

INFORME DE AVANCE ANID

TÍTULO DEL PROGRAMA:
**ATRACCIÓN DE CENTROS DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL EN I+D PARA LA COMPETITIVIDAD**

CÓDIGO:
13 CEI 2 - 21803

FECHA INICIO:
13/02/2015

NOMBRE DEL CEI:
FRAUNHOFER ISE

INSTITUCIÓN BENEFICIARIA (CEI-CHILE):
**FRAUNHOFER CHILE RESEARCH-(FCR)
CENTRO DE TECNOLOGÍAS PARA ENERGÍA SOLAR (CSET)**

DIRECTOR EJECUTIVO DEL CEI-CHILE:
PROF. DR. FRANK DINTER

NOMBRE EJECUTIVO A CARGO:
CLAUDIO PAVEZ

PERÍODO DE REPORTE:
13/02/2021 - 13/02/2022

Fase III

INFORMACIÓN PRELIMINAR

NOMBRE DEL CENTRO	FRAUNHOFER CHILE RESEARCH - CENTER FOR SOLAR ENERGY TECHNOLOGIES (CSET)
CÓDIGO PROYECTO	13FRAUNHOFER ISE1 – 21803
NOMBRE EJECUTIVO ANID	CLAUDIO PAVEZ
SIGLA DEL CENTRO	CSET
NOMBRE DIRECTOR EJECUTIVO	FRANK DINTER
E-MAIL	FRANK.DINTER@FRAUNHOFER.CL
TELÉFONO	+56 2 2378 1650
NOMBRE DIRECTOR ALTERNO	MARCO VACCAREZZA
E-MAIL	MARCO.VACCAREZZA@FRAUNHOFER.CL
TELÉFONO	+56 2 23780 1650
PERÍODO CONTRACTUAL	FASE III – 12 MONTHS
FECHA DE INICIO FASE	13/02/2021

ÍNDICE

1.	Introducción	8
2.	Línea Corporativa	12
2.1.	Descripción y Objetivos	12
2.2.	Gobernanza – Modelo Organizacional	13
2.3.	Soporte y Administración de FCR y UC.....	22
2.4.	Estrategia de Marketing y Comunicaciones	25
2.5.	Actividades y Resultados Principales	33
3.	Líneas de Investigación	40
3.1.	RL1 – Sistemas Fotovoltaicos	41
3.1.1.	Sistemas PV Innovadores	43
3.1.2.	PV Comercial	55
3.2.	RL2 – Sistemas Solares Térmicos.....	60
3.2.1.	Concentración Solar de Potencia (CSP).....	62
3.2.2.	Calor Solar para Procesos Industriales	71
3.3.	Proyectos Transversales.....	81
4.	Desarrollo de Negocios	88
4.1.	Estrategia de Negocios	89
4.2.	Gestión de Contratos Industriales.....	97
4.3.	Financiamiento Complementario.....	101
4.4.	Desarrollo de Redes y Alianzas.....	108
5.	Transferencia Tecnológica.....	114
5.1.	Transferencia Tecnológica desde la Red Fraunhofer en Alemania	114
5.1.1.	Fraunhofer ISE	115
5.1.2.	Fraunhofer IEE – Gestión y Tecnología de Sistemas de Energía	120
5.1.3.	Fraunhofer ISI – Systems and Innovation Research	121
5.1.4.	Otros Institutos Fraunhofer.....	124
5.2.	Modelo de Transferencia Tecnológica - Enfoque teórico	124

5.2.1.	Technology Push	125
5.2.2.	Market Pull	126
5.2.3.	Propiedad Intelectual y Comercialización	127
5.3.	Actividades y Resultados	127
6.	Propiedad Intelectual	131
7.	Desarrollo de Capacidades	133
7.1.	Entrenamiento equipo CSET	133
7.2.	Infraestructura y Equipamiento de Laboratorio y Mediciones	136
9.	Tabla de Figuras.....	138

RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe tiene como objetivo reportar las actividades, avances y resultados del primer año de la Fase III de Fraunhofer Chile Research (FCR) – Center for Solar Energy Technologies (CSET), desde el 13 de febrero de 2021, hasta el 13 de febrero de 2022. CSET se enmarca dentro del programa de CORFO “Atracción de Centros de Excelencia Internacional en I+D para la Competitividad”, con el código del proyecto 13CEI2-21803.

En cuanto al contexto del país, este período se caracterizó por una crisis a nivel mundial producto de la pandemia del Covid-19, y por una crisis sociopolítica a nivel desde octubre de 2019. Ambas situaciones han generado una inestabilidad en el país, lo que ha llevado a la industria a congelar sus inversiones, como indica el Banco Central, donde el 70% de las empresas no tienen previsto invertir¹. Esto no solo hace más difícil la adquisición de nuevos proyectos con la industria, sino que también ha hecho redireccionar la inversión pública, orientada a temas de salud y reactivación económica, lo cual, considerando que más actores están postulando a fondos públicos, las oportunidades de fondos complementarias disminuyen.

En este sentido, durante este período se realizó una planificación estratégica para identificar oportunidades de mejora en el Centro e idear planes de acción para afrontar los difíciles momentos para la investigación y la industria. Con ello, se propusieron ciertas metas relacionadas a aumentar los ingresos privados, aumentar las adjudicaciones de fondos complementarios, y seguir potenciando la vinculación con Fraunhofer ISE y otros institutos Fraunhofer en Alemania. Por último, se han puesto en marcha distintas acciones para llegar a esas metas definidas en los próximos años.

En cuanto el posicionamiento de Fraunhofer CSET en los ecosistemas de I+D+i y de la energía, éste se ha convertido en un referente en el tema de la energía solar, por sobre todo, pero también en temáticas como el hidrógeno verde y la descarbonización, esto debido al trabajo del Centro durante sus años de operación, pero también gracias al respaldo de la red Fraunhofer en Alemania, la cual investiga un sinnúmero de áreas relacionadas a la reducción de emisiones y la sustentabilidad de las economías.

Desde el lado de la industria, el Centro ha logrado estrechar los vínculos con la minería, e incluso creando nuevos, a través de procesos de desarrollo de negocios y varios contratos de investigación con estas empresas. Para Chile y su potencial para llegar a emisiones netas en el futuro, la minería es clave, debido a su alto consumo en combustibles fósiles y, en general, la intensidad de consumo de energía en sus procesos. Fraunhofer CSET tiene la gran oportunidad de seguir trabajando con esta industria, aprovechando el recurso solar

¹ <https://www.df.cl/noticias/economia-y-politica/macro/encuesta-del-banco-central-el-70-de-las-empresas-declaro-que-no-tiene/2021-11-04/085747.html>

presenta en la Macrozona Norte del país y esa gran brecha que existe hoy para llegar a la “minería verde”.

Otro sector es el de la energía, donde se han realizado distintos proyectos orientados a bajar la incertidumbre de los proyectos de inversión de plantas de generación, y mejorar la operación de las que se encuentran en funcionamiento. Por último, un mercado muy atractivo para el país es el de la agroindustria y la agricultura, el cual tiene un alto porcentaje de participación en las exportaciones. Es por ello, que a través de proyectos innovadores se ha logrado demostrar el potencial de las soluciones para el mundo agro. Lograr potenciar una imagen verde en este sector es muy relevante para cumplir con los estándares exigidos cada vez más por los mercados extranjeros.

También desde el lado de la tecnología se han identificado nuevas oportunidades, como lo es la Industria 4.0, a través de, por ejemplo, la ciencia de datos y “el internet de las cosas” (IoT), lo que permite entregar soluciones más eficientes en recursos y con resultados óptimos, dándole competitividad a los clientes. Por otro lado, se ha continuado con proyectos de referencia del Centro, como el concepto Agrovoltaico, el cual sumado al proyecto FloatingPV representan iniciativas complementarias o alternativas para ofrecerle a las empresas agrícolas y la agroindustria.

Como parte del rol central de Fraunhofer CSET está la transferencia tecnológica y la optimización de esta tecnología a la realidad industrial nacional, la cual debe estar dentro del marco de los objetivos que Chile se ha propuesto en relación a la descarbonización de la matriz energética. Para ello, tecnologías solares fotovoltaicas o solares térmicas no serán suficientes, las cuales son y serán complementadas mediante la extensión de estas energías a sus aplicaciones, como pueden ser tecnologías de hidrógeno verde (y sus derivados), electromovilidad, y tratamiento de aguas.

La Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde, sumado al respaldo de las investigaciones que realiza la red Fraunhofer en Alemania, hacen posible que Fraunhofer CSET aborde esta incipiente industria, desde el fomento de las tecnologías y la sensibilización de las empresas frente a la temática. Para este fin, también son abordadas las oportunidades de financiamiento complementario que permitan reducir los riesgos de inversión de las empresas y apalancar la investigación aplicada del Centro.

Como es mencionado anteriormente, la adjudicación de fondos complementarios que apalancen los recursos del financiamiento operacional provisto por ANID es muy relevante. Si bien el Centro ha identificado una mayor competitividad en las postulaciones a las distintas herramientas de financiamiento, durante la segunda mitad logró la adjudicación de dos fondos concursables, uno de la Gerencia de Innovación de CORFO, y otro de CORFO y de la Gobernación Regional de Antofagasta. Para seguir incrementando los ingresos de

estas fuentes, se han identificado más oportunidades de financiamiento para este período que viene, tanto nacional como internacional.

Las oportunidades de fondos internacionales fueron abordadas durante este período, por un lado, a través de una postulación a un financiamiento proveniente del Fondo Bilateral para el Desarrollo en Transición Chile-Unión Europea y gestionado por el Ministerio de Energía de Chile y CORFO. Por el otro lado, a fines del mes de febrero de 2022 solo unos días después del período del reporte, se postuló a un gran fondo alemán, a través de un consorcio internacional industrial y de investigación. Esta postulación fue ideada y coordinada por el Centro durante el período, donde se generaron importantes vínculos con los distintos actores. Solo cabe mencionar que otras oportunidades internacionales están siendo analizadas para futuras postulaciones, donde la gran mayoría son instrumentos de financiamiento provenientes de la Unión Europea, particularmente de Alemania.

También desde el lado internacional, Fraunhofer CSET ha logrado seguir potenciando los lazos con el instituto Fraunhofer ISE y muchos otros más, a través de reuniones periódicas y nuevos contactos. Fraunhofer ISE ha sido parte de ofertas y también de contratos ejecutados con la industria. Otros institutos con los que se han prospectado oportunidades de colaboración durante período han sido Fraunhofer ISI y Fraunhofer IEE, ambos a través de la confección de propuestas para instrumentos de financiamiento. Por último, al día de hoy se está gestionando y coordinando un gran evento para los primeros días de abril, que consistirá en variadas charlas de proyectos e iniciativas en la red Fraunhofer en Alemania para una audiencia de la industria nacional, donde esperamos generar vínculos entre Alemania y la industria chilena.

Cabe mencionar que Fraunhofer CSET, como centro de investigación de excelencia apoyado por una vasta red de investigación internacional, ha aportado al sector público en sus estrategias y creación de normativas, siempre con el objetivo último de impactar positivamente en la sociedad al apoyar la innovación de la industria en el rubro de la energía. Este apoyo se traduce, primero, en la participación de representantes del Centro en mesas de trabajo con distintas autoridades, para la identificación de desafíos en el sector energético y la proposición de planes estratégicos; y segundo, a través de distintos estudios que fomentan el despliegue de nuevas tecnologías que buscan descarbonizar al país.

Por último, todas las actividades que se han realizado han tenido como parte de su objetivo el asegurar la continuidad del Centro en el tiempo, a través de seguir potenciando su posicionamiento en el ecosistema nacional y regional, y la continua prospección de nuevas oportunidades de negocios y nuevas investigaciones aplicadas, con lo que se espera mejorar la sostenibilidad financiera de los próximos años. Es por ello que se ven con buenos ojos los años venideros, donde se espera ser parte de la reactivación de la economía impulsando a la industria con nuevas tecnologías, más competitivas, y más sustentables.

1. Introducción

El Centro Internacional de Excelencia en Chile, **Centro para Tecnologías de Energía Solar** (CSET por su sigla en inglés, *Center for Solar Energy Technologies*) de Fraunhofer Chile Research (FCR), se encuentra en operación desde febrero de 2015. Los co-ejecutores del Centro son la Pontificia Universidad Católica (UC) y *Fraunhofer Institute for Solar Energy* (ISE), ubicado en Friburgo, Alemania.

La Fundación Fraunhofer Chile Research (FCR) fue creada en el año 2010 para promover el intercambio científico entre Chile y Alemania. Apoyado por CORFO, el primer Centro de Excelencia Internacional en Chile fue el Centro para Biotecnología de Sistemas de FCR (CSB por su sigla en inglés, *Center for Systems Biotechnology*), operando desde el año 2010 en colaboración con el *Fraunhofer Institute for Molecular Biology and Applied Ecology* (IME). El segundo centro bajo el amparo de FCR fue CSET, postulado en el año 2013 y operando desde 2015, con el foco principal en sistemas fotovoltaicos y sistemas solares térmicos. Este centro fue apoyado en primera instancia por el Ministerio de Energía y CORFO, y hoy por el Ministerio de Energía y ANID, la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo del Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

El modelo de Fraunhofer en I+D aplicada busca transferir el desarrollo tecnológico al mercado solar de la industria nacional. Es por ello que en esta tercera etapa Fraunhofer CSET mantiene su estructura organizacional compuesta por dos Líneas de Investigación, apoyadas por el área Corporativa que incluye tanto el personal de Administración, como el equipo de Desarrollo de Negocios. Los profesionales de CSET, con su experiencia y conocimiento, llevan la tarea de comercializar los proyectos de I+D aplicada y de transferir el conocimiento a la industria, manteniendo una constante y fluida relación entre las áreas técnicas y de negocio. Actualmente, el personal involucrado entre el Centro mismo y el co-ejecutor UC en los proyectos de CSET rondan los 30 profesionales.

Desde el año 2015 CSET mantuvo sus operaciones en las dependencias de UC, en el Centro de Innovación UC Anacleto Angelini. Desde el año 2019 el Centro ha operado en un edificio ubicado en Av. General del Canto, Providencia; mientras que el equipo administrativo operaba en Huechuraba. Hoy en día, el Centro se encuentra trabajando en forma conjunta con el equipo administrativo en las oficinas de Providencia.

En cuanto a las temáticas de investigación, estas son soportadas por una estructura interna compuesta por dos Líneas de Investigación (RL) con sus respectivos alcances:

RL1: Sistemas Fotovoltaicos

- Adaptar las tecnologías y productos existentes a las condiciones locales.

- Utilizar, además de sus propios conocimientos, la experiencia y el know-how de Fraunhofer ISE para instalar, operar y gestionar aplicaciones solares innovadoras.
- Diseñar y optimizar sistemas fotovoltaicos.
- Evaluar y optimizar el rendimiento de las plantas fotovoltaicas en condiciones desérticas, mediante análisis y testeo de soluciones.

RL2: Sistemas Solares Térmicos

- Amplia experiencia en energía solar de concentración (CSP) y calor solar para procesos industriales (SHIP).
- Evaluar el potencial y las aplicaciones de estas tecnologías considerando los altos valores de radiación en el territorio chileno.
- Estudiar tecnologías de energía solar con sistemas de almacenamiento, lo cual es clave tanto para la industria chilena como a nivel mundial.
- Estudiar la demanda térmica de procesos industriales para mejorar su eficiencia energética.

Transversal a ambos equipos, existen ciertas temáticas de investigación que involucra a profesionales tanto de la RL1, como de la RL2. Estos temas de investigación son:

- Hidrógeno Verde y derivados
- Electromovilidad
- Tratamiento de aguas
- Mapeo de factores atmosféricos

La estrategia del Centro busca potenciar la implementación de tecnologías solares en mercado donde ya existen, a través de casos de negocio que permitan dar a conocer a los clientes los beneficios de dichas tecnologías; o bien, habilitar y/o acceder a nuevos mercados, es decir, donde no exista un despliegue de las tecnologías solares, esto a través de iniciativas público-privadas o apalancamiento de los recursos mediante fondos complementarios, con el objetivo de impulsar a la industria a implementar tecnologías nuevas para el rubro.

La estrategia de posicionamiento del Centro continuará siendo orientado a la creación y difusión de contenidos relevantes para los clientes actuales y potenciales, que permitan conocer las capacidades del centro y cómo éstas pueden apoyar a los clientes en la resolución de sus problemas y/o en la mejora de su competitividad. Parte de este esfuerzo contempla el desarrollo de Whitepapers para cada uno de los proyectos y/o tecnologías emblemáticas, en un lenguaje sencillo y directo y un formato atractivo, capaz de mostrar las principales características de las soluciones, su alcance o sectores de aplicación, y el potencial impacto en la competitividad de las empresas.

Día a día CSET sigue analizando su estrategia para hacer frente a los cambios e inestabilidad de los últimos años, producto de la doble crisis social y sanitaria. La combinación de ambos factores estancó la inversión del mundo privado, por lo que la adquisición de proyectos industriales se vio afectada durante el año 2021, a su vez que aumentaba la competencia en las convocatorias de fondos públicos, afectando negativamente también las probabilidades de obtener fondos complementarios. Pese a todo lo anterior, CSET logró seguir posicionándose como pionero en las nuevas tecnologías solares, además de encontrar un espacio en la incipiente industria del hidrógeno verde en Chile, siendo reconocido en la industria nacional como un potencial actor y participando de distintas instancias dedicadas a sensibilizar e informar a la sociedad y la industria.

Como parte de la constante búsqueda de posicionar a CSET como actor clave en el sector energético, parte de los esfuerzos del Centro estuvieron enfocados en mejorar la vinculación con su “instituto madre”, Fraunhofer ISE, además de varios otros Institutos Fraunhofer en Alemania. Esto se ha realizado a través de la preparación de propuestas a potenciales clientes, elaboración de postulaciones a fondos públicos (nacionales e internacionales), colaboraciones y subcontrataciones para proyectos industriales, y organizaciones de eventos.

CSET, el Ecosistema Solar y la Transferencia Tecnológica

Como parte del compromiso y misión de Fraunhofer CSET, el Centro coordina o participa de diferentes iniciativas de sensibilización, divulgación y difusión de información relacionada con la investigación que realiza. Entre estas se encuentran seminarios o talleres abiertos a la comunidad o dirigidos a un público especializado, los cuales son realizados en conjunto con otros actores del ecosistema nacional, como empresas del rubro, académicos expertos, o bien autoridades públicas en la materia, entre otros. Estas actividades tienen como objetivo la transferencia tecnológica o de conocimiento generado por Fraunhofer CSET, desde el Centro a la industria o la comunidad.

Por otro lado, Fraunhofer CSET también orienta parte de su trabajo a transferir conocimiento hacia la autoridad pública y la academia, con el objetivo de aportar con insumos científicos la toma de decisiones, el desarrollo de políticas públicas y las nuevas investigaciones que pudieran nacer desde los distintos organismos públicos y académicos. Este foco se traduce en dos tipos de iniciativas, primero, los estudios de investigación o publicaciones científicas; y segundo, la participación en mesas de trabajo en conjunto con autoridades y otros actores, por ejemplo, para la definición de hojas de rutas estratégicas en ciertas materias.

Por último, parte del conocimiento generado por Fraunhofer CSET en Chile es sustentado por las investigaciones que ya ha realizado anteriormente los distintos equipos que componen Fraunhofer ISE, u otros Institutos Fraunhofer en Alemania. En este caso, la

transferencia tecnológica o de conocimiento viene desde Alemania, hacia el Centro acá en Chile. Este conocimiento es adaptado por el equipo CSET tomando en consideración el contexto nacional, el cual puede variar a la realidad europea en muchos aspectos como, por ejemplo, la disponibilidad de la tecnología, el recurso solar disponible, la apertura a la I+D por parte de la industria, las capacidades del capital humano, entre muchas otras.

Como es mencionado en párrafos anteriores, durante este último año se ha potenciado la vinculación con Fraunhofer ISE y otros institutos en Alemania. En particular, esto se ha logrado de manera remota, ya que la colaboración presencial entre las partes ha sido difícil debido a la situación sanitaria en el mundo, y a través de pasantías de investigación de profesionales de equipos de Fraunhofer ISE. Por otro lado, el director, Frank Dinter, y la líder del equipo Sistemas Solares Térmicos, María Teresa Cerda, han logrado también visitar a algunos institutos y *partners* en Europa. Estas vinculaciones y futuras colaboraciones se espera que pasen a tener un formato “híbrido” con el tiempo, complementando las comunicaciones virtuales con visitas de investigadores de Fraunhofer CSET a Alemania, y viceversa, y por supuesto seguir con las pasantías de investigadores entre los institutos.

La combinación de estos tres mecanismos de transferencia asegura un flujo de conocimiento desarrollado en Alemania y traspasado a los distintos niveles de la sociedad: sector público, academia, sector industrial y personas naturales. Lo anterior, contribuye a posicionar a Fraunhofer CSET como pionero y referente en su rubro, siendo una puerta al desarrollo tecnológico alemán, y a la vez, un experto en la escena nacional solar y del hidrógeno.

2. Línea Corporativa

Dentro de los siguientes apartados, se describirá la Línea Corporativa de Fraunhofer CSET de acuerdo a las últimas actualizaciones del área, además de indicar las principales actividades y resultados obtenidos durante el período en cuestión.

2.1. Descripción y Objetivos

El equipo corporativo de Fraunhofer CSET es quien apoya la operación y guía la estrategia, con el objetivo de fomentar el crecimiento y lograr una operación sostenible del Centro. La planificación estratégica es una de las labores más importantes del equipo, la cual es analizada considerando insumos provisto por las Líneas de Investigación, y posteriormente monitoreada para prevenir desviaciones y actuar proactivamente.

Por otro lado, dentro de la Línea Corporativa también se encuentra el equipo de Desarrollo de Negocios, el cual tiene los roles de vincularse con la industria, captar nuevos clientes, identificar nuevas oportunidades de financiamiento, público o privado, y fomentar la relación con Institutos Fraunhofer en Alemania en torno a nuevas temáticas de investigación para CSET. Dada la relevancia de sus tareas, se profundizará en la descripción de este equipo en apartados posteriores.

Volviendo a la administración corporativa de CSET, esta es responsable del éxito científico y económico del Centro, así como de la implementación óptima del proyecto CSET. Esta debe revisar permanentemente el cumplimiento del plan estratégico y guiar a los líderes de las Líneas de Investigación, asegurar que todos los aspectos de la Propiedad Intelectual y de la Transferencia Tecnológica son llevados a cabo de manera correcta, coordinar las comunicaciones con el personal administrativo de FCR, y garantizar una comunicación clara con el co-ejecutor UC y Fraunhofer ISE.

El objetivo último de esta área es la operación sostenible y el crecimiento del Centro, en las áreas de investigación aplicada orientada a la industria en temáticas de materiales, componentes y sistemas relacionados a la energía solar y sus aplicaciones. Esta debe gestionar la investigación de forma interdisciplinaria, costo-eficiente y apuntando a niveles altos de disponibilidad en cuanto a tecnología (TRL) y mercado (MRL).

La Línea Corporativa debe cumplir con un gran número de tareas necesarias para garantizar la excelencia científica, la aplicabilidad y usabilidad de los servicios de I+D para clientes operando en Chile y América Latina. La operación económicamente sostenible del Centro es necesaria, a través del desarrollo estratégico de conocimiento, de Propiedad Intelectual, de infraestructura de laboratorio, y de difusión y divulgación de información.

2.2. Gobernanza – Modelo Organizacional

Fraunhofer CSET no es una entidad legal, ni lo es Fraunhofer ISE, ni tampoco el grupo de científicos del co-ejecutor UC, sino que son parte de entidades legales superiores: Fraunhofer Chile Research, Fraunhofer-Gesellschaft y Pontificia Universidad Católica de Chile, respectivamente, los cuales han acordado de forma conjunta a cooperar e implementar el proyecto.

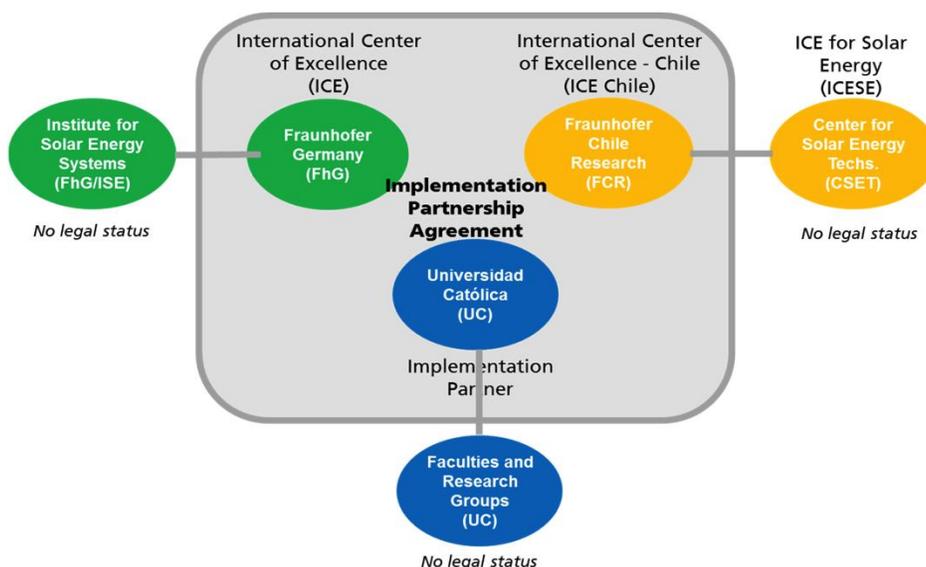


Figura 1 - Acuerdo de Asociación de CSET

Las tres organizaciones mencionadas anteriormente son quienes firman el acuerdo de asociación enmarcado dentro del Programa “Atracción de Centros de Excelencia Internacional en I+D para la Competitividad” de CORFO, creando el proyecto Fraunhofer CSET.

Alcances de las Partes

A modo de resumen, los roles de los distintos actores involucrados están definidos de manera de no confundir las facultades de cada uno y entender de antemano donde llega la responsabilidad de cada cual. El rol de CSET como tal es el de gestionar todos los procesos internos y el desarrollo de negocios, además de coordinar la comunicación entre las partes, evaluar el trabajo propio y del co-ejecutor UC, además de desarrollar de forma conjunta con UC la estrategia de I+D. También es tarea de CSET el reporte a Fraunhofer ISE sobre el avance de los proyectos y los vínculos con nuevos clientes, además de mantener una comunicación constante para levantar las oportunidades de I+D aplicada donde Fraunhofer ISE pueda involucrarse desde sus capacidades e infraestructura.

El rol del co-ejecutor UC es el de apoyar las tareas administrativas de CSET al participar del Steering Committee y las juntas asesoras industrial y científica, además de proveer información técnica y financiera como insumos para los reportes a CORFO. Desde el lado técnico, el equipo de investigadores UC vela por la gestión y cumplimiento de las tareas comprometidas en el plan de investigación para el co-ejecutor UC en el marco del proyecto.

Para el caso de Fraunhofer ISE, su rol es el de facilitar el desarrollo tecnológico basado en el *feedback* recibido desde Chile (usando fondos de clientes o instituciones chilenas o internacionales) que conduzca a una Transferencia Tecnológica desde Alemania a Chile. ISE apoyará a CSET en el desarrollo de negocios al proveer de asesorías y guías de mejores prácticas, además de proveer parte de sus redes de contactos internacionales. Un punto importante dentro de las responsabilidades de ISE es el de apoyar en el entrenamiento de investigadores e ingenieros en Alemania, tanto de CSET como de UC, en el desarrollo de temáticas atinentes al proyecto, para su posterior transferencia de conocimiento al país. Esto, aparte de potenciar la relación entre CSET, UC e ISE de forma sostenible en el tiempo, permite lograr el objetivo último de este proyecto, el traspaso de conocimiento, buenas prácticas y desarrollos tecnológicos al ecosistema nacional.

Estructura Interna y Corporativa

Fraunhofer CSET consta de tres líneas: la Línea Corporativa (LO), la Línea de Investigación de Sistemas Fotovoltaicos (RL1), y la Línea de Investigación de Sistemas Solares Térmicos (RL2); apoyados a la vez por otros órganos asesores que interactúan con el Centro. La estructura interna de Fraunhofer CSET, y las vinculaciones con otros órganos externos a este, se muestra en la siguiente figura:

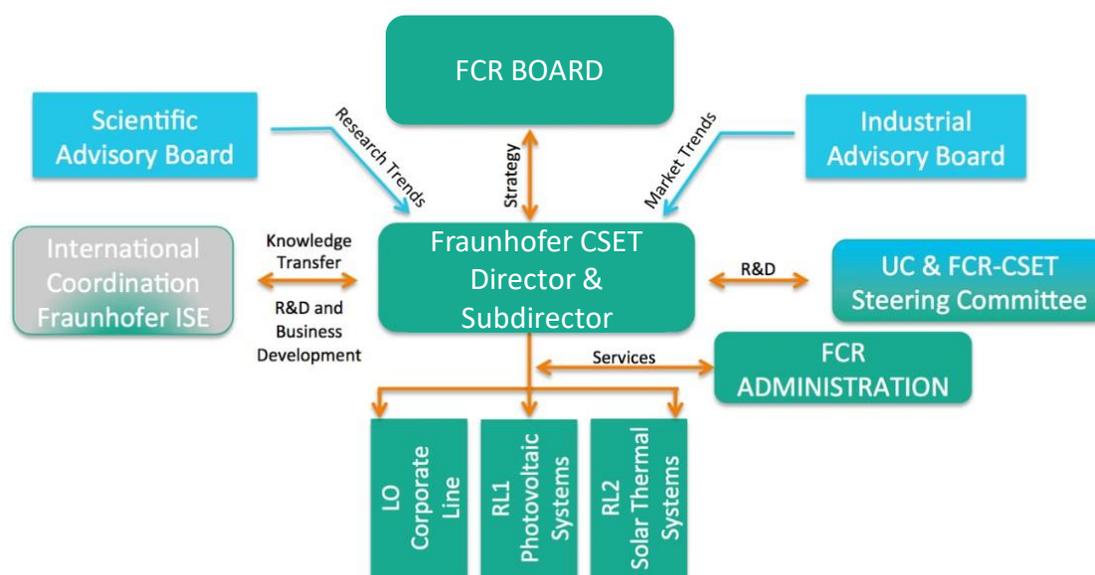


Figura 2 - Estructura interna y corporativa de Fraunhofer CSET

Desde el lado investigativo, la estructura del Centro está compuesta por dos líneas de investigación (RL, *Research Lines*) dirigidas por cada una por un líder. Estas RLs cuentan con un gran equipo compuesto de ingenieros, investigadores y técnicos con especialidad en las distintas materias. Para optimizar el trabajo de las RLs, a medida que se van gestionando proyectos, con financiamiento público o privado, se crean equipos internos que se responsabilizan por el correcto progreso de las iniciativas de mayor magnitud. Estos equipos son creados con roles claros y definidos para cada uno de los profesionales, y son compuesto por personas de la misma línea, o cuando el proyecto aborda temáticas de las RL1 y RL2, son equipos con profesionales de ambas líneas, es decir, equipos transversales. Ambas RLs son replicadas en el co-ejecutor UC, con responsabilidades y estructura organizacional similar, existiendo una clara correlación entre el trabajo investigativo entre Fraunhofer CSET y la Universidad Católica.

En cuanto la estructura presentada en la Figura 2, la Línea Corporativa que se menciona está compuesta por:

- Director Ejecutivo
- Subdirector
- Equipo Desarrollo de Negocios (Líder más dos especialistas)
- Coordinador de Proyectos
- Profesional de Comunicación y Marketing

Además, se considera a las juntas asesoras y directivas como parte del equipo corporativo externo del Centro, las cuales aportan en la gobernanza de éste (Directorio, *Steering Committee, Scientific Advisory Board, Industrial Advisory Board*).

