridad del entorno

P. 40

~ 4



El poder del calor solar

¿Por qué apostamos por el calor solar?

P. 43

Sistemas Solares Térmicos para la descarbonización

~ Francisco Fuentes

P. 44

ANCESTRAL: el algoritmo para Calor Industrial y Calor Distrital

P. 45

MERLIN: un software para la descarbonización

P. 47

Guayacán y Jucosol: CSP en la agroindustria

P. 48

La CSP es parte importante de las soluciones energéticas

~ Frank Dinter

P. 49

Planta solar térmica Parque Laguna Carén

P. 50

RENOVAL: Concentración Solar para el reciclaje de aluminio

P. 52

Conocimiento que impulsa la tecnología CSP

P. 54

~ 5



Energía, agua y agricultura

Soluciones fotovoltaicas para enfrentar el cambio climático

P. 57

Sistemas tecnológicos para la resiliencia de la agricultura

~ Frederik Schönberger

P. 58

Agri PV: energía fotovoltaica al servicio del sector agrícola

P. 59

Explorador Agrosolar para evaluar soluciones fotovoltaicas en las comunas

P. 60

Flotante PV: ahorro de agua y acceso a energía eléctrica en zonas rurales

P. 62

Agri PV en Minas Gerais

P. 64

Urban Farm: nuevas formas de cultivar hortalizas en la ciudad

P. 64

~ 6



Las moléculas de la transición energética

**Abriendo rutas
Power-to-X**

P. 67

**Las moléculas
de la nueva era energética**

~ Marco Vaccarezza

P. 68

**POWER-TO-MEDME: la
Red Fraunhofer en acción**

P. 69

**Estudio para la
reconversión de
centrales termoeléctricas**

P. 71

**Hub de Hidrógeno verde
en Antofagasta**

P. 72

~ 7



Minerales críticos

**Innovación para los
minerales críticos**

P. 75

**Fraunhofer y la UCN:
una alianza estratégica
para el futuro de las
baterías de litio**

P. 76

**OPTIMINER:
sostenibilidad en la
recuperación de minerales
críticos**

P. 79

~ 8



Conectados

**Trabajar con otros está
en nuestro ADN**

P. 85

**Una década formando
capital humano
especializado**

~ Wikus van Niekerk

P. 88

**Trabajando con
la industria**

P. 89

~ 9



Visión de futuro

Visión de futuro

P. 93



Anexos

10 años transformando la energía para el cambio



Prof. Dr. Frank Dinter
Director Ejecutivo de Fraunhofer Chile.

Nuestro Centro de Tecnologías para la Energía Solar, CSET, cumple 10 años de vida, materializando el principio que lo define: transformar el conocimiento científico en soluciones aplicadas para los desafíos concretos que enfrenta la industria y nuestra sociedad.

Durante este tiempo, hemos establecido puentes efectivos con múltiples instituciones: universidades, empresas de diversos sectores industriales, centros de investigación, Gobierno, asociaciones y muchos otros actores. Esto ha sido fundamental para contribuir con soluciones tecnológicas innovadoras y aportar a la descarbonización de la matriz energética.

El trabajo colaborativo nos ha permitido tener una comprensión profunda de la realidad de Chile: de su territorio, sus recursos naturales, sus comunidades, sus necesidades y de los desafíos que enfrentamos para combatir el cambio climático. A partir de ahí, hemos logrado identificar espacios donde la ciencia y la tecnología pueden marcar diferencias sustanciales en áreas estratégicas para el país.

En nuestro origen está la visión de personas e instituciones que reconocieron el potencial de la cooperación entre Chile y Alemania para impulsar tecnologías que fomentaran el desarrollo de las energías sustentables: por

un lado, aportando la experiencia local, y por otro, realizando transferencia tecnológica de vanguardia.

Una década después, podemos afirmar con satisfacción que esta alianza ha enriquecido la conexión entre los ecosistemas científicos e industriales y ha creado valor para ambos países, en un contexto donde la complejidad de los desafíos que enfrentamos exige más innovación y más desarrollo tecnológico.

La memoria que presentamos a continuación es el reflejo del camino que hemos recorrido, de nuestros logros y, también, de cómo nos proyectamos al futuro, creciendo en nuevas áreas que son clave para una economía sostenible, entre ellas, la minería y la economía circular.

Finalmente, quiero agradecer el apoyo del Ministerio de Energía; del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación; de Corfo; ANID; a nuestro primer coejecutor, la Pontificia Universidad Católica de Chile; a nuestro actual coejecutor, la Universidad de Chile; y a todos quienes nos ayudan a cumplir con nuestro propósito de transformar la energía para el cambio.

Chile y Alemania: ideas de hoy, innovaciones del mañana

Johann Feckl

Presidente del Directorio de Fraunhofer Chile
Director y Jefe de Asuntos Internacionales y
Programas de Investigación Interna
Fraunhofer-Gesellschaft.



Vivimos en tiempos de desafíos globales donde la colaboración internacional entre países con valores compartidos no solo es deseable, sino esencial. Fraunhofer Chile ejemplifica este espíritu, demostrando que los esfuerzos conjuntos son clave para abordar los apremiantes desafíos del cambio climático.

Hace diez años, esta visión llevó a la fundación del Centro de Tecnologías de Energía Solar en Fraunhofer Chile Research (FCR-CSET). Desde entonces, se ha expandido al desarrollo de tecnologías de vanguardia para apoyar las necesidades de la industria durante la transición energética.

Fraunhofer-Gesellschaft se dedica a abordar los desafíos de la sociedad, como la transformación del sistema energético a través de la colaboración interdisciplinaria e internacional. Estamos comprometidos con aprovechar nuestra experiencia para crear valor real: transferir la investigación y el avance científico a la industria.

Hoy, reflexionamos con orgullo sobre una década de innovación que continúa impulsando el progreso en el presente y dando forma al futuro a través de la sólida alianza entre Chile y Alemania. Como socios estratégicos, estamos desarrollando proyectos de

investigación aplicada en áreas clave que son vitales para nuestras economías y el bienestar de la sociedad a escala global.

Una iniciativa notable es el proyecto Power-to-MeDME, un esfuerzo conjunto entre siete institutos Fraunhofer, que busca reducir costos y aumentar la eficiencia en los procesos de producción de hidrógeno renovable y combustibles sintéticos, facilitando su producción a gran escala.

Con este enfoque, Fraunhofer Chile aborda una vez más los desafíos de la creciente demanda de energía y la urgente necesidad de reducir las emisiones globales de gases de efecto invernadero.

Este aniversario es una oportunidad para celebrar y expresar nuestra gratitud. Gracias a nuestro personal dedicado y a nuestros invaluable socios locales e internacionales, CSET ha prosperado. Juntos, hemos superado desafíos y logrados éxitos sostenibles. ¡Brindemos por lo menos otros diez años exitosos!

Directorio

Con un enfoque basado en la colaboración, el Directorio de Fraunhofer Chile está integrado por profesionales chilenos y alemanes con amplias trayectorias que guían y apoyan los objetivos estratégicos de Fraunhofer Chile, impulsando su crecimiento y sostenibilidad.



Dr. Johann Feckl
Presidente

Director y Jefe de Asuntos Internacionales y Programas de Investigación Interna de Fraunhofer-Gesellschaft



Cornelia Sonnenberg
Vicepresidenta

Directora Ejecutiva de la Cámara Chileno-Alemana de Comercio e Industria, AHK Chile



Marta Alonso
Directora

Gerenta General para Sudamérica de Global Energy Services



Nicola Borregaard
Directora

Gerenta General de EBP- Chile



Joan Bosch
Director

Responsable de Financiación Institucional e Inversiones en Investigación de Fraunhofer-Gesellschaft



Vinka Hildebrandt
Directora

Líder Regional de Gestión de Riesgos Sudamérica en Glencore



Harald Mann
Director

Encargado de Control Financiero de Fraunhofer-Gesellschaft



Prof. Dr. Hans-Martin Henning
Director

Director del Instituto Fraunhofer para Sistemas de Energía Solar, ISE



Carolina Zelaya Ríos
Directora

Socia Fundadora de ZeBra Energía SpA

Desde 2024, nuestro Directorio está conformado en un **55% por mujeres**. Esto demuestra nuestro compromiso con la diversidad, la inclusión y la equidad.

~1

Fraunhofer
en Chile

Fraunhofer Chile en el tiempo



2010

Fundación de Fraunhofer Chile

Su Centro de Biotecnología de Sistemas es el primer Centro de Excelencia Internacional, financiado por Corfo y Fraunhofer-Gesellschaft.



2014

Se crea el Centro de Tecnologías para la Energía Solar, CSET

Corfo y Fraunhofer-Gesellschaft firman acuerdo.



2017

Pilotos Agri PV en Chile

Implementa tres pilotos en la RM, integrando tecnología fotovoltaica en la agricultura.



2020

Fraunhofer Chile transfiere el centro de biotecnología a la Universidad Andrés Bello

Fraunhofer-Gesellschaft focaliza su acción en Chile en energías renovables.



2018

Cofundador de la Asociación de Concentración Solar de Potencia (ACSP)

Promueve el desarrollo de esta tecnología para la generación de energía limpia con almacenamiento térmico integrado.



2018

Ingresa al Solar Energy Research Center, SERC Chile

Contribuye a la investigación aplicada en CSP y almacenamiento.



2021

Abre el Área de Nuevas Tecnologías

Incorpora nuevas líneas de trabajo como H₂v, electro-movilidad, litio, entre otros.



2023

Cofundador del Centro de Soluciones Energéticas Descentralizadas Avanzadas SEDA

Junto a 22 universidades y organizaciones a lo largo del país.



2023

Se inicia Consorcio Power-to-MeDME

Chile es gestor del proyecto de siete institutos Fraunhofer y otros socios, para producir derivados de H₂v en el norte de Chile.



2024

Adjudicación del primer proyecto en minerales críticos

Fraunhofer Chile es parte del consorcio internacional de OPTIMINER.



2024

Ingresa a la Asociación H2 Chile

Impulsa el desarrollo de hidrógeno como vector energético clave en el país.



2024

Cofundador del Instituto de Tecnologías Limpias (ITL)

Es parte de las 24 instituciones que integran el centro de I+D aplicada en energía limpia y minería verde en el norte, impulsado por Corfo.

¿Quiénes somos?

Fraunhofer Chile es la primera institución que abrió sus puertas en el marco del Programa de Atracción de Centros de Excelencia Internacional, impulsado en 2010 por la Corporación de Fomento de la Producción, Corfo.

Su primer centro fue el de Biotecnología de Sistemas (CSB) y la década que se celebra hoy es la que inauguró su **Centro de Tecnologías para la Energía Solar (CSET)**, en 2015.

CSET fue cofinanciado por Corfo y el Ministerio de Energía durante seis años y desde 2021 recibe el apoyo de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo, ANID; además del financiamiento de Fraunhofer-Gesellschaft, otros fondos públicos y proyectos desarrollados con la industria.

Su primer coejecutor fue la Pontificia Universidad Católica de Chile. Actualmente, es la Universidad de Chile junto al Instituto Fraunhofer para Sistemas de Energía Solar, ISE, con quien colabora potenciando sinergias, realizando transferencia tecnológica desde Alemania y desarrollando soluciones que permitan responder a los desafíos globales del cambio climático.

Fraunhofer Chile ha ido evolucionando hasta llegar a ser hoy un centro de innovación aplicada que desarrolla soluciones tecnológicas para la transición energética.

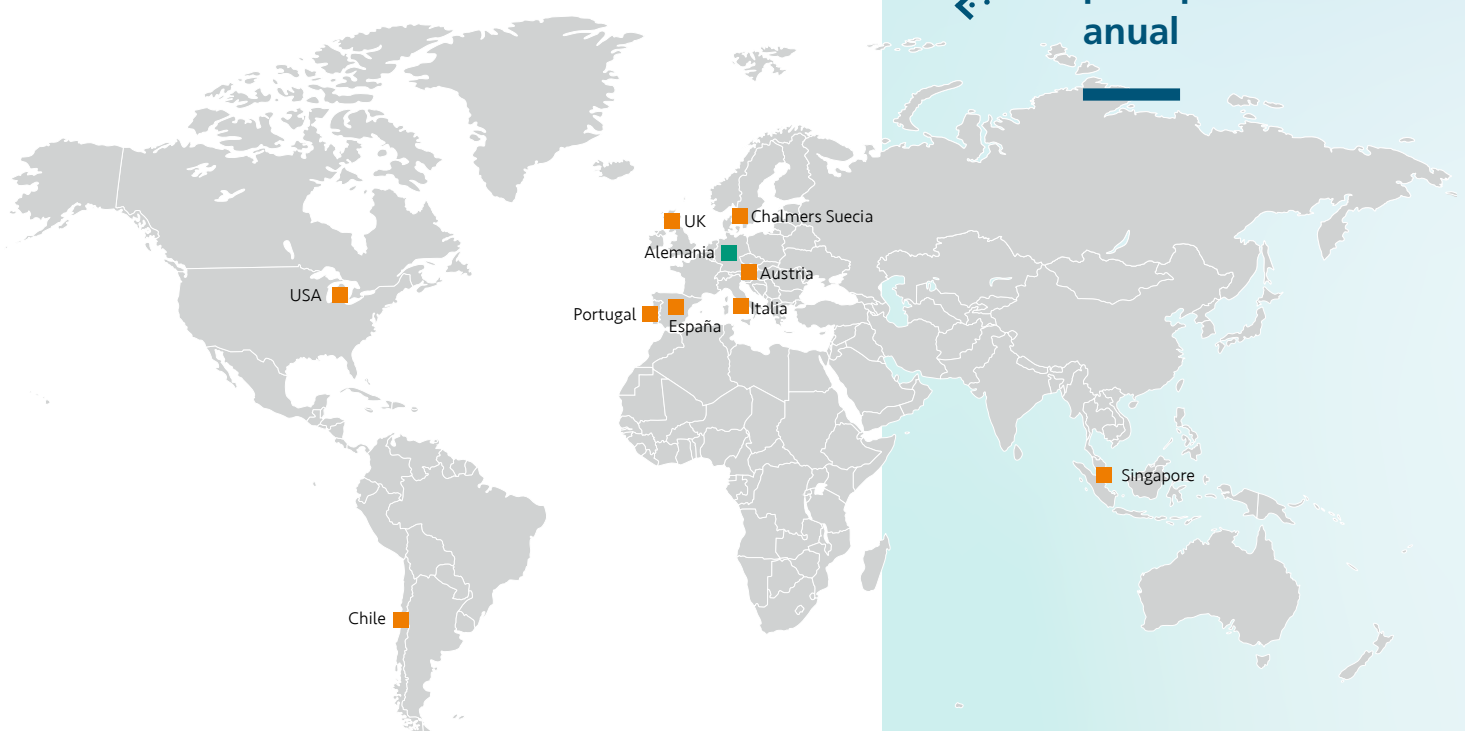


Red Fraunhofer-Gesellschaft



Fraunhofer Chile es parte de la red Fraunhofer-Gesellschaft. Su investigación aplicada abre puertas a nuevas tecnologías y productos que tienen un impacto positivo en la sociedad. Su foco está en la investigación de tecnologías futuras clave, transfiriendo sus hallazgos a la industria.

Centros Fraunhofer en el mundo



76 institutos
en Alemania

32 mil ingenieros
investigadores

9 centros
internacionales
independientes

2 patentes al día

\$3.400 millones
de euros de
presupuesto
anual



Fraunhofer Chile en el ecosistema de innovación nacional

Eduardo Bitran

Académico de la Universidad Adolfo Ibáñez.
Exvicepresidente Ejecutivo de Corfo.

Fraunhofer Chile cumple 10 años contribuyendo a la transición energética de Chile, desarrollando soluciones tecnológicas para la adopción de fuentes de energía limpia, conectando las demandas y necesidades de la industria chilena con las capacidades de investigación científica de Chile y Alemania.

De particular importancia es su participación en consorcios tecnológicos con universidades chilenas en el ámbito de la energía solar y sus aplicaciones.

Es cofundador del Instituto de Tecnologías Limpias (ITL), consorcio impulsado por Corfo, creado como parte de un acuerdo entre la entidad estatal y la empresa SQM, que busca impulsar en Chile la creación de una nueva industria de energía limpia y minería verde, convirtiéndose en la mayor inversión de I+D aplicada del país en su historia. Este centro convoca 24 socios, entre ellos, Fraunhofer Chile y 11 universidades.

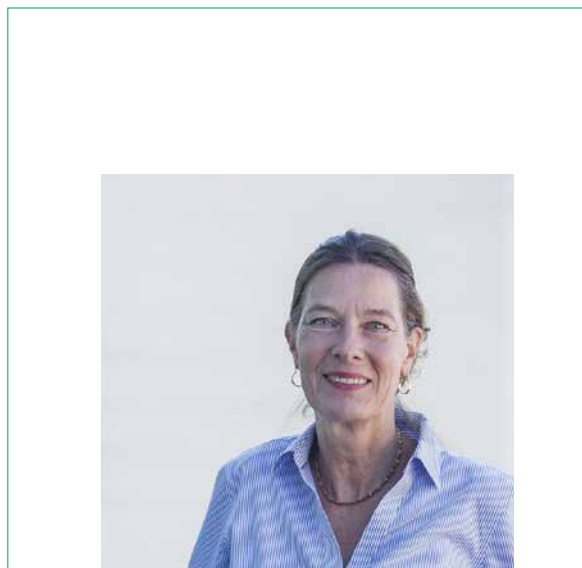
Participa en el Centro de Investigación para Soluciones Energéticas Descentralizadas Avanzadas (SEDA), ámbito en que Chile tiene un potencial importante desaprovechado. Forma

parte de la Solar Energy Research Center, SERC Chile, especializado en investigación científica sobre energía solar, con especial énfasis en desarrollar el potencial del desierto de Atacama (80 investigadores de las universidades de Antofagasta, Técnica Federico Santa María, de Chile, Adolfo Ibáñez, Pontificia Universidad Católica, y de Concepción).

La vinculación de la investigación científica con las necesidades de la industria sigue siendo un desafío prioritario del Sistema Nacional de Innovación chileno, con el fin de impactar positivamente el crecimiento de la productividad, sofisticar y diversificar nuestra economía, en particular incorporando atributos de sustentabilidad.

En este ámbito, Fraunhofer Chile puede seguir realizando un importante aporte de gestión tecnológica que permita aumentar el impacto de la investigación científica en el desarrollo sostenible del país.

Trazando puentes con la industria



Cornelia Sonnenberg

Directora Ejecutiva de la
Cámara Chileno-Alemana de
Comercio e Industria, AHK Chile.

Desde su fundación, Fraunhofer Chile ha tenido como misión conectar la investigación aplicada con la industria, con la convicción de que la ciencia es clave para responder a las demandas reales del sector productivo.

El punto de partida fue una coincidencia: un colega de la Embajada de Alemania me pidió apoyo para recibir a una comitiva de Fraunhofer-Gesellschaft, prestigioso centro de investigación alemán. “Quieren conocer empresas, no universidades”, me comentó.

Por aquel entonces, como Cámara de Comercio, habíamos comenzado a trabajar en innovación y en las reuniones que organizamos pudimos visualizar cómo la investigación científica podía vincularse directamente con aplicaciones industriales, revelando una oportunidad crucial para abordar la brecha existente en Chile entre la investigación básica de las universidades y las empresas, que operaban en mundos muy apartados.

La idea de crear Fraunhofer Chile surgió en el momento justo, coincidiendo con el interés del Estado chileno de promover desarrollos de este tipo mediante la convocatoria a los

Centros de Excelencia Internacionales. Así nació primero el Centro de Biotecnología (CSB); y más adelante, ante los desafíos urgentes de la crisis climática, se evidenció la necesidad de implementar el Centro de Tecnologías para la Energía Solar (CSET), que hoy se ha diversificado para responder a los retos globales, mediante la colaboración científico-industrial.

Desde entonces, Fraunhofer Chile –que es el único centro de la red Fraunhofer en Latinoamérica– ha promovido la integración de tecnologías avanzadas en sectores estratégicos como la minería y la energía, entre otros, y a lo largo de su trayectoria, se ha consolidado como un actor clave en la generación de soluciones que contribuyen de manera significativa a la transición energética y que impactan positivamente al país.

**Fraunhofer Chile ha
promovido la integración
de tecnologías avanzadas.**

10 innovaciones con impacto

Muchas de las investigaciones y desarrollos de Fraunhofer-Gesellschaft han sido determinantes en las industrias modernas, desde la música y el entretenimiento hasta la energía renovable y la biomedicina.

MP3

Creación del formato MP3, que revolucionó el almacenamiento, distribución y reproducción de música al comprimir audio sin pérdida perceptible de calidad.



Video Compression

Contribución en el desarrollo del formato H.264/MPEG-4 AVC, ampliamente utilizado para transmitir y almacenar videos de alta calidad.



Luz LED blanca

Para una iluminación eficiente y duradera.



Láseres industriales

Desarrollo de tecnologías láser para distintas industrias y aplicaciones científicas.



Perovskitas para energía solar

Mejora en la eficiencia en materiales de perovskita para paneles solares.



Redes 5G

Participación en el desarrollo de redes 5G y ahora en tecnologías emergentes como 6G.



Simulación y realidad virtual para ingeniería

Avances en simulación y realidad virtual con modelos 3D interactivos para diversas aplicaciones.



Asistente de voz con IA

Soberanía de datos con altavoz inteligente, fabricado en Alemania.



Tecnología de impresión 3D

Desarrollo de tecnologías de impresión 3D en distintos materiales y optimización de procesos.



Cirugía con realidad aumentada

Desarrollo de asistencia visual para mejorar la seguridad en cirugías complejas.

~2

Tecnologías
para la transición
energética



CSET: tecnología en movimiento



El Centro de Tecnologías para la Energía Solar (CSET) surgió en un momento crucial para el despegue de las energías renovables en Chile, con el objetivo de maximizar el potencial de este recurso en el país.

Durante su primera etapa, la generación de datos ocupó un rol central: ¿Cómo se comportaban las celdas fotovoltaicas bajo la intensa radiación solar del desierto de Atacama (la más alta del mundo)? ¿Cómo influían las condiciones atmosféricas y meteorológicas en su rendimiento? ¿Qué tecnologías eran más adecuadas en diferentes escenarios? ¿Cuál era la proyección de la demanda térmica de ciertos procesos industriales?

Estas fueron algunas de las preguntas que dieron lugar a diversas investigaciones, indispensables para entender qué líneas de desarrollo tecnológico eran claves para impulsar la transición energética en Chile, inicialmente, en el ámbito de la energía solar.

Con el correr del tiempo, Fraunhofer Chile ha ido ampliando sus líneas de investigación para responder a la complejidad de los desafíos que enfrenta el país ante el cambio climático y a las urgentes transformaciones que requiere la industria para descarbonizar sus procesos.

Esto incluye, por ejemplo, avanzar en soluciones que aborden los problemas de la minería para incorporar fuentes de energía más limpias y reducir sus emisiones; o sortear los obstáculos que impiden a los sectores industriales de intensivo consumo energético ser más sustentables; o abarcar temas como el uso del agua en procesos críticos, asegurando su sostenibilidad en el tiempo.

De este modo, al campo de la energía solar se fue sumando la electromovilidad, el hidrógeno verde y sus derivados, temas relativos a las baterías de litio, la economía circular, el tratamiento de aguas, y recientemente la recuperación de minerales críticos, entre otros.



Innovación que impulsa la competitividad

Helen Ipinza

Jefa de Departamento de Iniciativas Orientadas al Desarrollo e Innovación de la Subdirección de Centros e Investigación Asociativa, de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo, ANID.

La innovación es una palanca fundamental para la competitividad empresarial y a través de esta, del crecimiento de los países. La I+D es la base de la innovación disruptiva, aquella que permite un salto cualitativo a empresas y naciones.

Por ello, el Estado de Chile invierte en I+D+i, apoyando más de 70 centros de diversos tipos y temáticas, para que en nuestro país existan las capacidades y la infraestructura necesaria para desarrollar soluciones que mejoren o generen nuevos procesos productivos, productos o servicios, e incluso, que desarrollen nuevas industrias.

Fraunhofer Chile es uno de estos centros apoyados por ANID, con gran colaboración desde Alemania, que durante la última década ha realizado importantes aportes en el ámbito de la energía solar, con análisis y soluciones que contribuyen a la descarbonización, la producción energética local, la autonomía energética y el hidrógeno verde, entre otros, con gran valor para mitigar el cambio climático.

En estos diez años, Fraunhofer Chile ha demostrado la importancia de la colaboración internacional en la I+D, potenciando desarrollos que contribuyen a un futuro más sostenible, donde la innovación no solo impulsa la competitividad, sino que también genera un impacto positivo en nuestra sociedad y en el medio ambiente.

Esperamos que sus profesionales e investigadores, su infraestructura y sus redes de colaboración, sean una base sólida para la ciencia y la tecnología de nuestro país al servicio del mundo, siendo un factor clave para enfrentar los retos del mañana y asegurar un mundo mejor para las generaciones venideras.

Fraunhofer Chile y su aporte al desarrollo productivo sostenible

Fernando Hentzschel
Gerente de Capacidades
Tecnológicas de Corfo.



Hace ya una década que el Centro de Excelencia Internacional Fraunhofer Chile (CSET) ha venido jugando un rol clave en el impulso que Corfo ha estado dando a la transición energética de todo el tejido productivo de Chile.

Desde sus inicios, CSET ha sido fundamental en la promoción del desarrollo productivo sostenible, primero apoyando el despegue de la industria solar en Chile y luego brindando apoyo técnico a empresas locales en la implementación de sistemas solares térmicos para procesos industriales.

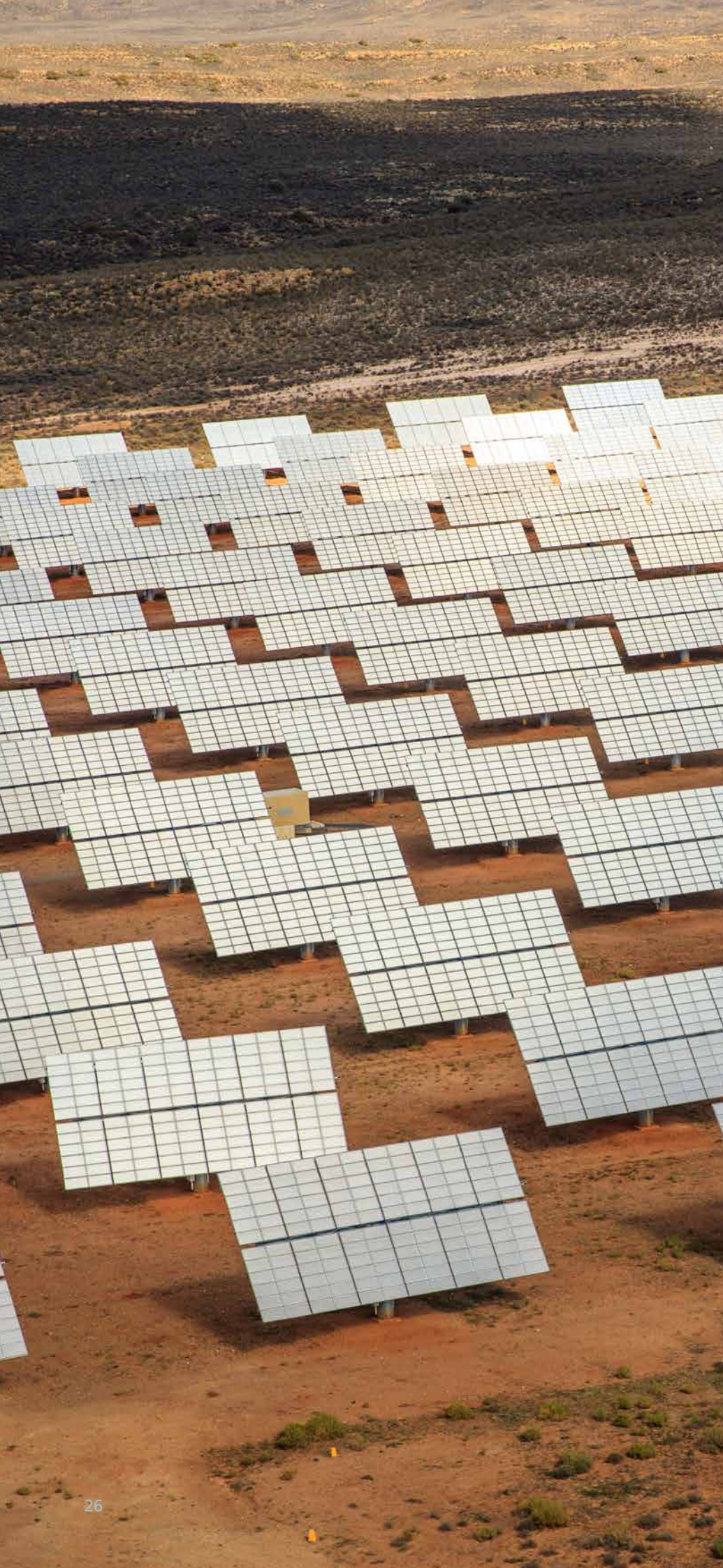
Esto ha mejorado la eficiencia energética y reducido las emisiones de carbono, demostrando así el compromiso de Fraunhofer Chile con el desarrollo productivo sostenible y su apoyo a la industria solar chilena, en concordancia con las iniciativas de Corfo para promover la innovación y la sostenibilidad en el país.

Hoy, con miras a mover la frontera tecnológica de la actividad industrial en Chile, CSET

se enfoca en la investigación aplicada en la producción y almacenamiento de hidrógeno como fuente de energía limpia.

Este esfuerzo busca habilitar el camino para la descarbonización de la matriz energética chilena y está en línea con los objetivos de Corfo de fomentar tecnologías sostenibles y reducir la dependencia de combustibles fósiles.

Desde sus inicios, CSET
ha sido fundamental en la
promoción del desarrollo
productivo sostenible.



132

proyectos
desarrollados
en 10 años

86

publicaciones
científicas

110

profesionales

65

estudiantes
y tesistas

171

capacitaciones



Guiados por el sol: así nació CSET

Prof. Dr. Werner Platzer

Exjefe de Desarrollo de Negocios Internacionales en Fraunhofer ISE. Fue parte de los gestores del Centro de Tecnologías para la Energía Solar en Chile, CSET, y Director del centro durante dos años. Actualmente, integra el Consejo Asesor Científico de Fraunhofer Chile.

El origen de CSET tiene varias explicaciones. Desde el punto de vista institucional, Alemania buscaba acercarse a los mercados de América Latina y esa meta coincidía con los objetivos de Fraunhofer Chile de expandir sus operaciones, aprovechando la nueva convocatoria de Corfo para establecer centros de excelencia internacional.

Desde la perspectiva de un científico que trabaja en energía solar, la motivación surge de la misma fuente que alimenta su investigación: el sol. Yo sabía que los niveles de radiación directa en el desierto de Atacama eran muy altos y que el cielo casi siempre estaba despejado. Entonces pensé: ¡Chile es un país perfecto! Esto ocurrió, además, en un momento en que el mercado fotovoltaico estaba en pleno crecimiento.

En aquel momento, yo era jefe de la División de Energía Solar Térmica y Óptica y mi trabajo se enfocaba en sistemas aplicables a regiones con alta radiación solar, como Chile, Arabia Saudita o el norte de África. Por ello, participé directamente en el proceso de postulación de CSET junto con Fraunhofer Chile.

Identificamos tres áreas de gran interés que fueron la base cuando abrió el centro: tecnologías de concentración solar para la generación de energía eléctrica; calor solar (un campo nuevo para nosotros en ese momento); y desalinización de agua.

Y así comenzamos a desarrollar competencias y a integrarnos en el ecosistema nacional de investigación y desarrollo.

Algunos de nuestros grandes desafíos iban más allá de lo científico. Tuvimos que entender y adaptarnos, por ejemplo, a las dinámicas y a las necesidades de la industria en Chile, que funcionaba mucho más a corto plazo que la investigación científica.

Pequeños proyectos, primero, nos ayudaron a demostrar nuestra capacidad para entregar resultados concretos y a generar confianza. Grandes iniciativas de I+D+i, después, hicieron que CSET fuera creciendo, fortaleciera su relación con el sector industrial y se transformara en un articulador de la academia y el sector privado.

Han pasado 10 años desde que comenzamos este viaje con CSET, y en este tiempo, hemos ido evolucionando junto con los desafíos del cambio climático. Hoy, la industria tiene un rol más protagonista en la búsqueda de soluciones y Fraunhofer Chile es un actor consolidado en el ecosistema nacional de investigación y desarrollo.

Nos enorgullece haber sido parte de este proceso de transformación y continuar construyendo un presente y un futuro más sostenible para Chile.



Impulsando la próxima década de innovación en energía sostenible

Prof. Dr. Hans-Martin Henning

Director del Instituto Fraunhofer para Sistemas de Energía Solar, ISE.

Cuando hace más de diez años surgió la oportunidad de establecer un Centro de Excelencia internacional en Chile, nuestro instituto identificó esta como una excelente oportunidad para apoyar el uso de la energía solar en Chile y en América del Sur y, al mismo tiempo, utilizar las condiciones de energía solar excepcionales en Chile para desarrollar y probar convertidores de energía solar.

Ahora, después de una década exitosa, vemos que muchos otros temas han demostrado ser extremadamente atractivos para una colaboración estrecha, desde la minería sostenible, el tratamiento de agua, la producción de baterías hasta el amplio campo de la producción de hidrógeno con electricidad renovable y su uso en diversas áreas, incluyendo la producción de combustibles verdes. De hecho, ya estamos viendo los frutos de esta colaboración, con proyectos e iniciativas conjuntas en marcha en estas áreas, demostrando los beneficios tangibles de nuestra asociación.

Durante este período, el Centro de Tecnologías de Energía Solar se ha convertido en un elemento permanente en el panorama de investigación chileno en el campo de las tecnologías de energía sostenible.

Además de grandes proyectos de I+D, muchos contratos directos con clientes

industriales demuestran lo importante de su trabajo para el sector.

La colaboración de Fraunhofer Chile es destacada, no solo con Fraunhofer ISE, sino que también se ha desarrollado con gran éxito con otros institutos Fraunhofer e instituciones de investigación en Europa.

Con esto en mente, esperamos trabajar juntos durante los próximos 10 años y más allá, y deseamos al CSET un éxito continuo y a todos nosotros un gran progreso hacia un suministro de energía sostenible global.





Fraunhofer ISE

El **Centro de Tecnologías para la Energía Solar de Fraunhofer Chile** trabaja estrechamente con su casa matriz, Fraunhofer ISE, en una alianza estratégica para potenciar sinergias y abordar los desafíos globales de sostenibilidad energética.

Fraunhofer ISE es el centro de investigación solar más grande de Europa, y cuenta con 45 años de experiencia colaborando estrechamente con socios de la industria.

Sus cerca de 1.400 profesionales y más de 16.000 m² de espacio de laboratorios de última generación, dan soporte a su gran capacidad de investigación de vanguardia e innovación aplicada.



©Fraunhofer ISE.



Innovación para un futuro sostenible

Iván Muñoz

Líder del Área de Energía Solar en Fraunhofer Chile.

Lo que hacemos en Fraunhofer es materializar la convicción de que podemos descarbonizar nuestra sociedad y contribuir a la conservación del entorno a través de nuestras capacidades técnicas. Esta visión me impulsa a liderar un equipo multidisciplinario de expertos en mecánica, física, electricidad, electrónica, ciencia de materiales y modelamiento de sistemas, permitiéndonos abordar cada proyecto desde la mayor cantidad de perspectivas posibles.

Nuestro trabajo se estructura en tres enfoques esenciales. El primero es la innovación práctica: diseñamos y probamos prototipos que combinan eficiencia, durabilidad y costos competitivos, para que cada avance científico se traduzca en soluciones rentables y técnicamente factibles para la industria. El segundo es la colaboración internacional, aprovechando la conexión de Fraunhofer Chile con centros de investigación en Alemania y otros países, lo que facilita el intercambio de conocimiento y acelera la adopción de tecnologías emergentes en la región. El tercero es la planificación con visión a corto, mediano y largo plazo: impulsamos el uso de tecnologías maduras disponibles hoy en día, mientras trabajamos en el desarrollo de innovaciones que serán clave para lograr la descarbonización total en el futuro.

En estos 10 años, hemos aprendido que la innovación muchas veces surge de proyectos pequeños o casi inadvertidos. Identificar y

potenciar esas primeras ideas, por más simples que parezcan, puede generar un impacto significativo a largo plazo. Un ejemplo es la integración de tecnologías avanzadas que iniciamos a partir de una publicación sobre la industria 4.0. Lo que comenzó como un desarrollo exploratorio demostró cómo el *machine learning* y la inteligencia artificial nos permiten hoy por hoy resolver las problemáticas actuales de la industria.

Otro caso significativo es el estudio de demanda térmica que realizamos en Chaitén, que abrió paso al proyecto ANCESTRAL, financiado por Corfo, para identificar las zonas del país con mayor potencial para implementar sistemas de calor distrital. A su vez, ANCESTRAL precedió a MERLIN, un proyecto internacional orientado al desarrollo de una herramienta avanzada de planificación energética multisectorial que integra inteligencia artificial y sistemas de información geográfica (GIS).

La innovación es un proceso evolutivo que, con visión, constancia, enfoque y un equipo multidisciplinario de excelencia, puede marcar un antes y un después en la descarbonización. Mantenemos siempre en mente ese objetivo, trabajando en innovaciones que permitan que un futuro sustentable llegue lo antes posible.

~3

Alta tecnología y nuevas
aplicaciones para la
industria fotovoltaica





Más eficientes y sostenibles

La energía fotovoltaica se ha convertido en un pilar estratégico para la descarbonización de la matriz energética de Chile y lo seguirá siendo.

Esta tecnología, que permite capitalizar el abundante recurso solar del país, plantea una serie de desafíos y oportunidades que van definiendo las líneas de innovación de Fraunhofer Chile.

Entre ellos, la necesidad de incrementar la eficiencia en la conversión de la luz solar en electricidad, extender la vida útil de los paneles u optimizar los procesos asociados a su operación.

La investigación científica desempeña un papel decisivo en estas demandas: en el diseño y desarrollo de nuevos materiales que den mayor durabilidad y resistencia a los paneles, el reciclaje y la recuperación de materiales valiosos, y otras aplicaciones como la integración armónica de la tecnología fotovoltaica en la arquitectura.

En Fraunhofer Chile llevamos una década creando soluciones innovadoras, capitalizando nuestro amplio conocimiento del sector solar en sinergia con la experiencia de Alemania.



Preparados para los retos del **futuro energético**

Francisco Moraga

Líder del Área Solar Fotovoltaica de Fraunhofer Chile.

Siendo testigos del notable crecimiento de la tecnología solar fotovoltaica en Chile, nos planteamos, desde el inicio, impulsar la investigación y el desarrollo de soluciones para optimizar el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos, abordando múltiples desafíos de una industria en constante transformación.

Con el paso del tiempo, la rápida evolución del sector nos llevó a perfeccionar procesos y a adoptar nuevas metodologías, incorporando innovaciones como la inteligencia artificial y el análisis predictivo para la operación y el mantenimiento.

La Industria 4.0 tiene mucho que ofrecer en este campo para mejorar la eficiencia, disminuir costos, aumentar la competitividad y entregar sustentabilidad. Por eso para nosotros es importante llevar a cabo investigaciones para desarrollar y explorar algoritmos avanzados, tales como modelos estadísticos, redes neuronales, máquinas de vectores soporte, herramientas de agrupamiento y otras técnicas de aprendizaje automático, aplicadas a la industria solar fotovoltaica y a los servicios asociados.

Esto nos permite ofrecer soluciones más sostenibles y preparadas para los retos del futuro energético y seguir expandiendo el alcance de la tecnología a diversos usos. Hemos sido pioneros en ello, promoviendo la adopción de soluciones integradas como Agri PV y Floating PV en Chile, que pueden realizar un enorme aporte, no solo a la generación de energía eléctrica limpia, sino además a la mitigación de la escasez de agua.

Continuaremos trabajando junto a nuestro equipo fotovoltaico y a la red de institutos Fraunhofer, en el intercambio de conocimientos, metodologías, perspectivas, en enfoques complementarios y también aportando la visión chilena.

Cada logro reafirma nuestro compromiso con la innovación y la sostenibilidad, poniendo a Chile como referente fotovoltaico y reforzando nuestra convicción de que la ciencia, la tecnología y la colaboración internacional son motores fundamentales para un futuro más limpio.



Estudios del recurso solar

El desierto de Atacama, con sus excepcionales niveles de radiación, ha sido cuna del prolífico desarrollo de la industria fotovoltaica (PV) en Chile. Por ello, en sus inicios, gran parte del trabajo de CSET se enfocó en generar datos para comprender el rendimiento de las plantas solares en condiciones reales de operación, considerando factores como el clima, las fluctuaciones de temperatura, la acumulación de polvo y la degradación de los materiales expuestos a la intemperie, entre otros.

Una de las iniciativas para realizar evaluaciones y tests –tanto para plantas PV como de Concentración Solar de Potencia (CSP)– fue la estación meteorológica y solarimétrica implementada en Diego de Almagro, equipada con sistemas Rotating Shadowband Irradiometer (RSI) y sensores que miden variables como la radiación global horizontal (GHI), la radiación difusa horizontal (DIFF), la radiación directa en plano normal (DNI), temperatura ambiente, humedad relativa, precipitaciones, presión atmosférica y velocidad y dirección del viento.