La Línea Corporativa administra de igual manera las comunicaciones internas de Fraunhofer CSET, el entrenamiento del personal, la gestión de la Propiedad Intelectual y el desarrollo de estrategias. Para esta administración, se coordinan juntas semanales entre el Director del Centro y los líderes del equipo de Desarrollo de Negocios y las RLs, con el objetivo de idear planes de acción y discutir el progreso de las tareas pendientes. Además, esta línea organiza reuniones frecuentes entre todos los colaboradores para comunicaciones de procedimientos administrativos, nuevas oportunidades y resultados de los proyectos.

Juntas Asesoras (*Advisory Boards*)

El objetivo principal de las tres juntas asesoras (*Steering Committee, Industrial Advisory Board, Scientific Advisory Board*) es el de asegurar que las decisiones estratégicas del Centro sean realizadas de acuerdo a las necesidades de tanto la industria como la academia. Para el caso de la Industrial y la Scientific Advisory Board, distintos referentes de la escena nacional e internacional son invitados, además de miembros de CORFO, ANID y el Ministerio de Energía.

A) Steering Committee (SC)

El Director Ejecutivo de Fraunhofer CSET tiene la autoridad de entregar directrices a todos los colaboradores de CSET, pero no así a los investigadores y estudiantes asociados desde la Universidad Católica para el caso de los proyectos colaborativos entre ambas instituciones. Del mismo modo, las decisiones administrativas o estratégicas que se tomen dentro de la UC no tienen alcance en los profesionales de Fraunhofer CSET. Sin embargo, el Director sí es responsable de coordinar los distintos equipos de investigación que se formen para los proyectos colaborativos, y guiarlos para lograr los resultados de I+D esperados. Como parte de esa coordinación, también recae el rol de administrar de forma efectiva los recursos transferidos desde ANID.

A comienzos del proyecto de colaboración entre Fraunhofer CSET y la UC, alrededor del año 2015, no se contaba con una gobernanza que pudiera gestionar la toma de decisiones de buena manera, conduciendo a dificultades en el desarrollo de los proyectos entre ambas instituciones. Como solución a tal problema, mediante un proceso consultivo durante el año 2017 se llegó al acuerdo de crear este órgano representativo entre ambas organizaciones, para ser reunido de manera mensual.

Con el fin de mantener el *animus societatis* del proyecto, dar respuesta de forma rápida a las oportunidades procedentes de la industria y a la vez respetar la libertad académica inherente a una universidad de investigación avanzada como UC, es que se ha creado un protocolo para resolver el problema de la concesión del derecho de tanteo (*right of first refusal*) en los proyectos de colaboración.

Gracias al impacto positivo del Steering Committee, la gestión de los proyectos entre ambas partes ha sido mucho más fácil los últimos años, probando ser un recurso útil en las comunicaciones y colaboración entre las partes, además de en la búsqueda de nuevas oportunidades entre ambas institutos como extensión a esta colaboración.

Los miembros del Steering Committee son elegidos por los asociados respectivos, y son:

- María Molinos, Vicedecana de la Facultad de Ingeniería de UC, en representación del rector de UC.
- Dr. Enzo Sauma, Director del Centro de Energía UC, en representación del Decano de Ingeniería UC.
- Claudio Parra, Subdirector de Alianzas de I+D, representante de la Vicerrectoría de Investigación UC.
- Dr. Rodrigo Escobar, Coordinador de Investigación UC, profesor Escuela de Ingeniería.
- Prof. Dr. Frank Dinter, Director de CSET.

- Marco Vaccarezza, Líder equipo Desarrollo de Negocios.
- Dr. William Montes, Líder Línea de Investigación Sistemas Fotovoltaicos (RL1)
- María Teresa Cerda, Líder Línea de Investigación Sistemas Solares Térmicos (RL2)

El SC debe respetar las autoridades respectivas al momento de decidir, además de tomar decisiones de forma unánime, y no por mayoría, con el fin de mantener la relación entre las partes en el largo plazo. Este comité tiene reglas de procedimiento, entre las que se encuentran la creación de agenda para cada reunión, la preparación y toma de razón de minutas, delegación de tareas y plazos de cumplimientos, entre otras.

B) Scientific Advisory Board (SAB)

El SAB tiene como principal rol el de guiar a Fraunhofer CSET en las decisiones estratégicas, particularmente las relacionadas a investigación, con el fin de orientar el trabajo del centro a una I+D de excelencia y relevante para el contexto nacional e internacional. Esta junta asesora está compuesta mayoritariamente de referentes internacionales de la academia, complementados por dos representantes de la UC. Las discusiones se centran en los siguientes tópicos:

- Tendencias mundiales de investigación
- Investigación de excelencia y de relevancia para el contexto nacional
- Estrategias de I+D
- Competitividad internacional de las tecnologías
- Estrategias y recomendaciones para fomentar las tecnologías solares y sus extensiones en el mercado nacional y latinoamericano

Los representantes del SAB, hasta la última sesión realizada, han sido:

- Prof. Ricardo Ruther, de la Universidad Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Brasil.
- Prof. Wikus Van Niekerk, de la Universidad de Stellenbosch. Stellenbosch, Sudáfrica.
- Prof. Manuel Collares, Universidad de Évora. Évora, Portugal.
- Prof. Werner Platzer, del instituto Fraunhofer ISE. Friburgo, Alemania.
- Prof. Andreas Häberle, del instituto SPF, de la Universidad de Suiza del Este. Rapperswil, Suiza.
- Prof. Bárbara Loeb, de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Cabe mencionar que Bárbara dejará de ser parte del comité asesor por decisión propia, debido a su pronta jubilación. Actualmente, se está analizando su reemplazo por otro representante de UC.
- Ass. Prof. Rodrigo Escobar, de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Los SAB se han realizado de forma anual, siendo el 22 de octubre de 2021 la sesión del SAB correspondiente a la primera parte de la fase III.



Figura 3 - Scientific Advisory Board, captura de pantalla, octubre 2021

En la última sesión del SAB, se discutieron distintos puntos relacionados a la investigación, así como también se abordó en un espacio la situación de doble crisis del país y cómo afectaba eso a Fraunhofer CSET. Dentro de los puntos más relevantes, cabe mencionar:

- Se aprecia mucho el rol de “puente” que realiza Fraunhofer CSET, no solo entre Chile y Alemania, sino también entre la investigación y la industria. Eso es algo que hace falta y que debe ser parte de la misión del Centro. Derivado de lo mismo, se recomienda a Fraunhofer CSET no ser un desarrollador tecnológico como tal, sino que un articulador que permita adaptar el conocimiento y tecnologías desarrolladas en la Red Fraunhofer en Alemania, para la realidad local. Se recomienda continuar con las publicaciones científicas, pero no como meta principal del Centro.
- El consejo apreció la mejor vinculación que ha tenido Fraunhofer CSET este último par de años con los otros Institutos Fraunhofer en Alemania. La relación bilateral que se tiene es parte de la diferenciación del Centro con respecto a otros centros de I+D.
- En cuanto a tendencias de investigación, el Hidrógeno Verde es clave, no solo por la “moda” que representa a nivel mundial, sino también por las directrices que han salido de los organismos públicos nacionales, las cuales buscan fomentar el despliegue de las tecnologías. Esto representa una oportunidad para el trabajo en proyectos industriales y en la postulación a fondos nacionales o internacionales. Esto toma especial relevancia considerando el desarrollo hecho hasta el momento por toda la Red Fraunhofer en Alemania.
- Otro punto relevante por considerar, en temas de investigación, es el Tratamiento

de Aguas, como extensión de la energía solar, a nivel de desalación o de tratamiento de aguas residuales. Este es un tema donde el Centro ya ha tenido contratos de investigación, pero el cual agarra más importancia estos días con la sequía a nivel nacional, problema que también se ha replicado en otros lugares del mundo.

- Otras temáticas validadas por los miembros del SAB: Combustibles sintéticos, AgroVoltaico, FloatingPV, Fotovoltaico integrado en edificaciones (BIPV), Calefacción distrital, Calor solar para procesos industriales (SHIP), Captura y utilización o almacenamiento de carbono (CCU/S), Electromovilidad.
- Por último, se habló sobre el potencial de Chile de convertirse en un Hub de desarrollo para el continente, en temáticas como las energías renovables y el hidrógeno verde. Se menciona el ejemplo de Noruega, el cual explotó su potencial cuando desarrolló su industria minera y de energía.

C) Industrial Advisory Board (IAB)

El IAB tiene por foco guiar a Fraunhofer CSET en el desarrollo de sus estrategias de marketing y comercialización, en otras palabras, apoyar el plan del Centro para captar más clientes. Las discusiones que se generan dentro de las sesiones del IAB abarcan principalmente las tendencias que se ven en los distintos sectores empresariales respecto a las tecnologías solares, así como también otras que puedan estar relacionadas a la descarbonización de las industrias, en particular, analizando las necesidades de estas. Por otro lado, este comité asesor también apoya al Centro en generar nuevos contactos y vínculos con el mundo empresarial, nacional e internacional, donde los miembros vean que exista algún potencial de colaboración.

Los miembros del IAB son por lo general más numerosos que los del SAB y provienen de distintas industrias, siendo la minería, la agroindustria y el sector energético las de mayor presencia. Los miembros asistentes de la última sesión fueron:

- José Miguel Berguño, VP Sr Operaciones Nitratos y Yodo, SQM
- Rossana Gaete, Green Hydrogen Manager, AES Andes
- Claudio Seebach, Presidente Ejecutivo, Generadoras de Chile
- Rodrigo Paredes, Innovation Manager, Enel Green Power
- José Miguel Morán, Gerente General, AGRYD (Asociación Gremial de Riego y Drenaje)
- Cristián Allendes, Presidente, SNA (Sociedad Nacional de Agricultura)
- Darío Morales, Director de Estudios, ACERA
- Gonzalo Cid, Gerente General, Fundación Tecnológica para la Minería, SONAMI
- Pablo Pastene, Presidente Honorario, ACESOL
- Cornelia Sonnenberg, Gerente General, AHK Chile
- Valentina Lira, Gerente de Sustentabilidad, Viña Concha y Toro
- Marcelo Merlí, Sales & Business Development Manager, Siemens Energy
- Cristián Yáñez, Subgerente de Eficiencia Energética y Construcción Sustentable,

Corporación de Desarrollo Tecnológico (parte de CChC)

- Alberto Ortega, Profesional Energías Renovables, Ministerio de Energía
- Catalina Torres, Ejecutiva Técnica, CORFO

La sesión del Industrial Advisory Boards que se ha realizado durante la fase III fue el día 21 de julio de 2021, donde se presenta la siguiente imagen de algunos de los asistentes.

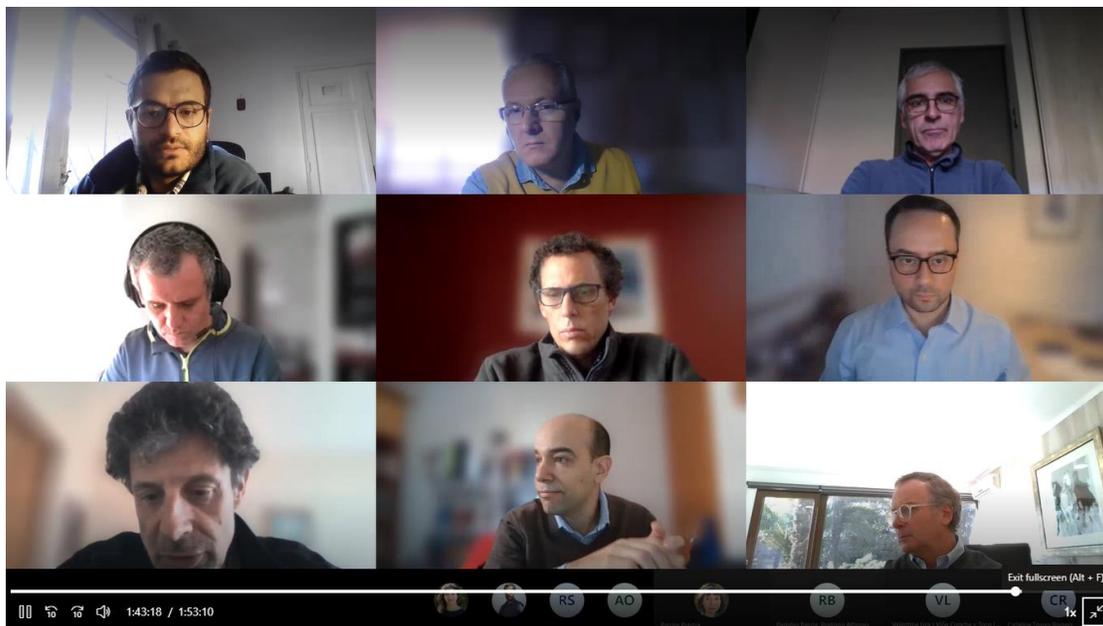


Figura 4 - Industrial Advisory Board, captura de pantalla, julio de 2021

La última sesión fue enmarcada dentro de la doble crisis que vive el país, donde se guio el diálogo para tratar de analizar potenciales oportunidades derivadas de la misma crisis. Dentro de los principales comentarios recogidos en la última sesión, se destacan los siguientes:

- Aún son necesarios avances y desarrollos tecnológicos relacionados a plantas PV y solares térmicas de pequeña escala (<300 kW), para hacerlas competitivas.
- Es muy importante poder brindar seguridad del suministro eléctrico a todo el país. Transmisión y almacenamiento cumplen un papel importante en ese desafío, también los servicios complementarios del rubro de la energía.
- Una tendencia que se abordó en la sesión fue sobre la vivienda, la pandemia vislumbró la necesidad de aportar a las comunidades de un mejor bienestar en sus viviendas, a través de, por ejemplo, revestimientos y aislantes térmicos, eficiencia energética, entre otros.
- Relacionado a vivienda, también se mencionaron oportunidades en la electrificación de la calefacción, por un lado, y, por otro lado, en temas como la infraestructura domiciliaria para la carga de vehículos eléctricos.

- Algo que fue abordado por varios miembros del comité fue el tema del agua, a nivel de tratamiento de aguas residuales, o bien, a nivel de desalación. Este fue un tema validado transversalmente, incluso validado en la última sesión del SAB, como es mencionado con anterioridad.
- Otro punto validado por los asistentes fue el estancamiento de la inversión privada por la incertidumbre a corto plazo de la doble crisis de los últimos dos años. Una impresión generalizada de los miembros es que no debería haber estancamientos mayores en el largo plazo.
- Si bien fue abordado desde distintos enfoques, el concepto de soluciones energéticas descentralizadas fue algo que se repitió entre los asistentes. Se ve la necesidad de descentralizar la generación y acercarla más a la zona de consumo.
- En cuanto a sistemas fotovoltaicos, se mencionó el potencial de los paneles bifaciales, la brecha aún presente para mejorar su eficiencia, así como de los materiales para mejorar el albedo del terreno de emplazamiento.
- Por último, el presidente de la SNA, Cristián Allendes, validó la creciente oportunidad de los sistemas fotovoltaicos no solo en la agroindustria, sino también en la misma agricultura, validando en particular el potencial del concepto Agrovoltáico.

2.3. Soporte y Administración de FCR y UC

La administración legal y financiera de las actividades de CSET son manejadas por la Oficina Central de Fraunhofer en Chile (FCR HQ), incluyendo también la administración de Recursos Humanos, infraestructura de TI, y el proceso de rendición financiera del proyecto. El Centro paga por los costos reales de estos servicios a FCR HQ a través del Overhead que es incluido en los proyectos industriales. Durante los últimos meses, dentro de FCR se han realizado varios cambios y reestructuraciones, debido al cierre de Fraunhofer CSB y el traspaso de parte del equipo y los laboratorios a la Universidad Andrés Bello. Dada la baja de personal, las labores administrativas se han reducido, y como consecuencia se ha reducido también el personal que lleva estas tareas.

En el caso del co-ejecutor UC, toda la administración y soporte se encuentra en la Escuela de Ingeniería, la cual dispone de investigadores para las tareas comprometidas al proyecto. Este modelo facilita los aspectos administrativos de las unidades de trabajo que participan del proyecto, además de aportar con actividades de administración y soporte al menor valor administrativo. Quienes están a cargo de la gestión administrativa de parte de la Escuela de Ingeniería UC tienen una comunicación directa con la contraparte en FCR y Fraunhofer CSET, usualmente coordinada a través del Coordinador de Investigación en UC, y manteniendo al tanto al Steering Committee de manera mensual sobre los temas más relevantes.

Algunos procesos administrativos necesarios para el soporte de las Líneas de Investigación son descritos a continuación:

- **Interacción del Centro con áreas de Finanzas, TI, RRHH y Legal de FCR.** El principal rol de la Línea Corporativa es facilitar la correcta operación administrativa de CSET, así como la correcta interacción con el co-ejecutor UC con la ayuda de la unidad administrativa de FCR HQ. Las interacciones comunes entre CSET y FCR HQ son la iniciación de proyectos, la preparación de contratos, la negociación de contratos legales (Acuerdos de Confidencialidad, Memorándums de Entendimiento, contratos de I+D, licencias), la preparación de ofertas de servicios y facturas a los clientes, la adquisición de equipos y servicios a los proveedores, la correcta organización de los viajes nacionales y al extranjero, la relación laboral y los pagos, el pedido de apoyo en las actividades de relaciones públicas y difusión, así como temas de infraestructura TI. En caso de conflictos entre las partes, estos deben ser moderados por la Línea Corporativa.
- **Inversión e Infraestructura.** La Línea Corporativa necesita coordinar la adquisición de equipamiento científico o de oficina para la creación y mantenimiento de una adecuada infraestructura para que investigadores, técnicos e ingenieros puedan desarrollar sus tareas en las Líneas de Investigación. La adquisición de este

equipamiento debe ser equilibrada entre los recursos disponibles y las necesidades para la investigación. De igual forma, el espacio de trabajo, sean oficinas o laboratorios, deben ser organizadas de una forma sostenible en el tiempo.

- **Atracción y Formación de Capital Humano.** Para potenciar el crecimiento del Centro, el Director Ejecutivo de Fraunhofer CSET debe coordinar con los líderes de las líneas de investigación el desarrollo y capacitación del capital humano dentro de CSET, dependiendo de las competencias requeridas y los recursos disponibles, así como la complementariedad con otros roles dentro de la organización.
En cuanto a la estrategia para la atracción de investigadores, esta está orientada a buscar capacidades complementarias a las del equipo de trabajo, tanto de Fraunhofer CSET como de UC, tratando de evitar la duplicidad de perfiles profesionales en el mismo equipo, de no ser necesario. Analizar y reconocer las brechas de capacidades es necesario para incorporar un mejor perfil al equipo de trabajo, buscando tanto en talentos nacionales, como internacionales, además siempre teniendo en cuenta el objetivo de potenciar la participación de mujeres en la investigación.
- **Nuevos Investigadores.** En muchos casos, el Centro contratará científicos e ingenieros jóvenes quienes están empezando su carrera profesional en temas de energía solar trabajando directamente con Fraunhofer CSET, o bien, a través de UC. Es por esto que se incentivará la transferencia de conocimiento desde colegas con mayor experiencia, y capacitaciones desde UC y de Fraunhofer ISE (Alemania). Para ello, parte de la estrategia de capacitación y transferencia de conocimiento contempla la estadía de estos jóvenes investigadores en Alemania, de manera de también asegurar la buena relación con Fraunhofer ISE en el largo plazo. Estos investigadores serán preparados para orientar su estadía en el extranjero, enfocándose en una temática en particular vinculada a algún equipo de investigadores en Alemania, para luego ser incorporados a este equipo durante su estadía. La metodología utilizada durante estos años es el “*Learning by doing*”. Al término del trabajo de investigación, el investigador/estudiante debe realizar un reporte exhaustivo del trabajo realizado, describiendo las conclusiones aprendidas. En adición a lo anterior, distintos recursos audiovisuales (e.g., webinars) potencian la transferencia de conocimiento desde Fraunhofer ISE a los nuevos investigadores, al permitir el acceso al conocimiento desde una forma más remota y de fácil acceso. Este tipo de recursos se vio potenciado durante la pandemia, debido a la incompatibilidad de los viajes con el contexto sanitario mundial. Debido a la facilidad para recurrir a este tipo de recursos, una vez normalizada la situación sanitaria, se seguirá haciendo uso de ellos. Además, se planea incorporar este tipo de capacitación para temáticas distintas a las de investigación como, por ejemplo, gestión de proyectos, gestión de propiedad intelectual, transferencia de

conocimiento, entre otros.

- **Transferencia de Tecnología desde Fraunhofer ISE a la industria nacional.** Este proceso es de responsabilidad de la Línea Corporativa, teniendo al Director del Centro como principal responsable de investigar oportunidades de transferencia desde Alemania a Chile, siempre apalancado por la gestión del equipo de Desarrollo de Negocios. Por un lado, es necesaria la identificación de brechas o problemas en la industria local, donde el equipo de Desarrollo de Negocios trabaja diariamente; y por el otro lado, está la identificación y actualización de nuevas tecnologías que pueden ser transferidas desde Alemania a Chile. Para este último, se utilizan insumos como reportes anuales, reportes de patentes y las mismas visitas que profesionales de CSET realizan a Alemania, o bien, cualquier comunicación directa que se efectúe entre investigadores de ambos centros.

2.4. Estrategia de Marketing y Comunicaciones

En cuanto a la estrategia de Marketing y Comunicaciones, esta se enfoca de una manera proactiva en su operación, posicionando la imagen de Fraunhofer CSET en la comunidad e industria, tratando de mantener una comunicación activa y permanente con la audiencia definida en el plan estratégico a través de las distintas plataformas, con un especial énfasis en los medios digitales.

En términos de la comunicación directa con los públicos, la vinculación es realizada tanto por sus investigadores, líderes de área y encargados del área de Desarrollo de Negocios, quienes interactúan con el entorno en el marco del desarrollo de proyectos de I+D aplicada a Sistemas Fotovoltaicos, Sistemas Térmicos Solares y Nuevas Tecnologías (Hidrógeno Verde, Electromovilidad y Tratamiento de Aguas). Su rol como centro es principalmente ayudar al desarrollo sustentable de Chile y Latinoamérica, apoyados por los desarrollos e innovaciones llevadas adelante por Fraunhofer ISE, con extensión hacia tecnologías e innovaciones que complementen esta tarea, provenientes desde el resto de la red de 76 Institutos Fraunhofer repartidos por Alemania.

Para desarrollar este trabajo y lograr materializar la transferencia de estas tecnologías, el modelo de negocios del Centro se sitúa como un punto de encuentro entre el mundo público, el privado y la academia, apoyando a pequeñas, medianas y grandes empresas, así como a organizaciones públicas y comunitarias, fomentando la innovación y mejorando la productividad, sustentabilidad y eficiencia de sus procesos, así como disminuyendo costos de producción.

El rol articulador del Centro viene apoyado en gran medida por la estrategia y las actividades de Marketing y Comunicaciones, las cuales ayudan a posicionar a Fraunhofer dentro del ecosistema nacional y vincularse con los distintos actores que lo componen. Los distintos aspectos que componen a la estrategia de Marketing y Comunicaciones se presentan en las próximas páginas.

Público Objetivo

- Tomadores de decisiones de las empresas de los segmentos de clientes objetivos, definidos posteriormente en la sección “**Estrategia de Negocios**”. Estos sectores son, por ejemplo, la minería, la agroindustria, el sector eléctrico, entre otros.
- Tomadores de decisiones del sector público, asociados a programas de desarrollo en I+D y transferencia tecnológica. Se mencionan algunos:
 - Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo, Ministerio de Ciencia y Tecnología
 - Ministerio de Energía
 - Ministerio de Minería

- Ministerio de Medioambiente
- Ministerio de Agricultura
- CORFO
- FIA
- Gobiernos Regionales, Municipalidades, otros
- Aliados estratégicos en el mundo público y privado de la energía, la I+D y la cooperación internacional: Fraunhofer ISE, Fraunhofer IEE, Fraunhofer-Gesellschaft, SERC Chile, ACSP Chile, Pontificia Universidad Católica, Consorcio de Electromovilidad, Universidad de Chile, Universidad Técnico Federico Santa María, Universidad Adolfo Ibáñez, Universidad de Antofagasta, Embajada de Alemania, AHK Chile, GIZ, CORFO, entre muchas otras organizaciones.
- Medios de Comunicación de difusión masiva (El Mercurio, La Tercera, La Segunda, Canal 13, TVN, MEGA, Chilevisión, CNN Chile, Red de Diarios Regionales, Radios con programación periodística) y de comunicación especializada (Diario Financiero, Reporte Sostenible, Nueva Minería, Minería Chilena, PV Magazine, Revista Induambiente, Revista Electricidad, Revista Electroindustria, Portal SONAMI, entre otros).

Mensajes e Ideas Fuerza

En base a la estrategia actual del Centro, y al contexto sanitario mundial, se propone destacar algunas ideas y mensajes que apunten a fortalecer el objetivo y los resultados de gestión comprometidos con CORFO, y con los actuales y futuros clientes.

Ideas fuerza

- Vamos a solarizar Chile (Let's solarize Chile)
- Somos actores relevantes para la sustentabilidad de la economía nacional
- Proponemos soluciones I+D competitivas para las necesidades de la industria
- Generamos valor agregado en procesos, servicios y productos para las empresas, a partir de innovación
- Impulsamos el avance en I+D
- Gestionamos transferencia de tecnologías solares
- Impulsamos la reducción de la huella de carbono productiva
- Mejoramos la productividad y eficiencia energética
- Resolvemos problemáticas productivas con investigación aplicada
- Fortalecemos los modelo de negocios de energía
- Innovamos para la sustentabilidad productiva nacional
- Incentivamos a la industria a incorporar I+D a través de fondos concursables
- Somos líderes mundiales en investigación aplicada
- Aportamos confiabilidad y ciencia a la matriz productiva energética
- Contribuimos decisivamente en la descarbonización de la matriz energética y los procesos industriales en Chile, mediante la incorporación directa de energía solar, o

de extensiones de su uso mediante ‘sector coupling’, o bien, vectores energéticos

Temas estratégicos

En base a lo conversado con el Director del Centro y los Líderes de área, existen algunas temáticas en las que CSET se posicionará como líder y referente en lo comunicacional, y por extensión, también en el desarrollo de negocios. Algunos temas propuestos son:

- Hidrógeno verde
- Electromovilidad
- Tecnologías Agrovoltáicas
- Mantenimiento de plantas PV
- Plantas de concentración solar de potencia
- Integración de calor solar en procesos productivos
- Análisis exergético y uso de inteligencia artificial en procesos industriales
- Tratamiento de aguas con uso de tecnologías solares
- Almacenamiento de energía
- “Diccionario Solar”
- Sistemas de energía descentralizados
- Energía distrital / Calefacción distrital
- “Drink Solar”

El mensaje de base es que Fraunhofer CSET es un aliado estratégico fundamental que incentiva a la industria chilena y latinoamericana a que inviertan en I+D, tanto para la producción de energía o la integración de energía solar en sus procesos, como también para mejorar su productividad mediante el uso de tecnologías solares, reducir la huella de carbono de los procesos industriales y reducir la dependencia de combustibles fósiles importados.

En los siguientes puntos, se mencionarán los componentes del Plan de Marketing y Comunicaciones, el cual es actualizado y ejecutado año tras año.

Internet

- Página web institucional. Actualización continua de los contenidos de la web, y desarrollo de propuestas para mejorar el contenido con una visión estratégica de la audiencia objetivo. Expansión de los contenidos en sección Whitepapers y creación de la Sección One-Pagers para mejorar la visibilidad de los proyectos y servicios del Centro. Creación de la sección Nuevas Tecnologías y rediseño para reubicar contenidos históricos (de CSB). Idioma inglés y español.
- Redes Sociales de Fraunhofer Chile (LinkedIn, Twitter, Facebook e Instagram). Se propone aumentar la cantidad de seguidores en redes relevantes y generar pago de publicaciones en eventos relevantes para Fraunhofer CSET.
- Newsletter de Fraunhofer Chile Research. Boletín informativo interno que se dirigirá

a los colaboradores Fraunhofer Chile, para mejorar la comunicación interna y los nexos de trabajo, en conjunto con el área de RRHH (editorial, contenidos de salud mental, autocuidado, salud y seguridad ocupacional, panel de avisos, galardones, actividades deportivas, sociales y culturales de los colaboradores).

- Newsletter externo. Tiene por objetivo mejorar el posicionamiento de la imagen y noticias relevantes institucionales con los *stakeholders*. Envío trimestral que incluirá las seis noticias principales del período, con enlace a la web en que se encuentren alojadas las noticias y un video de presentación/editorial que irá rotando a cargo de los líderes de cada área.

Publicidad

- Avisaje en medios de comunicación online y especializados (Por ejemplo, revistas “[Reporte Sostenible](#)”, “[Electricidad](#)” e “[Induambiente](#)”, ediciones especiales vinculadas a energía y minería, publicaciones en efemérides, difusión de eventos ya planificados en la agenda de Fraunhofer CSET, etcétera).
- Publicidad de eventos online y presenciales en Redes Sociales, así como desarrollo de mini campañas comunicacionales en efemérides relevantes con foco en las plataformas sociales de Fraunhofer Chile, reforzando enfoque de género (Día de la Mujer, Día de la Mujer y la Niña, Días de la Tierra, Día de la Energía, etc.)
- Participación en espacios y eventos especializados en los que se tenga visibilidad ante el mapa de públicos definido, tales como Green H2 Summit, Feria CSP, Exponor Chile 2021, y eventos ligados a Gran Minería. Se priorizará la asistencia en calidad de expositores, en ruedas de negocios y en *matchmaking*, mejorando la eficiencia de la inversión.



Figura 5 - Banner edición especial "Electromovilidad y Almacenamiento", Reporte Sostenible, diciembre 2021.

Gestión de Medios

- Instalación de temas en la agenda de los medios nacionales e internacionales, mejorando la visibilidad de la marca Fraunhofer Chile a través de contenidos preparados de acuerdo al público objetivo, y en los medios concordantes a ese target. Gestión de entrevistas en medios y programas especializados.
- Actualización de contenidos audiovisuales para la difusión y el posicionamiento del centro, tales como un video institucional actualizado, mejoramiento y ampliación del set de fotos corporativas y de los equipos de trabajo, así como el desarrollo de piezas gráficas y audiovisuales de los proyectos en desarrollo que contemplen ítems

de difusión.

- Consolidación y actualización de la base de datos de contactos en empresas, instituciones públicas, aliados y medios de comunicación, que están definidas en nuestros públicos objetivos y aliados estratégicos.
- Mantención de las vocerías corporativas. En primera instancia, el vocero es el Gerente General, Frank Dinter, y los voceros subrogantes son Marco Vaccarezza y María Teresa Cerda.
- Generación de taller de redes sociales para el equipo de trabajo, para entregarles herramientas y consejos comunicacionales para mejorar la gestión de la marca personal e institucional en redes.
- Actualización del Taller de videos y fotografía para el equipo de trabajo CSET, para mejorar la calidad y cantidad de piezas audiovisuales propias, que documentan el quehacer del Centro en terreno.

Agrioltaico: Energía solar y agricultura en la misma superficie

David Jung llegó desde Alemania a la Fundación Fraunhofer en Chile a estudiar cómo implementar lo que se llama agrioltaico en Chile: utilizar la misma superficie para producir alimentos y energía solar.

El concepto es que sobre un cultivo se instalan los paneles solares, los que no solo generan energía, sino que además protegen a las plantas de lluvias, granizo e incluso el frío. La instalación se hace aplicando modelos matemáticos para que se permita el paso de luz solar adecuado.