A través del tiempo y en el marco de distintos proyectos se han instalado aproximadamente diez estaciones de este tipo.

La recopilación de datos y la estandarización de su análisis dio origen al servicio denominado Estudios del Recurso Solar. Todas estas investigaciones permitieron avanzar en la comprensión de los activos fotovoltaicos en contextos extremos como el desierto de Atacama, y el desarrollo de servicios utilizados hoy en la industria a gran escala que son esenciales para evaluar proyectos de inversión, optimizar la producción eléctrica, y mejorar el desempeño de las plantas solares.

Álvaro Henríquez
Físico Investigador del
Área Fotovoltaica de
Fraunhofer Chile.



© Fraunhofer Chile

“En el desierto la precisión es clave para el éxito de la energía fotovoltaica”

Las condiciones desérticas plantean retos muy específicos para los sistemas fotovoltaicos. Por un lado, relativos al desempeño de la tecnología: desde la degradación por radiación UV, temperaturas extremas, ensuciamiento, corrosión, hasta el deterioro de cables, la exposición a fuertes vientos, entre otros.

Por otra parte, están los relacionados con la obtención de datos solares y de clima en el futuro sitio de instalación de plantas PV. Esto es esencial para garantizar un análisis exhaustivo en condiciones reales, que permita determinar el performance de las plantas fotovoltaicas frente a las influencias ambientales, con bajo porcentaje de error e incertidumbre.



Atamos-Tec

Financiado por Corfo, este consorcio nació con el objetivo de analizar distintas tecnologías de módulos fotovoltaicos, bajo las condiciones extremas del desierto de Atacama.

El proyecto Atamos-Tec tuvo como meta la creación de módulos fotovoltaicos optimizados para funcionar eficazmente en el desafiante clima del desierto de Atacama.

Teniendo en cuenta las condiciones extremas que presenta este entorno y que ponen a prueba las tecnologías solares convencionales, el objetivo fue superar las limitaciones de los módulos, adaptándolos para una mayor productividad y resistencia.

La planta piloto instalada en Antofagasta fue el corazón de la iniciativa. Se diseñó para analizar el desempeño de diferentes tecnologías de módulos, incluyendo módulos fijos, *trackers* y estructuras verticales. Esto permitió identificar cuáles eran las mejores en términos de capacidad eléctrica y adaptabilidad al entorno del desierto.

Atamos-Tec reunió a un conjunto diverso de instituciones: dos centros internacionales y cinco universidades, con quienes se realizó la puesta en marcha de la planta desde el punto

de vista del diseño, construcción, instalación de sensores y análisis de datos.

Este trabajo demostró cómo la investigación aplicada puede transformar los desafíos climáticos en oportunidades para el desarrollo sustentable.

El objetivo fue superar las limitaciones de los módulos, adaptándolos para una mayor productividad y resistencia.



Corredor de la Cuenca del Salado: un modelo de **ciudad solar**

Con el propósito de diseñar una ciudad solar, se realizaron estudios y una planta piloto en la ciudad de Diego de Almagro en el norte de Chile, para maximizar el uso de esta energía renovable en beneficio de la comunidad.

El proyecto Corredor Solar de la Cuenca del Salado, centrado en las comunas de Diego de Almagro y Chañaral, consistió en la elaboración de un modelo de ciudad con alta penetración de energía solar, basado en autoabastecimiento y generación distribuida en los edificios públicos, viviendas y sistema económico productivo.

La iniciativa se sustentó en el estudio Estrategia Energética Local de Diego de Almagro, realizado por Fraunhofer Chile a partir del trabajo conjunto con la comunidad.

El propósito de diseñar un modelo de “ciudad solar” tuvo el objetivo de que se replicara en otras zonas del país con alto potencial de este recurso sostenible.

El proyecto se desarrolló en conjunto con el Centro de Energía de la Universidad de Chile,

la Facultad de Ingeniería, Fraunhofer ISE y el grupo de Planes y Proyectos UC de la Pontificia Universidad Católica de Chile, con quienes se realizaron una serie de estudios orientados a beneficiar a los ciudadanos y al entorno productivo local.

Incluyó, además, la instalación de una planta piloto donde se simulaban propuestas para determinar la eficiencia de inyectar energía solar a la ciudad a través de paneles independientes o una planta comunitaria.

La iniciativa fue financiada por el programa “Bienes Públicos para la competitividad” de Corfo, en el marco de la Hoja de Ruta del Programa Energía Solar. Sus mandantes fueron el Ministerio de Energía y la Asociación Chilena de Energía Solar, Acesol.



Carlos Felbol
Ingeniero Investigador
del Área de Sistemas
Solares Térmicos de
Fraunhofer Chile.

"El desafío fue la conexión física de los dispositivos como su funcionamiento conjunto"

La integración de los equipos para la captura de electroluminiscencia aérea fue un hito clave en el proyecto, ya que supuso un desafío tanto en la conexión física de los dispositivos como en su funcionamiento conjunto.

El objetivo era lograr que una cámara especial pudiera ser operada a distancia desde el control del dron, permitiendo ajustar parámetros como el tiempo de exposición, la cantidad de luz que entra en la cámara y el enfoque, todo en tiempo real.

Además, fue necesario modificar la cámara para que pudiera ver más allá de lo que percibe el ojo humano, captando un tipo de luz invisible llamada infrarrojo cercano, esencial para detectar fallas en los paneles solares.

Deep learning para la sostenibilidad de la industria fotovoltaica

DeepScan es un sistema de monitoreo avanzado de paneles solares fotovoltaicos desarrollado por Fraunhofer Chile y financiado por Corfo a través del programa Crea y Valida. Con el uso de un dron y *deep learning*, detecta tempranamente problemas en paneles solares y facilita la toma de decisiones informadas: permite reparar o reemplazar módulos a tiempo.

La tecnología fotovoltaica cumple un rol fundamental en la transición energética, considerando que el Estado de Chile se ha propuesto retirar el 50% de las centrales de carbón para 2025.



Para aportar a la sostenibilidad de esta industria, los ingenieros investigadores de Fraunhofer Chile desarrollaron DeepScan, un sistema de monitoreo avanzado que optimiza y acelera el proceso de inspección de los módulos, habitualmente realizado de forma manual. Ello permite anticipar fallas y, por lo mismo, prolongar la vida útil de estos.

El procedimiento es el siguiente. Primero, un dron equipado con una cámara especial sobrevuela las plantas fotovoltaicas y toma imágenes de los módulos solares completos aplicando electroluminiscencia. Esta técnica usa electricidad para detectar defectos dentro de las celdas solares. Cuando estas funcionan bien, emiten luz, mientras que las áreas dañadas se ven oscuras. La electroluminiscencia permite encontrar irregularidades muy pequeñas que no se pueden ver con una inspección visual o mediante termografía.

En la segunda etapa comienza el proceso digital. Las imágenes se mejoran, recortan y dividen en celdas, permitiendo un análisis más detallado y la obtención de datos más claros.

En un tercer paso se realiza un análisis de datos con inteligencia artificial. Esto por medio de un software avanzado que utiliza redes neuronales convolucionales (CNN). Se trata de una tecnología especializada en trabajar con imágenes que, gracias a un algoritmo previamente entrenado, clasifica automáticamente los paneles en defectuosos o funcionales, con una precisión del 90% o más. El sistema genera automáticamente reportes detallados, eliminando el trabajo manual y reduciendo el margen de error.

DeepScan contribuye a la detección temprana de problemas en paneles solares y facilita la toma de decisiones informadas. De esta forma, aporta al desarrollo de la industria solar, cuyo crecimiento y expansión exige soluciones innovadoras para su sostenibilidad.

Valentina Puentes
Ingeniera Investigadora
del Área de Sistemas
Fotovoltaicos de
Fraunhofer Chile.



“Los ViT han revolucionado la visión por computadora”

DeepScan aplica la tecnología Visual Transformers (ViT), que analiza las imágenes en su conjunto. Estos modelos han revolucionado la visión por computadora gracias a su capacidad para procesar grandes volúmenes de información visual de una forma más global y efectiva que otros métodos tradicionales.

Los ViT son especialmente útiles en tareas donde el contexto general de la imagen es tan importante como los detalles individuales, como en el caso de la inspección de los módulos solares. Sin embargo, su entrenamiento requiere más datos y capacidad de cómputo en comparación con otras tecnologías, lo que ha sido un desafío en su desarrollo.



Estudios de reflexión para la seguridad del entorno

Fraunhofer Chile es pionero en el desarrollo de estudios de reflexión (o deslumbramiento), los que evalúan el impacto y riesgo potencial de la luz reflejada por plantas fotovoltaicas en puntos estratégicos de los aeropuertos y de carreteras, entre otros. El objetivo es garantizar que no interfieran en el funcionamiento de infraestructuras críticas, aportando a la coexistencia armónica entre el desarrollo de esta industria y la seguridad del entorno.

El desafío se inició con la instalación de una planta fotovoltaica en el techo del Aeropuerto Internacional de Santiago, cuya energía alimentaba una escalera eléctrica. A partir de ahí, surgió la necesidad de garantizar que la operación de dicha planta no interfiriera con el tránsito aéreo.

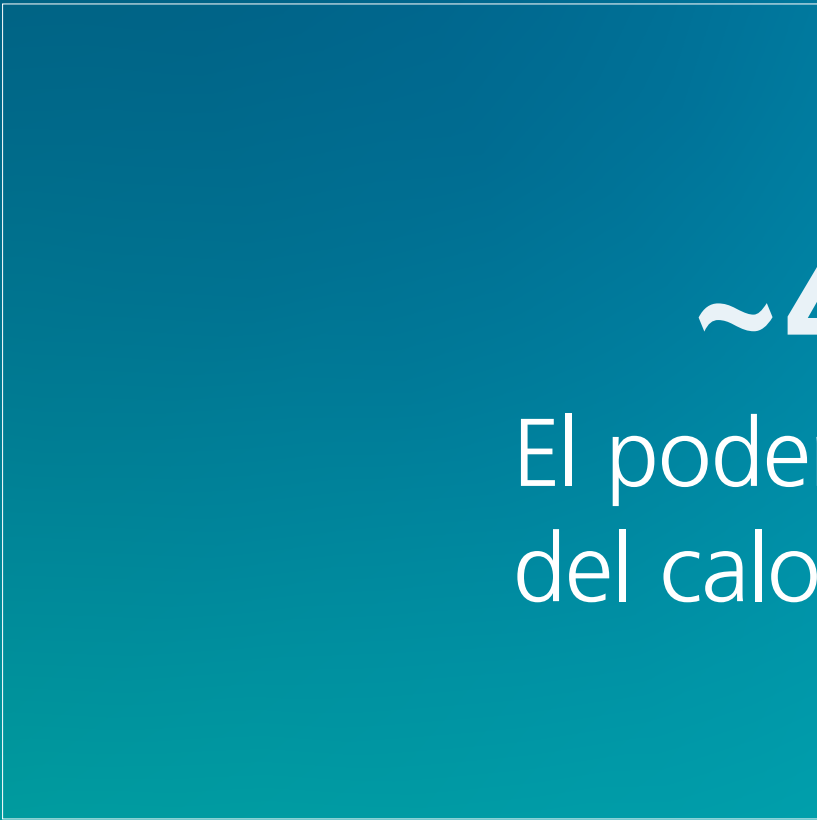
Así comenzaron los estudios de reflexión que realizan los ingenieros investigadores de Fraunhofer Chile, quienes adaptaron un *software* de código abierto dedicado inicialmente a otras aplicaciones, marcando un precedente innovador en la industria.

Si bien al principio el análisis se enfocaba en evaluar el impacto de plantas solares ubicadas a cierta distancia de las pistas de aterrizaje, actualmente, también se llevan a cabo mediciones precisas de la luz que llega a puntos

críticos como las torres de control y las rutas de despegue y aterrizaje. Esto contribuye a la seguridad de los pilotos y a que el flujo del tránsito aéreo sea eficiente.

La metodología incluye la modelación con múltiples variables que replican condiciones reales de operación, tales como la orientación solar, las propiedades ópticas de las superficies y las trayectorias de las aeronaves.

El éxito del proyecto inicial en el aeropuerto generó una creciente demanda y hoy, además, la metodología desarrollada se aplica en carreteras y zonas residenciales, siempre buscando compatibilizar el desarrollo de la energía solar fotovoltaica con la seguridad de las infraestructuras críticas.



~4

El poder
del calor solar





¿Por qué apostamos por el **calor solar**?

En Chile, la demanda total de energía alcanza los 380 TWh, de los cuales el 35,8% se destina a uso térmico, lo que equivale a 140 TWh. Sin embargo, solo el 24% de ella proviene de fuentes renovables. Por ello, la Estrategia Nacional de Calor y Frío impulsada por el Ministerio de Energía, busca que el 45% de esta sea a partir de energía limpia para 2030 y el 80% para 2050.

Las tecnologías térmicas solares no han tenido el mismo desarrollo en el país que las fotovoltaicas, pero son claves para cumplir estas metas. Pueden sustituir combustibles fósiles en el suministro de calefacción en edificios, reduciendo la carga en la red eléctrica y disminuyendo las emisiones de CO₂. Son una gran alternativa para la generación de calor limpio en operaciones industriales y también aportan estabilidad al sistema eléctrico nacional.

Por esta razón Fraunhofer Chile se ha dedicado durante años a impulsar el potencial de las aplicaciones en este campo, pues la energía solar térmica representa una oportunidad estratégica para avanzar hacia la descarbonización, diversificar la matriz energética y promover un desarrollo urbano sostenible.



Sistemas Solares Térmicos para la **descarbonización**

Francisco Fuentes

Líder del Área Sistemas
Solares Térmicos de
Fraunhofer Chile.

Chile se enfrenta al importante desafío de descarbonizar su matriz energética y, en este contexto, la energía solar térmica representa una alternativa eficiente para reducir emisiones en sectores estratégicos como la industria y la minería, que demandan un alto consumo de esta.

Fraunhofer Chile lidera la innovación aplicada en este campo mediante la investigación, la validación experimental y la transferencia de conocimiento, impulsando la transición hacia un futuro más limpio.

Nuestro equipo de Sistemas Solares Térmicos aborda la descarbonización multisectorial integrando diferentes tecnologías para la conversión, almacenamiento y control de energía térmica, basándose en el análisis de datos actuales y proyecciones energéticas y demográficas.

Un ejemplo de esto es el proyecto MERLIN, que articula estrategias para reducir las emisiones en el sector industrial, residencial, comercial y público, posicionando a Chile

en la vanguardia de la transformación energética sostenible.

Paralelamente, diseñamos metodologías integrales para garantizar la viabilidad y escalabilidad de las soluciones, impulsando iniciativas complementarias que reafirman nuestro compromiso con la innovación.

Entre estas, destaca la planta solar piloto para generación directa de vapor que estamos implementando, y que se configura como un banco de pruebas esencial para evaluar, en condiciones reales, las tecnologías renovables accionadas por calor para la industria.

Junto a otros proyectos de investigación enfocados en el análisis de sistemas térmicos, estamos fortaleciendo el ecosistema de I+D en Chile, comprometidos con la construcción de un futuro energético resiliente y limpio que beneficie a toda la sociedad.



ANCESTRAL:

el algoritmo que identifica la rentabilidad de proyectos para Calor Industrial y Calor Distrital

Desarrollado por Fraunhofer Chile y financiado por Corfo, ANCESTRAL entrega información clave para la descarbonización de barrios y ciudades, la implementación de tecnologías de Calor Solar para Procesos Industriales (SHIP) y el desarrollo de proyectos de Calor Distrital (*District Heating*).

Mediante un algoritmo basado en simulaciones físicas y ciencia de datos, un equipo de ingenieros investigadores de Fraunhofer Chile desarrolló ANCESTRAL, un sistema que permite comprender las demandas de agua caliente y vapor en operaciones industriales, así como las necesidades de calefacción y agua caliente en áreas residenciales, comerciales y públicas a nivel nacional.

Además, evaluaron cómo diferentes tecnologías solares podrían satisfacer estas necesidades y seleccionaron aquellas más rentables.

El proyecto, financiado por el fondo Crea y Valida de Corfo, finalizó en 2024 demostrando el gran potencial de descarbonización en Chile que tienen los sistemas de Calor Industrial (SHIP) y Calor Distrital (*District Heating*), concluyendo que ambas soluciones resultan viables y escalables para reducir la dependencia de combustibles fósiles.

¿Cómo funcionan estos sistemas?

El SHIP utiliza colectores solares para capturar la radiación solar y transformarla en calor utilizable en diversos procesos industriales, como la generación de vapor, el calentamiento de agua, el secado de materiales y otros procedimientos.

El *District Heating*, por su parte, está conformado por centrales térmicas o plantas de energía que producen calor utilizando diversas fuentes, como la biomasa, la energía geotérmica, la energía solar térmica, la cogeneración de calor y electricidad, o incluso la energía residual de procesos industriales. Este calor se distribuye a través de una red de tuberías subterráneas a los edificios conectados. En el caso del sur de Chile podría contribuir en la reducción del material particulado fino, considerando que un 70% de este proviene de la quema de leña.

Viables y rentables

En el ámbito del Calor Distrital, se analizaron aproximadamente 10 millones de inmuebles, utilizando datos georreferenciados y se desarrollaron perfiles de demanda con resolución horaria. Se agrupó la información por “manzanas”, identificando 332 áreas con alto potencial y zonas con una demanda térmica de 18.4 TWh/año, lo que podría beneficiar a 3.3 millones de personas con sistemas más sostenibles.

En cuanto al Calor Industrial, se evaluaron 281 empresas con resolución horaria. Se determinó que 205 podrían usar energía solar para agua caliente y 130 para generar vapor, alcanzando un potencial de 3.6 TWh/año en energía solar, contribuyendo significativamente a la descarbonización.

El estudio determinó que hay muchas regiones donde el costo nivelado de la energía térmica (LCOH) con sistemas híbridos (solar + respaldo fósil) resulta más bajo o competitivo frente al LCOH 100% fósil, reforzando que la adopción de energía solar es rentable.



MERLIN:

un software para la descarbonización

Tecnologías de *machine learning* y Sistemas de Información Geográfica (GIS), son la base de MERLIN, una herramienta de planificación energética multisectorial. La iniciativa es liderada por Fraunhofer Chile, en conjunto con Greenventory Alemania, en el marco del clúster Eurogia de la red Eureka.

Lograr la descarbonización de la matriz energética requiere de una mirada holística para entender, en primer lugar, la demanda energética de los distintos sectores de una economía. En segundo lugar, saber qué tecnologías y en qué proporción son las más adecuadas para resolver esas demandas, de manera sustentable y rentable.

Ese es el concepto que dio origen al proyecto MERLIN, como resultado de la evolución del trabajo que ha venido desarrollando el equipo de Sistemas Solares Térmicos de Fraunhofer Chile.

Se trata de un software que utilizará inteligencia artificial y Sistemas de Información Geográfica (GIS) para análisis de información y desarrollo de escenarios optimizados de descarbonización, integrando múltiples áreas como la industrial, residencial, transporte, público y comercial (I-R-T-P-C). Facilitará la planificación precisa y adaptada a las necesidades específicas de cada localidad.

MERLIN se alimentará de una base de datos exhaustiva y actualizada, que incluirá información pública, entrevistas y trabajo de campo. Esta información será procesada con *machine learning* para generar mapas detallados de demanda y oferta energética, incluyendo escenarios futuros.

En una segunda fase, utilizará modelos de optimización para definir localizaciones óptimas de infraestructura energética,

considerando costos, emisiones y viabilidad técnica de diversas tecnologías renovables, como energía solar, bombas de calor, hidrógeno y conexión a la red.

En una tercera etapa, se desarrollará una interfaz avanzada para que los usuarios puedan interactuar con mapas y simulaciones.

Finalmente, la herramienta será validada en condiciones reales, alcanzando un nivel TRL 7, con un sólido plan comercial para su adopción internacional.

MERLIN es liderado por Fraunhofer Chile en conjunto con Greenventory, un *spin-off* de alta tecnología de Fraunhofer ISE en Alemania. Este proyecto, en el marco del clúster Eurogia perteneciente a la red Eureka, es financiado en su competente chilena a través de Corfo, y por el Programa Central de Innovación para PYMES (ZIM), por la parte alemana.

La información
procesada
generará mapas
de demanda y
oferta energética.





Guayacán y Jucosol: CSP en la agroindustria

La elaboración de cerveza es un proceso intensivo en energía térmica por la demanda de calor para la maceración, ebullición y limpieza que supera incluso el consumo de electricidad.

Conscientes de este desafío, y de la necesidad de transitar hacia una producción más sostenible, la Cervecería Guayacán solicitó a Fraunhofer Chile un estudio que determinara cuánta energía solar se podía integrar de manera efectiva en su proceso productivo.