"En Chile se usan las mallas sombreadoras para evitar el daño del sol en las frutas o plantas, pero que se pone un panel solar que además de generar electricidad, protege y dura hasta 25 años", explica Jung, del Centro de Tecnologías para la Energía Solar (CSET) de Fraunhofer Chile Research.

Cuenta que la idea nació hace más de 40

años en Fraunhofer en Alemania y que ya se emplea en plantaciones de frutas menores, como frambuesas o arándanos, en los Países Bajos, donde se utilizan paneles semitransparentes para dar más luz al cultivo.

En Chile ya han instalado tres plantas piloto en hortícolas en la Región Metropolitana. Allí investigan cómo se comportan el clima y los cultivos y también cómo se tiene que manejar el cultivo para el uso de maquinarias.

"Es en la fruticultura donde se ve el potencial mayor. Es un producto de alto valor, en el que se investe más en protección. Hoy se usan muchas coberturas plásticas. Estamos elaborando un estudio de potencial, analizando los cultivos más aptos para su cultivo bajo paneles FV en Chile", cuenta el ingeniero alemán.

Los estudios en el país también analizan el uso de la tecnología en frutas mayores, como cerezas, por ejemplo. "Incluso existen técnicas



Los paneles son colocados a una altura y posición que permiten el paso necesario de luz solar al cultivo e incluso el uso de maquinarias.

que permiten producir pastos o heno, con paneles bifaciales que en lugar de instalarse sobre el cultivo se instalan en hilera y captan energía por ambos lados", explica.

Enfatiza que el impacto, además del económico, es el doble uso de la tierra: mejora la dis-

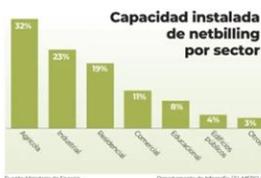
ponibilidad energética sin necesidad de utilizar nuevas tierras, que es una de las complicaciones para la instalación de paneles fotovoltaicos. Por ejemplo, si se quiere generar 3 MW con paneles, se necesitarían 20 hectáreas libres, si es que no se integran.

do alimentos, y también la necesidad de extraer agua de pozos más profundos. Así el problema hídrico se ve encarecido por el costo energético.

Allí las energías renovables encuentran su principal nicho de crecimiento, impulsadas por inversiones públicas —especialmente para apoyar a pequeños y medianos agricultores— y privadas.

De acuerdo a los datos del Ministerio de Energía, el programa de Fomento a las energías renovables y la eficiencia energética en proyectos de riego mediante inversión pública, desarrollados en conjunto con la Comisión Nacional de Riego (CNR), ha significado entre 2012 y 2020 conectar proyectos de riego con una capacidad instalada de 70 MW a lo largo del país.

El ministro Jobet explica que "desde el año 2012 a la fecha se han implementado más de 4.100 proyectos a través de CNR e Indap, parcialmente de generación fotovoltaica y mini hidroeléctrica, lo que representa 24.292 ton CO₂eq miti-



Fuente: Ministerio de Energía.

Departamento de Hidrografía (LIMED/IDR)

gadas, equivalente a sacar de circulación 13.390 vehículos".

De ellos, 905 fueron beneficiados por la CNR entre 2014 y 2020; y 3.290 adjudicados por Indap entre 2012 y 2020.

En Indap agregan que en 2020, el número de proyectos fue de 1.772 a nivel país, que en capacidad eléctrica instalada representan 2.233 KW,

equivalentes a haber mitigado 13.478 toneladas de CO₂. "Es como haber plantado cerca de mil hectáreas de bosque nativo o a haber sacado 4.600 vehículos de circulación.

Esto de alguna manera refleja la importancia del tema", plantea José Manuel Urrutia, jefe del Departamento de Riego y Energía de la División Fomento de Indap.

Mónica Rodríguez, jefa de la división de Estudios, Desarrollo y Políticas de la CNR, explica que han concretado 906 proyectos de riego con energía fotovoltaica, por unos \$27.000 millones y una beneficiación de más de 820.800 millones. "No obstante, también estamos apoyando obras de riego con centrales micro hidroeléctricas con un total, a la fecha, de 16 proyectos (el primero de ellos desarrollado en 2013) y los otros 15 materializados entre 2009 y 2020) para una inversión total de obras de riego con el micro central de \$3.300 millones y una beneficiación de \$3.200 millones". El 80% del total corresponde a pequeña agricultura.

FOTOVOLTAICA, CORRE CON VENTAJA

Si bien a nivel nacional están presentes prácticamente todas las formas de energías renovables —sol, agua, geotermia, viento, biomasa—, los expertos coinciden en que la fotovoltaica corre con ventaja, al menos en el agro.

"Hemos desarrollado distintos proyectos, por ejemplo, los que aprovechan el viento para el bombeo de agua, también biogestores, pero el agua son los sistemas fotovoltaicos", dice Juan Manuel Urrutia, refiriéndose a lo que han visto desde el Indap, donde de los 3.200 proyectos que han realizado desde el 2012, el 95% corresponde a fotovoltaicos.

Los elementos que la impulsan son varios. Primero, la calidad solar del país. "Chile tiene condiciones excelentes para la generación fotovoltaica", plantea David Jung, ingeniero del Centro de Energía Solar de la Fundación Fraunhofer Chile Research. Se refiere a que está disponible en cantidad y calidad a lo largo de todo el país.

Además, hoy en día el costo de esta tecnología ha bajado de manera importante, transformándose en la opción más eficiente, incluso ante otras alternativas renovables.

"Económicamente hace sentido,

SIGUE EN PÁGINA 6

Figura 6 - Reportaje Agrioltaico, Revista CAMPO, El Mercurio, febrero 2021

Protocolos y Relaciones Públicas

Creación de un instructivo de producción de eventos online, con conceptos y definiciones orientativas en esta área, para facilitar el desarrollo y logística de los eventos que se lleven a cabo, delimitando los estándares mínimos que se deben tener presente para mostrar una adecuada imagen corporativa en toda actividad, desde su convocatoria hasta su ejecución.

Este instructivo incorporará pasos del proceso, formato de invitaciones, formato de cartas de invitación y agradecimiento, listados de servicios complementarios online y recordatorio de las rutas en que se debe respaldar la información.

Marketing

- Mejora en la imagen corporativa a través del diseño de material publicitario digital. Actualización del catálogo digital (portafolio de servicios) de CSET con contactos (correo y profesional a cargo).
- Contratación de una plataforma de Email Marketing para mejorar la entrega y distribución masiva de correos de la marca FCR.
- Desarrollo de contenido audiovisual de los proyectos desarrollados y en desarrollo por parte de CSET.
- Organización de eventos que promuevan la visibilidad del Centro y contribuyan a la transferencia de conocimientos entre los asistentes.
- Participación en ferias y congresos con la imagen de FCR, manteniendo la visibilidad de la imagen de CSET.



Figura 7 - Video Promocional "Agricultura Urbana Solar", haga clic en la imagen para ver el video

Responsabilidad Social Corporativa (RSC)

Es de alta prioridad que la imagen de Fraunhofer Chile incorpore una línea de RSC para el desarrollo de su plan de trabajo en su vinculación con el entorno. Si bien es prioritario el trabajo con los públicos objetivos, en el mercado es fundamental que las organizaciones muestren una vinculación con la comunidad que vaya más allá de sus líneas de negocios. Se propone aprovechar las redes en la que se está inserto para apoyar de manera más direccionada y propositiva la participación de nuestros investigadores en instancias de

carácter masivo (e.g., divulgación científica escolar, ciencia ciudadana, apropiación de la ciencia, género y regiones) que están más lejanos al trabajo del Centro, pero que validan su imagen ante públicos objetivos prioritarios.

En esta línea, Fraunhofer CSET ya ha desarrollado iniciativas en el pasado, como el Diccionario Solar, el cual tiene el objetivo de fomentar el conocimiento en conceptos relacionados con la energía solar para un público menos técnico que el habitual. En este sentido, este recurso refuerza el posicionamiento y visibilidad que los investigadores del Centro pueden lograr con su trabajo, logrando acercarse más al público general a través de cápsulas informativas.

Para mayores detalles sobre el Diccionario Solar, siga el siguiente enlace para el video promocional: [Diccionario Solar](#).



Almacenamiento Energético

Concepto que comprende los métodos para conservar una cierta cantidad de energía, para ser usada con posterioridad, reinyectándola en las redes eléctricas, o derivándola hacia otros usos. Es un concepto muy relevante en energías renovables, pues al ser éstas esencialmente variables, la producción de energía no necesariamente coincidirá con la demanda de energía, constituyendo entonces la posibilidad de compensar este diferencial y ajustar oferta con la demanda de energía.

Los métodos de almacenamiento van desde uso de baterías, almacenamiento hidráulico, almacenamiento térmico (mediante sales fundidos u otro medio) hasta tecnologías como generación de hidrógeno u otros.

Diccionario Solar
Un aporte del Centro de Tecnologías para la Energía Solar
Fraunhofer CHILE

Figura 8 - Ejemplos de cápsulas informativas, Diccionario Solar

Concentración Solar de Potencia



Utilizando los rayos provenientes del sol y dirigiéndolos por medio de espejos, se pueden concentrar lo suficiente para calentar un fluido a medias y altas temperaturas (200°C – 1000°C). Los espejos pueden ser en forma de parábola, calentando un tubo en su foco o ser planos y dirigir los rayos a un punto encima de una torre. Por medio del calor se puede producir vapor, lo cual alimenta un ciclo de turbinas de vapor, que a su vez, generan electricidad de la misma manera que otras plantas convencionales lo han hecho durante años. En este tipo de plantas, sólo se cambia el combustible fósil (carbón/diésel/gas) por uno limpio, seguro y renovable.

Diccionario Solar
 Un aporte del Centro de Tecnologías para la Energía Solar
 Fraunhofer CHILE

Figura 9 – Ejemplos de cápsulas informativas, Diccionario Solar

En esta línea, el investigador Álvaro Henríquez realizó una entrevista para el Museo Interactivo Mirados (MIM) en el marco de la iniciativa “MIM móvil” que recorría el país. La entrevista fue realizada en Tiltit, y se centró en explicar el potencial solar de Chile para un público no especializado.



MIM_Museo @MIM_museo · Aug 25, 2021

Por cada 100 KW de potencia solar instalada se evita la emisión de 75 mil kg de CO2 al año. Sobre el potencial de Chile en esta materia estaremos hablando con Álvaro Henríquez, magíster en Física. 👁️👉 Por nuestro Facebook e Instagram. #MIMmóvil en #TilTil 🚚

Live Til Til Álvaro Henríquez
 Magíster en Física

Chile: Paraíso Solar

Energía sustentable

27/08 15:30

Figura 10 - Publicación en RRSS de la entrevista del MIM a Álvaro Henríquez. Agosto, 2021

2.5. Actividades y Resultados Principales

Durante el primer año de esta Fase III, se han llevado a cabo distintas iniciativas desde la Línea Corporativa, principalmente, relacionados a planificación y cambios estratégicos, con el fin de hacer frente a las consecuencias de estos años de crisis nacional y mundial. Así, desde principios del año 2021, la Línea Corporativa ha ido llevando un proceso de planificación estratégica para los próximos años, incorporando en este proceso no sólo las opiniones de este equipo, sino que de todos los colaboradores de Fraunhofer CSET a través de reuniones ampliadas, de las contrapartes de Fraunhofer ISE y la casa matriz de Fraunhofer-Gesellschaft en Múnich mediante distintas reuniones y visitas, y de los consejos asesores.

La estrategia fue dividida en tres líneas, las cuales mantienen objetivos diferentes entre cada una de ellas. Estas son:

1. Ingresos privados y fondos públicos
2. Vinculación con la Red Fraunhofer en Alemania
3. Estructura y capacidades internas

La meta estratégica de la arista 1 es la sostenibilidad financiera, la cual fue definida como prioridad principal debido al estancamiento que han tenido los ingresos del Centro los últimos dos años, posiblemente producto de la doble crisis del país. Esto también se hace relevante al considerar el término del subsidio del Programa para Centros de Excelencia Internacional, el cual culmina el año 2023.

Para la línea 2, la meta estratégica es lograr una mejor vinculación con los distintos equipos que componen Fraunhofer ISE y los demás institutos Fraunhofer en Alemania que investiguen tópicos de interés para el Centro. El respaldo de la Red Fraunhofer en Alemania es uno de los caracteres diferenciadores que posee el Centro en relación a la oferta de I+D que existe en el ecosistema nacional, por lo que es necesario continuar mejorando las relaciones y el interés de los equipos alemanes en colaborar en los proyectos desarrollados en territorio nacional.

Por último, para la arista 3, la meta estratégica es crear una estructura interna robusta que logre dar soporte a la operación y crecimiento del Centro, a la vez que habilite el camino para lograr las dos metas anteriormente mencionadas. Esta meta por un lado contempla la continua formación de Capital Humano y captación de nuevas capacidades; y por otro lado la optimización de los recursos y procesos de la operación del Centro.

Para ver el resultado del proceso estratégico, ver Anexo “Proceso Estratégico 2021 – 2023” (el archivo original ha sido modificado, eliminando la información que tiene uso netamente interno).

Actividades Corporativas *Ad Honorem* de Fraunhofer CSET

Durante el período 2021 – 2022, Fraunhofer CSET participó de ciertas iniciativas relacionadas a la energía como parte de la Sociedad Civil o como centro de investigación aplicada en la materia, con foco en un bien común o como mecanismo de participación para el fomento de la industria. Entre ellas, se mencionan:

- Representación de Fraunhofer CSET en el Consejo de la Sociedad Civil (COSOC) del Ministerio de Energía a través de Natalia Osorio, como representante titular, y Thomas Lindsay, como representante suplente. Esta representación es por dos años con posibilidad de continuidad. La primera sesión del COSOC no ha sido llevada a cabo aún, pero está programada para efectuarse entre los meses de marzo y abril de 2022. El COSOC del Ministerio de Energía tiene por finalidad hacer participa a organizaciones de la Sociedad Civil en procesos de generación y discusión de políticas públicas, planes, programas y acciones provenientes de los organismos públicos con alcance en el campo de la energía.
- Participación de la investigadora Catalina Hernández durante todo el proceso de Planificación Energética de Largo Plazo, desde donde pudo participar sumando antecedentes e insumos para considerar en la proyección de escenarios energéticos para el país.
- Participación del líder del equipo de Desarrollo de Negocios, Marco Vaccarezza, y el Coordinador de Proyectos, Thomas Lindsay, en los distintos talleres llevados a cabo para trazar la línea base de la Hoja de Ruta para el desarrollo y despliegue de la industria del hidrógeno verde en la Región de Magallanes, a través del programa estratégico “Transforma Regional: Hidrógeno Verde Patagonia”.
- Participación de los líderes de PV y STS, Aloïs Salmon y María Teresa Cerda, respectivamente, en la política de largo plazo del Ministerio de Energía, a quien se les calculó simulaciones solares para la integración en el software para la planificación de largo plazo (PELP). Esta contribución aparece mencionada en la política como nota al pie de página de los respectivos capítulos.

Resultados de Marketing y Comunicaciones – Redes Sociales

En cuanto a las Redes Sociales, la con mayor crecimiento estos últimos años ha sido LinkedIn, lo cual se adapta al perfil científico-tecnológico de Fraunhofer CSET, donde la marca Fraunhofer Chile Research tiene a la fecha casi 12 mil seguidores, y sigue incrementando día tras día. Para graficar aún más el crecimiento en esta red, se muestran las siguientes tablas con el crecimiento desde enero de 2021 a febrero de 2022.

Seguidores/Publicaciones/Alcance en LinkedIn:



Figura 11 - Crecimiento LinkedIn, año 2022

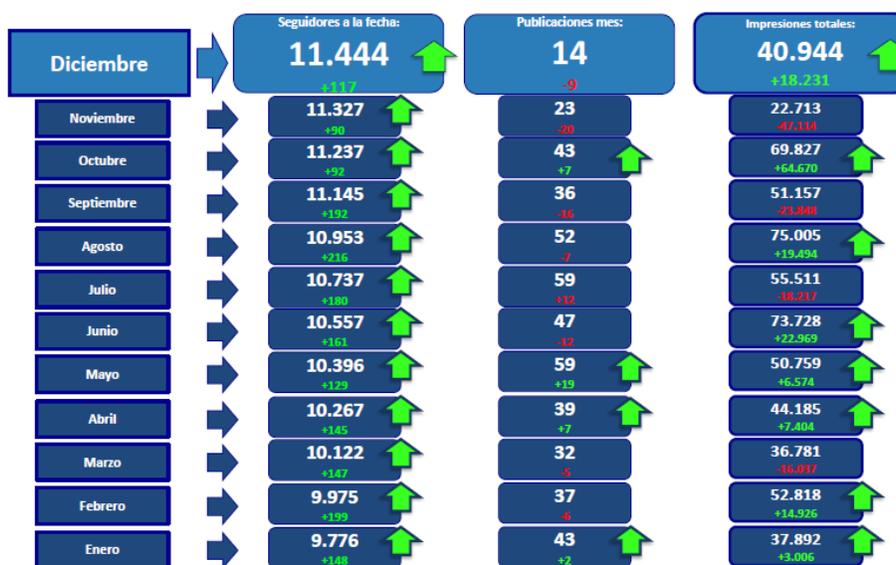


Figura 12 - Crecimiento LinkedIn, año 2021

Resultados de Marketing y Comunicaciones – Cobertura Mediática y Actividades Promocionales

Fraunhofer CSET ha tenido una predominante presencia en los medios como centro de referencia en temas de energía solar durante este período. Durante el último año en particular, los temas relacionados a hidrógeno verde, electromovilidad y descarbonización fueron las temáticas más demandadas, creando así una excelente oportunidad para establecer nuevos vínculos con la industria y el sector público.

Esto ha ido de la mano con el crecimiento de las redes del Centro en el mundo empresarial, particularmente por las reuniones que se han logrado gestionar, las propuestas enviadas y las iniciativas realizadas con grandes actores de la industria. Por ejemplo, dos grandes iniciativas que han levantado interés y compromiso de la industria han sido la postulación al Financiamiento Basal de ANID, que se logró comprometer, entre otros, a Viña Concha y Toro y Enel X, con un monto cercano al millón de dólares; y la otra iniciativa ha sido

recientemente postulada a un fondo alemán con la presencia de variados actores industriales y de investigación, nacionales e internacionales. Esta iniciativa será abordada más adelante, en el apartado “**3.3. Proyectos Transversales**”. Este proyecto recién postulado al fondo espera ser publicado en los medios una vez se obtenga el veredicto de parte de las agencias alemanas que gestionan el financiamiento.

Además, cabe mencionar las siguientes iniciativas, de un carácter más técnico:

- Participación del investigador y líder del Departamento de Almacenamiento de Energía Eléctrica de Fraunhofer ISE, Dr. Matthias Vetter en la Feria Internacional de Electromovilidad (FIDELMOV 2021), por gestión de Fraunhofer CSET.
- “Chile: Solar Thermal for Power and Heat – Success Stories and Perspectives” webinar organizado por Fraunhofer CSET, con la participación de Fraunhofer ISE y referentes de la industria como SQM y Cerro Dominador.
- Webinar “BrineMine: Sustainable mineral and freshwater extraction from geothermal brines in Chile” co-organizado por Fraunhofer CSET y Fraunhofer ISE, con la participación de varios expertos de la academia e investigación.
- María Teresa Cerda y Carlos Felbol representaron a Fraunhofer CSET en el congreso SolarPACES 2021, con el paper “Techno-Economic Optimization of Solar Tower Systems: Comparison of Different Sites in Chile”, liderado por Maitane Ferreres.
- Aparición en titulares y menciones en noticias del medio especializado Reporte Sostenible (<http://reportesostenible.cl/blog/tag/fraunhofer/>):
 - [“Fraunhofer Chile busca integrar la energía solar para descarbonizar el transporte en el país”](#)
 - [“Los beneficios de la Concentración Solar de Potencia en Chile y el mundo”](#)
 - [“Frank Dinter, gerente general de Fraunhofer Chile: Apostamos por la energía solar y la transición hacia una matriz energética renovable y sostenible”](#)
 - [“Fraunhofer Chile mostró avances del proyecto piloto Flotante PV a autoridades regionales”](#)
 - Entre muchas otras
- Parte de las ediciones especiales del mismo medio, 2 reportajes durante el período:
 - Edición especial de Electromovilidad y Almacenamiento



Fraunhofer Chile
Estudios del instituto buscan integrar la energía solar para descarbonizar el transporte en Chile

Figura 13 - Entrevista a Marco Vaccarezza para edición especial de Electromovilidad (clic para ver)

- Edición especial de Energías Renovables para una Industria Sostenible



Iván Muñoz, investigador SST Fraunhofer Chile
Calor solar para una industria inteligente y sostenible

Figura 14 - Entrevista a Iván Muñoz para edición especial de Energías Renovables (clic para ver)

- Por último, actualmente se está organizando el evento de lanzamiento del proyecto H2VA (Hub de Hidrógeno Verde Antofagasta, ver sección **“3.3. Proyectos Transversales”**), el cual será realizado el día 16 de marzo. Se contará con la participación de importantes referentes del mundo del hidrógeno, autoridades

públicas, y una representante de la Agencia del Clúster de Energías Renovables de Hamburgo, relevante actor en la estrategia de hidrógeno verde de Alemania.

¡LANZAMIENTO ONLINE!

H₂VA

HUB DE HIDRÓGENO VERDE ANTOFAGASTA

INVITADOS ESPECIALES


Ricardo Díaz Cortés
Gobernador Regional
Región de Antofagasta


Rubén Rojo
Gerente
CICITEM


Ricardo Muñoz
Gerente
Sicep

EXPOSITORES


Rowena Moreno
Jefa de Proyectos
estratégicos
Club de Innovación


Eduardo Bitrán
Presidente
Club de Innovación


Edward Fuentealba
Director
AtamosTec y Centro de
Desarrollo Energético
de Antofagasta


Lindley Maxwell
Investigador Principal
de Energía
CICITEM

PANEL DE CONVERSACIÓN


María Paz de la Cruz
Gerenta General
H2 Chile


Marcela Angulo
Directora
UdeC Santiago


Erwing Plett
Director
Alfa Lux


Marco Vaccarezza
Líder de Desarrollo de Negocios
Fraunhofer Chile


Sebastián Álvarez
Ingeniero de Proyectos
TRA

H₂VA es un Bien Público, apoyado por el Comité Corfo Antofagasta, a través del Fondo de Innovación para la Competitividad Regional (FIC-R), cuyo objetivo es el levantamiento de casos de uso y servicios tecnológicos para el desarrollo de un Hub de hidrógeno en la región de Antofagasta, ¡y del cual te invitamos a ser parte!

El lograr un trabajo colaborativo y multidisciplinario, será clave para desarrollar la economía del futuro y potenciar las oportunidades que existen para Chile.

MIÉRCOLES
16 MAR
2022

10:00 a
12:20 hrs.
ON LINE

¡ACOMPÁÑANOS!

Figura 15 - Invitación lanzamiento proyecto H2VA. Marzo, 2022

También como parte de los resultados de la presencia mediática de Fraunhofer, cabe mencionar el publlirreportaje para la edición digital y física del Diario Financiero, la cual fue publicada el día 1 de febrero de 2022, bajo el título “Excelencia como valor fundamental para el desarrollo de la innovación y el conocimiento”, como se muestra a continuación.


Fraunhofer
CHILE

CENTRO DE EXCELENCIA INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍAS PARA ENERGÍA SOLAR DE FRAUNHOFER CHILE RESEARCH

Excelencia como valor fundamental para el desarrollo de la innovación y el conocimiento

Representante en Chile de Fraunhofer-Gesellschaft con sus 75 institutos e instituciones en Alemania, de los cuales han nacido contribuciones significativas como el mp3, la tecnología LED de luz blanca, el airbag y el desarrollo de tecnologías 5G para los requerimientos de las comunicaciones móviles y la transmisión de datos entre objetos. Además, lleva decenas de años investigando en tecnologías de hidrógeno, fuel cells y computación cuántica, revolucionando la producción de modo sostenible.

El Centro de Excelencia Internacional en Tecnologías para Energía Solar de Fraunhofer Chile Research (FCR CSET) comenzó a operar en 2015, basado en el modelo de innovación de Fraunhofer Alemania que busca desarrollar ciencia y tecnología aplicada para resolver las necesidades de la industria. Asimismo, lleva a cabo investigación aplicada en el campo de los sistemas y tecnologías de energía solar y sus aplicaciones, contribuyendo significativamente a la creación de un suministro de energía sostenible, económico, seguro y socialmente justo para Chile.

“Hemos generado un trabajo colaborativo con las más importantes industrias e instituciones para otorgar una mirada sostenible a la productividad y al desarrollo de las comunidades mediante energía solar y tecnologías limpias, contribuyendo decisivamente en la descarbonización de la matriz energética nacional”, explica el Prof. Dr. Frank Dinter, Gerente General de Fraunhofer Chile y Director Ejecutivo del Centro de Tecnologías para Energía Solar.

Entre sus principales logros está el Roadmap para evaluación de plantas de CSP de torre en Chile; la implementación de tecnologías solares innovadoras para la sustentabilidad de la agricultura, a través de sus proyectos Agrivoltaico, Floating PV y Urban Farm PV; y el desarrollo de estudios y propuestas de Hojas de Ruta para la implementación eficiente de descarbonización en diversas industrias.

“Conseguimos incluir en la agenda país la incorporación de la energía solar térmica en procesos industriales, con especial foco en la



Proyecto Jucosol

industria de bebidas, mediante los proyectos Jucosol, Guayacán y convenios con empresas Viña Concha y Toro, entre otras”, agrega el Dr. Dinter.

La mirada a futuro es consolidar todos sus avances en alianza con sus socios estratégicos, la Pontificia Universidad Católica y el Centro de Energía Solar de la Universidad

de Chile. También, fortalecer los lazos con la red Fraunhofer y su instituto de referencia, Fraunhofer ISE.

Mención especial es la próxima Fraunhofer Technology Week, instancia que permitirá mostrar de manera inédita en Chile las principales oportunidades, pilotos y desarrollos que llevan adelante en Alemania los institutos

Fraunhofer en el área de energía solar y de tecnologías sostenibles. “Estamos seguros de que será una oportunidad única para establecer sólidos vínculos con la industria nacional y avanzar en la descarbonización de la matriz productiva y energética”, afirma el Dr. Dinter.

www.fraunhofer.cl

Figura 16 - Publlirreportaje Diario Financiero, 1 de febrero de 2022

Para más información, consultar Anexos “Cobertura Mediática”, “Reporte de Medios”, e “Informe de Redes Sociales”.

3. Líneas de Investigación

Fraunhofer CSET es un centro de investigación aplicada que combina distintas disciplinas y capacidades en torno a la energía solar y sus aplicaciones, además de tener una relación recíproca con sus principales socios, como UC y Fraunhofer ISE, donde no solo capta la tecnología y el conocimiento desarrollado por estos, sino que también los apoya en los procesos de desarrollo de negocios y optimización de procesos de acuerdo a los intereses de la industria y las condiciones locales. Lo anterior permite al Centro abarcar las áreas temáticas donde tiene experiencia validada, pero también donde sus socios sean quienes se encuentren más capacitados para los servicios, actuando en este caso como un gestor de negocios, articulador, y/o coordinador.

Como es mencionado en secciones anteriores, Fraunhofer CSET consta de dos líneas de investigación o *Research Lines* (RLs), “Sistemas Fotovoltaicos” y “Sistemas Solares Térmicos”. En el currículum, puede haber ciertas diferencias entre ambas líneas, por ejemplo, en la RL1 el equipo está compuesto mayoritariamente por ingenieros eléctricos, electrónicos y técnicos, mientras que en la RL2 son principalmente ingenieros mecánicos o de procesos. Estas diferencias se alinean con las capacidades necesarias para llevar a cabo los proyectos propios de cada equipo, y por el otro lado, representan capacidades complementarias al momento de formar equipos transversales: unidades de trabajo que son compuestas por profesionales de ambas líneas, cuando la temática de investigación requiere experiencia y conocimiento de ambos perfiles.

Dentro de las temáticas de investigación que pueden requerir la conformación de equipos transversales, se encuentran:

- Hidrógeno verde y sus derivados, en distintos niveles de su cadena de valor
- Electromovilidad e integración a sistemas
- Tecnologías de tratamiento de aguas
- Estudios de descarbonización de procesos; Hojas de ruta
- Monitorización de procesos, dispositivos y/o equipos
- Estudios de recurso solar; clasificación geográfica
- Uso de Big Data para el análisis técnico (experimental, simulación)
- Análisis de información de mercado del ecosistema energético chileno
- Modelamiento de la red eléctrica y análisis de los sistemas energéticos

Si las competencias profesionales estuvieran alojadas en cada Línea de Investigación por separado, sería contraproducente duplicarlas para estos proyectos que son definidos como transversales, por lo que se fomenta la coordinación y las actividades transversales. En muchos casos, el trabajo de los investigadores de UC también puede calificarse de transversal y se acopla a estas actividades. Esto asegura, por ejemplo, que los investigadores de UC que no tienen su principal foco de investigación en temas de energía solar (ciencia

de los materiales, química, geología, economía, sistemas eléctricos, entre otros), también colaboren con el Centro, aportando desde la multidisciplinariedad a los proyectos y aprendiendo a la vez sobre las tecnologías de energía solar y sus aplicaciones.

Uno de los objetivos principales de CSET es el desarrollo e ingeniería de aplicaciones de tecnología innovadora, así como también la gestión e instalación de plantas piloto o plantas demostrativas, y el análisis de mercados locales y regionales. El Centro continuará contribuyendo a los programas públicos y la creación de nuevas políticas públicas, entregando recomendaciones de acuerdo con la evolución tecnológica y el contexto nacional e internacional, entregando estudios del Estado del Arte de tecnologías solares, participando de grupos de trabajo y, por último, aportando al brindar servicios específicos y estratégicos.

3.1. RL1 – Sistemas Fotovoltaicos

Descripción y Objetivos

El diseño de sistemas y componentes PV ha sido usado alrededor del mundo en numerosas instalaciones. Según estimaciones de Bloomberg NEF, la capacidad fotovoltaica mundial ya será superior a 1,000 GWp para este año 2022, donde la madurez de la tecnología es alta y las mejoras de desempeño que pueden ser alcanzadas a través de nuevos procesos en los módulos convencionales basados en Silicio son usualmente menores. Por el contrario, en Chile, debido a los desafíos climáticos y las condiciones desérticas del norte del país, existe una potencial mejora en el desempeño de la operación y mantenimiento de las plantas PV debido a las condiciones del clima local principalmente (ensuciamiento, duración de componentes en condiciones extremas).

En las centrales eléctricas PV, el incentivo de disminuir el costo de la inversión impacta en la selección de componentes, resultando en una baja de la eficiencia en el largo plazo de la planta. Este representará un problema cada vez mayor para el mercado energético nacional, debido a la conexión de los sistemas Interconectado Central e Interconectado del Norte Grande, que unió de Arica a Chiloé, y la cual fue inaugurada a fines del año 2017. Pequeñas mejoras en la operación y la calidad de las plantas serán relevantes para el análisis financiero de los potenciales proyectos. Es por ello que, procedimientos de evaluación de calidad, tests de durabilidad, y el desarrollo de un etiquetado de productos y componentes aptos para el clima desérticos nacional, son importantes focos de desarrollo tanto para el mercado como para los servicios de I+D.