El proyecto comenzó con un análisis energético inicial que identificó los principales consumos y posibles mejoras. Posteriormente, se implementaron medidas para optimizar el consumo energético global, se diseñó un esquema con colectores solares planos para cubrir las demandas térmicas de agua caliente y se evaluó y dimensionó un sistema fotovoltaico para generación distribuida. Luego se realizó un análisis económico y ambiental para valorar costos, beneficios y el impacto ambiental de ambas tecnologías. Finalmente, se propuso una hoja de ruta para guiar la inversión a largo plazo hacia la neutralidad de carbono.

Fraunhofer Chile también realizó estudios preliminares para el primer concentrador solar térmico parabólico comercial en Chile, instalado en la empresa Jucosol, ubicada en San Felipe, en la Región de Valparaíso. Esta exportadora de concentrado de uva al extranjero optó por incorporar fuentes limpias y sustentables en sus procesos, eligiendo la energía solar como alternativa.

Fraunhofer Chile realizó estudios preliminares para el primer concentrador solar térmico parabólico comercial en Chile.



© Cerro Dominador

La CSP es parte importante de las **soluciones energéticas**

Ante el desafío de alcanzar la carbono neutralidad para 2050, Chile debe evaluar las mejores estrategias y tecnologías disponibles, analizando sus costos y beneficios para diversificar su matriz energética.

La Concentración Solar de Potencia (CSP) es una de ellas y puede desempeñar un papel fundamental en la transición hacia sistemas energéticos sostenibles. Su capacidad para suministrar calor a altas temperaturas y almacenar energía térmica la convierte en una herramienta clave para descarbonizar procesos industriales con alto consumo de calor, como los de la minería y la agroindustria. Además, permite la generación continua de electricidad, operando las 24 horas del día, lo que garantiza estabilidad y flexibilidad en la red eléctrica.

En Fraunhofer desarrollamos una línea de investigación aplicada y experimental, llevando a cabo estudios y proyectos piloto. Nuestro objetivo es proporcionar información que facilite la integración de estas soluciones y ayude a Chile a tomar decisiones informadas, adoptando las mejores herramientas para impulsar la transición energética.

Proporcionamos información que ayude a Chile a tomar decisiones informadas.



Frank Dinter
Director Ejecutivo
de Fraunhofer Chile.



Planta solar térmica Parque Laguna Carén

Se trata de un proyecto piloto único en el país para investigar la integración de tecnologías renovables accionadas por calor. El sistema utilizará la energía solar para generar vapor directamente, el que podrá emplearse en diversas aplicaciones industriales.

En el marco del proyecto internacional Power-to-MEDME, Fraunhofer Chile está trabajando en la implementación de una planta piloto con tecnología de concentración solar tipo Fresnel en el Parque Laguna Carén de la Universidad de Chile.

Este innovador sistema utilizará la energía solar para generar vapor directamente (Direct Steam Generation, DSG), el que podrá emplearse en diversas aplicaciones industriales, incluyendo procesos de captura de carbono.

La tecnología Fresnel se basa en el uso de espejos planos o de curva ligera para concentrar la radiación del sol en un tubo receptor fijo situado sobre ellos. Dentro de este tubo, un fluido (en este caso, agua) se calienta hasta alcanzar el estado de vapor. Este diseño

destaca por su capacidad de adaptarse a distintas necesidades, su bajo costo de instalación y su simplicidad operativa, lo que lo hace ideal para aplicaciones industriales en países como Chile, donde la radiación solar es abundante.

La iniciativa tiene como meta evaluar la tecnología Fresnel en condiciones reales de operación, analizando la integración del sistema a tecnologías de generación renovable. Mediante indicadores de desempeño los resultados se documentarán en un informe técnico. Este reporte ofrecerá a la industria y a los investigadores métricas concretas para futuras escalas de producción y aplicaciones.

Gracias al trabajo colaborativo con SOLATOM, el proyecto busca cerrar una brecha importante, ya que en Chile no existen instalaciones piloto de este tipo.



La planta está diseñada para ser una infraestructura experimental flexible, capaz de combinar actividades de investigación aplicada, formación académica y colaboración con la industria.



Felipe Godoy Flores

Ingeniero Investigador
del Área de Sistemas
Solares Térmicos.

“Nos encontramos en una etapa crucial, definiendo los detalles técnicos de un proyecto que marcará un hito en la innovación energética en Chile”

En el Parque Laguna Carén estamos avanzando en la ingeniería de detalle de una planta piloto que empleará tecnología Fresnel para transformar la energía solar en vapor. Este promete no solo incrementar la eficiencia energética del proceso, sino que también contribuirá significativamente a la descarbonización de la industria. Aunque todavía estamos en las fases de planificación y diseño, nuestro equipo está plenamente comprometido con superar todos los desafíos técnicos para asegurar que el proyecto se implemente con éxito. Este esfuerzo representa no solo un avance tecnológico, sino que también una oportunidad para fortalecer la colaboración entre la academia y la industria.

RENOVAL:

Concentración Solar para el reciclaje de aluminio



Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y contribuir a la economía circular son los objetivos de esta iniciativa desarrollada por Fraunhofer Chile y financiada por Corfo a través de los fondos Crea y Valida.

La industria de producción primaria de aluminio genera 1.100 millones de toneladas de gases de efecto invernadero anualmente, siendo responsable del 2% de las emisiones de estos a nivel mundial. Su reciclaje convencional disminuye en un 95% la energía necesaria para el proceso y, por consiguiente, sus emisiones. A pesar de ello, este no está libre de emisiones, liberando al medio ambiente media tonelada de CO₂ por cada tonelada de aluminio reciclado.

La fundición del material es la que compromete el mayor consumo energético y de ahí surge la idea del proyecto RENOVAL, un horno solar de reciclaje de aluminio, construido por los ingenieros investigadores de Fraunhofer Chile.

A través de la radiación solar concentrada directamente en un horno ubicado en el punto focal se funden desechos comunes de aluminio como latas de bebida, marcos de ventanas, pistones de motor, entre otros, sin necesidad de otras fuentes de energía como combustibles fósiles.

Luego de varios meses de trabajo, a lo largo de distintas etapas de I+D, se han ido



superando los desafíos asociados al diseño y la manufactura, al ensamblaje, pruebas y puesta en marcha del prototipo, alcanzando la fundición de aluminio con energía solar.

El objetivo final es que el prototipo sea escalado con un equipo construido y fundiendo diversas aleaciones de aluminio a diferentes capacidades y, la meta mayor: liberar la dependencia de los combustibles fósiles que posee actualmente el proceso de fundición de metales y aportar a la economía circular desde la sustentabilidad y las energías renovables.

El proyecto es financiado por Corfo a través del fondo Crea y Valida.



©Fraunhofer Chile

Pablo Castillo
Ingeniero Investigador
del Área de Sistemas
Solares Térmicos.

“Validar la fundición sin combustibles fósiles fue un reto exigente”

Diseñar, fabricar y poner en marcha un sistema de concentración solar para la fundición de aluminio implicó superar barreras en ingeniería y ejecución. Enfrentamos problemas en óptica, transferencia de calor y resistencia de materiales, iterando constantemente hasta alcanzar la fundición de aluminio.

La manufactura y ensamblaje del sistema fueron clave para garantizar la correcta focalización de la radiación solar. Validar experimentalmente la fundición sin combustibles fósiles fue un reto exigente, pero logramos demostrar su viabilidad con energía solar térmica.

Hoy, RENOVAL es un prototipo en operación, un paso concreto hacia la descarbonización del reciclaje y de los procesos de alta temperatura, mostrando cómo la ingeniería chilena puede aportar soluciones innovadoras para una economía más sustentable. Trabajar en RENOVAL ha sido un desafío técnico y una experiencia enriquecedora.

A large CSP solar tower under construction with three workers in the foreground.

Conocimiento que impulsa la tecnología CSP

Junto con la Universidad Técnica Federico Santa María, Fraunhofer Chile llevó a cabo un estudio en el que se realizó una simulación del Costo Nivelado de Energía (LCOE) que tendría la implementación de una planta CSP de torre de 130 MWe, considerando los costos como si fuera instalada desde la Región de Arica y Parinacota hasta la Región de los Lagos. Para esto se consideró el valor de inversión en la instalación y los costos de operación a lo largo de toda la vida útil de la tecnología.

La investigación determinó que existe un gran potencial en la zona norte hasta la Región de Coquimbo, con valores de LCOE menores a 100 USD/MWh, costo significativamente menor a lo que podría obtenerse en otros países.

Además, se llevó a cabo un estudio comparativo del LCOE entre una planta híbrida solar (fotovoltaica + CSP) y una planta térmica de gas natural. Este análisis concluyó que el LCOE de la planta híbrida es un 38% inferior, lo que evidenció su competitividad. Se determinó que esta configuración podría replicar la flexibilidad operativa de las centrales eléctricas de gas, pero con un LCOE significativamente más bajo.

Fraunhofer Chile, también ha desempeñado un papel crucial en el análisis de rendimiento y optimización de la tecnología en condiciones extremas como el desierto de Atacama, a través de estudios de reflectividad especular en heliostatos sometidos a pruebas de suciedad, limpieza y análisis de degradación, fundamentales para maximizar la eficiencia de las plantas CSP.

~5

Energía, agua
y agricultura





Soluciones fotovoltaicas para enfrentar el cambio climático

Chile se encuentra entre los países más afectados por el cambio climático a nivel mundial, cumpliendo siete de los nueve criterios de vulnerabilidad, entre ellos, la sensibilidad del territorio a los desastres naturales y las zonas en peligro de sequía y desertificación.

Esto tiene grandes repercusiones en la agricultura, especialmente en el norte y centro del país, siendo los pequeños agricultores quienes más padecen la escasez de agua, con los correspondientes déficits de cosecha que afectan los ingresos del sector y a la población rural.

Como parte de su misión, Fraunhofer Chile trabaja por ampliar el impacto positivo de la energía fotovoltaica con soluciones innovadoras que buscan optimizar el uso de los recursos naturales y garantizar una mayor sostenibilidad en la generación de energía. Entre las más destacadas están aquellas que, integradas en la actividad agrícola, posibilitan un uso más eficiente del agua y la tierra, además de promover la descentralización energética.



Sistemas tecnológicos para la resiliencia de la agricultura

Frederik Schönberger

Ingeniero Investigador del Área de Sistemas Fotovoltaico de Fraunhofer Chile.

En Fraunhofer Chile estamos comprometidos con el desarrollo y escalamiento de nuevas aplicaciones de la tecnología fotovoltaica y trabajamos para desplegar todo su potencial y ofrecer soluciones a los grandes desafíos que impone el cambio climático. Uno de los más apremiantes: la escasez de agua.

En esta línea, nos centramos en escalar los sistemas agrivoltaico (Agri PV) y los fotovoltaicos flotantes (Flotante PV), que poseen múltiples beneficios; entre ellos, eliminar la competencia por el terreno y contribuir a la descentralización de la matriz energética, permitiendo la producción de electricidad cerca de los puntos de consumo y reduciendo la evaporación del agua.

Estamos fortaleciendo la colaboración con universidades, empresas, el Estado y los centros de investigación, pues las soluciones requieren un trabajo interdisciplinario para responder de forma adecuada.

En el área agrivoltaica hemos avanzado con la propuesta de un *Policy Brief* para el Ministerio de Energía. Esto, porque necesitamos ajustar

los cambios y responder a un marco legal que apunta a una nueva forma de doble uso de suelo. De esta forma podremos producir más resultados que validen tanto su funcionamiento como sus beneficios en Chile.

Y seguiremos trabajando junto con otras instituciones y países interesados, consolidando a Fraunhofer Chile como un actor clave en el desarrollo de esta tecnología en la región.



© Fraunhofer Chile

Agri PV: energía fotovoltaica al servicio del sector agrícola

En 2018, Fraunhofer Chile implementó tres plantas piloto de agrivoltaico en Curacaví, El Monte y Lampa. Desde entonces, su objetivo ha sido impulsar el desarrollo de esta innovadora solución, que utiliza el mismo suelo para actividades agrícolas y la generación de electricidad, beneficiando a los cultivos y maximizando el uso del terreno.

Los sistemas agrivoltaicos (Agri PV) ofrecen un gran potencial para mitigar los efectos del cambio climático en la agricultura, tales como la escasez de agua, la excesiva irradiación solar u otros fenómenos meteorológicos, como el granizo, las lluvias y heladas que amenazan el rendimiento de los cultivos.

Su principio es el doble uso del suelo. Los paneles fotovoltaicos se integran en la agricultura –sobre o entre los cultivos– para combinar la producción agrícola y la generación de energía limpia en el mismo terreno. De esta forma, se evita la competencia por el mismo espacio y se produce la sinergia: mientras los módulos fotovoltaicos aprovechan la gran cantidad de luz

Estudios teóricos con arándanos

Escalar el Agri PV requiere contar con información de los efectos de este sistema en distintos tipos de cultivo. Para avanzar en esta línea, Fraunhofer Chile realizó el primer estudio teórico sobre su posible impacto en el cultivo de arándanos en Chile, confirmando sus enormes beneficios.

La investigación arrojó un potencial teórico de más de 13,44 GW_p en cerca de 19.000 hectáreas de huertos de arándanos, desde Coquimbo hasta Los Lagos, lo que constituiría un impresionante 22% de la generación eléctrica nacional actual.

Los agricultores podrían beneficiarse al reducir sus costos eléctricos mediante el autoconsumo de la energía producida o arrendando su terreno con el cofinanciamiento de los sistemas para vender energía a la red.

Además, el estudio demostró que la reducción de las tasas de evapotranspiración generada por la sombra de los paneles fotovoltaicos podría disminuir la demanda de riego en casi 18 millones de metros cúbicos al año; una cifra significativa en un país donde alrededor del 88% del consumo de agua dulce se destina a la agricultura.

entrante para generar electricidad, aportan sombra y a través de ella se disminuye potencialmente la evaporación de la humedad del suelo y la transpiración de agua de los cultivos.

Fraunhofer Chile implementó en 2018 tres plantas piloto, financiadas por el Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC-R) del Gobierno Regional Metropolitano.

Los lugares escogidos fueron Curacaví, Lampa y El Monte, con una capacidad instalada de 13 kW_p cada una, generando hasta 20,8 MWh/año y evitando así 8,8 toneladas de CO₂.

Durante este tiempo, las plantas piloto se han utilizado como laboratorios reales para estudiar las implicaciones de la agrivoltaica en la generación de energía solar y en la productividad agrícola.

Las investigaciones realizadas hasta ahora han validado el potencial sinérgico del Agri PV para la agricultura y el mercado fotovoltaico.

Una política pública para el agrivoltaico

En 2024, Fraunhofer Chile, junto a la *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH* y a la Universidad Federico Santa María, en el marco de la Energy Partnership Chile – Alemania, presentó el estudio “Agri PV: uso compartido de suelos para la agricultura y generación de energía solar fotovoltaica”.

El documento propone recomendaciones en el ámbito legal, financiero y social, para el desarrollo de una política pública que fomente esta tecnología.

Entre estas, adecuar el marco regulatorio chileno en base a una definición del Agri PV que lo diferencie jurídicamente de las tecnologías fotovoltaicas convencionales. Se plantea discutir la legislación que regula la interacción entre la producción de alimentos y la generación de energías renovables en el mismo suelo, y definir un sistema de control o incentivos para asegurar la continuidad de la actividad agrícola en sistemas Agri PV. También considera incluir al agrivoltaico en fondos nacionales de I+D+i.

Para empujar estas propuestas se propone la formación de una mesa de trabajo con actores multidisciplinarios, incluyendo al Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), el Ministerio del Medio Ambiente, Ministerio de Agricultura, Ministerio de Energía, la Comisión Nacional de Riego y entidades de investigación.

Explorador Agrosolar para evaluar soluciones fotovoltaicas en las comunas

Se trata de una iniciativa que busca informar sobre soluciones de energía solar fotovoltaica en terrenos agrícolas. Incluye cuatro sistemas innovadores para que los dueños de predios evalúen el potencial que más se adapte a sus necesidades.

El Explorador Agrosolar es una plataforma que pone a disposición información, de forma clara y sencilla, sobre distintas soluciones de energía fotovoltaica que pueden aplicarse a terrenos agrícolas.

Las opciones se dividen en cuatro tipos de sistemas: Agri PV en altura, Agri PV vertical, Agri PV en hileras y Flotante PV.

Al ingresar la ubicación (comuna) y el tamaño del predio, los agricultores pueden obtener información sobre el potencial de estos sistemas. Es una herramienta intuitiva donde se pueden simular los m² disponibles para una eventual instalación.

Fraunhofer Chile colaboró en la iniciativa desarrollada por el Ministerio de Energía, la Comisión Nacional de Riego y el Centro de Energía de la Universidad de Chile.

(<https://agrosolar.exploradorenergia.cl/>)

Planta piloto
con hortalizas
en Lampa:

187%

de aumento
en la eficiencia
del uso de suelo

40%

de disminución
de la irradiación solar

29%

en aumento
de la humedad
del suelo

31%

en la disminución
de la demanda
de riego





Flotante PV: ahorro de agua y acceso a energía eléctrica en zonas rurales

Financiado por el Fondo de Innovación para la Competitividad Regional (FIC-R) Metropolitano, Fraunhofer Chile implementó en 2020 una planta piloto fotovoltaica flotante en la comuna de Paine. El objetivo fue estudiar los beneficios de este sistema que no solo genera energía limpia a partir del sol, sino que también protege al agua de la evaporación.

El fotovoltaico flotante o Flotante PV es un concepto innovador consistente en la instalación de paneles solares sobre superficies acuáticas, como lagos, embalses o estanques. Ofrece el doble beneficio de generar energía renovable y mitigar la evaporación del agua, lo que es de gran relevancia en las zonas rurales.

Esta tecnología comparte la misma estructura y componentes básicos que un sistema fotovoltaico terrestre, lo que simplifica su implementación. La principal diferencia radica en que los paneles están instalados sobre una plataforma que flota en el agua.

En 2020, Fraunhofer Chile implementó un piloto en el tranque de la Comunidad de Agua Canal Hospital, en la comuna de Paine. Su objetivo fue demostrar la factibilidad técnica,

económica y legal del Flotante PV y generar conocimientos en el mundo del agro.

La planta consta de 30 paneles fotovoltaicos monocristalinos y ocupa una superficie total de 100 m². Tiene una capacidad de 16,2 kW_p, y está diseñada para generar aproximadamente 23,6 MWh/año.

Estudios demuestran que el mayor impacto se observa en una reducción de alrededor del 80% de la evaporación del agua. A su vez, que el agua puede tener un efecto refrescante en los paneles PV, bajando su temperatura en días soleados y calurosos entre 5° y 10 °C, permitiendo aumentar la eficiencia de la generación eléctrica.



©Fraunhofer Chile

El proyecto fue financiado por el FIC-R Metropolitano y desarrollado en colaboración con PUNTO SOLAR y DMC Consultores. Durante estos años Fraunhofer Chile ha transferido conocimiento a la Asociación Gremial de Riego y Drenaje (Agryd), que reúne a más de 130 consultoras, profesionales y técnicos ligados a sistemas de irrigación y gestión de agua para agricultura en general.

Un gran impacto

En un reciente estudio, los investigadores de Fraunhofer Chile cuantificaron el impacto de la tecnología Flotante PV en la zona cubierta por los paneles, concluyendo que la evaporación del agua puede reducirse en hasta un 81%.

Allí se monitorearon durante 280 días los datos climáticos y el comportamiento del sistema. A partir de esta información, se realizó una proyección del efecto de la planta flotante en la evaporación a escala industrial.

Los resultados indicaron que, en una superficie de agua de una hectárea sin Flotante PV, la evaporación estimada en el período analizado era de 16.000 m³. Mientras que, bajo el sistema flotante, era solo de 3.000 m³. Este ahorro satisfaría la demanda hídrica para el cultivo de 1,5 hectáreas de hortalizas, como lechugas, con el método hidropónico, durante todo el año.

El sistema Flotante PV puede reducir la evaporación del agua en hasta un 81% en la superficie cubierta en la zona central de Chile.

Se estima que el Flotante PV mejora la eficiencia en la generación de electricidad y el uso de agua:

Evaporación evitada
10.000
m³/hectárea/año

Limpieza eficiente
90%
en el uso de agua

Refrigeración de paneles PV
-5° a 10°
temperatura en operación en verano



Transferencia de conocimientos de **Agri PV** a Minas Gerais

Desde agosto de 2023, Fraunhofer Chile colabora en un proyecto de investigación que se extenderá por 40 meses en Minas Gerais, Brasil. El objetivo es evaluar la viabilidad técnica y económica del concepto Agri PV en el contexto local a través de la implementación de tres pilotos en dos campos experimentales.

Junto a Fraunhofer ISE realizará actividades de capacitación, diseño y definición de estrategias de medición, además de la evaluación del desempeño en operación a través del análisis remoto de datos.