La radiación solar en ciertas zonas de Chile representa un contexto en extremo favorable para la implementación de conceptos innovadores de sistemas PV, tanto *on-* como *off-grid*. Ejemplos de ello es el bombeo de agua, la desalación de agua con sistemas PV-Osmosis

Inversa, sistemas descentralizados de recarga de baterías o vehículos agrícolas, entre otros, que pueden llegar a ser aplicaciones futuras de tecnologías como extensión de los usos de la energía solar.

El objetivo de esta Línea de Investigación (RL1) es el de apoyar y potenciar la implementación económica de tecnologías PV que permitan el incremento sustancial de la participación de energías renovables en la matriz energética nacional. En particular, los objetivos específicos definidos son:

- Investigar la factibilidad económica y beneficio de las tecnologías bifaciales en Chile.
- Asistir el desarrollo y la operación de plantas PV con la evaluación de calidad en el rendimiento y la durabilidad, optimizando las estrategias operativas.
- Desarrollar nuevos diseños y soluciones de sistemas basados en el concepto Agrovoltaico bajo un enfoque multidisciplinario.
- Investigar la viabilidad de aplicaciones PV innovadoras en configuraciones fuera de la red o conectadas a ella (*e.g.*, producción de Hidrógeno Verde, osmosis inversa y bombeo de agua, sistemas optimizados para el autoconsumo, entre otras).

El trabajo dentro de esta RL es organizado en dos proyectos principales, de los cuales se desprenden ciertos Work Packages (WP, o paquetes de trabajo):

- Proyecto 1.1 Conceptos PV Innovadores
 - WP1 Concepto Agrovoltaico
 - WP2 PV Relacionado a Usos de Agua
 - WP3 *Building-Integration Photovoltaics*, BIPV
- Proyecto 1.2 PV Comercial
 - WP1 Evaluación de Desempeño de Sistemas de Energía Solar
 - WP2 Medición y Modelamiento de Irradiancia Reflejada en el Suelo
 - WP3 Metodologías de Monitoreo

Por último, cabe mencionar que para este período se incorporó al equipo el Dr. William Montes, PhD en Ingeniería de Procesos y Medio Ambiente, quien asumió como Líder de la Línea de Investigación Sistemas Solares Fotovoltaicos.

Modelo de Negocios

El modelo de negocio de la línea de investigación 1 "Sistemas Fotovoltaicos" se construye según los estándares de Fraunhofer. Considera que los ingresos deben proceder a partes iguales, siguiendo el modelo de los "tres tercios" entre contratos industriales privados, fondos complementarios nacionales e internacionales, y el financiamiento basal u operacional. Las actividades se han separado de acuerdo a su fuente de ingreso, así, el Proyecto 1 "Conceptos PV Innovadores" será financiado principalmente a través de fondos públicos y el Proyecto 2 "PV Comercial" con contratos directos con privados. Por otro lado,

aquellos proyectos transversales, como los relacionados a hidrógeno verde y electromovilidad, serán financiados por el financiamiento basal u operacional.

La estrategia a largo plazo se ajusta a esta clasificación de proyectos. El financiamiento basal permite realizar estudios de mercado y de tecnología en el ecosistema chileno; las tecnologías con mayor potencial se desarrollan a escala piloto mediante financiación pública; y finalmente, ya más maduras, estas tecnologías se convierten en fuente de contratos privados de I+D.

Dentro del Proyecto 1 se ha realizado investigación aplicada sobre conceptos de sistemas innovadores, que aún no están (totalmente) desarrollados en Chile y donde los estudios de factibilidad identifican oportunidades. Si bien, se estima que la innovación no es suficientemente grande como para crear una propiedad intelectual, los conocimientos sustanciales a nivel de sistemas y componentes podrían ser suficientes para obtener contratos de I+D para desarrollar prototipos y optimizar los conceptos del sistema.

Los conocimientos adquiridos sobre el concepto Agrovoltaico desarrollados durante las fases I y II se aplican para apalancar los proyectos piloto, así como la entrada en el mercado de la energía fotovoltaica relacionada al agua y la integración fotovoltaica en edificios (BIPV). Estos conceptos se seguirán desarrollando mediante la transferencia de tecnología desde Fraunhofer ISE, replicando los buenos resultados del proyecto Agrovoltaico. Con la implementación de proyectos piloto, se desarrollará el conocimiento local y el enfoque comercial para aumentar la generación renovable dentro de las ciudades chilenas.

En el Proyecto 2 se busca mejorar la comprensión y los procedimientos de prueba relacionados con los activos de generación fotovoltaica a escala comercial. Los módulos fotovoltaicos bifaciales emergentes requieren nuevas mediciones y modelos para dar una gran precisión a los modelos financieros a escala comercial e industrial. En el ecosistema de generación eléctrica, las nuevas tecnologías deben tener un TRL elevado para ser aceptadas, ya que las empresas nacionales son adversas al riesgo. La innovación se insertará en el sector comercial fotovoltaico mediante nuevos análisis de datos y estudios tecnológicos, entregando servicios competitivos que busquen mejorar el desempeño o reducir los costos de operación.

3.1.1. Sistemas PV Innovadores

Tanto las centrales eléctricas PV de gran escala como las plantas PV distribuidas y conectadas a la red cada vez poseen menos desafíos específicos en el ámbito de las actividades de I+D, debido a la madurez de la industria. Sin embargo, el Centro sí estima que es necesaria una mayor adaptación y desarrollo de aplicaciones específicas en las que

las plantas generadoras puedan proporcionar una fuente de energía eléctrica para las demandas locales. En estos casos, el objetivo principal no es inyectar energía a la red de distribución ni la de transmisión, sino cubrir las demandas locales minimizando la interacción con la red. Incluso se considera el funcionamiento *off-grid*, pensando en zonas agrícolas alejadas de las redes existentes o con una conexión de red débil.

El proyecto FloatingPV sigue la misma línea que el concepto Agrovoltaico, el darles un uso innovador a los sistemas PV. Incluso ambas iniciativas se topan en los segmentos de clientes a los que abordan, donde la agricultura y el sector agroindustrial se posicionan como el nicho al cual apuntar con ambas propuestas. Esto logra generar sinergias entre ambos conceptos y crear un portafolio de proyectos y servicios que pueda ser ofrecido a la industria.

Por último, el proyecto BIPV aborda la dificultad de utilizar superficie urbana para la generación fotovoltaica tradicional. Al habilitar la infraestructura de las ciudades para integrar sistemas fotovoltaicos se da una solución a dicho problema de competir por el suelo en las grandes ciudades, ayudando en el camino a que los edificios logren llegar a la carbono neutralidad, lo cual es parte del compromiso de la mayoría de los países en el mundo. En este contexto, Fraunhofer ISE ha desarrollado nuevas tecnologías para la integración sencilla y eficiente de la energía fotovoltaica en diferentes partes de los edificios, lo que representa una buena fuente para la transferencia tecnológica de Alemania a Chile.

WP 1. Concepto Agrovoltaico

El concepto Agrovoltaico es uno de los proyectos referentes de Fraunhofer CSET, ya que se ha logrado transferir tecnología y conocimiento desde Alemania, particularmente desde los equipos de Fraunhofer ISE, logrando al día de hoy la implementación de tres pilotos distintos repartidos en la Región Metropolitana, lo que se considera un proceso exitoso en cuanto a transferencia tecnológica. Pero el camino no termina ahí, se continúa trabajando en desplegar estos sistemas en la industria, a la vez que se capacita y coopera con distintos proveedores, los cuales en el largo plazo potenciarán la adopción masiva de estas tecnologías.



Figura 17 - Piloto Agrovoltaico implementado por Fraunhofer CSET sobre cultivos de hortalizas

CSET ha estado trabajando activamente con proveedores de tecnología PV con el fin de entender mejor el mercado nacional y orientarlo a un camino hacia menores LCOE. Se ha continuado la investigación sobre módulos PV monocristalinos tipo PERC, tanto monofaciales como bifaciales, con el fin de estudiar el impacto del contexto nacional en el rendimiento de las diferentes tecnologías. En este sentido, también continúa el estudio de los diferentes suelos que se encuentran en Chile y su capacidad de reflejar la luz solar a nivel espectral, con el fin de comprobar el beneficio de los paneles bifaciales que pueden llegar a generar 20% más de energía en ciertas condiciones.

Desde la parte investigativa, el diseño y funcionamiento de los sistemas PV en las aplicaciones agrícolas tiene muchas oportunidades de adaptación y optimización. La creciente demanda de energía en la agricultura también representa una oportunidad para nuevos tipos de aplicaciones (por ejemplo, la agricultura inteligente basada en drones). El concepto Agrovoltaico, tal y como se conoce hoy en día, puede ampliarse en Chile abarcando una multitud de nuevas opciones en su diseño. El diseño de las plantas solares, las nuevas aplicaciones, la construcción local y la transferencia de conocimientos y educación son igualmente importantes en el desarrollo de este proyecto.

También, es posible crear opciones de sistemas dentro del concepto a través de la combinación de la energía PV con baterías, con el bombeo y almacenamiento de agua, con carga eléctrica local (estaciones para equipos, por ejemplo, vehículos agrícolas o utilitarios), con los invernaderos y su climatización, y en combinación con recursos de planificación para diferentes plantas y cultivos (*e.g.* análisis de sombreado, reducción/aumento del crecimiento, parámetros de diseño/dimensiones del campo), nuevas tecnologías para nuevas aplicaciones (*e.g.* láminas solares que sustituyan a las láminas de plástico estándar en los invernaderos), o la incorporación de sistemas solares en la infraestructura agrícola existente.

Por otro lado, durante el período se ha prospectado con las empresas la oportunidad de fomentar la electromovilidad en la agricultura y agroindustria, a través de dos líneas, (1) el retrofitting y la electrificación de vehículos utilitarios y maquinaria agrícola, y (2) la adquisición de nueva maquinaria eléctrica. Esta oportunidad representa a su vez una extensión de los conceptos Agrovoltaico y FloatingPV, desde el lado de la aplicación misma de la energía solar generada. El mercado del retrofitting se ve atractivo considerando por un lado el mercado mismo de la maquinaria de “segunda mano” en el país, pero también por el potencial de desarrollar una red de proveedores que provea las adaptaciones necesarias y los mantenimientos posteriores. En cuanto a maquinaria nueva desarrollada fuera de Chile, existen conceptos que no solo son eléctricos, sino que incluso autónomos, sin requerir un operador arriba de ésta.



Figura 18 - Tractor eléctrico compacto 1R, John Deere. Fuente: <https://www.deere.es/>



Figura 19 - Tractor autónomo, CASE IH. Fuente: <https://www.caseih.com/anz/en-au/innovations/autonomous-farming>

Para el desarrollo de este WP, CSET ha colaborado constantemente con el equipo Agrivoltaics de Fraunhofer ISE, a cargo del investigador Max Trommsdorf. Por otro lado, también en el sentido de la transferencia tecnológica desde Alemania, el investigador y tesista Frederick Schonberger, del equipo Agrivoltaics en Fraunhofer ISE, se encuentra en Chile trabajando con el Centro para el desarrollo de su tesis, la cual tiene como foco el mercado chileno, en particular, del **caso de negocio del concepto Agrovoltaico**. Para ello, se ha realizado (1) la identificación de modelos de negocio por la tecnología Agrovoltaica en el mercado chileno, (2) se identificó el potencial de la tecnología para el segmento

PMGD en base a un análisis tecno-económico, y (3) se realizaron recomendaciones para políticas públicas y actores industriales para su comercialización y masificación.

Dentro de las iniciativas concretas que han sido llevadas a cabo por el equipo durante el período, cabe mencionar:

- Estudio para un proyecto Agrovoltaico privado en la Región del Maule. Este estudio consistió en la **revisión del diseño de un piloto Agrovoltaico** y el apoyo para su posterior fase constructiva. La revisión y la optimización del diseño actual del cliente fue realizada en base a la experiencia práctica de Fraunhofer CSET. El nuevo diseño se validará mediante simulación, donde el Centro ha desarrollado una herramienta de simulación para analizar la distribución de luz y sombra en los cultivos por debajo de una planta Agrovoltaica. Esta herramienta recibió también el apoyo de Fraunhofer ISE en su desarrollo.
- Estudio científico **“Effects of Soiling on Agrivoltaic Systems: Results of a Case Study in Chile”, publicado en conferencia Agrivoltaics2021**. Este estudio consistió en el análisis del efecto de ensuciamiento de paneles PV del piloto Agrovoltaico en Lampa. Se encontró una tasa de ensuciamiento diaria de hasta 0.35 %/día. Este estudio se realizó en conjunto con Gabriel Gareis de Fraunhofer ISE.
- Estudio científico **“Price for Covering Cropland with an Agrivoltaic System: PV Panels Replacing Shading Nets in Chilean Blueberry Cultivation”, publicado en conferencia Agrivoltaics2021**. Este estudio se relaciona con el análisis de la relación del sobrecosto de un sistema Agrovoltaico con respecto a un sistema PV tradicional más el costo de coberturas plásticas para proteger cultivos agrícolas. Se encontró que el precio para proteger cultivos con paneles PV es más alto que con coberturas plásticas, pero el reemplazo de coberturas plásticas genera sinergias significantes, como la reducción de la evapotranspiración, actuar como moderador térmico y naturalmente la generación fotovoltaica.
- Actualmente, el equipo de encuentra elaborando un estudio científico sobre el **impacto del concepto Agrovoltaico en la eficiencia del uso de agua para riego**. Se ha llevado a cabo la instalación de equipamiento para medir datos micro climáticos en el piloto Agrovoltaico en Lampa, con el fin de publicar un estudio sobre el impacto del proyecto en la tasa de evapotranspiración, y la eficiencia del uso de agua para riego.
- En cuanto a la presencia del equipo Agrovoltaico de Fraunhofer CSET en eventos ligados a la materia, durante el período cabe mencionar las siguientes exposiciones:
 - Invitación de Intersolar South America para participar de la conferencia The Smarter E South America, donde el investigador David Jung del equipo presentó **“Agrivoltaic: Practical Experience and Potential in South America”**
 - Dos participación junto a ATA Insights, a través de la charla **“Agrovoltaico: Cómo integrar la producción de energía solar con las actividades agrícolas”**, y la participación en el panel **“Cómo diseñar y operar plantas fotovoltaicas de generación distribuida en zonas agrícolas”**, ambas a través de David Jung.
 - Entre muchas otras, las cuales se indican en el Anexo “Eventos Fraunhofer CSET”.

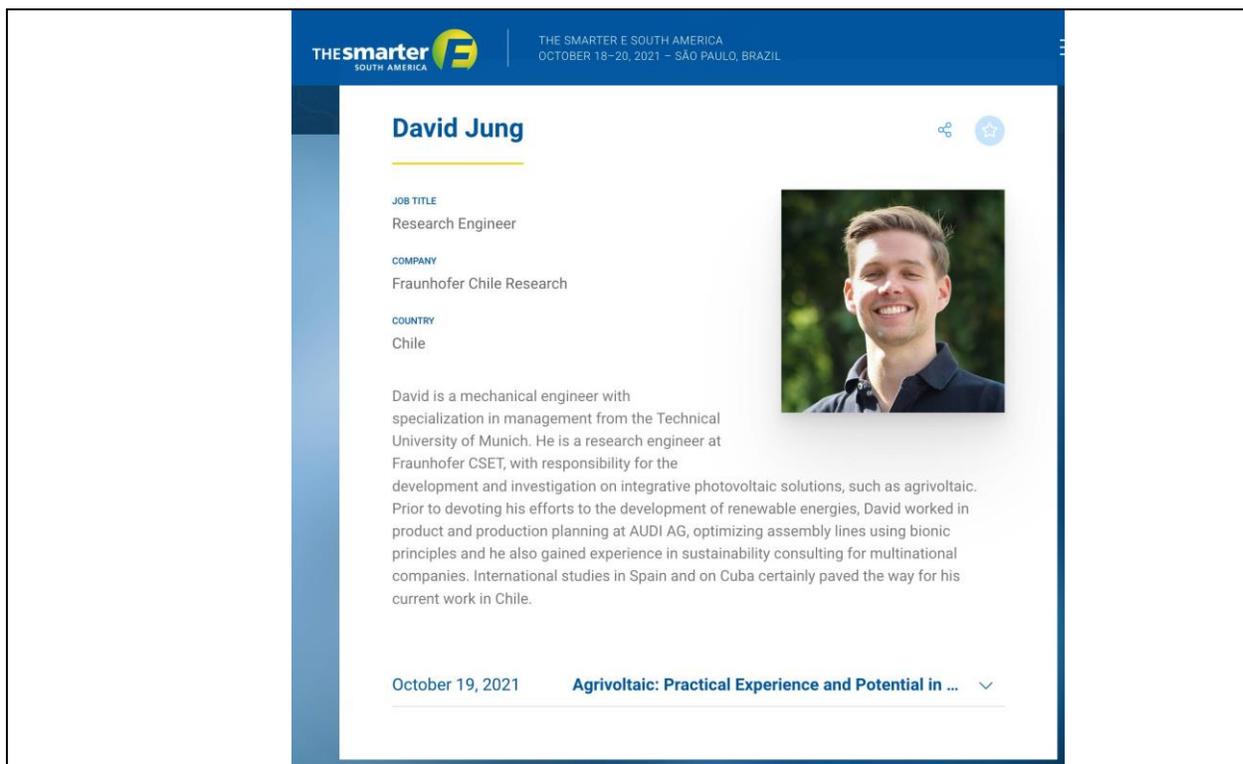


Figura 20 - Perfil de speaker de David Jung en The Smarter E South America

- **Mantenimiento de los pilotos Agrovoltáicos** instalados en el contexto del proyecto “AgroPV” (FIC-RM 2015). Identificación y arreglo de falla eléctrica en piloto en El Monte y en Curacaví, para asegurar los niveles de producción eléctrica.
- Durante el período, se han firmado diversos **Acuerdos de Confidencialidad (NDA)**, además de **mantener el contacto con el SAG y el SEREMI de Energía de la Región Metropolitana**.
- En diciembre del 2021, el equipo Agrovoltáico presentó el concepto a una convocatoria de negocios con foco en fortalecer la competitividad de la agroindustria de la región del Bio-bio, organizado por **Agroceler**, en la cual se clasificó. Actualmente, se está realizando un **programa de aceleración de negocios**, el cual incluye, entre otras actividades, la realización de mesas de trabajo para optimizar el modelo de negocios del proyecto Agrovoltáico.
- A principios del período en cuestión, febrero de 2021, se publicó un reportaje en la sección de agricultura del diario El Mercurio, CAMPO, lo que ocasionó que distintas empresas agrícolas y desarrolladores de proyectos PV contactaran al Centro. Se puede ver una foto del reportaje en la sección “
- **Actividades y Resultados Principales**” de la Línea Corporativa.

Por último, cabe mencionar en este WP la última etapa del proyecto **Agricultura Urbana Solar o UrbanFarm**, que vincula la agricultura y la energía solar en las ciudades, a través de huertos urbanos

inteligentes dispuestos en contenedores. Este proyecto ha sido ejecutado desde años anteriores, terminando en el presente período dos nuevos pilotos en Quinta Normal y La Florida, para demostrar la viabilidad del concepto en comunas urbanas de la Región Metropolitana. Este fue un proyecto en conjunto con el recientemente cerrado Fraunhofer CSB, y con la colaboración de Ciencia Pura, para el desarrollo de los sistemas de iluminación, climatización y contenedores; Centro de Innovación de la Madera de la UC (CIM) que desarrolló el estudio jurídico y el diseño arquitectónico de los pilotos; DUOC-UC que apoyó el sistema de control, medición y monitoreo remoto, además del sistema hidropónico; Punto Solar, quien instaló los sistemas PV; y el Departamento de Agronomía de la UC, asesorando en temas de cultivo.



Figura 21 - Cultivos de lechugas hidropónicas en piloto UrbanFarm, disposición vertical (izquierda) y horizontal (derecha)

La energía necesaria para la operación de los pilotos viene en parte de sistemas PV *on-grid* instalados en los techos de los contenedores. Fraunhofer CSET gestionó la instalación de los sistemas de hidroponía, la iluminación, la climatización y del sistema fotovoltaico, y trabajó activamente en las mejoras del sistema eléctrico y la instalación de sensores. Además, se organizaron talleres educativos y la elaboración de material para la difusión. Los pilotos se entregaron a los beneficiarios, responsables de la operación y mantenimiento, mientras que Fraunhofer CSET analiza los datos climáticos y energéticos para estudiar la eficiencia del uso de agua y la demanda energética.

WP 2. PV Relacionado a Usos de Aguas

Debido al bajo costo de la tecnología PV, la integración de la energía solar es ahora posible fuera de la escala de la industria de tipo *Utilities*, donde las necesidades de espacios para plantas solares son cada vez mayores, habiendo veces donde se termina compitiendo por el suelo para ser usado para generación de energía limpia u otro uso. En esta línea, Fraunhofer CSET postuló y se adjudicó el fondo FIC-R Metropolitano del año 2019, con el objetivo de entregar una solución al acceso de la energía eléctrica en zonas rurales, evitando así conflictos en el uso de la tierra agrícola, a la vez que se protegen los recursos hídricos. Este subsidio, si bien fue postulado el año 2019, recién se pudo comenzar con el proyecto durante el año 2021, debido a dificultades producto de la situación sanitaria nacional y

mundial.

Este proyecto, llamado FloatingPV (Fotovoltaico flotante), consiste en un piloto de sistema fotovoltaico en una estructura flotante sobre alguna masa de agua, en este caso un tranque de regadío, el cual es complementado por estudios para evaluar su eficiencia bajo condiciones climáticas, ambientales y económicas de la Región Metropolitana. Este concepto también puede ser adaptado para masas de agua para la minería, como embalses de acumulación o tranques de relave.

Este concepto permite el doble uso de suelo en terrenos con giro agrícola o distinto al de generación, además de poder ubicarse cerca de puntos de consumo. Otro de los beneficios importantes que trae este concepto, es la reducción en la tasa de evaporación de la masa de agua bajo el sistema PV, lo que ayudaría a cuidar y resguardar el recurso hídrico. Este proyecto adjudicatario del FIC-R se basa en un diagnóstico e implementación de un piloto (ya operando), acompañado de un plan de seguimiento y control, con el objetivo de verificar su potencial de replicabilidad en la industria. Al igual que el concepto Agrovoltaje, este también es tecnología y conocimiento desarrollado en Fraunhofer ISE, por lo que, dentro de todo, también representa un proyecto de transferencia tecnológica desde Alemania.



Figura 22 - Piloto FloatingPV, en tranque de la Comunidad de Agua Canal Hospital

En particular, lo realizado durante el período 2021 – 2022, ha sido:

- Gestión del diseño y construcción de la planta fotovoltaica flotante sobre el tranque de agua ubicado en la comuna de Paine, Región Metropolitana, a cargo de la agrupación de agricultores “Comunidad de Agua Canal Hospital” (CACH). Esto permite la generación de energía limpia, el mejor aprovechamiento del espacio y minimizar las pérdidas de agua por evaporación. La empresa proyectista e instaladora del piloto fue Punto Solar (<https://puntosolar.cl/index.php/project/planta-solar-flotante-fraunhofer-chile/>). El piloto cuenta con una capacidad instalada de 15 kWp, lo que significa un potencial de 64.81 KWh/día en promedio y 23.6 MWh/año, aproximadamente.
- En el contexto del proyecto, actualmente se está elaborando una publicación científica sobre el

potencial del concepto FloatingPV en Chile, en base a las superficies de agua disponibles y características climáticas locales, el potencial en cuanto a la generación de energía, y a la disminución de evaporación de agua.

- Titulares y menciones en noticias de medios especializados, entre otros:
 - **Revista Electricidad**, “Energía solar: proyecto piloto flotante de Fraunhofer Chile tiene avance de 60%”. <https://www.revistaei.cl/2021/10/14/energia-solar-proyecto-piloto-flotante-de-fraunhofer-chile-tiene-avance-de-60/#>
 - **Codex Verde**, “Exponen avances del proyecto Flotante PV que busca solucionar el acceso a energía eléctrica en zonas rurales”. <https://codexverde.cl/exponen-avances-del-proyecto-flotante-pv-que-busca-solucionar-el-acceso-a-energia-electrica-en-zonas-rurales/>
 - **Reporte Sostenible**, “Fraunhofer Chile mostró avances del proyecto piloto Flotante PV a autoridades regionales”. <http://reportesostenible.cl/blog/fraunhofer-chile-mostr-avances-del-proyecto-piloto-flotante-pv-a-autoridades-regionales/>



Estás en: Inicio / Entradas / Innovación y Tecnología / Energía solar: proyecto piloto flotante de Fraunhofer Chile tiene avance de 60%

Energía solar: proyecto piloto flotante de Fraunhofer Chile tiene avance de 60%

Tras una visita en terreno organizada por el Centro de Tecnologías para la Energía Solar, junto a una delegación de autoridades y profesionales de las entidades involucradas en la iniciativa, ubicada en el tranque de la Comunidad de Agua Canal Hospital, en la comuna de Paine, se destacó que esta planta generará 23,6 MWh al año.



Publicado el 14 de octubre del 2021



Figura 23 - Noticia sobre FloatingPV, Revista Electricidad. Octubre, 2021

WP 3. Building-Integrated Photovoltaics, BIPV

Este concepto BIPV incluye todas las tecnologías fotovoltaicas que pueden ser integradas a las estructuras de los edificios, con el objetivo de aprovechar el espacio en las grandes ciudades y minimizar la huella de carbono de edificios, casas e infraestructura en general. Para desarrollar las capacidades dentro del equipo de Fraunhofer CSET, durante los años anteriores el Centro ha generado una alianza en conjunto con el Centro de Innovación en Madera de la Universidad Católica (UC-CORMA) y el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), en colaboración con CONAF y la Ilustre Municipalidad de Valparaíso, para la realización del proyecto **Torre Experimental Peñuelas**.

Este proyecto en desarrollo consiste en una torre de madera de seis pisos y alrededor de 20 metros de altura, la torre de madera más alta de Latinoamérica, dentro de la Reserva Nacional Lago Peñuelas, ubicada a un costado de la carretera que une Viña del Mar y Valparaíso con Santiago, en la comuna de Valparaíso. El objetivo principal de esta torre es la creación y validación de un sistema innovador de muros envolventes para edificaciones de madera de mediana altura, con el potencial de reducir el consumo energético a través de este sistema de tipo aislante térmico. Como parte de la construcción de esta torre, el equipo Fraunhofer CSET participó para realizar un piloto de integración fotovoltaica al edificio, específicamente en el último piso de la torre.

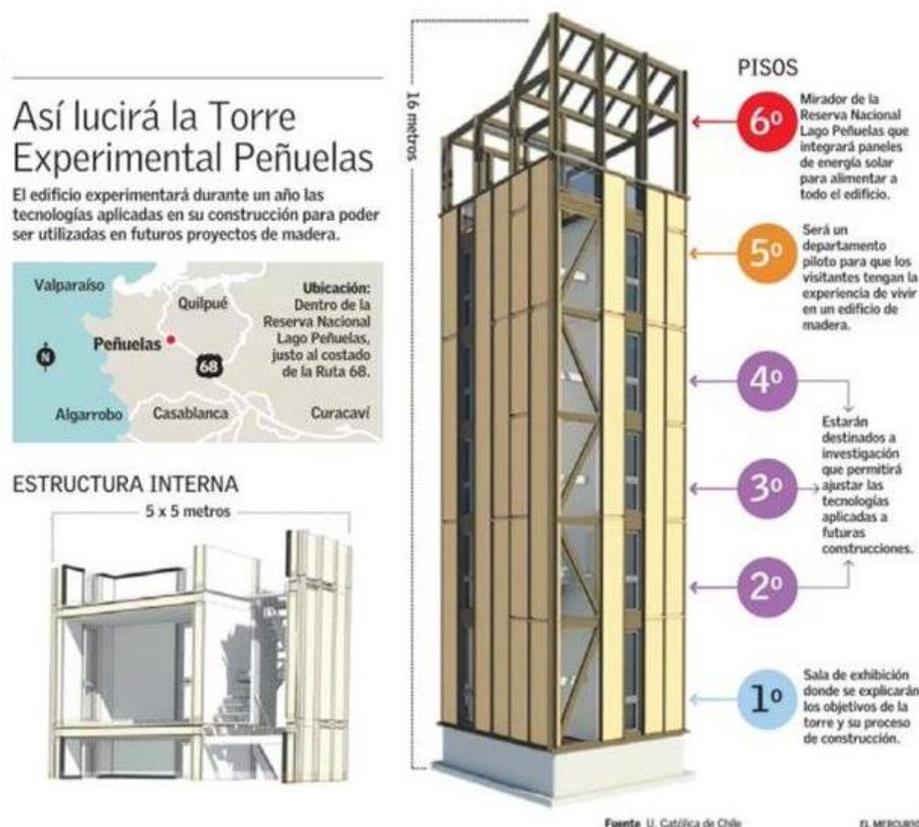


Figura 24 - Antigua publicación en Diario El Mercurio, previa a su inauguración. Noviembre, 2018



Figura 25 - Fotografía del último piso con los sistemas fotovoltaicos integrados. Fuente: La Tercera

Al día de hoy, la Torre Peñuelas ya cuenta con el sistema PV instalado, el cual se caracteriza por estar compuesto de módulos PV bifaciales marca LONGI Solar y un inversor Fronius Smax 5000 VA. Además del sistema PV integrado, y con el propósito de llevar a cabo el monitoreo y las mediciones para realizar el estudio, se cuenta con los siguientes dispositivos y componentes:

- 2 Celdas de referencia traseras
- 1 Anemómetro
- 2 Sensores de temperatura en módulos PV bifaciales
- 1 Sensor de temperatura ambiental

La gran piedra de tope en este momento es el Certificado TE4, otorgado por la Superintendencia de Electricidad y Combustible (SEC), el cual debe ser gestionado por CONAF, quien es el administrador del terreno donde está emplazada la torre. Una vez obtenido el permiso, será posible partir con la campaña de mediciones.

También como parte de la línea de BIPV, el investigador del equipo de Sistemas PV, Álvaro Henríquez, se encuentra desarrollando su proyecto de tesis doctoral sobre la optimización de instalación de paneles fotovoltaicos en edificios. Su doctorado es en Energía Solar e impartido por la Universidad de Antofagasta.

Por otro lado, en cuanto a transferencia tecnológica desde Alemania, se han analizado distintos avances de los equipos en Fraunhofer ISE. Dentro de las tecnologías que han levantado interés del equipo han sido:

- PVShade®, tecnología de acristalamiento fotovoltaico de ángulo selectivo para ventanas.
- BALDACHIN, proyecto en desarrollo para lograr un innovador elemento de techo solar tipo teja: rentable, atractivo y fácil de instalar.

- 3D, desarrollo de módulos PV con curvatura para la integración a distintas estructuras ya existentes. Desde el desarrollo de un módulo PV para el parabrisa de auto el año 2019, Fraunhofer ISE sigue investigando para lograr una tecnología aún más versátil.



Figura 26 - PVShade® en laboratorio de Fraunhofer ISE



Figura 27 - Tecnología BALDACHIN, prototipo

3.1.2. PV Comercial

El rápido y constante crecimiento de la energía fotovoltaica a escala comercial en Chile ha ido de a poco estabilizando el mercado industrial, estandarizando los requerimientos de los clientes y las ofertas de los proveedores. Dada la madurez de la industria, los servicios ofrecidos por Fraunhofer CSET que tienen llegada en el mercado son aquellos que apunten a mejorar la competitividad de las plantas de generación, mejorando su capacidad de generación o reduciendo costos. Por otro lado, también servicios que apunten a bajar la incertidumbre en los proyectos de inversión de plantas de generación son requeridos por los distintos clientes.