La iniciativa busca transferir conocimientos desde Alemania y Chile a Brasil, en colaboración con la Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig) y la Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig) en Minas Gerais, Brasil.

El proyecto cuenta con el respaldo financiero de la Agencia Estatal de Investigación y Desarrollo de Minas Gerais (Famamig) y Cemig.

Urban Farm: nuevas formas de cultivar hortalizas en la ciudad

Fraunhofer Chile desarrolló en 2019 dos pilotos productivos bajo el concepto Urban Farm PV, sistema que combina la hidroponía vertical con la energía solar fotovoltaica en un ambiente controlado. El objetivo fue estudiar, analizar y optimizar el consumo energético e hídrico de estos cultivos.

Con el financiamiento del Gobierno Regional Metropolitano, el primer piloto se instaló en la Municipalidad de Quinta Normal, bajo un modelo comunitario, donde los vecinos recibieron capacitaciones para que pudieran operar el módulo y así cultivar sus propios alimentos.

Este contó con un sistema de hidroponía, con una capacidad de 300 lechugas y una plantinera automatizada. Los equipos de iluminación presentes en el módulo tenían 24 barras LED, lo que permitió controlar y optimizar el crecimiento y la producción vegetal, a través de un espectro específico para las plantas.

Sobre el contenedor se instalaron 12 paneles PV de 320 W_p, sumando una capacidad de 3.820 W_p de potencia. Los módulos fotovoltaicos se instalaron sobre una estructura de madera que diseñó el Centro de Innovación en Madera de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Un segundo piloto fue transferido a Urbana Grow, PYME conformada por un grupo de jóvenes emprendedores de la Región Metropolitana.

~6

Las moléculas
de la transición
energética



Abriendo rutas **Power-to-X**

La producción de energía renovable y su integración en la matriz energética es un primer paso para alcanzar las metas de carbono neutralidad que Chile se ha propuesto. El desafío reside ahora, paralelamente, en buscar alternativas para aquellos sectores clave de la economía que por su alto consumo energético son muy complejos de electrificar. Entre ellos, la aviación, el transporte de larga distancia, maquinaria pesada y equipos móviles de alta potencia, la industria marítima, la minería o la agroindustria.

Para estos, las rutas Power-to-X (PtX) ofrecen un potencial significativo. Estas tecnologías permiten la conversión de energías renovables en moléculas que pueden actuar como vectores energéticos flexibles, como el hidrógeno verde y sus derivados (combustibles sintéticos). Además, pueden insertarse directamente o con pocas modificaciones en las cadenas de valor actuales, facilitando su adopción por parte de la industria.

El Área de Nuevas Tecnologías de Fraunhofer Chile nació para asumir ese reto, creando soluciones y estrategias diversas que impulsen la producción de estas moléculas, aún están en una fase inicial de su desarrollo industrial. Estas requieren investigación aplicada, pruebas y pilotaje con la industria para despegar.



Las moléculas de la nueva era energética

Marco Vaccarezza

Líder del Área de Nuevas Tecnologías de Fraunhofer Chile.

Chile se encuentra en un momento crucial para su futuro energético. Actualmente, su matriz energética depende en un 50% o más, aproximadamente, de combustibles fósiles importados. Esta realidad genera vulnerabilidades frente a las fluctuaciones internacionales de precios y restringe las posibilidades de avanzar hacia un sistema más sostenible.

Sin embargo, el país posee recursos naturales excepcionales, como una alta capacidad solar y eólica, así como significativos recursos hidroeléctricos. Esto ha permitido, sin duda alguna, un gran avance en la incorporación de energías renovables en el sector eléctrico.

A pesar de ello, persisten importantes desafíos en la descarbonización de sectores complejos de electrificar, como el transporte pesado y procesos industriales intensivos en consumo de energía. Para estos sectores se necesitan soluciones innovadoras y ahí, los combustibles sostenibles derivados del hidrógeno verde y los biocombustibles se perfilan como alternativas viables para reducir emisiones, aprovechar las cadenas de suministro existentes y facilitar la transición hacia una economía baja en carbono.

Su adopción a gran escala enfrenta desafíos técnicos, económicos y operativos que requieren de investigación aplicada.

El Área de Nuevas Tecnologías de Fraunhofer Chile está desarrollando proyectos para abordar estos retos, trabajando en iniciativas conjuntas con la industria que van desde estudios de prefactibilidad hasta el diseño e implementación de pilotos industriales.

Nuestro enfoque incluye el desarrollo de modelos de negocio, análisis técnico-económicos y la modelación y simulación de procesos químicos para adaptar tecnologías a las necesidades específicas de los sectores industriales, maximizando la reducción de la huella de carbono al menor costo posible.

La innovación tecnológica apunta a descarbonizar nuestra matriz energética, pero también, gracias a los excepcionales recursos naturales que tenemos, ofrece la oportunidad de convertir a Chile en un exportador neto de energías limpias mediante vectores energéticos basados en hidrógeno renovable y sus derivados, como metanol, amoníaco, dimetil éter, entre otros.

En ello estamos trabajando.

POWER-to-MeDME:

la Red Fraunhofer en acción

Un gran consorcio chileno-alemán trabaja para optimizar los procesos en la producción de H₂v y sus derivados: metanol y dimetil éter. La meta es acelerar la sustitución de los combustibles fósiles en la minería y otros sectores industriales difíciles de electrificar.

En enero de 2024, expertos de siete institutos de la red Fraunhofer-Gesellschaft comenzaron a trabajar en el proyecto Power-to-MeDME, cuyo objetivo es aumentar la eficiencia y reducir los costos de los distintos procesos involucrados en la fabricación de metanol y dimetil éter (DME) a partir de hidrógeno verde. Con ello, facilitar su producción a gran escala.

El metanol puede usarse como combustible marítimo, en la producción de jet fuel sintético para la aviación, gasolina, diésel limpio y como materia prima química, mientras que el dimetil éter es ideal para procesos de alta temperatura, reemplazo de gas licuado de petróleo (GLP), sustitución de diésel en motores y como molécula plataforma para sintetizar otros combustibles sustentables. Ambos son clave para descarbonizar sectores difíciles de electrificar.

La idea del proyecto Power-to-MeDME partió en Fraunhofer Chile y se transformó en este gran consorcio en el que además colaboran la Universidad RWTH de Aquisgrán, los institutos de investigación en aprendizaje y economía educativa RILL y FiBS, la Cámara Chileno-Alemana de Comercio e Industria, AHK Chile y la Universidad Adolfo Ibáñez.

Con más de 11 millones de euros aportados por el Ministerio Federal de Educación e Investigación de Alemania, los investigadores están abarcando toda la cadena de valor. Desde la electrólisis para la producción de hidrógeno verde, pasando por la captura del CO₂ que se requiere en la síntesis del metanol, hasta la generación del DME.

Fraunhofer IEE lidera la componente I+D del proyecto, mientras que Fraunhofer Chile trabaja en la integración local de este, que apunta al desarrollo de una planta piloto industrial en el norte de Chile.

El estudio también incluye aspectos económicos, logísticos, socioeconómicos y de capital humano en la producción de gran escala. También, el análisis y preparación de una ruta de exportación de hidrógeno verde hacia Alemania.

Complementario a Power-to-MeDME, Fraunhofer Chile y Fraunhofer ISE están trabajando en el proyecto PACT DIALOG que evalúa oportunidades de negocio para la producción de dimetil éter y explora rutas de Power-to-X que faciliten la descarbonización en Chile y Alemania.



©Fraunhofer Chile



Lars Metkemeyer

Project Manager
del Área de Nuevas
Tecnologías en
Fraunhofer Chile.

“En esta colaboración, la innovación y las mejores prácticas fluyen en ambas direcciones”

Nuestra colaboración con los institutos Fraunhofer en Alemania ha sido fundamental para vincular actores clave en Chile y Alemania y fomentar sinergias entre la industria, el gobierno y la investigación, y abrir nuevas vías para la producción y aplicaciones a partir de estas moléculas.

Fraunhofer Chile actúa como un enlace estratégico, asegurando que el conocimiento de vanguardia de Alemania sea transferido y adaptado al contexto chileno. Al mismo tiempo, nuestro equipo altamente motivado en Fraunhofer CSET en Chile aporta valiosa experiencia local, proporcionando información sobre las condiciones y oportunidades únicas para el desarrollo de PtX en América Latina.

Esta colaboración es un proceso dinámico en el que la innovación y las mejores prácticas fluyen en ambas direcciones, fortaleciendo la cooperación bilateral en la economía del hidrógeno.



Robert Szolak

Director del Departamento
de Productos de Síntesis
Sostenible en la División de
Tecnologías de Hidrógeno,
Fraunhofer ISE.

“Chile está en una posición privilegiada para desarrollar un centro de PtX”

Nuestros esfuerzos de colaboración con Fraunhofer Chile a lo largo de los años han sido muy significativos. Esta asociación ha sido fundamental para avanzar en soluciones innovadoras que abordan desafíos críticos en el sector energético.

Power-to-MeDME ejemplifica la importancia de nuestra colaboración. Esta iniciativa no solo muestra nuestro compromiso conjunto con prácticas energéticas sostenibles, sino que también este proyecto subraya el papel crucial de Chile en la estrategia de hidrógeno de Alemania.

Con sus abundantes recursos renovables, el país está en una posición privilegiada para desarrollar un centro de PtX que le permita, por un lado, convertirse en independiente de las importaciones de energía y, por otro, exportar hidrógeno y sus derivados.

De cara al futuro, me entusiasman las oportunidades que se avecinan para seguir colaborando. Las sinergias entre nuestras organizaciones contribuirán sin duda al éxito de la estrategia de hidrógeno y al establecimiento de un futuro centro de PtX en Chile.

Felicitaciones a Fraunhofer CSET por este notable hito. Espero con interés nuestra alianza continua y los proyectos de gran impacto que llevaremos a cabo juntos.

Estudio para la reconversión de centrales termoeléctricas

Fraunhofer Chile aportó su experiencia en modelamiento y simulaciones, con un enfoque particular en hidrógeno verde y sus derivados.

El trabajo incluyó la evaluación del uso de combustibles sostenibles en conjunto con gas natural o carbón, analizando variables clave, como la eficiencia térmica del sistema y las propiedades de los gases emitidos, incluyendo también el análisis de aspectos logísticos y de la disponibilidad de dichos posibles combustibles alternativos y sostenibles.

Fraunhofer Chile aportó su experiencia en modelamiento y simulaciones, con un enfoque particular en el hidrógeno verde y sus derivados. Se analizaron casos como la cocombustión de hidrógeno verde con gas natural, así como la combustión conjunta de amoníaco verde con carbón.

Este estudio permitió identificar las alternativas de reconversión más viables desde un punto de vista técnico, las que incorporarán además consideraciones sobre los impactos sociales y económicos en las comunidades relacionadas.

Cristóbal Venegas

Ingeniero Investigador
del Área de Nuevas
Tecnologías
Fraunhofer Chile.



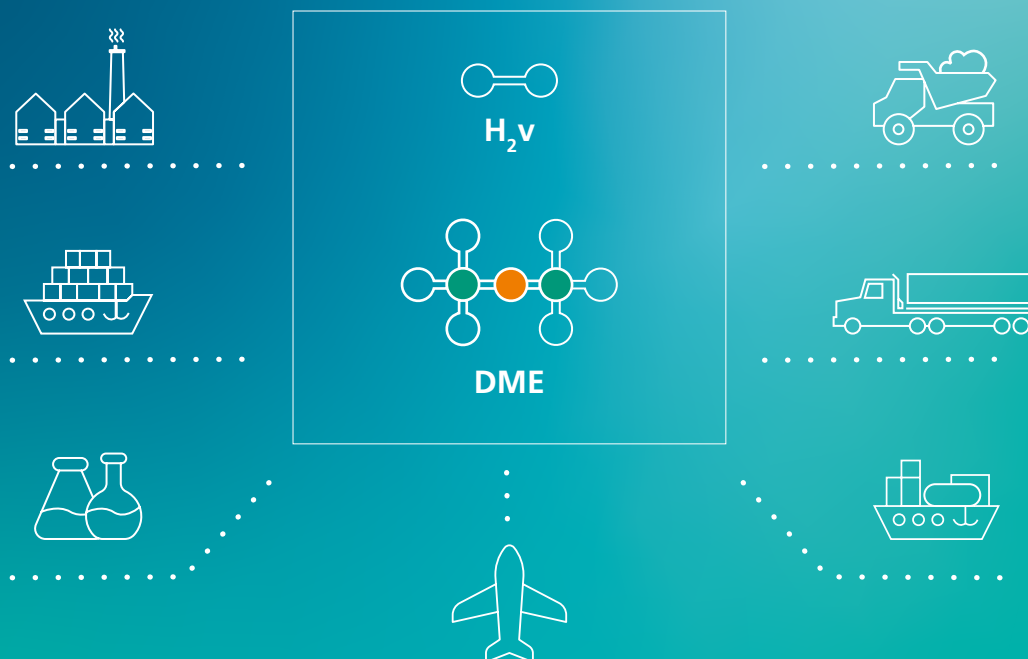
“Estoy muy satisfecho con los resultados y del trabajo conjunto con los equipos de las universidades”

Las alternativas estudiadas en esta investigación incluyeron distintos niveles de madurez, niveles de emisiones de gases de efecto invernadero, y diferentes procedimientos logísticos para la recepción de los combustibles considerados. Además, de soluciones enfocadas en hidrógeno verde y derivados se consideraron otras opciones, como el almacenamiento de la energía térmica en sales fundidas.

Junto con el estudio de factibilidad técnica, se propuso un plan de reconversión que consideró alternativas que van desde un alto nivel de reutilización de componentes de la central, hasta otras que implican su cierre definitivo, para hacer solo uso del terreno.

Estoy muy satisfecho con los resultados y del trabajo conjunto con los equipos de las universidades, con quienes logramos interesantes resultados en este estudio.

MOLÉCULAS CLAVE PARA LA DESCARBONIZACIÓN



Hub de Hidrógeno verde en Antofagasta

El Centro Científico Tecnológico Región de Antofagasta, CICITEM, el Club de Innovación y Fraunhofer Chile llevaron a cabo el proyecto Hub de Hidrógeno Verde Antofagasta, cuyo objetivo fue impulsar el desarrollo sostenible y la competitividad de la industria del H_2v en la zona.

La iniciativa tuvo una duración de dieciocho meses, período en el que Fraunhofer Chile llevó a cabo un exhaustivo levantamiento de información para identificar las brechas y dificultades del mercado que obstaculizaban el desarrollo de esta industria. En conjunto, se realizaron análisis y cuantificación de casos de uso relacionados con este recurso y los servicios tecnológicos asociados.

La recopilación de estos datos tuvo como propósito impulsar la creación de un ecosistema regional enfocado en toda la cadena de valor del hidrógeno, promoviendo la colaboración y las sinergias entre los sectores público, privado y académico.



~7

Minerales
críticos





Innovación para los **minerales críticos**

La transición energética global hacia un futuro bajo en carbono depende, en gran medida, de la disponibilidad y suministro sostenible de minerales críticos. Elementos como el litio, el cobre, el cobalto y las tierras raras son componentes esenciales en tecnologías clave, como baterías para vehículos eléctricos, turbinas eólicas y paneles solares.

Sin embargo, su extracción y procesamiento plantean importantes desafíos ambientales, sociales y tecnológicos que deben ser abordados para garantizar una transición sostenible.

Fraunhofer Chile está potenciando esta nueva línea de trabajo, aportando su *know how* en alianzas locales e internacionales, impulsando el desarrollo tecnológico en el ámbito del litio y la recuperación de minerales críticos.

Fraunhofer y la UCN: una alianza estratégica para el futuro de las baterías de litio

Segunda vida para baterías de litio y la implementación del centro Lithium I+D+i, son dos iniciativas que reflejan el trabajo conjunto de estas instituciones.

Las baterías de litio desempeñan un papel esencial en la integración de energías renovables dentro de la matriz energética global, sin embargo, también plantean desafíos importantes en términos de impacto ambiental y riesgos para la salud humana si no se gestionan adecuadamente.

Esto pone de manifiesto la importancia de desarrollar tecnologías innovadoras y promover un uso y manejo responsable de estos recursos. Además, se plantea el desafío de buscar formas eficientes para agregar valor local en la industria del litio.

Ha sido el objetivo del trabajo conjunto entre Fraunhofer Chile, Fraunhofer ISE y la Universidad Católica del Norte (UCN), que busca fortalecer las capacidades tecnológicas de la Región de Antofagasta, potenciando la posición estratégica de Chile como uno de los principales productores de litio en el mundo. Aquí, dos iniciativas que muestran los frutos de esta alianza.

Una segunda vida para las baterías de litio

2024 finalizó con una gran noticia para el trabajo conjunto que llevan adelante Fraunhofer Chile y la UCN: el Parque Científico Tecnológico UCN se adjudicó uno de los siete proyectos de los “Desafíos de I+D” con fondos provenientes de los contratos del litio con SQM y Albemarle, que Corfo puso a disposición. Se trata del proyecto Segunda Vida para las Baterías de Litio, cuyo objetivo es implementar

un plan estratégico para la reutilización de baterías de litio provenientes de automóviles y autobuses eléctricos, y generar soluciones de almacenamiento energético eficientes y sustentables, altamente necesarias para optimizar la incorporación de energías renovables en la matriz energética.

El proyecto se llevará a cabo en colaboración con Fraunhofer ISE y el Instituto Lithium I+D+i de la UCN y cuenta, además, con la participación de la empresa nacional Andesvolt, con sede en la ciudad de Valdivia.

Instituto Lithium I+D+i

En la misma línea de este trabajo conjunto, Fraunhofer ISE y Fraunhofer Chile colaboraron en la implementación del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación en Baterías de la UCN, Lithium I+D+i.

Su objetivo principal es mejorar la eficiencia y sostenibilidad de las baterías de litio a través de la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías y procesos.

Esto se realizará mediante la creación de materiales y diseños de baterías más eficientes, el escalamiento de nuevos diseños de celdas de baterías, la innovación en procesos de reciclaje para recuperar minerales críticos y la optimización de procesos y redes a través del modelamiento matemático y análisis de mercado y regulación.



Marco Vaccarezza
Líder del Área de
Nuevas Tecnologías
de Fraunhofer Chile.



Hernán Cáceres
Director Ejecutivo
del Instituto Nacional
de Litio y Salares.

“Se abren nuevas posibilidades de transferencia tecnológica y cooperación internacional”

El proyecto *Second Life Battery* es un hito muy relevante en nuestra colaboración con la Universidad Católica del Norte, donde Fraunhofer ISE juega un rol crucial como líder mundial en desarrollo, prueba y certificación de sistemas de baterías.

Es una gran oportunidad para aprovechar estas capacidades y desarrollar tecnologías avanzadas en la Región de Antofagasta, como sucedió también en la implementación del Instituto del Litio de la UCN. Con él se abren nuevas posibilidades de transferencia tecnológica y cooperación internacional en un tema estratégico a nivel global.

“Veo un enorme potencial para fortalecer nuestra colaboración en el desarrollo tecnológico del litio y la gestión sostenible de los salares”

Desde el Instituto Nacional de Litio y Salares (INLiSa), quiero felicitar a Fraunhofer Chile por sus 10 años de trayectoria en el país. Su compromiso con la investigación aplicada y la innovación ha sido un pilar fundamental para el desarrollo sostenible de diversas industrias, incluyendo la energía y los recursos naturales.

Mi experiencia pasada en la Universidad Católica del Norte y el Parque Científico Tecnológico (PCT) me ha permitido conocer de cerca el impacto de su trabajo y su capacidad para conectar la ciencia con el sector productivo. Ahora, en este nuevo desafío al frente de INLiSa, veo un enorme potencial para fortalecer nuestra colaboración en el desarrollo tecnológico del litio y la gestión sostenible de los salares.

Esta relación representa una valiosa oportunidad para acercar a Chile y Alemania en un objetivo común: combatir el cambio climático.

El futuro de la industria del litio en Chile demanda ciencia, tecnología y cooperación internacional. Estoy convencido de que Fraunhofer Chile seguirá siendo un aliado estratégico en este camino y que seguiremos construyendo juntos un futuro más sostenible.



Dr. Moritz Kroll
Jefe del Equipo de
Ciencia de Datos de
Baterías de la División
de Soluciones Energé-
ticas, Fraunhofer ISE.

“Valoramos profunda- mente la pericia científi- ca de Fraunhofer Chile y su capacidad de generar redes en la región”

En los últimos años, hemos ampliado significativamente la colaboración entre el área de negocio de Almacenamiento de Energía Eléctrica de Fraunhofer ISE y Fraunhofer Chile.

Juntos, apoyamos a la Universidad Católica del Norte (UCN) en Antofagasta en el establecimiento de un nuevo centro para baterías de iones de litio y esta estrecha cooperación se refleja ahora en el nuevo proyecto *Second Life Battery* en el que nuevamente participaremos.

Chile tiene un enorme potencial para la generación de energías renovables y desempeña un papel clave en la extracción de sales de litio para baterías. Esto lo convierte en un lugar excepcional para la investigación sobre la integración del almacenamiento de energía eléctrica en la red.

Valoramos profundamente la pericia científica de Fraunhofer Chile y su capacidad de generar redes en la región. ¡Felicitaciones por el aniversario! Esperamos seguir colaborando y compartiendo éxitos en el futuro.



OPTIMINER:

sostenibilidad en la recuperación de minerales críticos

Fraunhofer Chile es parte del consorcio internacional que desarrolla OPTIMINER, un proyecto de Horizonte Europa que busca optimizar la recuperación de minerales críticos de manera sostenible.

Los minerales críticos (CRMs), como el cobre, litio, cobalto, tungsteno, magnesio y neodimio, entre otros, son fundamentales en el desarrollo de tecnologías limpias, como baterías, electrolizadores, vehículos eléctricos, iluminación LED y paneles solares. Su creciente demanda, impulsada por la transición energética, ha generado un interés global por garantizar su suministro y mejorar su extracción y reciclaje.

En este contexto, nace el proyecto OPTIMINER, financiado por Horizonte Europa, que busca optimizar la recuperación de minerales críticos, tanto desde yacimientos como desde relaves, de forma sustentable y sostenible.

La iniciativa comenzó su ejecución en enero de 2025 y reúne a un consorcio internacional integrado por veinte entidades (académicas, centros de investigación y empresas) del que forma parte Fraunhofer Chile, Fraunhofer ISE y la Cámara Chileno-Alemana de Comercio e Industria, AHK Chile.

A través de tecnologías avanzadas como *machine learning*, OPTIMINER se propone optimizar los procesos de extracción en la minería, el uso de la energía, el agua y la valorización de residuos por medio de procesos competitivos y respetuosos con el medio ambiente.

El proyecto contempla el desarrollo de sistemas de recuperación que serán probados

y validados en diversos entornos mineros mediante prototipos especialmente diseñados para estos fines. Los ensayos preliminares permitirán validar tecnologías como la separación inteligente de valiosos y el *bioleaching*, asegurando que los procesos sean efectivos y cumplan con altos estándares de sustentabilidad.

OPTIMINER incluirá un caso de estudio en Chile que será clave al aportar información que complementará los hallazgos internacionales. Se realizará en la Minera Hasparren, dedicada a procesar minerales sulfurados de cobre, oro y plata de pequeños productores de la zona de Petorca.

Países que participan: Grecia, Bélgica, España, Alemania, Polonia, Austria, Finlandia y Chile.



Christian Larsen
Líder de Estrategia
Corporativa en
Fraunhofer Chile.



“Esta es una oportunidad de capitalizar las capacidades que Fraunhofer Chile ha desarrollado a lo largo del tiempo”

El proyecto OPTIMINER representa una oportunidad clave para capitalizar las capacidades desarrolladas por Fraunhofer Chile en materias de investigación y desarrollo aplicado, respaldando soluciones sostenibles e innovadoras en la minería, con un enfoque en materias como *machine learning*, ciencia de datos, sensores, eficiencia energética y tratamiento de agua.

OPTIMINER permite a Fraunhofer Chile aprovechar su comprensión de los procesos industriales para liderar avances tecnológicos, conducentes a la recuperación de CRMs y optimización de recursos. Además, este proyecto potencia y consolida su rol como puente bidireccional entre América Latina y Europa, contribuyendo al fortalecimiento de la cooperación estratégica entre la Unión Europea y Chile, conectando oportunidades locales e internacionales.



Dr. Joachim Koschikowski
Jefe del Grupo de Investigación y Desarrollo de Tratamiento y Separación de Aguas en Fraunhofer ISE.

“La colaboración y el desarrollo conjunto de nuevas tecnologías son fundamentales”

En nuestro grupo de trabajo nos dedicamos al desarrollo de tecnologías para un suministro sostenible de agua para uso residencial e industrial. Al mismo tiempo, buscamos cerrar los ciclos de materiales y recuperar recursos valiosos presentes en aguas residuales y salmueras.

Este enfoque es especialmente relevante para Chile considerando su rol como proveedor de minerales estratégicos, como el litio y el cobre, esenciales en la transición energética. Europa, y particularmente Alemania, se benefician significativamente de estos recursos, lo que nos motiva a contribuir al desarrollo de una minería más sostenible en Chile y continuar trabajando con Fraunhofer Chile como hemos hecho durante todos estos años.

Para lograr este objetivo, la colaboración y el desarrollo conjunto de nuevas tecnologías son fundamentales, un esfuerzo que estamos implementando actualmente a través del proyecto OPTIMINER de la Unión Europea



Álvaro Cruz Martínez
Gerente General de
Minera Hasparren.

“OPTIMINER podría abrir nuevas oportunidades de mercado para las pequeñas mineras”

La pequeña minería tiene un rol relevante en la industria, y puede transformar su menor escala en una ventaja al facilitar la prueba e implementación de tecnologías en condiciones más simples y expeditas que en actores de mayor tamaño. Esto favorece su desarrollo y supervivencia.

Bajo esta filosofía, durante una sequía histórica en 2022, introdujimos una innovadora tecnología de centrifugado para deshidratar relaves, incrementando la reutilización de agua y gestionándolos de forma segura y sostenible.

Hoy, OPTIMINER tiene el potencial de ampliar el espectro de minerales valiosos aprovechando nuestra experiencia en el procesamiento de una diversidad de minerales. Esto podría abrir nuevas oportunidades de mercado para las pequeñas mineras, lo que trasciende a nuestra compañía y nos motiva a colaborar activamente.



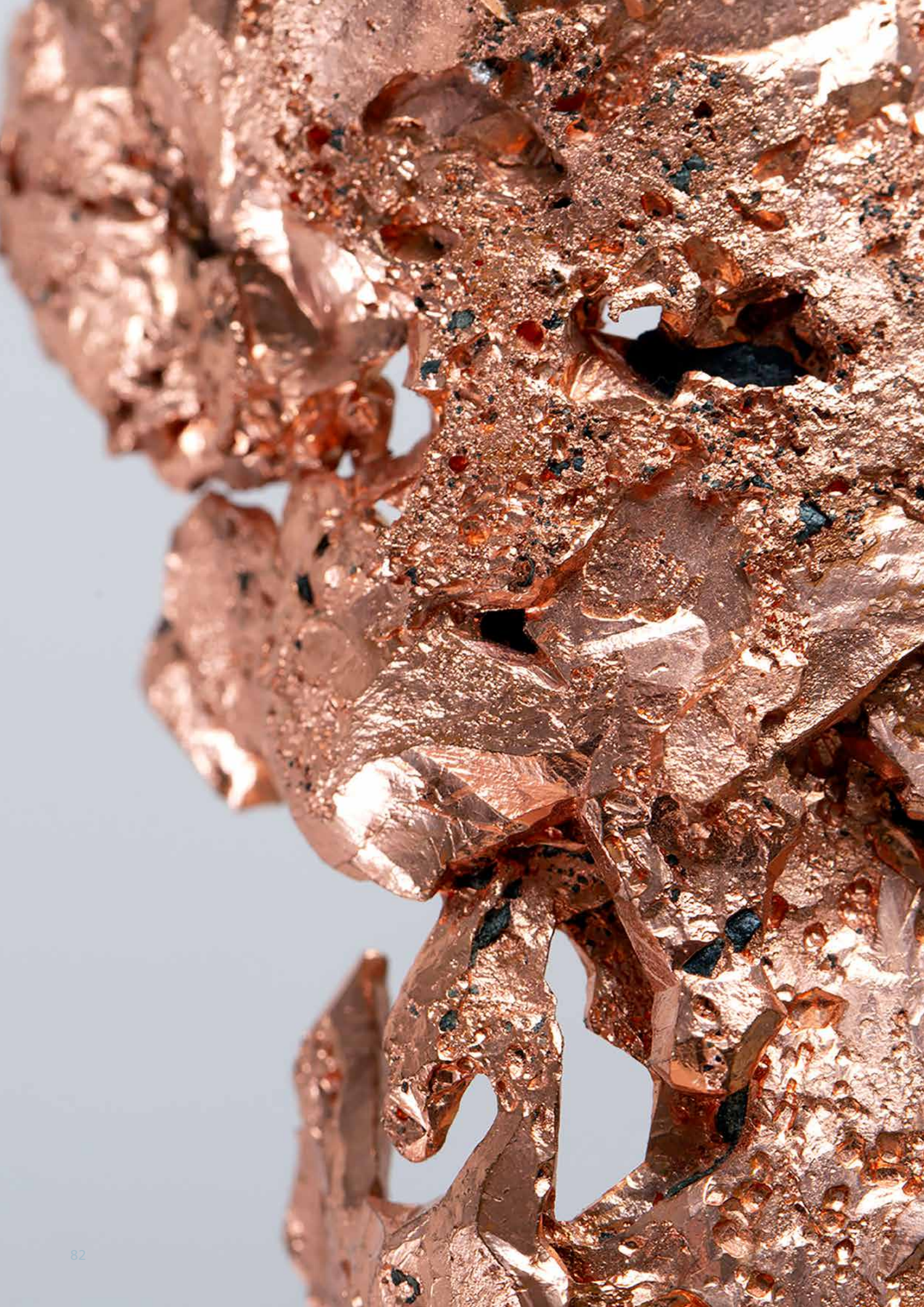
Iris Wunderlich
Project Leader Mining &
Sustainability en AHK Chile.

“Esta iniciativa nos permitirá fortalecer los lazos de cooperación con la Unión Europea en el ámbito de los CRMs”

La Cámara Chileno-Alemana de Comercio e Industria (AHK Chile) se une nuevamente a una iniciativa que permitirá fortalecer los lazos de cooperación entre la Unión Europea y Chile en el ámbito de los recursos minerales.

Nuestro rol en OPTIMINER será aportar con nuestra amplia red de *stakeholders* en la minería, facilitando instancias de diálogo para impulsar el intercambio de conocimiento y la transferencia tecnológica, en un trabajo conjunto con Fraunhofer Chile.

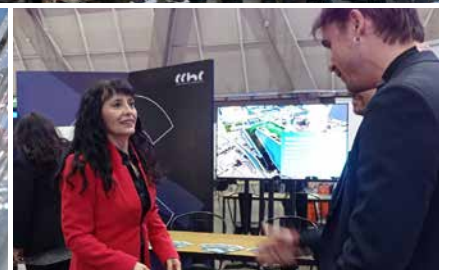
El objetivo que nos une es avanzar hacia una producción más eficiente, sustentable y responsable, con mayores porcentajes de recuperación de minerales críticos, en línea con la transición verde con la que estamos comprometidos.

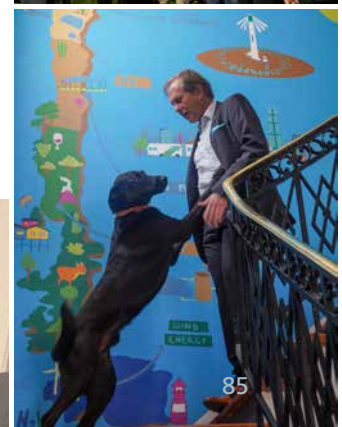




~8

Conectados





Trabajar con otros está en nuestro ADN

Hemos llegado aquí junto a una gran diversidad de instituciones y personas: universidades, centros de investigación, empresas, asociaciones, comunidades y organismos del Estado; redes que constituyen el ecosistema de innovación nacional y con quienes impulsamos las transformaciones que se requieren para avanzar en la transición energética.

Estamos conectados a lo largo del territorio, especialmente con la Región de Antofagasta, donde colaboramos activamente en distintos proyectos, a partir de su enorme potencial minero y energético. Así, somos parte de las 24 instituciones cofundadoras que están dando forma al Instituto de Tecnologías Limpias (ITL), cuyo propósito es agregar valor a sus recursos naturales.

Nuestra ventana también está abierta al mundo y se refleja no solo en nuestra colaboración con Alemania, sino también con la amplia red de universidades, organismos y consorcios internacionales.

Con todos ellos trabajamos integrando los intereses locales y globales, conectando las necesidades y capacidades de unos con otros.

Los vínculos y la colaboración permanente generan la sinergia que hacen posible el éxito de Fraunhofer Chile.



Francisco Martínez

Decano de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

.....

"Desde su llegada a Chile, ha existido un creciente trabajo de cooperación entre Fraunhofer Chile y nuestra Casa de Estudios; lleva siete años siendo parte del centro FONDAP SERC Chile y la Universidad de Chile es coejecutora del Centro de Excelencia de Fraunhofer con ANID.

Fraunhofer Chile integra también el recientemente creado Instituto de Tecnologías Limpias (ITL), donde la Universidad de Chile es institución fundadora. Participa en el centro SEDA junto a otras 18 universidades, con quienes inauguramos una primera planta solar CPV en Laguna Carén.

Nuestra futura colaboración es promissoria, pues juntos postulamos a tres centros nacionales: en energía solar SERC-Chile; en generación distribuida SEDA; y en innovación SENET. Así, hemos ido construyendo una alianza estratégica para el desarrollo de I+i+D que esperamos se proyecte en el largo plazo, fortaleciendo los lazos entre Chile y Alemania".



Rodrigo Alda

Académico de la Facultad de Economía y Administración de la Universidad Católica del Norte.

.....

"Como exrector de la Universidad Católica del Norte, valoro a Fraunhofer Chile como un socio estratégico fundamental, especialmente en áreas como el litio y las tecnologías emergentes.

Gracias al esfuerzo conjunto, pudimos impulsar nuevas soluciones en almacenamiento de energía y economía circular. Fraunhofer Chile ha sido, sin duda, un puente esencial hacia el ecosistema Fraunhofer en Alemania, permitiendo fortalecer capacidades en investigación aplicada y desarrollo tecnológico. Este vínculo no solo ha beneficiado a la universidad, sino que ha generado un impacto significativo en el ecosistema de innovación en Chile, promoviendo soluciones que responden a los desafíos de la industria y la sociedad.

Felicito a Fraunhofer Chile por esta primera década de contribuciones y espero que siga aportando a la construcción de un futuro de innovación, desarrollo y colaboración".



Pedro Bouchon

Vicerrector de Investigación de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

.....

"Desde 2015, con la instalación de CSET de Fraunhofer Chile en el Centro de Innovación UC Anacleto Angelini, hemos construido una alianza estratégica relevante para el desarrollo de la industria solar en Chile. Hemos impulsado proyectos de I+D, publicado investigaciones de alto impacto y fortalecido la cooperación internacional. Nuestra avanzada infraestructura ha sido un pilar para el desarrollo de la energía solar en el país, fomentando sinergias con el Centro de Energía UC y potenciando la transferencia tecnológica con un claro enfoque en la industria.

Hoy, la colaboración evoluciona con iniciativas como ITL y SEDA, junto a otros actores estratégicos y lo más valioso ha sido consolidar un modelo de cooperación internacional con Fraunhofer Chile, demostrando que la innovación y el impacto nacen del trabajo conjunto".



Rodrigo Palma

Director de SERC Chile, académico de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

"Con Fraunhofer Chile compartimos un interés común, que es impulsar el desarrollo de la energía solar en nuestro país. Este interés se ha expresado a través del tiempo en una diversidad de proyectos compartidos, muchos de ellos al alero del Centro de Energía de la Universidad de Chile y otros tantos, por medio de la creación de redes.

En este contexto, CSET ingresó a SERC Chile para aportar al conocimiento de la energía solar, particularmente en la línea de investigación de almacenamiento térmico, entregando, además, una perspectiva desde la ciencia aplicada a los sectores industriales. Nuestro trabajo conjunto se ha ido ampliando hacia otras áreas y esperamos que en esta nueva etapa siga creciendo".



Daina Neddemeyer

Head of Energy Partnership Chile-Alemania (GIZ).

"Junto a Fraunhofer Chile estamos impulsando una política pública que permita el desarrollo de los sistemas agrofotovoltaicos y su aplicación en Chile, lo que comenzamos con un primer informe (*Policy Brief*) en el que también participó la Universidad Federico Santa María, en el marco de la Energy Partnership Chile-Alemania.

Esta investigación entrega información valiosa y propone recomendaciones concretas, incluyendo aspectos legales, financieros y sociales, que fomenten su uso en Chile.

Nuestra colaboración continuará conjuntamente con la Energy Partnership para el Ministerio de Energía de Chile y esperamos seguir viendo sus frutos".



Ursula Brendecke

Directora Adjunta de la Representación del Estado de Bayern para Sudamérica.

"Fraunhofer es un pilar fundamental del ecosistema alemán de innovación aplicada, y su expansión a América Latina, con base en Chile, refleja la estrategia conjunta de desarrollar investigación aplicada de excelencia en mercados clave, facilitando el diálogo entre ciencia y empresa y aportando soluciones concretas a desafíos globales como la transición energética.

Expresamos nuestro reconocimiento a Fraunhofer Chile, CSET, por sus 10 años y reafirmamos nuestro compromiso de seguir impulsando alianzas entre Alemania y Chile, conectando instituciones y empresas alemanas con actores clave del ecosistema chileno y latinoamericano de ciencia, tecnología e innovación".





Una década formando capital humano especializado

Prof. Wikus van Niekerk

PrEng | PhD | Exec MBA en Stellenbosch University
Miembro del Consejo Científico de Fraunhofer Chile.

Ha sido un honor servir como miembro del Consejo Científico Asesor del Centro de Tecnologías para la Energía Solar (CSET) desde 2016.

Durante este tiempo, he tenido el privilegio de presenciar su notable desarrollo bajo la dirección de tres líderes, evolucionando hasta convertirse en un centro de investigación independiente y autosustentable, desempeñando un papel fundamental en el avance del sector de energías renovables en Chile.

CSET ha realizado valiosas contribuciones a las universidades chilenas a través de la docencia, el apoyo a proyectos estudiantiles y la formación de jóvenes ingenieros y científicos en colaboración con experimentados profesionales de la industria. Esto resulta clave para el establecimiento de un nuevo sector energético, al garantizar la disponibilidad de personal técnico altamente capacitado. Además, su firme compromiso con la industria ha permitido promover activamente la energía solar y brindar asesoría experta tanto al sector privado como al público. Este modelo de trabajo se fortalece gracias a la colaboración con la reconocida Fraunhofer-Gesellschaft de Alemania, lo que asegura la vanguardia de su innovación tecnológica.

Extiendo mis más sinceras felicitaciones al equipo humano por su dedicación y una década de logros sobresalientes, que espero se proyecten hacia el futuro. Fraunhofer ha sido y seguirá siendo un actor clave para enfrentar los desafíos globales, impulsando la transición energética en Chile.

Consejo Asesor Científico

Fraunhofer Chile cuenta con un Consejo Asesor Científico integrado por prestigiosos expertos que orientan las líneas de innovación acorde a las tendencias internacionales:

Ricardo Rüther, Profesor en la Universidad Federal de Santa Catarina, Brasil.

Dr. Andreas Häberle, Director de SPF Institute for Solar Technologies y Profesor en la Eastern Switzerland University of Applied Sciences (OST).

Manuel Collares-Pereira, Scientific Advisor of Vanguard Properties en Portugal y ex Presidente de la Cátedra de Energías Renovables de la Universidad de Évora;

Werner Platzer, Coordinador de Relaciones Internacionales del Instituto Fraunhofer de Sistemas de Energía Solar (ISE).

Rodrigo Palma, Director de SERC Chile.

Prof. Wikus van Niekerk, de la Universidad de Stellenbosch, Sudáfrica.

Trabajando con la industria



Sebastian Fahtz

Líder del Área de
Desarrollo de Negocios
en Fraunhofer Chile.



Darío Morales Figueroa

Director Ejecutivo
de la Asociación Chilena
de Energía Solar (Acesol).

Uno de los principales desafíos que tiene la industria en la transición energética es incorporar nuevas tecnologías que hagan más sustentables sus procesos, pero manteniendo su competitividad.

Por eso nuestro enfoque se basa en entender lo que la industria necesita y desde ahí, conectar esas necesidades con el conocimiento y el trabajo investigativo que los equipos técnicos de Fraunhofer Chile realizan. De esa convergencia nacen respuestas innovadoras y surgen oportunidades de colaboración que nos permiten hacer realidad nuevos avances tecnológicos con la ayuda de nuestros clientes.

Contar con capacidades tecnológicas propias es fundamental para que Chile asuma un rol protagónico en la transición energética global.