En general, muchos de estos servicios se han agrupado bajo el concepto de servicios tecnológicos especializados, que, si bien utilizan conocimiento y tecnología de punta, no requieren de los procesos de investigación y “hechos a medida” como un proyecto de I+D tradicional, siendo proyectos más estandarizados. Para ver en mayor detalle la cartera de servicios tecnológicos especializados que ofrece el Centro, ver Anexo “Portafolio de Proyectos, Iniciativas y Servicios”.

WP 1. Evaluación de Desempeño para Sistemas Fotovoltaicos

Chile posee una singularidad relevante al hablar de energía, la Macrozona Norte del país tiene la radiación solar más grande de todo el mundo, además de otras características que lo hacen un lugar clave al momento de invertir en proyectos de generación solar de energía. Por otro lado, las normas y certificaciones de los distintos módulos PV se hacen para diferentes condiciones que engloban más allá de las características del norte del país, siendo no necesariamente creadas para un rendimiento óptimo bajo los factores ambientales del norte.

Debido a lo anterior, la industria está dispuesta a pagar e invertir en mayor conocimiento sobre el desempeño de las plantas, de manera de lograr una mayor competitividad, en términos de generación y en términos de su estructura financiera. Este conocimiento se hace especialmente relevante cuando las escalas de las plantas alcanzan los niveles comerciales de las empresas *Utilities*, debido a la magnitud de los potenciales beneficios a captar; pero también es atractivo para plantas de menor tamaño, que deben competir con estas grandes empresas. Durante la fase anterior y principios del período actual, Fraunhofer CSET colaboró con el Centro Tecnológico ATAMOSTEC, para la caracterización de los factores ambientales del norte y el desempeño de los sistemas PV bajo estos factores; hoy en día ambos centro no continúan su colaboración de manera directa, donde Fraunhofer CSET basa sus estudios según sus estaciones meteorológicas y los sistemas PV dispuestos en localidades del norte del país.



Figura 28 - Estación meteorológica autónoma en Diego de Almagro

Con los conocimientos específicos adquiridos durante la fase I y II, Fraunhofer CSET apoya a la industria fotovoltaica con el levantamiento y análisis de información del estado de los módulos y su rendimiento. Basados en equipo científico de alto valor, se realizan pruebas y análisis *in situ*, los cuales son necesarios para estimar el rendimiento actual de las plantas de energía. Estos conocimientos también permiten al Centro actuar como un experto externo en la revisión de los procedimientos industriales y garantizar el cumplimiento de las normas internacionales.

Durante el período 2021 – 2022, se ejecutó un proyecto industrial confidencial, el cual fue realizado en el contexto de un incendio en una planta del cliente en cuestión. Se realizaron análisis de datos operacionales, estudios del rendimiento térmico de salas de inversores, una revisión del diseño termodinámico del sistema de ventilación asociado a las salas de inversores, un levantamiento de antecedentes mediante una visita a terreno, y con ello se realizaron cálculos estimativos para evaluar el potencial de generación de calor al interior de la sala, así como sus problemas de ventilación para rechazar el calor al ambiente, mediante simulaciones.

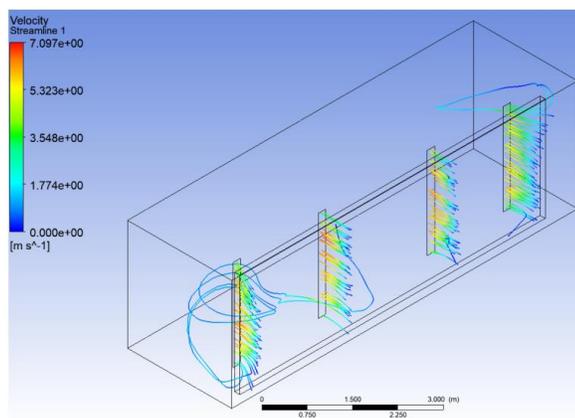


Figura 29 - Simulación a la sala de inversores, donde se aprecia la poca ventilación

Se realizaron informes acorde a esto. Este proyecto incluyó una asesoría y acompañamiento en el litigio con el proveedor que presuntamente pudo haber sido responsable de los desperfectos que ocasionaron el incendio, donde se realizó una estimación de las pérdidas económicas a causa de la energía no generada en sus plantas fotovoltaicas debido a las fallas de los inversores. Además, se revisó la documentación técnica de Instalaciones del cliente para determinar si el proveedor de los inversores ha cumplido con las especificaciones de los proyectos fotovoltaicos.

WP 2. Modelamiento y Mediciones de Irradiancia Reflejada en el Suelo

Como es mencionado anteriormente, parte de los servicios requeridos por la industria apuntan a mejorar la competitividad de estas, desde una generación más eficiente o desde una reducción de los costos. Una tecnología cada vez más validada es la de los módulos bifaciales, es decir, módulos fotovoltaicos que captan la radiación solar por ambos lados del panel.

Esta tecnología cada vez se acerca más a precios competitivos en comparación con módulos estándares o monofaciales, con la ventaja que pueden llegar a producir un 20% más de energía, dependiendo la capacidad del suelo de reflejar la radiación o, en otras palabras, su albedo (cantidad de irradiación reflejada en relación con la recibida). Para estimar este parámetro, es posible realizar campañas de medición de albedo en el potencial lugar de instalación de la planta fotovoltaica, además de las evaluaciones tradicionales del recurso solar.

Los resultados de las diferentes campañas de medición servirán, por otro lado, para validar un código de transferencia radiativa para la irradiancia reflejada. Una vez validado, este modelo ayudará al desarrollador de proyectos PV al brindar datos más certeros que permitan comparar las tecnologías tradicionales con las bifaciales según la ubicación específica que se elija, o bien, si merece la pena invertir en alguna de las dos tecnologías.

Al día de hoy, se cuentan con dos estaciones para campañas de medición de albedo a clientes privados, una de las estaciones se encuentra en la comuna de Tierra Amarilla, Región de Atacama, y la otra en la comuna de Til, Región Metropolitana.



Figura 30 - Albedómetro con dos celdas de referencia y dos piranómetros

Ambas estaciones cuentan con dos albedómetros cada una, estando uno compuesto por dos piranómetros de termopila y el otro por dos celdas de referencia. En cada albedómetro se encuentra uno de los sensores apuntando hacia el cielo y el otro apuntando hacia el suelo en posición horizontal respecto al suelo (0° de inclinación). Las mediciones realizadas quedan registradas en el *datalogger* local para luego ser almacenadas en bases de datos de Fraunhofer CSET, pudiendo visualizar los datos a través de internet.

A través de estas mediciones es posible conocer la relación entre la irradiación global (GHI) y la irradiación reflejada desde el suelo en tiempo real durante el período de un año como mínimo, con lo que es posible caracterizar la irradiación y albedo en la zona de estudio.

WP 3. Metodologías de Monitoreo

Las plantas PV a escala de *Utilities* están compuestas por miles de módulos PV instalados, además de conexiones e inversores, lo que resulta en una enorme cantidad de datos por procesar si se desea analizar el rendimiento de la planta en su totalidad. En fases anteriores, el Centro logró optimizar el procesamiento de información relacionada al *soiling* de los paneles en plantas PV, desarrollando una plataforma dedicada a ese análisis, entregando buenos resultados a los distintos clientes, los cuales han podido optimizar su gestión de limpieza, logrando el mejor punto de equilibrio entre la capacidad de generación y el uso de sus recursos.

Esta plataforma desarrollada por Fraunhofer CSET se llama *Power Plant Monitoring*, la cual permite a los operadores de las plantas PV revisar sus datos de producción y los parámetros del estado de la planta (como el Performance Ratio y el *Soiling Rate*). También posee un algoritmo desarrollado por el Centro que optimiza el programa de limpieza de la planta PV basándose en los datos de ensuciamiento encontrados en la propia planta. Esta plataforma es ofrecida a la industria mediante un modelo SaaS (*Software as a Service*) de forma anual y puede recoger información de la producción de energía a nivel de ramal/inversor según la capacidad de la central eléctrica.

Por otro lado, las nuevas tecnologías, como los inversores String, harán crecer la recogida de datos actuales en las centrales eléctricas y la solicitud de otros sistemas de medición. En particular, los sensores con aspectos de IoT (*Internet of Thing*) es tipo de tecnología que hará transformaciones en la gestión de las plantas de energía.

A nivel de proyecto industrial, durante 2021 se realizó la instalación de dos estaciones de meteorología, irradiación y albedo para un cliente privado. Cada estación cuenta con equipos para medición de las siguientes variables:

- Irradiación global horizontal (GHI): 4 sensores
- Irradiación directa (DNI): 1 sensor
- Irradiación difusa (DHI): 1 sensor
- Irradiación reflejada desde el suelo: 2 sensores
- Velocidad y dirección de viento: 1 sensor
- Temperatura ambiental y humedad relativa: 1 sensor
- Lluvia: 1 sensor

Además de las estaciones antes mencionadas, el Centro cuenta con una estación de rendimiento de tecnologías fotovoltaicas ubicada en la comuna de Tierra Amarilla, la cual cuenta con trazadores de curva IV para cada módulo fotovoltaico a evaluar (dos en este caso), un sensor de temperatura de módulo para cada módulo y dos celdas de referencia, una apuntando hacia arriba y otra hacia abajo con la misma inclinación de los módulos a evaluar.

En atención a la operación de las estaciones mencionadas es que se realiza una visita mensual para mantenimiento en que se realiza limpieza de sensores y módulos de sistema de alimentación entre otras tareas relacionadas al mantenimiento. Las mediciones realizadas en cada una de las estaciones mencionadas quedan registradas en el *datalogger* local para luego ser almacenadas en bases de datos de Fraunhofer CSET.

El periodo de medición es de un año como mínimo como regla general, lo que permite caracterizar las zonas de estudio y el rendimiento esperado de las tecnologías fotovoltaicas durante un año calendario en la zona de estudio.

Para más información sobre los servicios ofrecidos a la industria solar, ver Anexo “Portafolio de Proyectos, Iniciativas y Servicios”.

3.2. RL2 – Sistemas Solares Térmicos

Descripción y Objetivos

Las tecnologías solares térmicas son divididas de acuerdo con su uso para generación de electricidad (a través de la Concentración Solar de Potencia o CSP), como para su uso térmico en procesos industriales (llamado SHIP, por su sigla en inglés *Solar Heat for Industrial Processes*), siguiendo la división de etapas anteriores. Cada uno de estos grupos de tecnologías solares térmicas, o aplicaciones de éstas, tienen un gran rango de complejidad y madurez, así como de potenciales temperaturas a alcanzar.

A pesar de que Chile tiene uno de los mejores potenciales para el progreso de estas tecnologías, dado los altos valores alcanzados por la radiación solar y los bajos valores de atenuación atmosférica de ciertas zonas geográficas del norte del país, este desarrollo no ha sido tan exitoso como lo esperado, siendo países como España quienes lideran el ranking de capacidad instalada. Lo anterior es debido a diversos factores, entre los que cabe mencionar la inversión y escala necesarias para lograr competitividad en el mercado y, paradójicamente, la baja en los precios de los sistemas PV.

Por otro lado, las metas de carbono neutralidad y el creciente despliegue de ERNC en la matriz energética, particularmente eólica y solar fotovoltaica, hacen urgente la necesidad de abordar la resiliencia energética de la matriz que se ve afectada por la variabilidad de estas fuentes renovables. En este sentido, las tecnologías solares térmicas representan una solución a este dilema, ya que el almacenamiento térmico que pueden llegar a alcanzar los sistemas permite un suministro constante 24/7. Un buen ejemplo de la versatilidad de estas tecnologías es el complejo solar de Cerro Dominador, el cual cuenta con una planta fotovoltaica de 100 MW que suministra energía a la matriz durante el día, y una planta solar térmica de torre de 110 MW con 17.5 horas de almacenamiento (en sus sales térmicas especializadas), la cual entrega energía durante la noche cuando no hay luz solar.

Esta línea de investigación tiene como principal objetivo el fomento de estos sistemas, mediante el desarrollo de conocimiento y optimización de tecnologías para el contexto nacional. Como objetivos específicos, se pueden mencionar:

- Apoyar los proyectos de CSP y fomentar el despliegue de nuevos proyectos en Chile, aplicando la investigación y experiencia desarrollada internacionalmente, disminuyendo riesgos, demostrando el potencial económico, y mejorando las herramientas de planificación y operación.
- Apoyar la descarbonización de distintas industrias, a través de la implementación de sistemas de calor solar para procesos industriales.
- Apoyar el desarrollo de tecnologías de almacenamiento de alta temperatura, basadas en insumos y productos nacionales.
- Crear *know-how* nacional en la evaluación de calidad y durabilidad de componentes.

El trabajo de esta RL es organizado en dos proyectos principales, los cuales son divididos en diferentes WP, como se mencionan a continuación:

- Proyecto 2.1 Concentración Solar de Potencia (CSP)
 - WP1 Mercados eléctricos para CSP
 - WP2 Simulación de sistemas
 - WP3 Impactos del clima local

- Proyecto 2.2 Calor Solar para Procesos Industriales (SHIP)
 - WP1 Procesos térmicos innovadores
 - WP2 Metodologías de monitoreo
 - WP3 Tecnologías solares térmicas innovadoras

Dentro del trabajo de la RL2 se contó con el gran apoyo del líder del área de Colectores de Concentración y Óptica, Gregor Bern. En conjunto se pudo trabajar para un importante cliente internacional en el área de asesoramiento de recurso solar.

Modelo de Negocios

Para el caso de esta RL, las tecnologías de cada proyecto difieren entre sí, teniendo la primera una finalidad eléctrica, y la otra una calorífica, lo que hace que los enfoques comerciales o de modelos de negocio sean distintos.

Al momento de redactar este informe, y en relación con el proyecto 2.1 “Concentración Solar de Potencia”, existe solo una planta comercial de CSP de torre en Chile, Cerro Dominador, mencionada anteriormente. Sin embargo, dado el potencial de esta tecnología en Chile, tanto por el contexto climático y geográfico nacional como por la necesidad de almacenamiento para soportar la generación de ERNC, el equipo ve con optimismo el desarrollo de este campo tecnológico, por lo que se seguirá trabajando en el fomento y despliegue tecnológico de la industria en esta disciplina.

Esta tendencia energética va en aumento y con una clara perspectiva de largo plazo, ya que Chile posee los niveles más altos de irradiación normal directa (DNI), lo que permite las mejores condiciones para el desarrollo de proyectos de CSP, y también uno de los niveles más bajos de atenuación atmosférica (Desierto de Atacama), lo que hace aún más atractiva la inversión de sistemas CSP de torre en el norte del país. Además, es importante resaltar que la CSP tiene un gran potencial en términos de creación de valor a nivel nacional, ya que variados servicios pueden ser desarrollados localmente. Es por esto que el foco está en el desarrollo de competencias, así como en la transferencia tecnológica desde Fraunhofer ISE, de manera de asegurar la calidad y durabilidad de futuros proyectos de CSP.

Para el caso del proyecto 2.2 “Calor Solar para Procesos Industriales” (SHIP), el foco ha estado en la sensibilización de la industria frente a la opción de migrar de calderas u otros

sistemas tradicionales basados en combustibles fósiles, a sistemas de calor solar, mostrando además la factibilidad de los sistemas desde un enfoque tecno-económico. Esto ha logrado la consecución de distintos contratos de I+D con la industria, abarcando desde el análisis de demanda térmica para procesos, hasta el estudio de integración de tecnologías y sistemas de calor solar para dar suministro a las demandas térmicas identificadas.

Fraunhofer CSET ha identificado potenciales de desplegar las tecnologías y sistemas de energía solar térmica para procesos de la minería y la agroindustria, donde ya ha desarrollado proyectos de investigación y continúa gestionando nuevos clientes en dichos rubros. Para ello, también se ha apoyado en las redes de contacto y experiencia de socios y alianzas que se han realizado con el tiempo, particularmente asociaciones gremiales que, si bien no pueden contratar al Centro directamente, sí facilitan la comunicación y el desarrollo de negocios con los potenciales clientes.

Por último, debido a la crisis hídrica por la cual atraviesa el país, y la importancia del tema relevado por parte de las juntas asesoras, también se considera el tema del tratamiento de aguas como una temática a seguir, la cual es transversal a muchos rubros empresariales y al sector residencial. Este tratamiento de agua puede ir en la dirección del proceso de aguas servidas o residuales, o hacia la desalación de agua de mar.

Para apalancar la investigación de la RL2, el Centro ha dedicado esfuerzos en la constante búsqueda y postulación a fondos complementarios que permitan potenciar las actividades de I+D, la realización de proyectos demostrativos o pilotos y/o desarrollar iniciativas de transferencia tecnológica. A modo de ejemplo, se puede mencionar la participación de parte del equipo de la RL2 en la postulación al Instituto Milenio de ANID con una propuesta liderada por UC, a través de su investigador y profesor José Miguel Cardemil, parte también de SERC Chile. Otro instrumento de financiamiento que se ha prospectado es un fondo gestionado por la Oficina Nacional de Energía Distrital de la Agencia de Sostenibilidad Energética, con un foco en proyecto en el campo de la calefacción distrital.

3.2.1. Concentración Solar de Potencia (CSP)

El Norte de Chile tiene condiciones ideales para el desarrollo de proyectos de CSP, aunque a pesar de ello, este desarrollo no ha sido tan rápido como el deseado, debido a la caída en los precios de los sistemas PV, lo cual impacta por un lado en la competitividad entre tecnologías, y a la vez produce una baja en el precio de las energías y, por ende, una baja en las inversiones en sistemas como CSP. Sin embargo, esto ha cambiado en el tiempo debido a la principal ventaja de las tecnologías de CSP: el almacenamiento térmico, el cual permite estabilizar el suministro eléctrico de este tipo de fuentes a la matriz energética nacional, aspecto clave considerando el compromiso público y privado de aumentar la

participación de las ERNC en la matriz, y la variabilidad de estas como fuentes de energía.

WP 1. Mercado Eléctrico para CSP

En cuanto a esta temática, la participación y trabajo de Fraunhofer CSET ha estado ligado principalmente al proceso público de Planificación Energética de Largo Plazo (PELP), proceso liderado por el Ministerio de Energía con el objetivo de proyectar la oferta y demanda energética de Chile según distintos pero posibles escenarios futuros para un horizonte de 30 años. Esto a su vez es utilizado como insumo para la planificación de la Comisión Nacional de Energía (CNE) sobre los sistemas de transmisión del país.

La participación del Centro en el proceso fue desde dos aristas:

- Participación como parte de la Sociedad Civil, a través de la investigadora del equipo de Sistemas Solares Térmicos, Catalina Hernández, en todo el proceso de representación ciudadana y mesas de trabajo, así como en las audiencias públicas. El foco de la participación fue aportar desde los conocimientos de la investigadora y del equipo Fraunhofer, perspectivas sobre demanda y oferta energética a lo largo del país, identificando potenciales polos de desarrollo en cuanto a la energía.
- Trabajo del equipo de Sistemas Solares Térmicos en el estudio y presentación de antecedentes que pudieran enriquecer las conversaciones y decisiones en torno a CSP, identificando los potenciales territorios en el país para el desarrollo de la industria CSP. Para este propósito se analizó desde tres tipos de plantas: (1) CSP con 6 horas de almacenamiento, (2) con 9 horas de almacenamiento, y (3) con 13 horas de almacenamiento.

Estos *hotspots* identificados se pueden ver localizados en la siguiente figura mediante pequeños puntos rojos, extraída del Informe Preliminar del PELP, para las observaciones del Registro de Participación Ciudadana, publicado en agosto de 2021. Como es posible ver en el mapa, los puntos se encuentran focalizados entre las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Atacama.

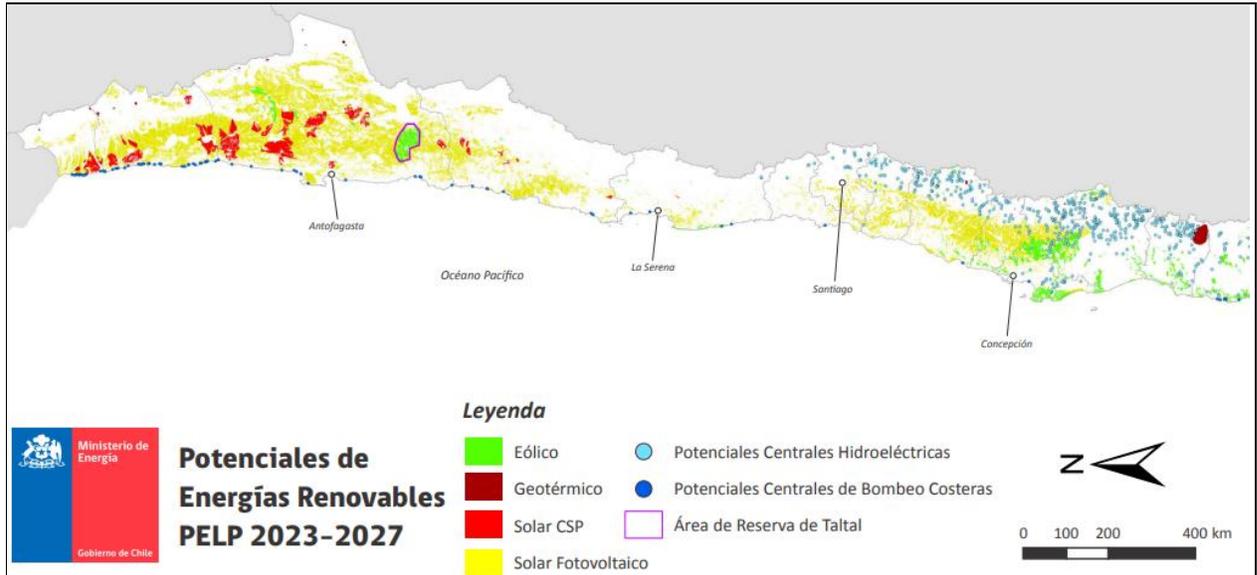


Figura 31 - Potencial de las Energías Renovables en Chile. Fuente: Informe Preliminar PELP, agosto 2021

Como parte del trabajo del equipo Fraunhofer en estos antecedentes, también se realizó un análisis de generación térmica para las plantas de torre en las ubicaciones que fueron identificadas anteriormente. Este análisis tuvo el objetivo de crear un modelo de optimización para definir la mejor configuración de capacidad, ubicación y temporalidad de los proyectos, utilizando los tres tipos de plantas: 6, 9 y 13 horas de almacenamiento. Este trabajo fue reconocido en el Reporte de PELP en dos ocasiones al pie de página, como se muestra en la siguientes figuras.



²⁶ Se agradece la colaboración de los equipos de Fraunhofer Chile Research, y CORFO, representado en ese entonces por el Comité Solar e Innovación Energética, por el apoyo en los análisis de definición de potencial para la tecnología Solar CSP en sus diferentes configuraciones.

Figura 32 - Agradecimiento a Fraunhofer CSET en Informe Preliminar PELP, apoyo en la definición de potencial CSP



Figura 33 - Agradecimiento a Fraunhofer CSET en Informe Preliminar PELP, apoyo para obtener el perfil de producción térmico para plantas CSP de torre

WP 2. Simulación de Sistemas

Debido a la falta de plantas CSP en el país, el foco de este paquete de trabajo es el desarrollo de iniciativas para hacer que la energía solar térmica sea más competitiva. En las etapas anteriores se han llevado a cabo simulaciones para Chile (e.g., plantas híbridas CSP y fotovoltaica, CSP para hidrógeno verde, comparación de plantas híbridas con plantas termoeléctricas en base a gas). Este tipo de estudios es parte de la oferta de servicios ofrecidos a la industria y al sector público. Mediante la previsión, el análisis del recurso solar, los ciclos de limpieza por suciedad y demanda, los ciclos de calibración, evitar estados críticos del receptor y otros, se busca optimizar el funcionamiento de las potenciales plantas de CSP, de manera de hacer más atractivos este tipo de proyectos.

Dentro de las iniciativas llevadas a cabo durante el período, están:

- **Desarrollo de estudio “STAR” (Solar concentration and gAs Research).** Durante el año 2021 se elaboró un paper en colaboración con Dr. Mercedes Ibarra (Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNED), el cual se titula “Estudio teórico técnico-económico de la energía híbrida para plantas de gas y concentración solar en la Región de Antofagasta Chile”. Este trabajo sigue lo desarrollado en el estudio de la fase anterior “Comparison between Concentrated Solar Power and Gas-Based Generation in Terms of Economic and Flexibility-Related Aspects in Chile”.

El manuscrito presenta un análisis tecno-económico de las alternativas de hibridación de plantas de ciclo combinado con tecnologías de generación solar de concentración, incluyendo dos tecnologías alternativas de ciclo combinado-solar hibridadas a pequeña escala. Se consideraron un ciclo combinado solarizado con planta de torre (*Solar Tower Power, STP*) y un ciclo combinado solarizado con una planta de colectores parabólicos (*Parabolic Trough Collectors, PTC*), para abastecer la demanda energética de la industria minera chilena del cobre, en la región de Antofagasta, tomando en consideración las variables meteorológicas, los perfiles de la demanda energética, los gastos actuales de CAPEX y OPEX y los precios de los combustibles. Para realizar las simulaciones de los sistemas de concentración solar, se utilizó el software TRNSYS para el sistema cilindro parabólico y el software Solstice para el sistema de concentración puntual de torre, mientras que la simulación termodinámica para el sistema de ciclo combinado se desarrolló utilizando el software EES. Se realizó un análisis tecno-económico con varias fracciones solares, seleccionando la configuración más rentable en términos de LCOE.

Se realizó además un análisis de sensibilidad con el objetivo de conocer diferentes escenarios en las alternativas de combustible e hibridación.

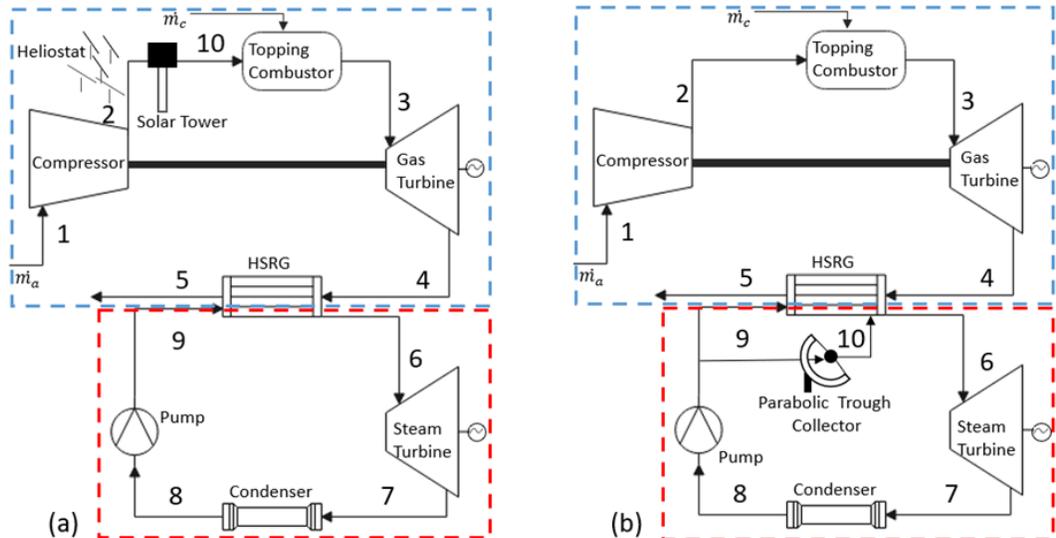


Figura 34 - Diagrama de ambas configuraciones, (a) ciclo combinado más STP, (b) ciclo combinado más PTC

Los principales resultados muestran, desde el punto de vista económico, el LCOE (costo nivelado de la energía) calculado para todas las plantas considerando un coste de combustible de \$66 USD/MWh. El LCOE conseguido por el ciclo combinado es de \$202 USD/MWh, mientras que el LCOE conseguido por el ciclo combinado con STP es de \$149 USD/MWh y el LCOE conseguido por el ciclo combinado con PTC es de \$197 USD/MWh.

El LCOE más bajo se consigue en la integración con STP, ya que parte del combustible que alimenta el ciclo combinado original se sustituye por energía solar, evitando la emisión de 16,603 toneladas de CO₂. En el caso de la integración PTC, sólo se produce energía adicional por el vapor generado en el sistema PTC.

Las plantas estudiadas podrían producir una generación eléctrica anual de 95.57 GWh, lo que representa un suministro del 20% de la demanda máxima anual de electricidad del proceso de fundición de cobre en Chuquicamata. El trabajo fue postulado el día 22 de febrero a la revista Solar Energy, donde el equipo de la RL2 se encuentra a la espera de las revisiones y comentarios por parte de la revista.

- **IEA SHC Task 64 / Task IV SolarPACES Subtask C.** El investigador del equipo de la RL2, Carlos Felbol, ha colaborado en este trabajo de carácter internacional en cooperación con la Agencia Internacional de Energía (IEA). Se han elaborado estudios técnicos para la comparación y evaluación de distintos softwares de simulación para tecnologías solares térmicas, con el objetivo de elaborar estándares y un manual de buenas prácticas de uso internacional. Este proyecto se encuentra en proceso, y se espera obtener la publicación de estándares por parte de la Agencia Internacional de Energía, así como publicaciones científicas en *Journals*.
- Durante el año 2021 se guió el trabajo de tesis de una alumna y un alumno de la Universidad de Chile, ambos de Ingeniería Civil Mecánica, quienes realizaron investigación sobre temáticas de

CSP:

- Catalina Cáceres se encuentra realizando la investigación titulada **“Estudio de factibilidad técnico-económica de plantas híbridas CSP con Gas en Chile”**, en donde se estudia una planta híbrida de configuración “HYSOL” la cual consiste en una Torre Solar con almacenamiento térmico de sales calientes a la cual se le incorpora un ciclo a gas cuyos gases de escape son utilizados para calefaccionar las sales cuando sea necesario. Para este estudio se utilizó el software SAM para modelar el campo solar y el software EES para la simulación de los componentes termodinámicos del ciclo Brayton y Rankine. El estudio se realiza en 3 ubicaciones de la Región de Antofagasta donde se obtienen factores de planta cercanos al 90%, lo que es superior a la mayoría de las energías renovables no convencionales. En las 3 ubicaciones se obtienen factores de emisión de CO₂ similares y cercanas a 0.12 tCO₂/MWh, lo que es sustantivamente menor a otras generadoras basadas en combustibles convencionales. En una de las ubicaciones se obtuvo un LCOE de \$82.94 USD/MWh.

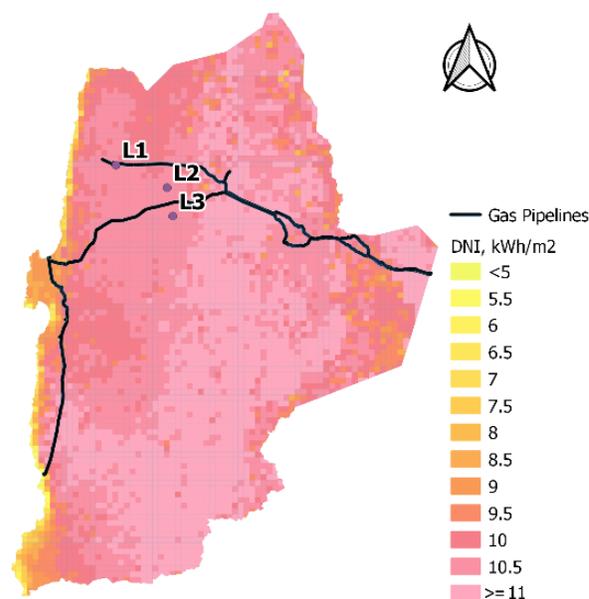


Figura 35 - Zonas de potencial para estudio de plantas HYSOL, datos de DNI según el explorador solar. Elaboración propia

- Por otro lado, Javier Paillao realizó la investigación titulada **“Evaluación Técnico-Económica de una Planta Solar Híbrida PV+CSP para producción de Hidrógeno Verde”** donde se estudia una planta solar híbrida constituida por una parte de una torre solar con almacenamiento en sales fundidas, y por otro lado de una planta solar fotovoltaica, asegurando una producción de electricidad de manera estable para generar hidrógeno verde. Para desarrollar el estudio se utilizó el software SAM para simular ambas tecnologías solares, para posteriormente realizar un análisis económico y de capacidad de producción de hidrógeno verde con Python. El estudio se realiza en una ubicación específica en la Región de Antofagasta, donde con la planta seleccionada se obtiene un factor de planta de 93.6%, con una producción anual de 820 GWh, por un sistema compuesto de una planta fotovoltaica de 100 MW de capacidad con paneles bifaciales, y una planta CSP de torre de 100 MW de capacidad,

con un múltiplo solar de 2 y 12 horas de almacenamiento térmico. Además, se logra obtener un costo nivelado de la energía (LCOE) de \$70.76 USD/MWh, y una producción anual de hidrógeno verde de 16,105 toneladas, con un costo nivelado del hidrógeno de \$5.85 USD/kg.

- Fraunhofer CSET y Fraunhofer ISE realizaron en conjunto el webinar titulado **“Chile: Solar Thermal for Power and Heat – Success Stories and Perspectives”** durante el mes de mayo de 2021, con la participación de distintos expertos de ambos institutos y de la industria. Desde el equipo Sistemas Solares Térmicos, Catalina Hernández, expuso la investigación levantada durante el año 2020 *“Comparison between Concentrated Solar Power and Gas-Based Generation in Terms of Economic and Flexibility-Related Aspects in Chile”* (<https://www.mdpi.com/1996-1073/14/4/1063>), e Iván Muñoz el caso de estudio *“Integration of solar thermal energy to a mining process”*. Este último tema es parte de las temáticas del proyecto 2.2 “Calor Solar para Procesos Industriales” de la RL2.

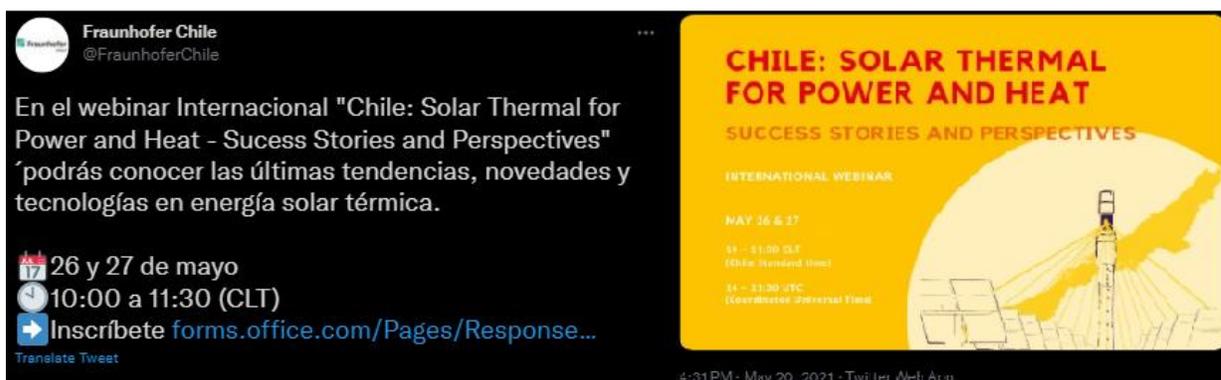


Figura 36 - Invitación al webinar “Chile: Solar Thermal for Power and Heat - Success Stories and Perspectives” a través de una de las RRSS de Fraunhofer Chile

- Por parte Fraunhofer ISE, Maitane Ferreres con el estudio *“Solar Tower LCOE in Chile: Comparative study”*, y Francisco Torres con *“Solar heat production in Chile: Examples and perspectives”*. Además, también se contó con la participación de Cerro Dominador, e Industrial Solar GmbH representantes de la industria CSP; y SQM como representante de la minería, presentando sus proyecciones para lograr la carbono neutralidad en sus operaciones.
- Continuación de trabajo de tesis de Jorge Gacitúa, con quien en conjunto con nuestro colaborador UC, a través del investigador José Miguel Cardemil, y el Centro de Energía de la Universidad de Chile, a través de su director, Rodrigo Palma, se trabajó durante el año 2021 en escribir, editar y dar forma al trabajo en un artículo científico que ha sido aceptado para su publicación en la versión de abril del *“Journal of Cleaner Production”*. El análisis considera una ubicación en el norte de Chile y el funcionamiento de una planta CSP, que se evalúa mediante una herramienta de simulación validada. El escenario base considera el enfriamiento evaporativo, el cual se compara con otros enfoques de enfriamiento como: *dry cooling*, *once-through*, y el acoplamiento a una planta *Multi-Effect Distillation (MED)*, donde los dos últimos consideran una conexión a la tubería de bombeo. La producción de energía y el beneficio

económico resultante se evalúan para cada escenario de refrigeración. Se observa que los escenarios que utilizan agua de mar proporcionan más energía que el escenario de refrigeración en seco. Los casos *once-through* y MED muestran el mejor rendimiento económico en términos de Valor Actual Neto (VAN). Las simulaciones realizadas permitieron identificar el rendimiento sinérgico entre el sistema de bombeo minero y el funcionamiento de la planta CSP, lo que permite aprovechar los beneficios adicionales de su integración.

- Desde octubre de 2021 se está guiando al alumno Fabian Martínez de Ingeniería Civil Eléctrica de la Universidad Técnica Federico Santa María, con el tema de "**Estudio de prefactibilidad técnica-económica de implementación tecnología de almacenamiento vía hidrógeno para plantas CSP en Chile**", donde se estudia el parque generador en 2026 para los distintos escenarios que se plantearon en la PELP 2019-2023, los cuales dependen del nivel de inserción de energías renovables y la aceleración o desaceleración de la descarbonización de la matriz energética.

Utilizando el software SAM y PLEXOS se llegó a que una planta CSP (modelada con los parámetros de diseño de la planta de Cerro Dominador) genera aproximadamente la misma energía anual en todos los escenarios, independiente de la naturaleza de la central auxiliar, verificando que la central CSP con un elevado valor de horas de almacenamiento térmico presenta un comportamiento fiable a la hora de operación continua, como las centrales a carbón, únicamente limitada debido a la disponibilidad del recurso solar condicionado al paso de nubes por el sector. También se identificó que el diseño de la cadena de hidrógeno para el abastecimiento de los servicios auxiliares de la planta CSP requiere de un electrolizador de 2.5 MW, un estanque de hidrógeno a 450 bar y una celda de combustible de 3 MW, representando un costo de inversión de \$8.5 millones de dólares.

WP 3. Impacto del Clima Local

En una instalación solar de tipo torre, el conocimiento del recurso solar local, normalmente el DNI (Irradiancia Normal Directa), no es suficiente, ya que la energía concentrada debe recorrer la distancia entre el espejo y la torre. Durante este trayecto, la energía puede ser absorbida o desviada dejando menos energía disponible que la estimada a partir del DNI. El estado actual de la técnica no permite dar un valor exacto de la cantidad de energía que se pierde en este proceso ya que depende de variables locales como: el contenido de agua en la atmósfera, la presión o los aerosoles.

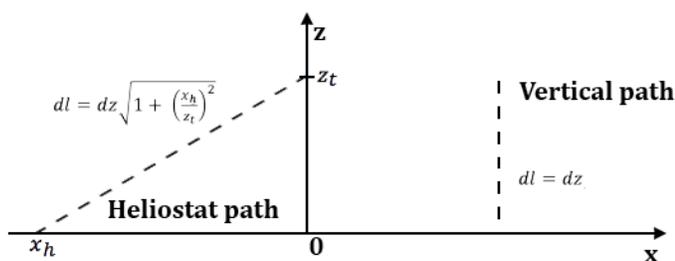


Figura 37 - Descripción del recorrido de la energía entre el heliostato y la torre

La estimación de los valores de atenuación atmosférica, por ejemplo, es especialmente relevante para el diseño y operación de las centrales solares térmicas de torre. Cuanto mayor sea la atenuación atmosférica, mayor será la pérdida de energía entre el helióstato y el receptor de torre, limitando en la práctica la distancia máxima a la que debe situarse el primero. Además, el conocimiento de estos valores representa un insumo más para evaluar con mayor precisión los potenciales proyectos de inversión en plantas solares térmicas de torre en Chile.

Por otro lado, otro objetivo de este paquete de trabajo es el desarrollo de servicios complementarios de Operación y Mantenimiento para la industria CSP, identificando las necesidades potenciales de las plantas CSP, y el establecimiento de posibles soluciones. Por un lado, está el ensayo y la garantía de calidad de los principales componentes (espejos, heliostatos, concentradores ópticos, receptores); y por otro, la cuantificación de los efectos de las condiciones ambientales locales sobre la calidad y la durabilidad de dichos componentes.

En este WP, lo que se ha realizado tiene relación a dos proyectos financiados por privados, protegidos por acuerdos de confidencialidad. Si bien son financiados por fondos distintos al entregado por ANID, las investigaciones previas que sustentan las capacidades del equipo, así como el proceso de desarrollo de negocios, sí son apalancadas por el financiamiento operacional de ANID:

- Estudio de rendimiento de una planta CSP por parte de un cliente privado, en colaboración con Fraunhofer ISE. Se estudiaron variaciones en base a la data meteorológica utilizada en la fase de diseño de una planta solar térmica de concentración con torre en comparación con datos reales medidos, analizando estadísticamente la presencia de diferencias en los datos. Se analizó el impacto de fenómenos climáticos/ambientales observados a través de data medida en el sitio, sobre la operación de la planta debido a restricciones asociadas a la lógica de operación. Se elaboró un informe al respecto.

Como resultado importante del estudio, se llegó a la conclusión que la variabilidad del recurso solar (específicamente de la irradiación normal directa, DNI) y de la velocidad del viento de la data meteorológica utilizada en la fase de diseño, puede ser muy diferente a la variabilidad en la realidad del sitio. Por lo que considerar estos factores de manera correcta en fases tempranas es realmente necesario para que la planta opere de manera eficiente.

- Caracterización de sitio ubicado en los alrededores de Calama para determinación de potencial de plantas CSP de torre. El proyecto consiste en estudiar distintas variables meteorológicas con el objetivo de determinar las características del sitio a lo largo del año, y así poder diseñar una planta CSP de torre que logre funcionar de manera eficiente durante todo el año, sacando el máximo provecho a los recursos de la zona. Con el cliente se ha logrado reanudar el contrato sumando así 3 años de colaboración.

3.2.2. Calor Solar para Procesos Industriales

Chile tiene las condiciones ideales para el desarrollo de tecnologías solares debido los altos valores de irradiación solar. Estas tecnologías pueden ser usadas no solo en la producción eléctrica, sino que también cubrir la demanda de calor en procesos industriales. A nivel nacional, estas aplicaciones no son masivas, debido en parte a la falta de confianza en estos sistemas. Es por ello, que el objetivo principal de este proyecto es el de fomentar el desarrollo de mercados para aplicaciones de calor solar para procesos industriales (SHIP, por sus sigla en inglés *Solar Heat for Industrial Processes*), además de ayudar en la implementación de estas tecnologías al reducir el riesgo, demostrar el potencial económico y mejorar las herramientas de planificación.

Bajo la temática de SHIP, se ha comenzado a trabajar en el proyecto “SHIPCal-CL” en colaboración con la Universidad Católica a través del profesor José Miguel Cardemil, en el marco del programa para Centros de Excelencia Internacional. Este se detalla en el Anexo “Proyecto Colaborativo UC – Prof. José Miguel Cardemil”. Este trabajo se ha potenciado a través de la experiencia previa del equipo Solar Térmico en el algoritmo SHIPCal.

WP 1. Procesos Térmicos Innovadores

Para el fomento de nuevos procesos térmicos, durante el período 2021 – 2022 el equipo SHIP ha realizado las siguientes iniciativas:

- Proyecto industrial para cliente minero, el cual tiene un gran consumo de combustibles fósiles en sus procesos que requieren suministro térmico. Un estudio previo, realizado en fase 2, con el propósito de identificar de la demanda térmica de los procesos asociados, para entender de mejor forma el suministro térmico a administrar.
En función de la data levantada en este estudio previo, se logró firmar este contrato para implementar una planta solar térmica a escala piloto, que permita abastecer la energía térmica necesaria para los procesos. Para este fin, Fraunhofer CSET creó las bases de la licitación para el proveedor que construirá la planta, la cual será la primera planta de generación de vapor solar integrada a procesos industriales en Chile.
Como parte del servicio, también se incluye un análisis de la instalación de la planta solar, su puesta en marcha, su operación por los primeros seis meses. Este análisis incluye la optimización del diseño de planta solar considerando pérdidas por sombras, pérdidas por distancia entre planta solar y planta industrial, puntos de integración, tipo de fluido calor-portador y tipo de tecnología solar, entre otros aspectos.
- MICROPROD-SOLAR. El proyecto denominado Microprod-solar es un estudio internacional financiado por el Gobierno Español a través del centro de investigación español CIESOL, con la colaboración de la Universidad de Almería, Solatom e Inventive Power. Este proyecto estudia el autoabastecimiento energético mediante microrredes renovables de actividades productivas o manufactureras en el ámbito agroalimentario en zonas rurales aisladas de Chile, México y España, en particular, comunidades con demandas térmicas para sus procesos productivos. Este

proyecto viene de años anteriores, donde para este período se logró presentar nuevamente el estudio “*Integrating Solar Heat in Energy Micro-Grids for Small Scale Productive Communities*”, el cual fue presentado en la conferencia SolarPACES 2020, pero que ahora será publicado en la AIP Conference Proceedings del American Institute of Physics, la cual registra los principales hallazgos de conferencias científicas en materias físicas.

Las conclusiones de este estudio, el cual consistió en un análisis tecno-económico del potencial de las tecnologías de concentración solar para cinco casos de estudio, fueron bastante positivas. Con esta publicación se espera que se promuevan estas tecnologías como una solución orientada a las comunidades, como vehículo para la implementación de sistemas de energías renovables en asentamientos aislados. Los resultados del estudio comprueban la factibilidad en casi todos los casos estudiados en el marco del proyecto, los cuales demuestran un *payback* en tiempos razonables, en algunos casos incluso más rápido que soluciones en base a combustibles fósiles.

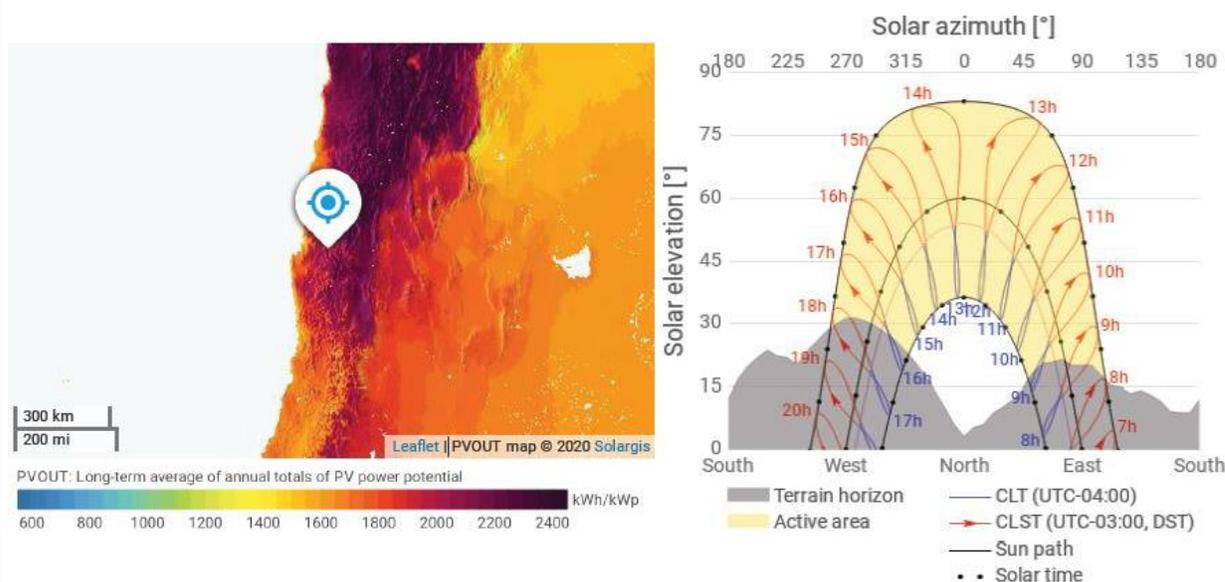


Figura 38 - Ubicación geográfica de uno de los casos de estudio, con el recurso solar del territorio, potencial fotovoltaico (izquierda). Carta solar con sombras producto del horizonte topográfico (derecha).

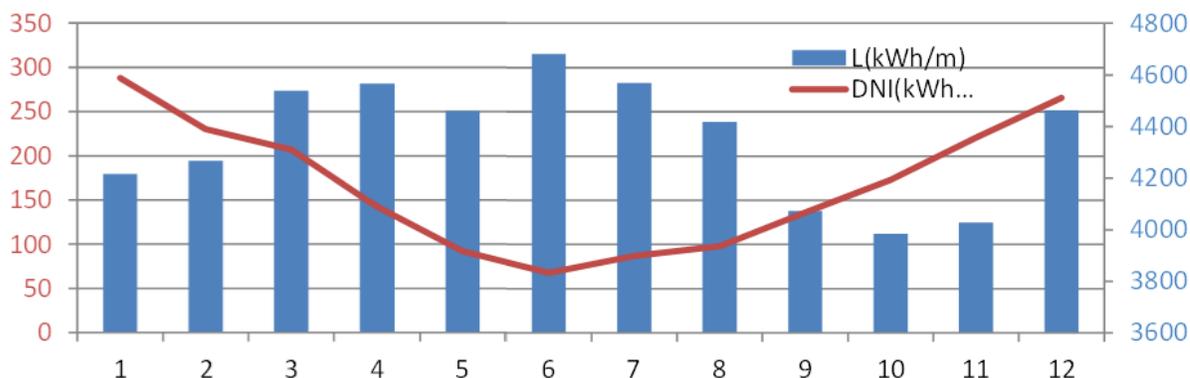


Figura 39 - Consumo de energía eléctrica mensual por mes (barras) vs Irradiación Directa Normal (línea), del caso de estudio

- Estrategias Energéticas Locales.** Se ha trabajado en un Acuerdo de Entendimiento (MoU) con la municipalidad de Quilicura para incentivar el desarrollo sostenible en todos los procesos y actores que están enmarcados en la comuna, para ser extrapolado a otras localidades posteriormente. Este desarrollo sostenible se sustenta en la planificación energética, movilidad sostenible, sensibilización y cooperación, organización y finanzas, energías renovables y generación local, y eficiencia energética en la infraestructura. El objetivo de esta iniciativa es ofrecer servicios relacionados a las estrategias energéticas locales a las diferentes comunas del país, involucrando a los sectores industrial, residencial, comercial, público y de transporte en una mirada integral para lograr el desarrollo sostenible.
- Tesis del estudiante Gabriel Cid con el tema “Estudio de factibilidad para integración de energía solar térmica en procesos de planta de bebidas conglomeradas en Chile”.** Este análisis es realizado en base a información real provista por una empresa nacional del rubro, donde se estudia la factibilidad de incorporar sistemas Solares Térmicos mediante esquemas de integración a nivel de suministro (caldera) y de proceso (elaboración de café).
- Tesis del estudiante Franco Ibacache con el tema "Evaluación de un sistema de almacenamiento térmico para el aprovechamiento de calor remanente en procesos Batch de la industria cervecera".** El objetivo de este estudio fue diseñar y modelar numéricamente la integración de un sistema de almacenamiento de calor sensible alimentado únicamente por energía solar para satisfacer la demanda energética de estos procesos *batch*. A través de colectores planos se proporciona la energía primaria, y el sistema de calentamiento secundario o de apoyo es realizado mediante resistencia eléctrica alimentada por energía fotovoltaica. Esto permite que el sistema tenga una alta fracción solar y mayor autonomía respecto al uso de combustibles fósiles y la conexión a la red eléctrica. Se calculó la viabilidad técnica de la integración del sistema de almacenamiento solar modelado en el proceso de la cervecería nacional Guayacán.
- Tesis del estudiante Alexander Schmitt.** Este trabajo cuantificó las tecnologías que se están investigando en los **reactores de calcinación solar de las plantas de cemento**, desde la escala de laboratorio hasta las aplicaciones teóricas a gran escala, así como los actuales proyectos

piloto prometedores en cuanto a su nivel de preparación tecnológica. El resultado de la revisión muestra que es necesaria una hibridación gradual de la calcinación solar hasta la plena integración solar en las plantas de cemento existentes, al tiempo que se desarrolla la tecnología de captura de carbono y el potencial de reutilización para combustibles sintéticos.

- Tesis del estudiante de magister Francisco Moraga donde se realizó un **análisis técnico-económico de la integración de la producción de hidrógeno verde a gran escala y una planta híbrida CSP + PV** de 100 MWe en el norte de Chile. Una planta solar híbrida aprovecha el bajo costo de la tecnología PV y la capacidad de despacho de la CSP con almacenamiento, lo que aumenta las horas de producción renovable, creando condiciones ideales para el desarrollo de la industria del hidrógeno verde. Para comprender mejor la utilidad de dicha integración, se comparó el rendimiento de la planta solar híbrida con el rendimiento ofrecido por cada tecnología solar independiente y con una conexión a la red mediante un contrato PPA.
- **Refrigeración Solar.** Se han mantenido diferentes reuniones y conversaciones desde finales de 2021 con la profesora de la Universidad de Chile Mónica Zamora Zapata, para la realización de dos trabajos de tesis con sus alumnos orientados a diseñar un sistema de refrigeración solar para su posterior construcción y uso como experiencia de laboratorio en el curso Laboratorio de Máquinas, el cual servirá como apoyo a la formación de futuros ingenieros mecánicos de la Universidad de Chile. Esto se alinea con la creciente cooperación que existe entre Fraunhofer CSET y la Universidad de Chile, a través de su Centro de Energía.

WP 2. Metodologías de Monitoreo

Una de las temáticas que se ha identificado como necesaria para el fomento de tecnologías solares térmicas en procesos industriales es el monitoreo mismo de los procesos, en particular, el de la demanda térmica que necesitan.

Un correcto entendimiento de la demanda térmica de los procesos puede hacer mucho más eficiente la relación de ésta con el suministro de energía térmica, ya que, si no se conoce con precisión la demanda, es necesario mantener el suministro constantemente por sobre la demanda estimada, de manera de no arriesgarse a no cumplir con los requerimientos. Esto conlleva a una eficiencia energética y, por ende, un sobreconsumo de recursos. Por el contrario, si se conoce la demanda térmica en tiempo real y la proyección de ésta en el tiempo, es posible equiparar el suministro térmico a este requerimiento, sin producir más energía de la que realmente se necesita.

Algunas de las iniciativas en esta línea, son descritas a continuación:

- Proyecto industrial para una gran empresa nacional, en colaboración con el instituto Fraunhofer IPA (Automatización e Ingeniería de Manufactura). El objetivo del proyecto es realizar una **campaña de monitoreo de demanda térmica usando dispositivos de la Industria 4.0**, es decir, sensores con tecnología IoT (*Internet of Things*), además de un procesamiento de datos usando Machine Learning.

La combinación de ambas tecnologías permite prescindir de la gran cantidad de sensores que serían necesarios para llevar a cabo la campaña de monitoreo de demanda térmica de forma tradicional. Mediante los dispositivos IoT se levanta información en tiempo real y el

procesamiento con base en Machine Learning logra extrapolar los datos para obtener información muy similar a la realidad.

El objetivo último de este trabajo va más allá de la eficiencia misma de los procesos del cliente, ya que una vez desarrollado todo el sistema y el modelo, permitirá utilizar el desarrollo para optimizar la eficiencia operacional de los recursos (materias primas, combustibles fósiles, electricidad, agua, entre otros), no solo de la empresa cliente, sino de otras potenciales empresas e industrias a medida que se vaya depurando.

- **District heating – Chilean potential study.** Trabajo realizado como subcontratación desde Fraunhofer ISE, para el análisis de bases de datos nacionales, con el objetivo de monitorear las demandas de calor para calefacción y agua caliente sanitaria en las diferentes comunas del país. El fin último del proyecto es determinar el potencial de *district heating* a nivel nacional.
- **Base de Datos de Agua Potable Rural (APR) y sus Contaminantes en Chile.** En función de los informes emitidos por la Dirección General de Aguas (DGA) para cada región durante años, se desarrollará una base de datos con información sobre APR y sus contaminantes, con el objetivo de estudiar el potencial de las tecnologías de tratamiento de aguas para la eliminación de estos contaminantes. Durante el período febrero 2021 – febrero 2022, se han desarrollado las bases de datos de las regiones del Biobío, Ñuble, Los Ríos y Los Lagos. El potencial impacto es relevante, dada la cantidad de sistemas de APR a lo largo del país y los beneficiarios de éstos, magnitudes que se muestran en la siguiente figura.

Región	Cantidad de Sistemas de APR	Beneficiarios
Arica y Parinacota	27	14.906
Tarapacá	22	15.088
Antofagasta	14	11.488
Atacama	40	18.132
Coquimbo	193	158.118
Valparaíso	165	168.787
Metropolitana	110	187.656
O'Higgins	221	284.650
Maule	291	278.394
Ñuble	117	104.455
Biobío	103	103.840
La Araucanía	227	149.977
Los Ríos	122	83.395
Los Lagos	191	134.481
Aysén	43	23.700
Magallanes y la Antártica Chilena	11	3.572
TOTAL	1897	1.740.639

Figura 40 - Elaboración propia en base a información de la Dirección de Obras Hidráulicas

- En esta línea, se incluyó al equipo Francisco Olea de la Hoz, como practicante. Su principal función es el **apoyo en el desarrollo de herramientas computacionales para ayudar a los tomadores de decisiones y desarrolladores de proyectos de ERNC**, en base a indicadores relevantes como consumo energético por sector del país, niveles de emisiones por empresas y

otros que se correlacionan con un uso importante de energía térmica que pueda ser suplido en base a sistemas y tecnologías de energía solar térmica.

- **Colaboración con Soliterm.** Marco de colaboración con la empresa alemana de colectores solares, Soliterm Group GmbH, para el desarrollo de una metodología para utilizar bases de datos nacionales y herramientas de *Data Science* para monitorear las empresas industriales con demandas térmicas con alto potencial de ser abastecidas con energía solar térmica. El objetivo de la colaboración es listar las empresas con mayor potencial para las tecnologías solares térmicas, en función de sus demandas térmicas, su recurso solar y su nivel de compromiso con la sustentabilidad. Esta colaboración apoya parte de los objetivos de transferencia tecnológica del Centro, al fomentar la llegada de este tipo de tecnología y conocimiento desde Alemania a Chile.

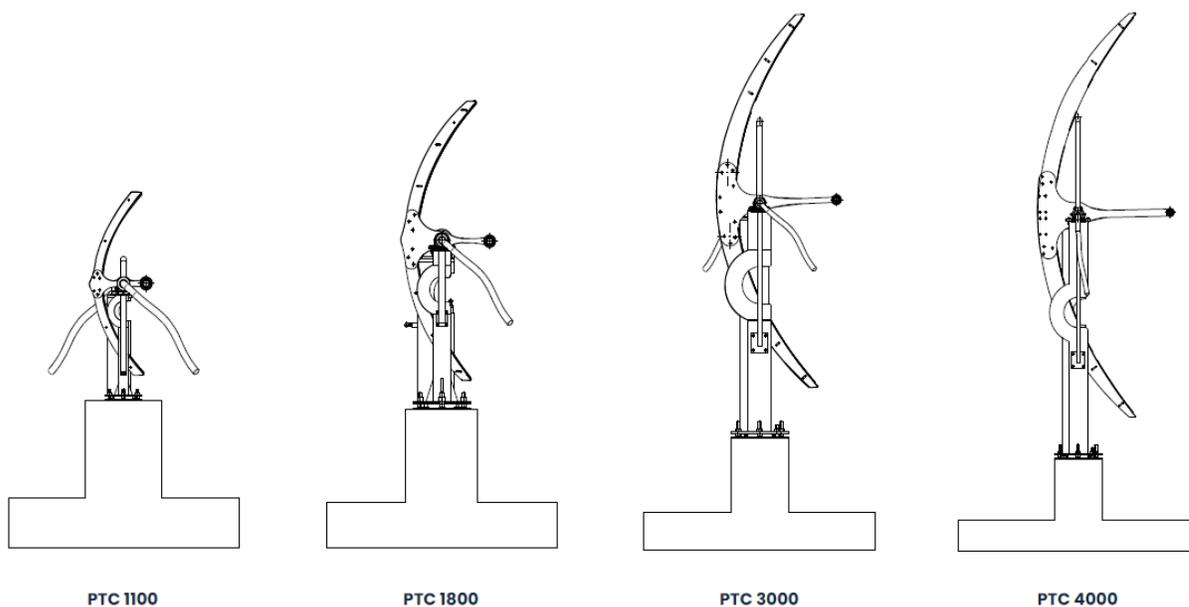


Figura 41 - Colectores solares, línea de productos de Soliterm. Fuente: <https://solitermgroup.com/technology/>

WP 3. Tecnologías Solares Térmicas Innovadoras

A diferencia del WP1, este paquete de trabajo se focaliza en aplicaciones de energía solar térmica, como los calentadores de agua solares, tecnología de tratamientos de agua en base a energía solar, calefacción urbana y refrigeración solar, con el objetivo de promover la implementación de las tecnologías, pudiendo también ser apalancadas mediante financiamiento complementario que permita la instalación de plantas de demostración o pilotos de estas aplicaciones. A continuación, se mencionan algunas iniciativas dentro de este WP:

- **BrineMine.** Colaboración con Fraunhofer ISE y su Departamento de Tratamiento de Aguas a través del proyecto demostrativo BrineMine en Chile, iniciativa de transferencia tecnológica desde Alemania. El proyecto es financiado por el Ministerio Federal de Educación e Investigación de Alemania (BMBF), con la misión de desarrollar y probar una tecnología

innovadora que concentra salmueras geotérmicas y separa los minerales, resultando agua potable. El enfoque del proyecto ofrece una extracción de litio y otros minerales eficiente y sustentable.

La colaboración consiste específicamente en buscar posibles nichos de negocios en Chile donde poder implementar las tecnologías de tratamiento de aguas de Fraunhofer ISE. Durante el período 2021 – 2022, se ha trabajado identificando posibilidades en el sector agrícola, en el rubro de aguas potables rurales (APR), y en el sector industrial minero.