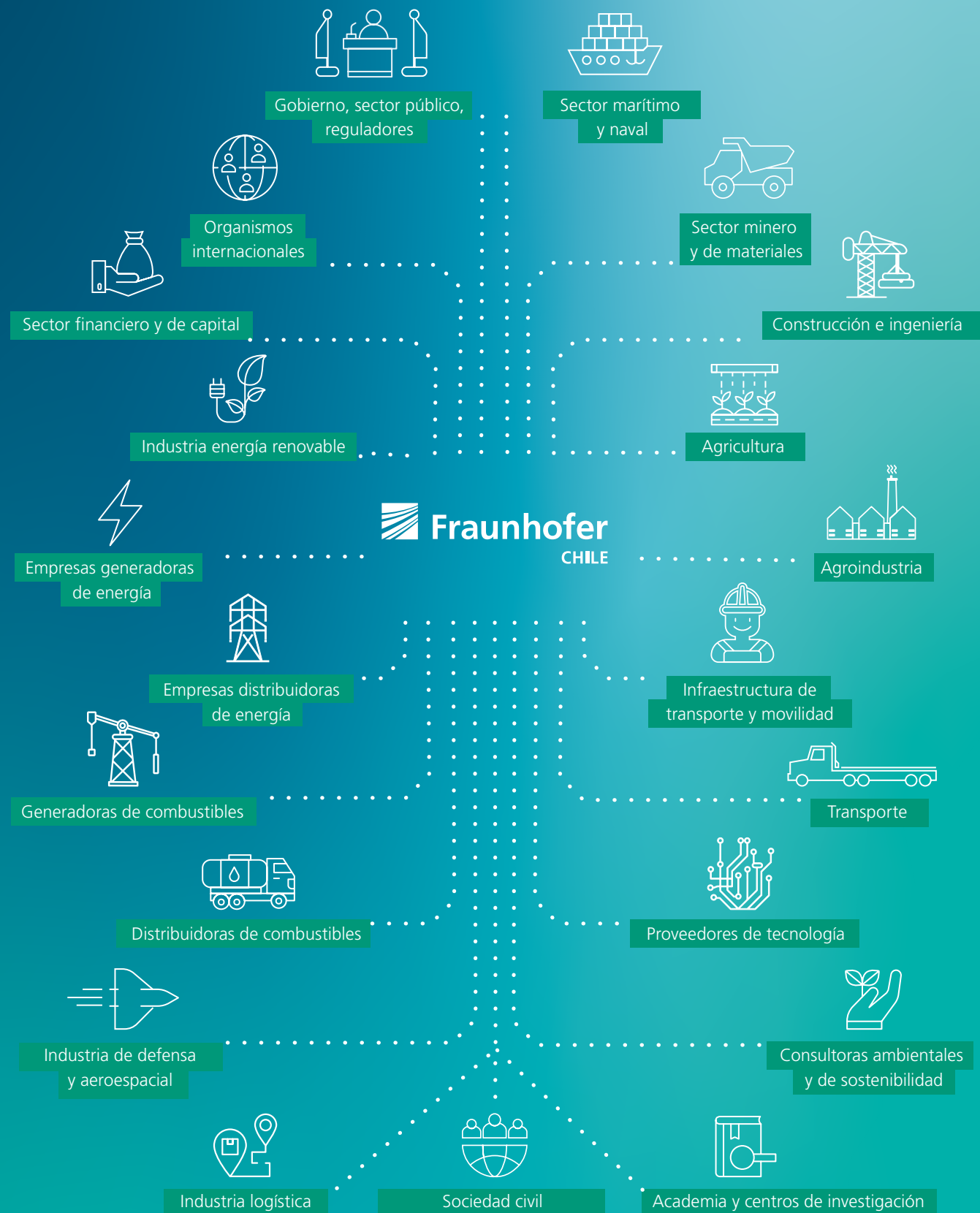
En estos diez años, el Centro de Excelencia Internacional Fraunhofer Chile ha hecho un importante aporte en la construcción de ese camino, impulsando soluciones innovadoras, desarrollando conocimiento estratégico y fortaleciendo nuestras capacidades humanas, permitiendo así al sector solar nacional enfrentar desafíos ambiciosos, conquistando nuevos espacios de crecimiento y consolidando el liderazgo.

Consejo Asesor Industrial

Fraunhofer Chile cuenta con un Consejo Asesor Industrial, compuesto por más de 30 empresas, con quien se reúne dos veces al año. Esta instancia de diálogo con representantes de diversos sectores productivos es fundamental para entender las necesidades del mundo privado.



Ecosistema de innovación





~9

Visión
de Futuro



Visión de futuro

Las acciones que emprendamos hoy serán determinantes para moldear el rumbo de la transición hacia un futuro más sostenible en Chile y el mundo. Durante los últimos años, hemos avanzado significativamente en el desarrollo de fuentes limpias; sin embargo, el desafío trasciende a su mera incorporación en nuestra matriz energética.

Necesitamos repensar nuestros sistemas energéticos urbanos y aislados. Esto implica una perspectiva sistémica que integre los múltiples sectores de la economía – como el industrial, residencial y de transporte – y evalúe, en su conjunto, las mejores soluciones tecnológicas para la descarbonización, considerando el consumo, la distribución y la producción de energía.

En línea con lo anterior, es crucial impulsar el desarrollo de nuevos vectores energéticos, como el hidrógeno renovable, los combustibles sintéticos y los biocombustibles que, si alcanzan costos competitivos, podrán desempeñar un rol clave en sectores de difícil electrificación.

La transición hacia la carbono neutralidad también depende intrínsecamente de una gestión responsable de los residuos. La obsolescencia de paneles fotovoltaicos y baterías de litio, por ejemplo, presenta desafíos importantes que demandan soluciones robustas y competitivas. En este contexto, la economía circular se vuelve imprescindible.

Asimismo, los minerales críticos son fundamentales para el desarrollo de las tecnologías limpias del futuro, por lo que la optimización de los procesos de extracción y su procesamiento se hacen cada vez más relevantes.

En estos diez años, Fraunhofer Chile ha cultivado las capacidades esenciales para abordar estos complejos desafíos, principalmente desde sus áreas de Sistemas Fotovoltaicos, Sistemas Solares Térmicos y Nuevas Tecnologías.

Nuestro *know how* abarca inteligencia artificial y *deep learning*, ciencia de datos aplicada a sistemas complejos, modelado y simulación de procesos, y ciencia de materiales, entre otros. Además, contamos con el respaldo de los institutos asociados de Fraunhofer, líderes mundiales en tecnologías emergentes, lo que facilita el codesarrollo y transferencia de conocimientos de vanguardia, para su aplicación en Chile y el mundo.

Junto al incondicional apoyo de la Embajada de la República Federal de Alemania en Chile, continuaremos fortaleciendo la colaboración científica y tecnológica entre ambos países, abriendo horizontes e impulsando las transformaciones profundas que requiere nuestra forma de habitar, producir, consumir y relacionarnos con nuestro medio ambiente. Como lo dice el título de esta Memoria: **seguiremos transformando la energía para el cambio.**

Seguiremos fortaleciendo la colaboración científica y tecnológica entre Chile y Alemania





Desde las áreas de Sistemas Solares Térmicos, Sistemas Fotovoltaicos y Nuevas Tecnologías hasta los equipos de Administración, Comunicaciones y Desarrollo de Negocios, cada contribución hace posible que cumplamos nuestro propósito: **“Apoyar la transición energética, impulsando la adopción de fuentes de energía renovables para alcanzar un desarrollo económico sostenible”.**

Nuestros objetivos son posibles gracias al gran equipo humano que mueve a Fraunhofer Chile. En este también es importante nuestro perro Ayün.



Anexos

Proyectos

NOMBRE DEL PROYECTO	TIPO DE FINANCIAMIENTO	DURACIÓN
FIC AgroPV: doble uso de suelo, combinación agricultura - alimentos - energía sustentable	Público	2016-2018
Propuesta de evaluación de la gestión energética y análisis de portafolio de alternativas para la reducción de gastos eléctricos y térmicos en la actualidad y en el futuro	Privado	2017-2018
Alianzas estratégicas vinculadas a la agricultura	Privado	2017-2018
Servicio de instalación y monitoreo con cámaras USI para predecir la producción de electricidad en corto plazo de una planta fotovoltaica	Privado	2017-2018
Mantenimiento paneles fotovoltaicos	Privado	2017-2018
Estudio de suministro energético de campo solar ubicado en Jucosol, San Felipe	Privado	2017-2018
Instalación de estación de medición para la evaluación de recurso solar	Privado	2017-2018
Evaluación de recurso solar 1	Privado	2017-2018
Evaluación de recurso solar 2	Privado	2017-2018
Proyecto para probar el desempeño de paneles PV bifaciales en entornos de alta reflectividad	Privado	2017-2019
Bienes Públicos Estratégicos de Alto Impacto para la Competitividad	Público	2017-2019
Plataforma de Innovación Abierta Solar: Caracterización de Proveedores de la Industria Solar y Oportunidades y Desafíos que enfrenta la Industria	Público	2017-2019
Capacitación en uso de software PVSyst al cliente	Privado	2018-2018
Potencial renovable - Integración solar térmica a procesos de la industria minera	Privado	2018-2018
Estudio de Mercado y Evaluación Técnica	Privado	2018-2018
Acondicionamiento de estación meteorológica 1	Privado	2018-2018
Mediciones en terreno segunda etapa	Privado	2018-2018
Análisis de electroluminiscencia después de pruebas del sistema de limpieza extensión	Privado	2018-2018
Análisis de electroluminiscencia después de pruebas del sistema de limpieza	Privado	2018-2018
Estudio para plataforma solar de Antofagasta	Privado	2018-2018
Revisión del rendimiento de la planta fotovoltaica	Privado	2018-2018
Acondicionamiento de estación meteorológica 2	Privado	2018-2018
Cámara AllSky para pronóstico a cortísimo plazo de recurso solar en plantas de generación de energía solar (Fotovoltaicas y de concentración)	Privado	2018-2019
Estudio de recurso solar 1	Privado	2018-2019
Estudio de recurso solar 2	Privado	2018-2019
Estudio de recurso solar 3	Privado	2018-2019
Mediciones de reflectancia especular en espejos	Privado	2018-2020
Fortalecimiento de la calidad de sistemas solares industriales de torre mediante la medida de parámetros y estimación de la atenuación atmosférica con enfoque a entornos climáticos desérticos	Público	2018-2020
Proyecto SERC	Público	2018-2023
Estudio de módulos bifaciales del proyecto ATAMOSTEC	Público	2018-2024
Capacitación sobre Energía Híbrida Solar Gas	Privado	2019-2019
Descripción técnica estudio medio ambiental	Privado	2019-2019
Estudio deslumbramiento PV aeropuerto	Privado	2019-2019
Modificación en los procesos productivos de elaboración de cerveza, mediante incorporación de energía solar térmica y fotovoltaica, mejorando eficiencia energética y reduciendo costos	Privado	2019-2019
Evaluación solar para Piloto de Cemento de Cobre	Privado	2019-2019
Taller de estudio de incorporación de energía solar térmica en la producción de cerveza	Privado	2019-2019
Gestión de ensuciamiento en parque solar	Privado	2019-2019
Estudio rendimiento planta fotovoltaica	Privado	2019-2019
Estudio de mercado para tecnologías solares	Internacional	2019-2020
Proyecto Análisis y Modelo Energía Solar para Pilas de Lixiviación 1	Privado	2019-2020

NOMBRE DEL PROYECTO	TIPO DE FINANCIAMIENTO	DURACIÓN
Agri PV economic study	Privado	2019-2020
APV-TES-ODL	Privado	2019-2020
Implantación de un modelo de negocio para la compra de energía térmica para una planta de procesamiento de óxidos	Privado	2019-2020
Plataforma de adquisición y procesamiento de datos (variables de estado y meteorológicas) de una planta de ARE	Privado	2019-2020
Cálculo Spot de Performance Ratio para parques fotovoltaicos	Privado	2019-2020
Estudio de integración de energía solar térmica en un proceso de purificación de agua para producir agua potable usando membrana de destilación y en procesos sanitarios	Privado	2019-2021
Evaluación de recurso solar	Privado	2019-2021
Urban Farm PV (BIP 40002643-0)	Público	2019-2022
H2 Fuel Cells Electromov minera celdas combustible	Público	2019-2024
Proyecto Análisis y Modelo Energía Solar para Pilas de Lixiviación 2	Privado	2020-2020
Capacitación de Sistemas Fotovoltaicos y Recurso Solar	Privado	2020-2020
Análisis de electroluminiscencia-Parque Fotovoltaico Raditon	Privado	2020-2020
Estudio de la electroluminiscencia para la detección de fallos de módulos solares debidos al transporte	Privado	2020-2020
Proyecto generación de línea base de demanda térmica de procesos del cliente	Privado	2020-2020
Estudio de políticas de seguimiento en campo solar fotovoltaico	Privado	2020-2020
Análisis de performance ratio, disponibilidad de planta y disponibilidad de inversores/trackers	Privado	2020-2020
Estudio de reflexión solar en el Aeropuerto Mataverí de Isla de Pascua	Privado	2020-2020
Proyecto de viabilidad técnico económica en integración de refrigeración solar en el proceso de cristalización	Privado	2020-2020
Seguimiento de estudios de mercado	Internacional	2020-2021
Estudio prefactibilidad para calefacción distrital en Chaitén	Privado	2020-2021
Estudio análisis planta PV en dependencias del cliente	Privado	2020-2021
Curva IV PFV en planta PV 11	Privado	2020-2021
Curva IV PFV en planta PV 2	Privado	2020-2021
Mediciones de reflectancia especular para planta CSP	Privado	2020-2021
Plataforma solar ampliada y estocástica plantas ARE	Privado	2020-2021
Estación de monitoreo meteorológico y albedo	Privado	2020-2022
Análisis del recurso solar y del rendimiento de los módulos fotovoltaicos en un complejo solar fotovoltaico durante un año	Privado	2020-2022
Planta Piloto FlotantePV	Público	2020-2023
Agrivoltaic Workshop	Privado	2021-2021
Estudio de seguimiento de rayos en planta fotovoltaica	Privado	2021-2021
Estudio de prefactibilidad para el suministro de energía renovable 24/7	Privado	2021-2021
Análisis de disminución de potencia e incendios de inversores en la planta fotovoltaica	Privado	2021-2021
Estudio de reflexión solar en aeropuerto	Privado	2021-2021
Analysis of performance model and plant design	Internacional	2021-2022
Sistema de carga (PV/red)	Privado	2021-2022
Estudio bajo el concepto Agri PV	Privado	2021-2022
Estación de monitoreo de recurso solar y soiling	Privado	2021-2022
Diseño de piloto para Fotocatalisis	Privado	2021-2022
Sensorización de proceso térmico industrial	Privado	2021-2022
Proyectos de medición de variables ambientales	Privado	2021-2024
Estudio de prefactibilidad para planta solar térmica integrada a procesos mineros 1	Privado	2021-2024
Estudio de prefactibilidad para planta solar térmica integrada a procesos mineros 2	Privado	2022-2022
Análisis de Incidentes en Inversores de Plantas Fotovoltaicas 1	Privado	2022-2022
EGP-Santerno	Privado	2022-2022
Diseño de propuesta para proveedor minero	Privado	2022-2022
Análisis de Incidentes en Inversores de Plantas Fotovoltaicas 2	Privado	2022-2022
Análisis de reflectividad en Cerro Dominador	Privado	2022-2022
Renovación estación metereológica	Privado	2022-2022

NOMBRE DEL PROYECTO	TIPO DE FINANCIAMIENTO	DURACIÓN
Estudio Prefactibilidad incorporación	Privado	2022-2022
Sener Performance model	Privado	2022-2022
Technical Due Diligence Report (Heliogen)	Privado	2022-2022
Bilateral Fund EU-Chile	Privado	2022-2023
Estudio de potencial a largo plazo para productos del cliente minero	Privado	2022-2023
StartUP Ciencia Atacama Nanotechnologies	Privado	2022-2023
Integración solar térmica del uso de energía solar en Parque Metropolitano de Santiago (PARQUEMET)	Privado	2022-2023
Hub de Hidrógeno Antofagasta	Público	2022-2023
Plataforma Exploración Hidrógeno Verde	Público	2022-2023
ANCESTRAL	Público	2022-2024
Gestión y Logística BrineMine	Internacional	2023-2023
Estudio de deslumbramiento planta PV del cliente	Privado	2023-2023
Campaña de adquisición de datos operacionales	Privado	2023-2023
Celdas solares de perovskita impresa	Privado	2023-2023
Low Carbon Business Action (LCBA) - Vertical PV	Privado	2023-2023
Estudio de modelación estadística de fallas de módulos PV	Privado	2023-2023
Estudio de reflexión aeropuerto	Privado	2023-2023
Estudio de tecnologías para optimización de procesos de extracción de agua del cliente minero	Privado	2023-2023
Análisis de datos de sistema solar de concentración de potencia	Internacional	2023-2024
Integración de calor solar a procesos industriales extensión	Privado	2023-2024
Estrategias territoriales para Ministerio de Energía	Privado	2023-2024
Análisis de falla de radiador de capex minero	Privado	2023-2024
Reconversión de Centrales para Ministerio de Energía	Privado	2023-2024
DIALOG - Dimethyl Ether Based on solar energy PACT	Internacional	2023-2025
Power-to-MEDME Module 2-Funding BMBF	Internacional	2023-2025
CyV (RenovAL) Horno Solar de Reciclaje de Aluminio	Público	2023-2025
Detección de fallas en paneles fotovoltaicos mediante drones e IA	Público	2023-2025
Plantas piloto tipo Agri PV en Brasil	Privado	2023-2026
Evaluación de prefactibilidad para planta PV integrada a procesos mineros	Privado	2024-2024
Estudio de deslumbramiento en borde costero	Privado	2024-2024
Instalación estación meteorológica - Etapa 1	Privado	2024-2024
Estudio de prefactibilidad para planta PV integrada a procesos mineros	Privado	2024-2024
Estudio de análisis de deslumbramiento en planta PV del cliente	Privado	2024-2024
Estudio de revisión de contrato relativo a planta PV que opera el cliente	Privado	2024-2024
Workshop Agro PV Uruguay UTEC	Privado	2024-2024
Soluciones Energéticas Distribuidas Avanzadas	Público	2024-2024
Estudio de prefactibilidad descarbonización del sector eléctrico	Privado	2024-2025
ITL - Corporación Instituto de Tecnologías Limpias	Privado	2024-2025
Servicios electroluminiscencia curva IV flasher para el cliente	Privado	2024-2025
Lithium I D i Center - UCN	Privado	2024-2025
Apoyo Explorador Agro Solar	Público	2024-2025
Optiminer - Tecnologías de recuperación de minerales críticos/estratégicos	Internacional	2025 - 2029
Multisectoral energy planning through GIS and Artificial Intelligence	Internacional	2025-2027
Desarrollo de un Sistema de Mantenimiento Preventiva por Inteligencia Artificial para Radiadores de Camiones Mineros	Público	2025-2027