Figura 42 - Invitación a evento BrineMine, mayo de 2021

Como parte de la iniciativa, en mayo de 2021 se realizó el evento “BrineMine: *Sustainable mineral and freshwater extraction from geothermal brines in Chile*”, organizado en el marco del proyecto Eco Mining Concepts (red chileno-alemana para una minería más sustentable), contando con la participación de importantes referentes de la industria y la investigación, como se puede ver en la agenda del evento a continuación:

Hora Chile	Tema
9.00 – 9.05	Bienvenida Denise Kirschner Project Leader Energy, Mining & Sustainability Eco Mining Concepts - AHK Chile
9.05 – 9.20	Bienvenida e Introducción BrineMine y partners <ul style="list-style-type: none"> • Dr.-Ing. Joachim Koschikowski Instituto Fraunhofer para Sistemas de Energía Solar ISE • Prof. Dr. Thomas Kohl Instituto Tecnológico de Karlsruhe (KIT) • Prof. Dr.-Ing. Frank Dinter Centro de Tecnologías para la Energía Solar (CSET) - Fraunhofer Chile
9.20 – 9.30	Condiciones marco para el aprovechamiento energético y la extracción de minerales de salmueras geotérmicas en Chile Rubén Muñoz Jefe Unidad de Geotermia y Energía Distrital Ministerio de Energía de Chile

9.30 – 9.40	Potencial para el uso de energía geotérmica en Chile Prof. Dr. Diego Morata Director Centro de Excelencia en Geotermia de Los Andes (CEGA)										
9.40 – 9.55	Resultados y consideración económica del Proyecto BrineMine <ul style="list-style-type: none"> • Dr. Daniel Winter, Fraunhofer ISE • Valentin Goldberg, Instituto Tecnológico de Karlsruhe (KIT) 										
10.00 – 10.10	Potencial para el aprovechamiento energético y la extracción de materiales de salmueras geotérmicas en el alto valle del Rin Alemania - Ejemplo Insheim Jörg Uhde CEO, Pfalzwerke geofuture GmbH										
10.10 – 10.20	Perspectivas para la extracción de litio y otros metales valiosos de fuentes no convencionales en Chile SQM (tbc)										
10.20 – 11.00	Panel de Discusión: Brine Mining Oportunidades y desafíos para la extracción de minerales no convencionales Moderación: Iris Wunderlich , Project Leader Mining & Sustainability en AHK Chile										
	<table border="0"> <tbody> <tr> <td>Michael Schmidt Geólogo económico de la Agencia Alemana de Recursos Minerales (DERA) en el BGR</td> <td><i>El mercado alemán de materias primas y la producción de litio</i></td> </tr> <tr> <td>Dr. Erwin Plett CEO en Low Carbon Chile</td> <td><i>Desarrollo de la energía verde</i></td> </tr> <tr> <td>Carolina Wechsler Country Manager en Transmark Chile SpA</td> <td><i>Desarrollo de la energía geotérmica</i></td> </tr> <tr> <td>SQM (tbc)</td> <td><i>Producción de litio</i></td> </tr> <tr> <td>Nancy Parada Consultora internacional en química de salmueras</td> <td><i>Desarrollo de elementos químicos desde salmueras</i></td> </tr> </tbody> </table>	Michael Schmidt Geólogo económico de la Agencia Alemana de Recursos Minerales (DERA) en el BGR	<i>El mercado alemán de materias primas y la producción de litio</i>	Dr. Erwin Plett CEO en Low Carbon Chile	<i>Desarrollo de la energía verde</i>	Carolina Wechsler Country Manager en Transmark Chile SpA	<i>Desarrollo de la energía geotérmica</i>	SQM (tbc)	<i>Producción de litio</i>	Nancy Parada Consultora internacional en química de salmueras	<i>Desarrollo de elementos químicos desde salmueras</i>
Michael Schmidt Geólogo económico de la Agencia Alemana de Recursos Minerales (DERA) en el BGR	<i>El mercado alemán de materias primas y la producción de litio</i>										
Dr. Erwin Plett CEO en Low Carbon Chile	<i>Desarrollo de la energía verde</i>										
Carolina Wechsler Country Manager en Transmark Chile SpA	<i>Desarrollo de la energía geotérmica</i>										
SQM (tbc)	<i>Producción de litio</i>										
Nancy Parada Consultora internacional en química de salmueras	<i>Desarrollo de elementos químicos desde salmueras</i>										
11.00 – 11.05	Palabras de Cierre Prof. Dr. Thomas Kohl										

Figura 43 - Agenda evento BrineMine, mayo 2021

- **IEA SHC Task 64 / Task IV SolarPACES Subtask C.** Como es mencionado en el proyecto 2.1 “Concentración Solar de Potencia” de la RL2, el equipo ha trabajado en cooperación con la Agencia Internacional de Energía (IEA) para el desarrollo de estos estudios, relacionados también a calor solar para procesos industriales.
- Proyecto Master-UC y colaboración con proyecto **SHIPCal 2.0** del investigador y tesista Miguel Frasquet, del Departamento de Ingeniería Energética de la Universidad de Sevilla. El proyecto tiene el objetivo de desarrollar herramientas que permitan evaluar de una manera rápida la factibilidad técnico-económica de integrar energía solar en un proceso industrial. SHIPCal es un simulador solar de uso público basado en Python, el cual analiza los parámetros de un campo solar integrado a procesos. Esta continuación del proyecto busca modificar el código fuente inicial del simulador para realizar análisis iterativos que permitan simulaciones más precisas.

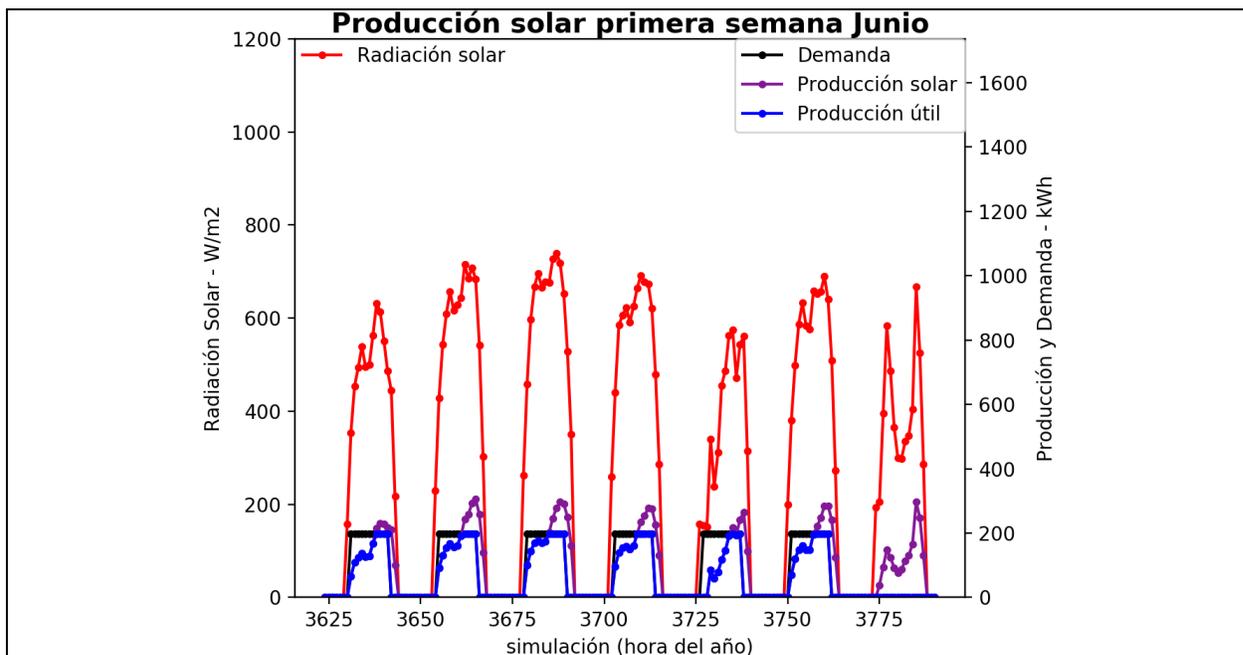


Figura 44 - Ejemplo de gráfico de simulación producido por SHIPCal. Fuente: <https://github.com/mfrasquet/SHIPCal>

- Technology Brief, "**Solar heat integration in cement industry**". Se investigó el proceso de producción de cemento en su totalidad, poniendo especial énfasis en los procesos térmicos y las diferentes alternativas de uso de calor solar a alta temperatura para suplir demandas térmicas del proceso cementero, donde se realizaron simulaciones en TRNSYS de las posibilidades de integración, además de un análisis de factibilidad técnica-económica. Esta iniciativa fue la síntesis de lo desarrollado en el trabajo de tesis del investigador alemán Alexander Schmitt.
- **FloatingPV**. Este es el proyecto liderado por el equipo de Sistemas Fotovoltaicos, pero donde el equipo de Sistemas Solares Térmicos también participó. Dentro de los principales beneficios de este tipo de sistemas es, por un lado, el doble uso de suelo y, por el otro, la reducción de la tasa de evaporación de la masa de agua cuando se utiliza sobre tranques de regadío agrícolas. Los componentes relacionados a este segundo beneficio son los estudiados por el equipo de la RL2, ya que se encuentra relacionado a los temas hídricos. Actualmente, se está escribiendo un *paper* que contendrá el potencial de reducción de las tasas de evaporación al utilizar este tipo de aplicaciones, considerando todos los cuerpos de agua existentes en el país y registrados en bases de datos que posee Fraunhofer.
- Ignacio Muñoz, practicante que ha trabajado en el "**Estudio y aplicación de herramientas de Machine y Deep Learning a sistemas energéticos de baja y media temperatura**". En este estudio, se presenta una investigación relacionada al estado del arte de los modelos de Machine y Deep Learning aplicados a la industria solar y sistemas energéticos de media y baja temperatura. Se seleccionaron las redes de distribución de calor y frío como caso particular de estudio, para investigar en profundidad como los modelos de inteligencia artificial asisten el

diseño, optimización y control de este tipo de sistemas. Finalmente, se plantea una solución al problema de diseño de redes de distribución de calor y frío dadas las condiciones geográficas de localidades a nivel nacional.

- En esta temática de investigación, y dada la cada vez más creciente vinculación entre Fraunhofer ISE y Fraunhofer CSET, se está empezando a gestionar la participación de estudiantes de doctorado que investiguen en ambos centros. Con esto, se espera transferir mayor conocimiento y capacidades al país, además de mejorar la fluidez de estas transferencias entre los institutos. En este sentido, hoy se cuenta con la colaboración de un **estudiante de doctorado, Juan Sebastián Zuleta** de Colombia, quien partirá su trabajo colaboración con Fraunhofer ISE y Fraunhofer CSET, para estudiar el potencial de integrar tecnologías solares térmicas de alta temperatura ($>400^{\circ}\text{C}$) en procesos industriales en Chile. Ya se ha comenzado con la definición de objetivos generales y específicos del trabajo, así como la metodología de desarrollo y el cronograma de actividades.
- Por último, cabe mencionar que se están comenzando a realizar investigaciones relacionadas a tecnologías de **captura de carbono**, las cuales se estudian de forma integrada a sistemas de colectores solares con almacenamiento térmico. Este tipo de tecnologías abre un mercado para darle un solución circular a las fuentes inevitables de CO_2 , como lo son, por ejemplo, el proceso de calcificación de la piedra caliza a cal viva, la cual emite carbono a la atmósfera a través de su reacción química, y no solo por el uso de las calderas asociadas al proceso. Estas tecnologías forman parte del proyecto Power-to-MEDME, que es descrito más adelante en la sección **“3.3. Proyectos Transversales”**.

3.3. Proyectos Transversales

Como es mencionado con anterioridad, existen ciertos proyectos denominados Proyectos Transversales, los cuales comparten colaboradores entre ambas Líneas de Investigación, con el fin de evitar una duplicidad de capacidades en CSET y optimizar el tiempo y trabajo de los investigadores. Estos proyectos no se consideran una Línea de Investigación independiente, sino más bien un grupo de proyectos con equipos dinámicos con investigadores de cada RL.

Los proyectos identificados que cumplen el requisito de poseer capacidades y experiencias de ambas RL son:

- Hidrógeno verde
- Electromovilidad
- Mapeo medioambiental y otros factores (GIS)

WP 1. Hidrógeno Verde Solar

Tanto el hidrógeno verde, como los derivados que pueden ser sintetizados desde éste, son áreas de investigación que han tomado relevancia a nivel mundial, ya que son considerados por muchos como habilitantes para descarbonizar industrias y procesos complejos, además de poder ser la solución para transformar las energías renovables en un vector energético almacenable y transportable.

El potencial de las energías renovables en Chile es altísimo considerando su superficie, es por eso que distintos actores públicos y privados han fomentado al hidrógeno como una industria promisoría para el país, con el potencial de conformarse como una industria exportadora y creadora de valor. Dado este potencial nacional es que Fraunhofer CSET se ha comprometido con el mismo objetivo, al considerar al hidrógeno como extensión de la energía solar, con potenciales aplicaciones en distintos procesos productivos y de transporte.

Las tecnologías relacionadas al hidrógeno verde y derivados son parte de la estrategia del Centro, pero donde la novedad de la tecnología también implica un proceso más lento de implementación en la industria. El equipo de Desarrollo de Negocios es el encargado de liderar este tipo de proyectos desde el inicio, pero a diferencia de otros proyectos que pasan a ser parte de la gestión de las líneas de investigación una vez que el cliente da el inicio oficial del proyecto, o bien, el Centro se adjudica el fondo al que se ha postulado, para estos proyectos la gestión seguirá estando a cargo de este equipo. Esto en parte se debe por la multidisciplinariedad que requieren estos proyectos, que requieren no solo de la participación de ambas líneas de investigación, sino que también de múltiples actores, públicos o privados, nacionales o internacionales.

A través de la colaboración con la Universidad Católica, en el marco del programa de Centros de Excelencia Internacional, se ha empezado con el proyecto “Hydrogen Production in Hybrid Renewable Parks: Advanced Operational and Planning Models” del investigador Álvaro Lorca de la UC, el cual es descrito en el Anexo “Proyecto Colaborativo UC – Prof. Álvaro Lorca”.

En cuanto a los proyectos liderados por el equipo de investigadores de Fraunhofer CSET durante el período 2021 – 2022, estos son:

Hub de Hidrógeno Verde Antofagasta (H2VA)

Este proyecto es liderado por CICITEM, co-ejecutado por Fraunhofer CSET y Club de Innovación, donde AIA es mandante. Es financiado por CORFO Antofagasta y el Gobierno Regional de Antofagasta, a través del programa Bienes Públicos Regionales y el Fondo de Innovación para la Competitividad Regional. El nombre oficial es “Levantamiento de Casos de Uso y Servicios Tecnológicos para el Desarrollo de un HUB de H₂ Regional”, con el nombre de fantasía “Hub de Hidrógeno Verde Antofagasta” o, simplemente, “H2VA”.

Este proyecto, el cual fue adjudicado el año 2021 y empezó formalmente a inicios de 2022, tiene por objetivo final aminorar la brecha de información y de coordinación entre la red de proveedores en la región y las grandes empresas, quienes han empezado o desean desarrollar proyectos relacionados a hidrógeno verde en la Región de Antofagasta o en el resto de Chile. Esto, se planea abordar mediante tres distintos objetivos habilitadores:

- Identificar, categorizar, capacitar e integrar a potenciales proveedores locales, nacionales e internacionales, quienes estén interesados en ofertas sus capacidades, productos y servicios en la cadena de valor de la incipiente industria del hidrógeno verde.
- Identificar, validar y difundir los casos de uso del hidrógeno y sus derivados, los cuales sean más relevantes dadas las condiciones locales para potenciar la demanda de ellos.
- Diseñar, validar y articular un modelo de “Hub de H₂ Regional” que permita impulsar esta nueva economía asociada al hidrogeno, mediante la participación público-privada.

El tercer objetivo habilitador tiene especial relevancia, ya que permitirá la continuidad de la iniciativa en el tiempo. Este punto tiene dos componentes clave, el primero de ellos es la gobernanza, donde el desafío está en encontrar el óptimo en su alcance y en la cantidad de miembros que la compongan, ya que debe ser lo suficientemente pequeña para optimizar la eficiencia de la gestión, y lo suficientemente amplia como para involucrar a distintos actores del mundo público, privado, académico y de la sociedad civil. El segundo componente es la operación misma del hub, la cual se plantea a través de mesas de trabajo y articulación de proyectos transversales que logren integrar verticalmente los distintos niveles de la cadena de valor del hidrógeno y sus derivados.

El proyecto ha comenzado su desarrollo en enero de 2022, donde el financiamiento público comprometido tiene una duración de 18 meses. Durante los últimos meses del financiamiento, la iniciativa será traspasada a AIA, para perpetuar la operación de esta. También como parte del proyecto, se contará con una plataforma online que permita navegar en una base de datos de los proveedores identificados y validados en cuanto a sus capacidades para formar parte de la cadena de valor del hidrógeno, de forma de poner a disposición la información recabada y facilitar el contacto entre desarrolladores de proyectos de hidrógeno y proveedores.

Por último, cabe destacar que este proyecto es parte de la gestión del equipo de Desarrollo de Negocios debido a no tener mayores componentes técnicos o de investigación, sino más bien de

gestión y networking. Además, el mismo desarrollo de esta iniciativa representa un gran insumo a la hora de agrandar la red de contactos del Centro y generar nuevas oportunidades de negocios con actores de la macrozona norte del país, donde ambos aspectos son parte de las funciones del equipo.

Power-to-MEDME

Este proyecto representa gran parte de las labores de gestión del equipo de Desarrollo de Negocios el último período 2021 – 2022. Este es un proyecto recientemente postulado durante el mes de febrero de 2022 al fondo internacional para la producción de hidrógeno² del Ministerio de Educación e Investigación (BMBF) y del Ministerio de Economía y Protección del Clima (BMWí) de Alemania, el cual no ha sido beneficiario de algún fondo.

Power-to-MEDME es un proyecto en gestión, liderado por un consorcio de empresas e institutos de investigación, el cual permitiría integrar verticalmente los distintos componentes de la cadena de valor del hidrógeno, desde la generación de energía limpia hasta la aplicación misma de los derivados de hidrógeno (metanol y DME), al ser parte del consorcio el *offtaker* mismo de los productos.

La postulación fue dividida en dos partes, con el objetivo de abordar las dos líneas de financiamiento de los ministerios alemanes, una del BMWí la cual tiene un foco industrial, apuntando a la inversión de infraestructura y equipos para la producción de hidrógeno verde y derivados; mientras que la línea del BMBF tiene un foco en la investigación, para desarrollar conocimiento y escalar tecnologías a niveles industriales. Esta segunda línea, tiene la condición que solo pueden ser postuladas iniciativas que también postulen a la línea de financiamiento industrial del BMWí.

Para la línea industrial, se postuló la mayor parte del proyecto, consistente en la construcción de una planta solar fotovoltaica, una planta de producción de hidrógeno verde a través de un electrolizador de 8.7 MW de potencia, un piloto para la captura de carbono en una fuente industrial inevitable, una planta de síntesis de metanol y, por último, una planta de síntesis de dimetil éter (o DME). Para el proyecto, el *offtaker* será el encargado de comprar el DME y retirar el mismo desde el punto de producción, es decir, desde la misma planta de síntesis, por lo que el grueso del almacenamiento y la logística del transporte corren por cuenta de éste. De acuerdo a las reuniones con el *offtaker*, el DME adquirido iría aproximadamente en un 90% a la red de gas de la región, ya que las características del DME lo hacen un sustituto limpio para el gas natural.

En cuanto a la línea de financiamiento de investigación, la postulación correspondió a solo un módulo del proyecto, compuesto principalmente por el caso de estudio del uso de DME en camiones de carga de larga distancia. La intención de la postulación es financiar tanto el estudio como el desarrollo mismo del piloto, el cual contempla todas las adaptaciones necesarias para los motores y la estación de carga del combustible sintético, la cual estaría además dentro de las

²<https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Pressemitteilungen/2021/10/20211004-overview-of-the-core-elements-of-the-funding-guideline-to-support-the-international-establishment-of-generating-installations-for-green-hydrogen.html>

dependencias del *offtaker*.

El proyecto tiene una gran relevancia para el contexto país, ya que atraería conocimiento y tecnología de Europa a la Macrozona Norte, a través de desarrolladores y proveedores tecnológicos y centros de investigación internacionales. Debido a la procedencia del fondo al cual fue postulado, la mayoría de los actores son de origen alemán, como lo es el proveedor del electrolizador, el financista, el desarrollador tecnológico para las plantas de síntesis, el desarrollador tecnológico para la captura de carbono, y los centros de investigación que sustentarán la investigación y desarrollo del proyecto. Además, se cuenta con la participación de una gran empresa italiana la cual estará a cargo de la adaptación de los motores y vehículos a DME.

Otro punto relevante del proyecto es su potencial ubicación, la Región de Antofagasta. Si bien la aplicación de los derivados de hidrógeno producidos no será orientada a la minería en una primera etapa, estos productos sí son considerados para ser aplicados en procesos y vehículos en la segunda etapa. La inyección de DME en redes de gas requiere menores adaptaciones que al usarlo en vehículos, especialmente si necesita validar todos los estándares que son exigidos en la minería. Para una segunda etapa se espera que la tecnología esté lo suficientemente madura para pilotear en distintos procesos y equipos en la minería, lo que llevaría a explotar el gran potencial de la región, el cual no es solo la radiación solar más alta del planeta, sino que también la disponibilidad de una gran demanda potencial en lo que es uno de los distritos mineros más grandes del mundo, el cual además es muy complejo de descarbonizar.

Por último, solo para retratar la magnitud del proyecto, este contemplaría un presupuesto de alrededor de \$100 millones de euros, si es que resulta adjudicatario del fondo alemán. Para contrastarlo con otras iniciativas similares, el proyecto Haru Oni de la empresa HIF (Highly Innovative Fuels), el único proyecto integrado de combustibles sintéticos en Chile que recién está partiendo su construcción, tiene contemplado un aerogenerador de 3.4 MW. El electrolizador del proyecto Power-to-MEDME tendrá un electrolizador de 17.5 MW de capacidad de potencia, el cual se planea sea alimentado por energía solar fotovoltaica durante el día y energía solar térmica durante la noche.

Proyecto a Gran Minera Metálica

Como parte de su estrategia futura, una gran empresa minera necesitó analizar la factibilidad de contar con suministro energético 100% renovable, seguro y continuo, para un importante proyecto de expansión de su capacidad de producción. Fraunhofer CSET realizó el análisis para esta empresa, seleccionando y modelando opciones tecnológicas, siendo los principales requisitos exigidos en el estudio la seguridad de suministro, flexibilidad, la competitividad y la sostenibilidad integral de los diversos mix energéticos.

La empresa planteó como objetivo analizar la factibilidad técnica y económica para la producción de energía en el punto de inyección a la red en base a diversos escenarios, analizando como primera vía la opción de tecnologías híbridas CSP y fotovoltaicas, para la generación de energía en combinación con diferentes opciones de almacenamiento de energía, para asegurar suministro 24x7. Como opción complementaria de interés, se evaluó la incorporación de producción de hidrógeno renovable a partir de energía solar, su almacenamiento y uso posterior para generar y

re-inyectar electricidad al proceso.

La premisa básica del proyecto es el hecho de contar en el norte de Chile con un potencial excepcional de recursos solares, en la misma zona en que opera uno de los distritos mineros más grandes del mundo, lo cual brinda a la industria la oportunidad de reducir su huella de carbono en función de la energía solar disponible a bajo costo.

Aprovechando estas condiciones, se diseñó un sistema híbrido solar a gran escala que incluye la evaluación técnico-económica de la generación 24x7, el almacenamiento y la inyección a la red, y que sea capaz de proporcionar un suministro continuo de energía para tres escenarios diferentes de demanda de electricidad, al mínimo posible costo de producción de electricidad a nivel de prefactibilidad. Para este propósito, Fraunhofer CSET desarrolló un modelo de simulación y definió condiciones de contorno en consulta con el cliente. El Centro finalmente hizo recomendaciones para las configuraciones de tecnología más convenientes para cada uno de los tres escenarios. Además, se desarrolló información general sobre tecnologías, fabricantes y posibles riesgos de las tecnologías solares seleccionadas en un análisis de vanguardia.

2. Electromovilidad como Extensión de la Energía Solar

Este paquete de trabajo incluye todas las actividades relacionadas con el análisis y estudio de las aplicaciones de la electromovilidad en Chile, como una extensión del uso de la energía solar. Los principales focos de proyectos serán en aplicaciones industriales, como logística, y electromovilidad para la industria minera y el sector agrícola. Este último nicho representa una extensión de los proyectos Agrovoltaje y FloatingPV, como aplicación de la energía solar generada, donde se espera abordar mediante (1) el acondicionamiento y electrificación de maquinaria y vehículos usados, o (2) la adquisición de nueva maquinaria eléctrica y/o autónoma.

Como fuente de transferencia tecnológica, son considerados Fraunhofer ISE, el cual tiene un área dedicada para temas de almacenamiento energético, incluyendo baterías para vehículos, y Fraunhofer IVI, especializado en sistemas de transporte y, por consiguiente, electromovilidad. Ambos equipos han sido invitados a participar de la Feria Internacional de Electromovilidad (FIDELMOV), Fraunhofer IVI para la versión 2020 y Fraunhofer ISE para la versión 2021. Algunas tecnologías o aplicaciones que se analizan para posibles aplicaciones en Chile son:

- **Sistema de carga automatizada bajo el suelo**, de alta potencia que entrega 1 MW o 2 MW para la carga rápida en aplicaciones específicas. Se ofrece a la industria estudios para el diseño y prototipado en aplicaciones en logística y otros casos de uso, incluyendo el concepto de seguridad, los proyectos de adaptación y el diseño y las pruebas con diferentes categorías de vehículos.
- **Electromovilidad en la agricultura**. Fraunhofer IVI trabaja en varias aplicaciones para desarrollar y probar robots automatizados y electrificados para su uso en la agricultura. En Alemania, Fraunhofer IVI prueba máquinas electrificadas y autónomas para desbrozar, para uso en bodegas u otros sectores. Se ofrecen estudios a la industria para analizar y adaptar el concepto al sector agrícola chileno.
- Trenes eléctricos o híbridos para líneas ferroviarias no electrificadas, concepto **EcoTrain**:

Tren híbrido diésel-eléctrico con sistema avanzado de gestión de potencia y energía, estudio para su adaptación a aplicaciones específicas de carga y pasajeros en Chile, (puertos, minería, otros).

Uno de los proyectos iniciados en fases anteriores pero continuados durante el período 2021 – 2022 fue "**Electromovilidad minera mediante celdas de combustible**", adjudicatario del Programa Tecnológico de Pilas de Combustible de CORFO. Este proyecto es liderado por la Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM), donde Fraunhofer CSET es co-ejecutor en conjunto con la AgenciaSE. Como Co-ejecutores internacionales participan el Centro Nacional del Hidrógeno, CNH2 (España), la empresa Ballard Power Systems Europe (Dinamarca), y Fundación Hidrógeno Aragón. Como asociados se encuentran presentes las empresas mineras Codelco y Sierra Gorda, Bozzo Energy, Ancare Energy y Linde. Como empresas interesadas participan INN, Siemens, Sonami, Aurus Capital de Riesgo y Komatsu. Dicho consorcio trabaja en desarrollar soluciones que logren viabilizar de manera técnica y operativa la adaptación de vehículos de transporte utilizados en minería, desde su actual condición de operación mediante el uso de combustible diésel, hacia una operación mediante celdas de combustibles, reemplazando de esta manera el diésel por Hidrógeno, como una forma de introducir electromovilidad en transporte en Minería. A la fecha de redacción de este informe, el proyecto se encuentra pausado por acuerdo de CORFO y el beneficiario UTFSM.

También se ha desarrollado un proyecto privado el cual consistió en el diseño conceptual de un sistema de carga de batería híbrido, conectado a un sistema PV y a la red eléctrica, para un robot utilizado para desmalezar cosechas. Este servicio incluyó el modelamiento de generación eléctrica fotovoltaica y almacenamiento en las baterías. Este proyecto fue ejecutado en su totalidad por el equipo de Sistemas Fotovoltaicos, pero es mencionado en este apartado de Electromovilidad.

3. Mapeo Medioambiental y Otros Factores (GIS)

A través del levantamiento de datos realizado por las distintas estaciones meteorológicas mencionadas en la sección “

3.1.2. PV Comercial”, y a medida que se vayan desarrollando más proyectos, se podrá obtener mayor información sobre las variables ambientales y radiométricas de diferentes zonas del país. Esto, permitirá agregar la información para analizar el comportamiento de las variables en función de la ubicación, permitiendo mapear las potencialidades asociadas a estas variables.

Una herramienta que permite instrumentalizar la información de las variables ambientales y radiométricas es el proyecto “**Plataforma Automatizada de Evaluación Tecno-económica para Producir Hidrógeno Verde Solar en Chile**”. Este proyecto, el cual se adjudicó un fondo Crea y Valida de CORFO y comenzó a desarrollarse ya desde fines de 2021, busca crear una plataforma automatizada para realizar análisis tecno-económico de potenciales proyectos de hidrógeno verde en Chile, para apoyar la toma de decisiones al momento de evaluar proyectos de inversión. Esta herramienta utiliza información pública a través del Explorador Solar y el Explorador Eólico, pero donde también se contrastará con otra información disponible, sea a través de otras plataformas (como Copernicus) o mediante el levantamiento de información por parte del equipo.

4. Postulaciones y Programas, Contacto con la Industria y Recaudación de Fondos

Este proyecto transversal es descrito en la sección **“Financiamiento Complementario”**, ya que el proceso es liderado por el equipo de Desarrollo de Negocios en apoyo a la labor de investigación y desarrollo de proyectos de las líneas de investigación. Además, se describen más en detalle ciertas iniciativas en las secciones respectivas de las líneas de investigación, pero en esta sección cabe mencionar el fondo “Programa Tecnológico para el Desarrollo de la Agricultura en Zonas Áridas” de CORFO, adjudicado a través de la postulación del “Consortio del Desierto” en donde participa Fraunhofer CSET y se hará parte a través del trabajo de ambas líneas de investigación.

El Consorcio del Desierto es liderado por CODESSER (Corporación de Desarrollo Social del Sector Rural) filial de la Sociedad Nacional de Agricultura, y fue creado para hacer frente a los desafíos que tiene la agricultura en la zona norte del país, a través de distintas iniciativas que buscan generar nuevo conocimiento relacionado al cultivo con poca agua, los cambios térmicos que afectan a las cosechas y la infraestructura inestable. Para este gran proyecto se cuenta con la participación y colaboración de múltiples actores tanto industriales como de investigación, los cuales son diagramados en la siguiente imagen.



Figura 45 - Diagrama de participación, Consorcio del Desierto

La duración del fondo es de seis años, donde Fraunhofer CSET participará de dos bloques de trabajo, relacionados a la optimización energética de los sistemas productivos agrícolas en el desierto, y el tratamiento y desalinización del agua con el uso de energía solar. El Centro fue seleccionado para participar de esos bloques de trabajo debido a la experiencia adquirida con los proyectos Agrovoltaico, UrbanFarm, y FloatingPV, por un lado, y por sus investigaciones relacionadas a la destilación de membranas, además de un proyecto sobre tratamiento de aguas para la empresa Aguas de Belén de Arica.

4. Desarrollo de Negocios

El equipo de Desarrollo de Negocios es parte de la Línea Corporativa, pero es presentada en esta sección aparte debido a la relevancia de la adquisición de nuevos negocios. Con el objetivo de lograr una sostenibilidad financiera en el tiempo, el equipo ha orientado los esfuerzos tanto en la captación de nuevos clientes industriales, como en un constante *scouting* de las ofertas de financiamiento, a nivel nacional e internacional.

Desde la fase II el equipo cuenta con una estrategia de negocios creada en conjunto con una consultora especializada, pero la cual es actualizada cada año según los distintos factores externos en torno al Centro. Dentro de estos aspectos externos que son considerados, cabe mencionar: el desarrollo de las tecnologías, los cambios en las necesidades de las empresas, las políticas públicas, y por supuesto, en estos años, la inestabilidad del país producto de la crisis sanitaria y la crisis sociopolítica. Es por este último punto que durante el último año se ha replanteado con mayor profundidad la estrategia de negocios del equipo y Fraunhofer CSET.