Publicaciones

NOMBRE	AUTORES	FECHA	TIPO	NOMBRE REVISTA / CONFERENCIA
Combined generation of heat and cooling for a wine-making process using a solar-assisted absorption chiller	J. Cardemil, G. Quiñones, R. Escobar, C. Tenreiro	2015	Conferencia	Solar World Congress (SWC) 2015
Estimating the potential for solar energy utilization in Chile by satellite estimation and ground station measurements	R. Escobar, C. Cortés, A. Pino, F. Ramos, E. Pereira, J. Cardemil, J. Boland	2015	Revista	Solar Energy, Volumen 121, noviembre 2015, p. 139 -151
Generación combinada de calor y frío para el proceso de producción del vino utilizando un refrigerador por absorción asistido por energía solar térmica	Gonzalo Quiñones, Rodrigo Escobar y José Miguel Cardemil	2015	Conferencia	Jornadas de Mecánica computacional, Concepción, Chile, Octubre 2015
Multi-Objective and Multi-Parameter Optimization of Solar Domestic Hot-Water Systems for Reducing On-Peak Power Consumption	Allan R. Starke, Theo D. M. Ruas, Samuel L. Abreu, Jose M. Cardemil and Sergio Colle	2015	Conferencia	Solar World Congress (SWC) 2015
Solar assisted absorption machine for the fermentation cooling and maceration heating processes in the winemaking industry	C. Murray, G. Quiñones, F. Cortés, R. Escobar, J.M. Cardemil	2015	Revista	Energy Procedia, Volumen 91, junio 2016, p. 805-814
Solar Radiation measurement network in Chile	Rodrigo Escobar, Alan Pino, Cristian Cortes y Marcelo Salgado	2015	Conferencia	XII International Pyrheliometer Comparison, IPC-XII
The state of solar energy resource assessment in Costa Rica	N. Alvarado, R. Escobar	2015	Conferencia	Solar World Congress (SWC) 2015
Thermodynamic evaluation and optimization of Solar-Geothermal hybrid systems in northern Chile	F. Cortés, J. Cardemil, R. Escobar	2015	Revista	Energy Conversion and Management; Volumen 123; septiembre 1, 2016; p. 348 - 361
Modelo transiente para la predicción de temperaturas en una poza solar y el suelo bajo ella	Amigo J., Suárez F	2016	Conferencia	XV Jornadas de Mecánica Computacional, Arica, Chile, 6-7 de Octubre.
Assessing the performance of Hybrid CSP+PV plants in Northern Chile	A. Starke, J. Cardemil, R. Escobar, S. Colle	2016	Revista	Solar Energy, Volumen 138, noviembre 2016, p. 88 - 97
A learning curve for solar thermal power	W. Platzer, F. Dinter	2016	Conferencia	SolarPACES 2015
Assessing the performance of Concentrated Solar Power plants in selected locations of Chile	A. Starke, J. Cardemil, R. Escobar, S. Colle	2016	Conferencia	28th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy systems
Combined solar thermal and photovoltaic power plants – An approach to 24h solar electricity?	W. Platzer	2016	Conferencia	SolarPACES 2015
Constructal design of salt-gradient solar pond fields	D. Gonzalez, J. Amigo, S. Lorente, A. Bejan, F. Suarez	2016	Revista	International Journal of Energy Research; Volumen 40, issue 10; p.1428 -1446
Effect of soiling and sunlight exposure on the performance ratio of photovoltaic technologies in Santiago, Chile	E.Urrejola et.al.	2016	Revista	Energy Conversion and Management, Volumen 114, abril 2016; p.338 - 347
Long-Term Power Systems Planning with Operational Flexibility	A. Valenzuela; M. Negrete, D. Olivares.	2016	Tesis Magister	Repositorio UC
Preliminary survey on site-adaptation techniques for satellite-derived and reanalysis of solar radiation datasets	Polo J., Wilbert S., Ruiz-Arias J.A., Meyer R., Gueymard C., Sári M., Martín L., Mieslinger T., Blanc P., Grant I., Boland J., Ineichen P., Remund J., Escobar R., Troccoli A., Sengupta M., Nielsen K.P., Renne D., Geuder N., Cebecauer T.,	2016	Revista	Solar Energy; volumen 132; julio 2016; p.25-37
Review of photovoltaic power forecasting	J. Antonanzas, N. Osorio, R. Escobar, R. Urraca, F.J. Martinez-de-Pison, F. Antonanzas-Torres.	2016	Revista	Solar Energy; Volumen 136; octubre 2016; p. 78-111
Síntesis y caracterización de una poli(imida) aromática obtenida a partir de 3,5-diamino- N-adamantilbenzamida	M. González, G. Pérez, A. Tundidor-Camba, C.A. Terraza, A. Leiva, D. Coll, P. Ortiz, L.H. Tagle.	2016	Poster	VIII Coloquio de Macromoléculas
State of the art of performance evaluation methods for concentrating solar collectors	A. Hofer, et.al.	2016	Conferencia	SolarPACES 2015
Tackling the water-energy nexus: an assessment of membrane distillation driven by salt-gradient solar ponds	F. Suarez, R. Urtupia	2016	Revista	Clean Technologies and Environmental Policy; volumen 18, 2016; p.1697-1712
The Role of CSP in Achieving a High Fraction of Renewable Electricity in Chile	Clare Murray, Werner Platzer	2016	Conferencia	Enersol

NOMBRE	AUTORES	FECHA	TIPO	NOMBRE REVISTA / CONFERENCIA
Thermal analysis of solar-assisted heat pumps for swimming pool heating	A. Starke, J. Cardemil, R. Escobar, S. Colle	2016	Revista	Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering; Volumen 39, 2017; p.2289-2306
Thermal performance assessment of a large aperture concentrating collector in an industrial application in Chile	A. Pino, C. Murray, J.M. Cardemil, R. Escobar	2016	Conferencia	Solar Paces 2016
Thermodynamic evaluation of solar-geothermal hybrid power plants in northern Chile	F. Cortes, J. Cardemil, R. Escobar, A. Diaz	2016	Revista	Energy Conversion and Management; Volumen 123; 2016; p.348-361
A transient model for temperature prediction in a salt-gradient solar pond and the ground beneath it	Amigo J., Suárez F., Meza F.	2017	Revista	Energy; volumen 132; agosto, 2017; p.257-268
Adsorption of As(III) and As(V) compounds on Fe 3 O 4 (0 0 1) surfaces: A first principle study	S. Baltazar, A. Romero, M. Salgado	2017	Revista	Computational Materials Science; Volumen 127; febrero 2017; p. 110-120
An experimental and numerical study of evaporation reduction in a salt-gradient solar pond using floating discs	Silva C., González D., Suárez F.	2017	Revista	Solar Energy; Volumen 142; enero 2017, p.204-214
Comparative Corrosion Performance of metallic alloys in Thermal Energy Storage Systems of CSP	Fabiola Pineda, Magdalena Walczak	2017	Conferencia	1st Workshop on Thermal Energy Storage and Molten Salt Corrosion (TESCOR)
Economic Feasibility of Residential and Commercial PV Technology: the Chilean Case	Ramírez-Sagner G., Mata-Torres C., Pino A. and Escobar R.	2017	Revista	Renewable Energy; Volumen 111; octubre, 2017; p.332-343
Experimental and numerical characterization of CPV microchannel based cooling systems	Natalia Osorio, Mario Di Capua, Daming Chen, Francisco Montero, Paulina Escobar, Andrea Arias, Andrés Díaz, Alfonso Ortega and Amador Guzmán.	2017	Conferencia	2017 MRS Fall Meeting and Exhibit
Long term soiling analysis for three photovoltaic technologies in Santiago region	Pierre Besson, Constanza Munoz, Gonzalo Ramirez-Sagner, Marcelo Salgado, Rodrigo Escobar, Werner Platzer	2017	Revista	IEEE Journal of Photovoltaics; Volumen 7, issue 6
Membrane distillation: perspectives for sustainable and improved desalination	González D., Amigo J., Suárez F	2017	Revista	Renewable and Sustainable Energy Reviews; Volumen 80; diciembre 2017; p. 238-259
New nanocomposed hydrophobic membranes based on polymers and copper oxide nanoparticles. Possible application in MD field	Alain Tundidor Camba	2017	Poster	14th Latin American Conference on Physical Organic Chemistry (CLAFQO)
Potential for solar thermal energy in the heap bioleaching of chalcopirite in Chilean copper mining	C. Murray, W. Platzer, J. Petersen	2017	Revista	Minerals Engineering; volumen 100; enero, 2017; p. 75-82
Solar Polygeneration for electricity production and water desalination	C.Mata, R. Escobar, J.Cardemil, Y.Simsek, J. Matute	2017	Revista	Renewable Energy; Volumen 101; febrero, 2017; p. 387-398
Techno-Economical Evaluation of Parabolic Trough Collectors Systems for Steam Processes in the Chilean Industry	F. Cortés, M. Ibarra, F. Moser, I. Muñoz, A. Crespo, C. Murray	2017	Conferencia	SolarPACES 2017
Towards the Chilean Solar Thermal Potential Knowledge for Solar Power Tower Plants	A. Marzo, L.F. Zarzalejo, M. Ibarra, A.A. Navarro, G. Soto, L. Ramirez, R. Escobar, M. Silva-Pérez	2017	Conferencia	SolarPACES 2017
Advanced Irradiance Modelling for Solar Assessment	A. Salmon, J. Bézien, O. Farges, M. Ibarra	2018	Poster	SolarPACES 2018
Bifacial Technology Performance Compared With Three Commercial Monofacial PV Technologies under Outdoor High Irradiance Conditions at the Atacama Desert	Paulo Ayala, Constanza Muñoz, Natalia Osorio, Catalina Hernández, Fernando Zurita, Victor Gutierrez, Gonzalo Ramirez, Fernando Mancilla, Patricio Valdivia, Felipe Cuevas and Pablo Ferrada	2018	Conferencia	EEE 7th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion
Identification of maximum solar heat integration potential via Pinch Analysis and optimization of the operation policy of a PTC field in grape juice Chilean industry	A. Crespo, I. Muñoz, F. Cortés, G. Ramírez, M. Ibarra, W. Platzer, F. Dinter	2018	Poster	SolarPACES 2018
Latent thermal energy storage for solar process heat applications at medium-high temperatures – A review	Alicia Crespo, Camila Barreneche, Mercedes Ibarra, Werner Platzer	2018	Revista	Solar Energy; Volumen 192; noviembre 2019; p. 3- 34
Metodología para la determinación del potencial de integración de Tecnologías Solares Térmicas para aplicaciones industriales en Chile	P.A. Castillo, C.A. Correa, M. Ibarra	2018	Conferencia	XVI Congreso Ibérico y XII Congreso Iberoamericano de Energía Solar
Performance of an Organic Rankine Cycle with two expanders at off-design operation	Ibarra, M., Rovira, A., Alarcón-Padilla, D.-C.,	2018	Revista	Applied Thermal Engineering; Volumen 149; febrero, 2019; p.688-701
Standard or local solar spectrum? Implications for solar technologies studies in the Atacama desert	AitorMarzo-PabloFerrada-FelipeBeizah-PierreBesson-JoaquínAlonso-Montesinos-JesúsBallestrín-RobertoRomán-CarlosPortillo-RodrigoEscobar-EdwardFuentealba	2018	Revista	Renewable Energy; Volumen 127; noviembre, 2018; p.871-882

NOMBRE	AUTORES	FECHA	TIPO	NOMBRE REVISTA / CONFERENCIA
Techno-economic evaluation of a hybrid CSP + PV plant integrated with thermal energy storage and a large-scale battery energy storage system for base generation	Adriana Zurita, Carlos Mata-Torres, Carlos Valenzuela, Carlos Felbol, José M. Cardemil, Amador M. Guzmán, Rodrigo A. Escobar	2018	Revista	Solar Energy; Volumen 173; octubre 2018; p.1262-1277
Techno-economical evaluation of solar steam production system for a case study in a canning fruit industry	P. Castillo, C. Correa, M. Ibarra, F. Dinter	2018	Poster	SolarPACES 2018
Exergy cost and thermoeconomic analysis of a Rankine Cycle + Multi-Effect Distillation plant considering time-varying conditions	Carlos Mata-Torres, Adriana Zurita, José M. Cardemil, Rodrigo A. Escobar	2019	Revista	Energy Conversion and Management; Volumen 192; julio, 2019; p.114-132
Agrivoltaics for Farmers with Shadow and Electricity Demand: Results of a Pre-feasibility Study under Net Billing in Central Chile	David Jung, Alois Salmon, Patricia Gese	2020	Conferencia	AgriVoltacis 2020
Potential Map for the Installation of Concentrated Solar Power Towers in Chile	Catalina Hernández, Rodrigo Barraza, Alejandro Saez, Mercedes Ibarra and Danilo Estay	2020	Revista	Energies 2020, 13(9), 2131
Producción directa de aire caliente en colectores solares Fresnel para la industria minera: Estudio de prefactibilidad	Famiflietti A., Lecuona-Neumann A., Rahjoo M., Ibarra M., Roa J.	2020	Conferencia	XVII Congreso Ibérico y XIII Congreso Iberoamericano de Energía Solar
Solar extinction map in Chile for applications in solar power tower plants, comparison with other places from sunbelt and impact on LCOE	Aitor Marzo, Alois Salmon, Jesus Polo, Jesus Ballestrin, Gonzalo Soto, Gonzalo Quiñones, Joaquin-Alonso Montesinos, Elena Carra, Mercedes Ibarra, José Cardemil, Edward Fuentealba, Rodrigo Escobar	2020	Revista	Renewable Energy; Volumen 170; junio 2021; p.197-211
Agrivoltaics for farmers with shadow and electricity demand: results of a pre-feasibility study under net billing in central Chile	David Jung, Alois Salmon, and Patricia Gese	2021	Conferencia	AgriVoltaics 2020
Comparison between Concentrated Solar Power and Gas-Based Generation in Terms of Economic and Flexibility-Related Aspects in Chile	Catalina Hernández, María Teresa Cerda, Alois Salmon, Álvaro Lorca	2021	Revista	Energies 2021, 14(4), 1063
District heating pilot assessment in a southern city of Chile with renewable energy sources	Natalia Osorio	2021	Conferencia	Solar World Congress
Integration enhancements of a solar parabolic trough system in a Chilean juice industry: Methodology and case study	Alicia Crespo, Iván Muñoz, Werner Platzer, Mercedes Ibarra	2021	Revista	Solar energy; Volumen 224; agosto 2021; p. 593-606
Techno-Economic Optimization of Solar Tower Systems: Comparison of Different Sites in Chile	Maitane Ferreres Eceiza, Peter Schöttl, Francisco Torres Sartori, Carlos Felbol, María Cerda, Thomas Fluri and Gregor Bern	2021	Conferencia	SolarPACES
The Chilean Potential for Exporting Renewable Energy	Palma-Behnke, R., Abarca del Río, R., Agostini, C., Alvear, C., Amaya, J., Araya, P., Arellano, N., Arriagada, P., Avilés, C., Barria, C., Berg, A., Buchuk, D., Cardemil, J. M., Dall'Orso, F., Domínguez, M. P., Escauriza, C., Feijoo, F., Figueroa, A., Flores, C. ... Vicuña, S.	2021	Estudio Técnico	Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación - Comité Científico de Cambio Climático
Turbo-assisted direct solar air heater for medium temperature industrial processes using Linear Fresnel Collectors. Assessment on daily and yearly basis	Antonio Famiglietti, Antonio Lecuona, Mercedes Ibarra, Javier Roa	2021	Revista	Energy; Volumen 223; mayo 2021
Assessing the synergy between a seawater pumping system for mining facilities and the cooling system of a CSP plant in Northern Chile	Gacitúa, J. A., Palma-Behnke, R., Cardemil, J. M., Cerda, M. T., Godoy, F., & Dinter, F	2022		
Assessing the Uncertainties of Simulation Approaches for Solar Thermal Systems Coupled to Industrial Processes	Cardemil, J. M., Calderón-Vásquez, I., Pino, A., Starke, A., Wolde, I., Felbol, C., ... & Escobar, R	2022	Revista	Journal of Cleaner Production; Volumen 346; abril 2022
Assessment of the Atmospheric Extinction for Solar Tower Power Plants along the Sun Belt: Preliminary Results	A Marzo, A Salmon, J Polo, J Ballestrin	2022	Conferencia	Solar World Congress 2021
Determination of the technicaleconomic potential for the development of district heating projects in each commune of Chile	Ivan Muñoz	2022	Conferencia	8th International Conference On Smart Energy Systems - SESAAU 2022
Effects of soiling on agrivoltaic systems: Results of a case study in Chile	David Jung, Gabriel H. Gareis, Andreas Staiger, and Alois Salmon	2022	Conferencia	AgriVoltaics 2021
Evaluation of LCOE with New Costs for Concentrating Solar Power Tower Plants In Northern Chile and Impact of Green Taxes	Catalina Hernández, María Teresa Cerda, Carlos Felbol and Frank Dinter	2022	Conferencia	SolarPACES 2022
Price for covering cropland with an agrivoltaic system: PV panels replacing shading nets in Chilean blueberry cultivation	David Jung and Alois Salmon	2022	Conferencia	AgriVoltacis 2021

NOMBRE	AUTORES	FECHA	TIPO	NOMBRE REVISTA / CONFERENCIA
Technical-economic feasibility study of hybrid CSP plants with Gas in Chile	Catalina Cáceres, Catalina Hernández, and Frank Dinter	2022	Conferencia	SolarPACES 2022
Techno-economic analysis of the integration of large-scale hydrogen production and a hybrid CSP+PV plant in Northern Chile	Francisco Moraga	2022	Tesis Magister	Universidad de Chile
Guideline for Yield Assessment in SHIP Plants: Uncertainties derived from the simulation approaches	Carlos Felbol, José Miguel Cardemil, Alan Pino, Allan Starke, Ignacio Calderón Vásquez, Ian Wolde, Leonardo F.L Lemos, Vinicius Bonini, Ignacio Arias, Cristóbal Sarmiento, Javier Iñigo-Labairu, Jürgen Dersch	2023	Publicación internacional	International Energy Agency Solar Heating & Cooling Programme
Theoretical technical-economic comparison of hybrid energy for gas and solar concentration plants in the Region of Antofagasta Chile	Catalina Hernández, Carlos Felbol, María Teresa Cerda y Mercedes Ibarra	2023	Revista	Sustainable Energy Technologies and Assessments; Volumen 55; febrero 2023
Agrivoltaics Over Berries in Chile: Potential for Clean Energy Generation and Climate Change Adaption	David Jung, Frederik Schönberger, Francisco Moraga	2024	Conferencia	Agrivoltaics World Conference 2023
Assessing the integration of solar process heat in the dairy industry: A case study in Chile	Francisco Fuentes, Nicolás Pailahueque, Iván Muñoz, Rodrigo Escobar, José M. Cardemil	2024	Revista	Sustainable Energy Technologies and Assessments; Volumen 69; septiembre 2024
Assessment of Greenhouse Gas Emissions isplaced by Molten Salt Storage in CSP Plants Compared to Conventional Power Plants	Alexander Schmitt, Vicente Tello, Iván Muñoz, Carlos Felbol, Catalina Hernández, María Cerda, Frank Dinter	2024	Conferencia	SolarPACES 2023
CSP+MED Plant Coupled to a Seawater Pipeline from the Mining Industry in Northern Chile: A Case Study	Carlos Felbol, Catalina Hernández, Felipe Godoy, Frank Dinter	2024	Conferencia	SolarPACES 2023
Economic Impact of CSP Plants with Storage Addressing the Energy Transition in Locations with High Electricity Demand in Chile	Catalina Hernández, Frank Dinter, Carlos Felbol, María Teresa Cerda	2024	Conferencia	SolarPACES 2023
Effects of Agrivoltaics on the Microclimate in Horticulture: Enhancing Resilience of Agriculture in Semi-Arid Zones	David Jung, Frederik Schönberger, Fabian Spera	2024	Conferencia	Agrivoltaics World Conference 2023
Floating photovoltaic in Chile: Potential for clean energy generation and water protection	David Jung, Frederik Schönberger, Francisco Moraga, Konstantin Ilgen, Stefan Wieland	2024	Revista	Sustainable Energy Technologies and Assessments; Volumen 63; marzo 2024
Guidelines for Simulation Tools and Monitoring the Performance of SHIP Systems	Carlos Felbol, José Miguel Cardemil, Alan Pino, Allan Starke, Ignacio Calderón Vásquez, Ian Wolde, Leonardo F.L Lemos, Vinicius Bonini, Ignacio Arias, Cristóbal Sarmiento, Javier Iñigo-Labairu, Jürgen Dersch	2024		
Policy brief Agri PV Uso compartido de suelos para la agricultura y generación de energía solar fotovoltaica	Frederik Schönberger; Michael Schmidt; Mauricio Osses; Gabriel Duran	2024		
Assessment of Self-Dispatch Strategy in a Concentrating Solar Power System: Impact Analysis on the Chilean Spot Electricity Market	Francisco Moraga, Carlos Felbol, Frank Dinter, María Teresa Cerda	2025	Conferencia	SolarPACES 2024
From Global to Local: Learning from Worldwide CSP Successes to Drive Chile's Solar Power Industry Forward	Carlos Felbol, Francisco Moraga, María Teresa Cerda, Frank Dinter	2025	Conferencia	SolarPACES 2024
Hybrid CSP-PV System for Sustainable Energy in a Chilean Mine: A Case Analysis	Frank Dinter, Francisco Moraga, Carlos Felbol, Juan Manuel Gonzalez	2025	Conferencia	SolarPACES 2024
Improving the off-design modeling of a commercial absorption chiller	Juan Manuel González; Álvaro Antonio Ochoa; José Miguel Cardemil; Felipe Godoy; Mónica Zamora	2025	Revista	Energy Conversion and Management; Volumen 326; febrero 2025
Industrial Solar Heat Potential in Chile: A Technical-Economic Analysis	Diego Naranjo, Francisco Fuentes, Iván Muñoz	2025	Revista	Solar Energy Advances; Volumen 5; 2025
Multisectoral Decarbonisation Strategies in Punta Arenas, Chile: A Multi-Renewable Technologies Approach	Iván Muñoz, Francisco Fuentes	2025	Revista	Solar Energy Advances; Volumen 5; 2025
Integral Design of an Agrivoltaics Research System in Northern Minas Gerais, Brazil	Frederik Schönberger, Ana Valentina Puentes, David Jung, Polyanna Mara de Oliveira	2025	Conferencia	Agrivoltaics 2024

Bernarda Morin 510
Providencia, Santiago
Tél. 22 378 1660



Fraunhofer Chile



@fraunhoferchile



Fraunhofer Chile Research

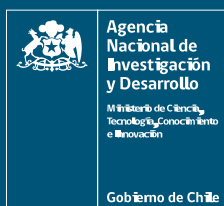


@ FraunhoferChile



www.fraunhofer.cl

Apoyado por:



CORFO