La estrategia de negocios llevada a cabo durante la fase II ha sido también razón de la consolidación del Centro en el ecosistema solar nacional y latinoamericano, así como de la imagen de referente para las temáticas de hidrógeno verde (o hidrógeno renovable). En cuanto a la vinculación con la industria, durante los últimos años se ha podido estrechar la relación con empresas de rubros estratégicos y de interés para Fraunhofer CSET, por ejemplo, la minería y la agroindustria.

Estos días, parte de la estrategia se ha orientado hacia la consecución de contratos de largo plazo, de mayor envergadura, que permitan asegurar ingresos en el tiempo, siempre apuntando hacia la sostenibilidad financiera del Centro. Dado que para este tipo de ingresos los trabajos previos y de gestión son mayores, el proceso debe estar siempre apoyado por la identificación de las necesidades de la industria y la correcta definición de la propuesta de valor del Centro para sus potenciales clientes.

Para el caso de los fondos públicos, durante los últimos dos años se ha visto un incremento en la competencia de los postulantes, así como una reducción en los presupuestos y una reorientación de fondos hacia otros temas de investigación aplicada distintos a los que se habían visto en años anteriores (como puede ser el emprendimiento o temáticas relacionadas a la medicina). Lo anterior ha llevado a la obtención de menos fondos públicos, por lo que se han orientado esfuerzos hacia otro tipo de fondos, de manera de aumentar las posibilidades de adjudicación, intentando además identificar fondos concursables de largo plazo, de tipo basal, a tanto nacional como internacional.

En las próximas secciones se abordará el modelo y la estrategia de negocios, las cuales han

sido creadas en los primeros años del Centro, pero se han ido modificando y actualizando a medida que el contexto externo y las decisiones estratégicas internas han ido cambiando. Dos hitos relevantes en dicho proceso de cambio de esta fase han sido el Hito Crítico levantado por CORFO, entregando el reporte en agosto de 2021, y un trabajo colaborativo entre Fraunhofer CSET y SERC Chile, donde el Centro apoyó el desarrollo de su estrategia de negocios, actualizando y adaptando la propia al contexto de SERC.

Posteriormente, se abordarán las distintas alianzas y cooperaciones entre el Centro y diferentes organizaciones a nivel nacional e internacional, pudiendo ser de carácter investigativo o industrial. Por último, se mostrarán los distintos temas relacionados con los proyectos privados y la prospección de fondos públicos que realiza el equipo de Desarrollo de Negocios de Fraunhofer CSET.

4.1. Estrategia de Negocios

La oportunidad de negocio para CSET es el dar respuesta y solución a problemas reales, presentes y futuros del sector industrial, de rubros como el minero, energético, agroindustrial, agrícola y de transporte, y un sinnúmero de otros procesos industriales tanto del mundo privado como del público, donde puedan beneficiarse al incorporar energía solar en sus operaciones, logrando mejoras en términos de eficiencia energética, descarbonización, huella hídrica, y otros. Todos estos procesos y rubros necesitan de soluciones y optimizaciones en sus operaciones, bien sea a través de estudios de factibilidad (técnico, legal, económico), o bien con pruebas de conceptos, pilotos, implementación de tecnologías, investigación aplicada y transferencia tecnológica. Frente a este escenario entre el mundo de la I+D y el sector industrial, CSET tiene el rol de actuar como puente entre estas partes, replicando el modelo que utiliza Fraunhofer en todos sus centros, como se puede ver en la Figura 46, "Acortando la Brecha, el modelo de Fraunhofer".

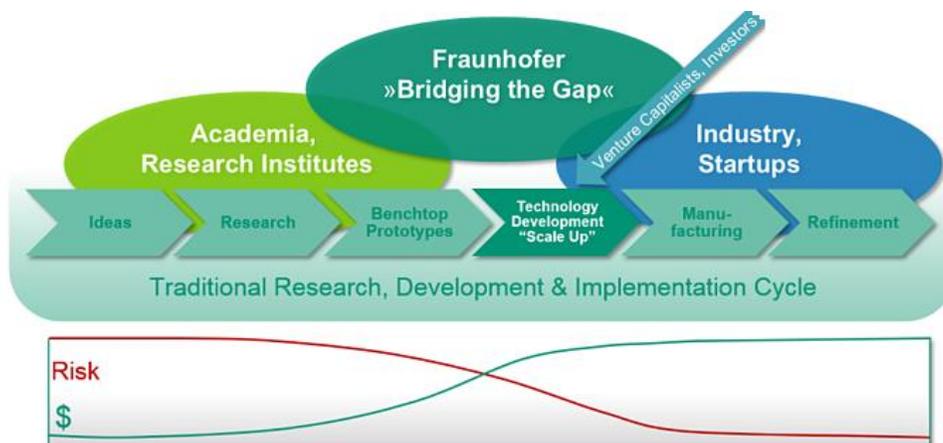


Figura 46 - "Acortando la Brecha", el modelo de Fraunhofer

El cómo será abordada esa misión de conectar Investigación con Industria, se describirá en los siguientes recuadros:

1. Identificación de la Estrategia de Negocios

La estrategia de negocios de CSET está basada en la aproximación al mercado a través de la detección de necesidades del cliente final. Estas necesidades pueden ser resueltas a partir de la implementación de soluciones tecnológicas innovadoras integradas a los productos y servicios ofrecidos por los proveedores, los cuales ya han sido validados por los clientes finales. Por ejemplo, una alternativa de aproximación a potenciales clientes es ofrecer componentes de I+D a proyectos en carpeta o servicios que ya son ofertados a estos clientes, por parte de proveedores validados. Lo anterior puede ser atractivo para los clientes a través de beneficios extras que pueden ser apropiados por ellos, o bien, a través de incentivos y beneficios tributarios, como el de la Ley I+D.

Esta aproximación dependerá en función del mercado al cual se quiera apuntar, en particular, del uso y despliegue que exista hoy de las tecnologías solares en dichos mercados. Estos mercados podrán dividirse en dos grupos, (1) mercados con un alto grado de madurez y despliegue de las tecnologías solares en sus procesos industriales; y (2) mercados donde no existe una madurez de las tecnologías o un despliegue de estas en los distintos procesos que componen dichas industrias. La aproximación por seguir dependiendo el mercado se describirá brevemente a continuación:

1. **Mercados o industrias con una alta penetración de las tecnologías solares en sus procesos.** En este caso, lo primero es contactar o conocer a las empresas potenciales, de manera de conocer sus problemáticas y/o necesidades. Con lo anterior, se debe analizar la problemática y su relación con potenciales soluciones solares, u otras relacionadas. Así, el siguiente paso es presentarle al cliente **Casos de Negocios** que, mediante metodologías validadas, permitan dar a conocer las potencialidades de las soluciones identificadas, demostrando la calidad y el impacto de dichas tecnologías o procesos recomendados. Lo anterior tiene por objetivo demostrar que las soluciones son factibles y estimar un retorno de la inversión para el cliente. En esta aproximación, consultoras especializadas y proveedores validados son los *partners* clave al momento de contactar y vincularse con las distintas empresas objetivos.
2. **Mercados con poca madurez o despliegue de tecnologías solares.** Para este segundo tipo de industrias, ofrecer tecnologías, sistemas o servicios que aún no están masivamente integrados a sus procesos puede ser poco eficiente, debido principalmente a la aversión al riesgo que tiene la industria nacional, ya que no desea incorporar tecnologías o procesos si es que no se encuentran totalmente validados en sus pares. En este tipo de aproximación es necesario no solo identificar las problemáticas de los clientes, sino también conocer las diferentes brechas o barreras existentes para la masificación de las tecnologías o soluciones a ofrecer. A diferencia de la aproximación anterior, el mejor método para abordar dichos mercados es a través de **iniciativas público-privadas o fondos públicos** que bajen el riesgo de

inversión de los privados y apalanquen los recursos para incorporar las nuevas capacidades en los actores privados involucrados. Dentro de estas iniciativas, también debe ser parte la divulgación y difusión de los resultados, de manera de sensibilizar a la industria sobre las potencialidades de las tecnologías y soluciones identificadas.

Para este tipo de aproximación, a grandes rasgos, los mejores socios estratégicos serán los referentes de cada arista del proyecto. Por ejemplo, una gran empresa referente de sector empresarial, una asociación gremial del rubro, un centro de investigación extranjero de excelencia internacional, una universidad con trayectoria en la materia, entre otros.

2. Segmentos de Potenciales Clientes

Mencionado en el recuadro anterior está que la misión de Fraunhofer, tanto de CSET como de los institutos en Alemania, es conectar a la investigación con la industria, a través de los resultados de la investigación, la identificación de problemáticas y necesidades de la industria, y la posterior adaptación y optimización de los resultados de investigación a la realidad empresarial y del país de aplicación. Para el caso de Fraunhofer CSET, esta misión “puente” se centra en las industrias donde sea posible el uso de tecnologías e investigaciones relacionadas a la energía solar y sus aplicaciones, para darle solución a las distintas problemáticas de las empresas. Es por ello que es necesario identificar dónde existe mayor potencial de desplegar dichas tecnologías, de manera de hacer eficiente el proceso de captación de nuevos clientes, por lo cual se han definido cuatro mercados objetivos al momento de apuntar la oferta de servicios y productos del Centro:

1. **Industrias intensivas en el uso de energía.** Como Centro de investigación aplicada en temáticas solares y con el fin último de apoyar la descarbonización de la matriz energética del país, uno de los segmentos clave para orientar la oferta de valor son los rubros donde se hace un fuerte uso de energía para operar los procesos industriales de estos, pudiendo comprender toda la cadena de valor de estas industrias. Un claro ejemplo de este tipo de industrias es el mundo minero, el cual hace uso de distintos tipos de energía para su operación, tanto en faenas a rajo abierto como en faenas subterráneas, alcanzando más de dos quintos de la demanda energética industrial a nivel país (Balance Nacional de Energía 2019, de la Comisión Nacional de Energía). En particular, tan solo hablando de la minería del cobre, para el año 2020 el consumo de energía fue de alrededor de 25 TWh, el cual se espera que crezca gradualmente hasta alcanzar los 33 TWh para el año 2031, según cifras de estudios de COCHILCO (“Proyección del consumo de energía eléctrica en la minería del cobre 2020-2031”, 2020).

Otra de las industrias objetivo que se encasillan en esta categoría es el rubro del papel y celulosa, la cual, según el Balance de Energía de la Comisión Nacional de Energía (CNE), consume 5,7 TWh anuales en forma de electricidad. También, si consideramos la industria del cemento y la industria de la construcción como una, según el mismo informe estadístico de la CNE, se consumen 0,8 TWh anuales en forma de electricidad, y 6,1 TWh si se consideran consumos en forma de electricidad y en formato de petróleo, gas o derivados.

2. **Sectores estratégicos para el país.** Para impulsar la descarbonización de la matriz

nacional, es importante orientar parte de los esfuerzos a las industrias estratégicas definidas por el Gobierno y el Estado, de manera de fomentar el uso de energías renovables y sus aplicaciones como parte de las iniciativas de articulación y acción público-privada para hacer de ellas industrias competitivas a nivel internacional. Dentro de ellas se encuentran la industria minera y el sector construcción, indicadas anteriormente, pero también se incluye el sector “agroalimentos o agroindustria”. Esta industria ha tenido mayor relevancia para Fraunhofer CSET los últimos años, donde se han ofertado distintas iniciativas a la industria con el fin de tecnificar las operaciones, mejorar la eficiencia energética y fomentar el suministro de energías limpias.

Dentro del sector agroalimentos se encuentra la industria frutícola y la vitivinícola, las cuales representan un importante actor en cuanto a exportaciones a los mercados europeos, asiáticos y norteamericano. Parte del enfoque del Centro es el fomento de iniciativas de energía solar y de sus aplicaciones en dichos sectores, con el fin de ayudarlos a alcanzar estándares internacionales en cuanto a la trazabilidad de su huella de carbono, mejorando su competitividad en mercados desarrollados como los mencionados.

3. **Sector Energía, utilities.** El segmento de generación de energía representa otro grupo de interés, especialmente los pequeños y medianos generadores, los cuales no siempre cuentan con áreas especializadas en I+D, ni equipos especializados en tecnología de vanguardia. Por ello, parte de la oferta de Fraunhofer CSET se centra en la oferta de servicios especializados para estos pequeños y medianos generadores, con el objetivo de ayudarlos a optimizar sus operaciones e inversiones, además de darles mayor competitividad al momento de entrar en el mercado nacional y regional. Estos servicios también son ofrecidos a las grandes empresas del sector, de manera de complementar las capacidades entre ambas partes en la evaluación de desempeño de distintas plantas de generación, o bien, en el análisis tecno-económico de potenciales proyectos de inversión.
4. **Macrozona Norte, Norte Grande.** Por último, dado el carácter solar de Fraunhofer CSET, existe un especial foco en la industria y comunidades del Norte Grande del país, debido a la singularidad de Chile en cuanto a radiación solar, dado que en el Desierto de Atacama y alrededores se encuentran los mayores índices a nivel mundial. Parte de los esfuerzos del Centro estarán orientados a articular proyectos multisectoriales en la macrozona, vinculando oferta de energía de fuente renovable solar con la demanda de energía en los principales focos industriales y residenciales. La Región de Antofagasta representa la tercera región a nivel país en cuanto a consumo energético, llegando a 41,7 TWh para el año 2017, de los cuales 69% es consumido por la Minería (Balance Nacional de Energía 2017, Comisión Nacional de Energía), lo cual hace hincapié en la necesidad de fomentar el uso de energías limpias en el sector.

Estos mercados objetivos son abordados desde dos planteamientos, pudiendo ser secuenciales, (1) desde la electrificación de sus procesos industriales, donde tradicionalmente han ocupado combustibles fósiles para su operación; y (2) desde la transición del suministro eléctrico hacia uno de fuentes limpias, particularmente solar, debido al foco de Fraunhofer CSET. Por otro lado,

también cabe mencionar que los clientes del Centro no están limitados a los segmentos anteriormente descritos.

3. Cadena de Valor de Fraunhofer CSET

Para mejorar el desempeño del Centro en relación a la vinculación con la industria y el levantamiento de fondos, es necesario analizar los procesos internos que son necesarios, directa e indirectamente, para relacionarse con los potenciales clientes y postular a los distintos fondos disponibles. Para una empresa tradicional, una buena herramienta para este análisis interno es la cadena de valor de Porter, pero para el caso de un centro de investigación aplicada como Fraunhofer CSET, Karvonen y Kraslawski proponen una cadena de valor de Porter adaptada al caso particular de un centro de investigación³. Esta cadena de valor es similar a la genérica de Porter, compuesta de procesos principales directamente relacionados a la oferta de servicios; y de actividades transversales o de soporte, las cuales son habilitantes para la correcta operación de los procesos principales.

Esta cadena de valor propuesta por Karvonen y compañía, es diagramada como sigue:



Figura 47 - Cadena de Valor para Centros de I+D

En esta sección, se ahondará en particular a las actividades primarias, las cuales tienen estrecha relación al desarrollo de negocios, dejando de lado los temas que son abordados en otras secciones:

- 1) **Generación y desarrollo de ideas.** Este es un proceso recurrente llevado a cabo por cada Línea de Investigación por separado, pero que es comentado en conjunto con los líderes en

³ Karvonen, Vesa, Karvonen, Matti, & Kraslawski, Andrzej. (2012). A Tuned Value Chain Model for University Based Public Research Organisation: Case Lut Cst. *Journal of technology management & innovation*, 7(4), 164-175. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-27242012000400013>

las reuniones de coordinación periódicas que realizan. Si bien este proceso comienza a escala de investigador y/o equipo, las iniciativas que se van gestando también utilizan insumos de otras actividades estratégicas que Fraunhofer CSET desarrolla, en particular, de los consejos asesores (IAB y SAB), los cuales orientan la investigación a través de discusiones sobre las tendencias y necesidades industriales y científicas relacionadas a las energías renovables, la descarbonización de la industria y otros temas de interés.

Otro de los puntos a considerar en este proceso, son los proyectos e iniciativas desarrollados por institutos Fraunhofer en Alemania. Esto representa una fuente constante de nuevas temáticas de investigación, de las cuales se puede aprovechar al máximo el conocimiento ya generado por los equipos de investigación en Alemania. Un claro ejemplo de esta identificación y desarrollo de ideas de investigación es el concepto Agrovoltáico, el cual como tema de investigación fue iniciado por Fraunhofer ISE, identificado por Fraunhofer CSET, para su posterior adaptación al clima e industria local. Hoy en día ya se cuenta con tres pilotos en la Región Metropolitana, con nuevas oportunidades en carpeta.

2) **Investigación.** Este punto es desarrollado en la sección “**Líneas de Investigación**” del documento.

3) **Contratos industriales de I+D.** Si bien los anteriores puntos tienen relación con el desarrollo y transferencia de tecnología y conocimiento, es igual de relevante la vinculación con la industria, con el objetivo de, por un lado, lograr contratos y apoyar la sostenibilidad financiera del Centro, y por el otro, aplicar los resultados de la investigación realizada e impactar a las industrias y la sociedad. En puntos anteriores se mencionaron dos alternativas de aproximación a los diferentes clientes, las cuales dependen de la madurez y despliegue de las tecnologías solares en el mercado donde se encuentran estos potenciales clientes. Estas dos alternativas de aproximación hacia los potenciales clientes son recursos habilitantes para vincularse de forma efectiva con ellos, presentando casos de negocio que muestren el potencial beneficio de aplicar las tecnologías o procesos innovadores, si se trata de un mercado con cierto despliegue de estas tecnologías; o bien, identificando fondos complementarios que reduzcan los riesgos de implementar las tecnologías, si se trata de un mercado con menor despliegue de las tecnologías.

Además de esos dos recursos habilitantes, Fraunhofer CSET cuenta con un proceso de vinculación para nuevos clientes, el cual define los pasos generales a seguir para concretar contratos de I+D. Este proceso o mecanismo de vinculación, es posible diagramarlo en la siguiente figura:

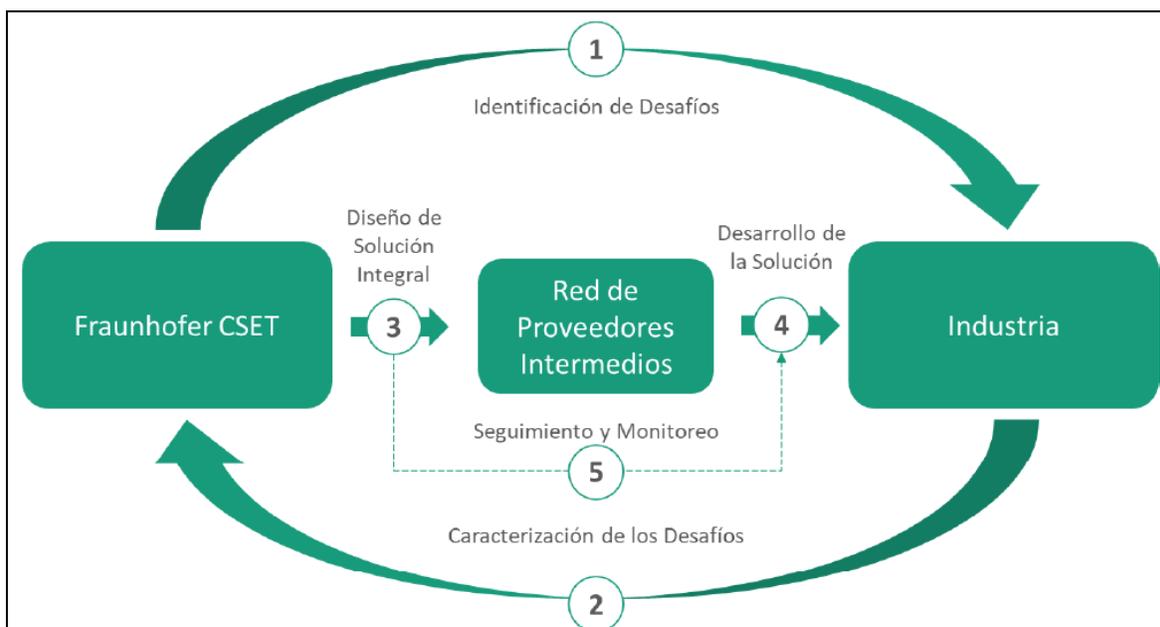


Figura 48 - Mecanismo de Vinculación con Potenciales Clientes, diagrama

El paso a paso es descrito brevemente a continuación:

- Identificación del desafío.** Se analizan las problemáticas y necesidades de la industria y, a grandes rasgos, del potencial cliente. El primer contacto con el cliente puede ser por el equipo de Desarrollo de Negocios, las Líneas de Investigación, o a través de algún otro contacto del Centro. Es ideal realizar la primera reunión con ideas sobre propuestas, de manera de guiar la conversación. También es necesario tener una noción clara de si la aproximación será a través de casos de negocios, apalancando con fondos complementarios, u otro.
- Caracterización del desafío.** Desde la primera reunión se entra en una iteración con el cliente para confirmar el interés y afinar la propuesta según la información que pueda ser compartida entre las partes. En este paso, es factible firmar un Acuerdo de Confidencialidad (NDA) entre las partes, para proteger temas confidenciales. A medida que se va afinando la propuesta, es importante relacionar las actividades con las capacidades disponibles dentro de Fraunhofer CSET, y de no poseer todas las necesarias, comenzar la gestión para incluir capacidades de institutos Fraunhofer en Alemania que permitan dar una solución integral a la problemática, al menos, desde el lado de la investigación aplicada. En cuanto al lado práctico y de implementación de la potencial solución, también es necesario identificar la necesidad de incluir otros socios a la oferta como, por ejemplo, empresas de ingeniería o desarrolladores de proyectos. Este paso se caracteriza por la iteración con el cliente para recabar información y la definición de las capacidades necesarias y actividades a realizar antes y después de un eventual contrato.
- Diseño de la solución.** Con un plan de las actividades por realizar y la confirmación de los socios, si es que aplica, se comienza con el desarrollo de la

propuesta, la cual debe incluir un cronograma, actividades y resultados esperados, profesionales y socios comprometidos, protección de la propiedad intelectual, entre otros aspectos. En este punto es cuando se diseña y se presenta el caso de negocio, la postulación al fondo público, u otro recurso habilitante para concretar la vinculación con el cliente a modo de contrato, o de convenio de ejecución para un fondo en particular.

- d) **Desarrollo de la solución.** Este paso inicia con la aprobación de la propuesta o postulación, y la firma del contrato o convenio. Aquí se ejecuta el proyecto planteado, a través de estudios, optimización de procesos, implementación de nuevas tecnologías, desarrollo de sistemas, entre otros, los cuales pueden ser ejecutados en mayor medida por el Centro y/o sus socios. En este punto toma especial relevancia el alcance de la propuesta aprobada, donde se debe garantizar el funcionamiento técnico del proyecto, acotado por el presupuesto aprobado.
- e) **Seguimiento y monitoreo.** Además de la ejecución misma del proyecto, Fraunhofer CSET ofrece un seguimiento a la puesta en marcha y continuidad de la solución desarrollada. Esto trae un beneficio al cliente al prevenir o corregir errores potenciales, y también al Centro, al levantar mayor información sobre el funcionamiento de la solución y optimizar el diseño que podría ser ofrecido a otros clientes.

4) **Divulgación de resultados y evaluación académica.** La estrategia sobre la divulgación de contenido, sean resultados de investigación, proyectos y otras iniciativas, se muestran en la sección “**Estrategia de Marketing y Comunicaciones**”. En cuanto a la evaluación académica, el Centro no forma parte de una universidad u organismo de educación superior, por lo que los mecanismos de evaluación con los que cuenta Fraunhofer CSET son por un lado el seguimiento anual y por etapas que realizan CORFO y ANID, mediante la revisión de reportes como este; y, por el otro, la revisión de pares para las publicaciones científicas, la cual dependerá de la revista o *journal* donde se desee publicar el artículo en cuestión.

5) **Desarrollo de Redes.** Punto relevante, el cual será descrito y reportado en la sección “

6) **Desarrollo de Redes y Alianzas**”.

Por último, toda esta cadena de valor para centros de investigación, en particular sus actividades primarias, son sometidas a un constante proceso de retroalimentación, el cual permite adquirir experiencia y aprendizaje de lo realizado en el tiempo, analizándolo, y aplicándolo de manera constructiva y proactiva en los procesos de generación de ideas, en primera instancia, pero también en la constante actualización de la estrategia de Fraunhofer CSET.

4.2. Gestión de Contratos Industriales

Para lograr la sostenibilidad financiera del Centro, es necesario asegurar un flujo de ingresos provenientes del sector industrial a través de la venta de servicios tecnológicos especializados y servicios de I+D. Para el caso de los servicios tecnológicos especializados, si bien no existen demasiada oferta de estos en el mercado nacional, aun así, son relativamente estandarizados y no requieren de un proceso previo de desarrollo de negocios para armar una propuesta para los distintos clientes, por lo que se prescinde del trabajo del equipo de Desarrollo de Negocios. Por el contrario, para el caso de los servicios de I+D, la propuesta requiere de un proceso previo para entender primero las problemáticas y necesidades del cliente, y posteriormente la creación de un plan que contemple el alcance y resultados esperados del proyecto, donde el equipo sí toma especial relevancia.

Los servicios de I+D son propuestas realizadas “a medida” para cada cliente, por lo que por lo general no son réplicas de proyectos anteriormente ejecutados, donde al menos se requiere un proceso de adaptación, pero que pueden llegar a dedicar gran cantidad de tiempo para presentar una propuesta que sea aceptada por el cliente. Los tiempos del desarrollo de negocios, o venta consultiva, son mucho mayores que los procesos de venta tradicionales que no requieren ni del tiempo ni de la gestión que toman este tipo de procesos. El enfoque, actividades y resultados de la gestión de contratos de I+D durante el período en cuestión se describen a continuación.

1. Contratos de I+D

El mecanismo para vincularse con los clientes y gestionar contratos de investigación aplicada es descrito brevemente en secciones anteriores, en el cuadro “3. Cadena de Valor de Fraunhofer CSET” de la sección “**Estrategia de Negocios**”, donde se mencionan los pasos a seguir, a grandes rasgos. Este proceso de desarrollo de negocios puede ser apalancado a través de casos de negocios que puedan dar a entender al cliente la potencialidad a nivel técnico y económico de la solución propuesta, o bien, a través de oportunidades de financiamiento complementario que reduzcan los riesgos asociados. Lo anterior es un proceso directo con el potencial cliente, pero por el otro lado también hay iniciativas que tienen como objetivo preparar al mercado y la industria para las tecnologías innovadoras.

Parte del trabajo de Fraunhofer CSET es el promover nuevos mercados para las soluciones basadas en energía solar y masificarlas en los mercados donde ya exista un cierto conocimiento y madurez de estas tecnologías. En definitiva, el rol del Centro está en el fomento del uso o adaptación de nuevas tecnologías que puedan representar soluciones innovadoras, efectivas y eficientes para problemas conocidos o futuros. A través de la difusión de resultados de investigación o eventos de sensibilización sobre la potencialidad de las tecnologías, es posible también generar contratos de I+D en el largo plazo, al posicionarse como referente en una industria en crecimiento como el de la energía solar o un mercado incipiente y promisorio como el del hidrógeno verde.

El posicionamiento del Centro en el ecosistema nacional es relevante ya que logra atraer más contactos y potenciales clientes, y por el otro lado, también facilita las reuniones de negociación cuando se está en el proceso de desarrollar el negocio. Es por ello que durante el último tiempo se ha gestionado mayor presencia mediática de Fraunhofer CSET, a través de la participación de profesionales e investigadores en entrevistas, paneles de expertos, seminarios online, ferias especializadas, entre otros eventos. También, es necesario recalcar la extensión del alcance de las temáticas en las que ha tenido presencia el Centro, manteniendo siempre el tema de la energía solar como foco, pero abarcando sus aplicaciones con mayor potencial para lograr descarbonizar el país: el hidrógeno verde y la electromovilidad.

Estas tecnologías son realmente innovadoras para muchas empresas y mercados, donde se hace necesario un proceso de investigación aplicada para adaptarlas de la mejor manera posible al contexto nacional y de cada empresa en particular. Posicionándose como pionero y referente, sumado al respaldo que otorga la Red Fraunhofer en Alemania, año tras año el proceso de desarrollo de negocios será más eficiente debido a la confianza del sector empresarial en el Centro.

2. Actividades y Resultados

En cuanto al proceso de Desarrollo de Negocios en sí, por sobre el equipo, se han realizado las siguientes actividades, mencionando además algunos resultados obtenidos durante el período 2021 – 2022:

- Constantes contactos y reuniones con empresas con procesos con demanda térmica para ofrecer servicios de campañas de medición y monitoreo de las demandas térmicas. A través de tecnologías de la Industria 4.0 se ha creado un nuevo tipo de servicio que permite obtener datos de la demanda térmica usando menos dispositivos de monitoreo, pero complementado con modelos de Machine Learning que logran obtener resultados similares a los reales. Esto permite al cliente tener una mejor relación entre demanda y suministro térmico, lo que ayuda en la eficiencia energética de los procesos y, por ende, impactando con beneficios económicos en el largo plazo y en sus índices de sustentabilidad.

Cada rubro industrial y cada empresa representa nuevos desafíos a la hora de ejecutar este servicio, por lo que debe ser gestionado a través de un contrato de I+D que permita lograr adaptar de manera óptima el proyecto mediante estos dispositivos IoT y el modelo de Machine Learning.

- Se siguen ofertando estudios evaluación para la integración solar en procesos industriales, donde se ha agregado también la alternativa de tecnologías de hidrógeno como vector energético, en base a su uso como sistema de almacenamiento o insumo para producir combustibles sintéticos carbono neutrales (reemplazo potencial de combustibles fósiles), como parte del estudio de evaluación. Como una industria intensiva en el uso de energía, la minería -metálica o no metálica- es uno de los segmentos de cliente objetivo para este tipo de servicio de I+D.
- Derivado de la buena acogida del concepto Agrovoltaico en el país, además de la nueva línea del concepto FloatingPV, se han ofrecido estos sistemas PV innovadores como proyectos de I+D para grandes empresas, en particular del mundo de la agroindustria y

el sector vitivinícola. Estas industrias son importantes exportadoras de productos a mercados como el europeo, donde cada vez se exigen mejores estándares de sustentabilidad. Soluciones como las propuestas representan una buena medida para afrontar dichas exigencias.

- Uno de los servicios que es ofertado frecuentemente a distintos grandes actores de la industria, es el estudio y confección de una Hoja de Ruta para la descarbonización de sus procesos industriales. Dependiendo la complejidad y magnitud de los procesos industriales, la propuesta de Fraunhofer CSET es complementada con las capacidades de equipos de investigación de otros institutos Fraunhofer, por lo general, Fraunhofer ISE.
- Otros servicios de I+D ofrecido a la industria están relacionados con la cadena de valor del hidrógeno verde, en distintos niveles, a saber:
 - Pilotaje de plantas de producción, electrolizadores
 - Tecnologías de captura de carbono, para ser utilizado en la producción de combustibles sintéticos
 - Aplicación de hidrógeno verde y/o derivados para transporte
 - Aplicación de hidrógeno verde y/o derivados como suministro de energía térmica (*e.g.*, calderas, catalizadores)
 - Estudios y evaluación de mix de generación para electrólisis
 - Estudios de integración de energía solar, hidrógeno verde como almacenamiento
 - Entre otros
- Para el caso del equipo de Sistemas Solares Térmicos, se ofrecen a la industria dos tipos de proyecto que difieren en su complejidad:
 - Estudios técnico-económicos de integración solar de bajas temperaturas
 - Estudios de integración solar térmica de temperaturas sobre los 100° C
- También se han ofrecido servicios de asesoría especializada, donde es posible identificar dos líneas generales:
 - Asesorías técnicas para la selección de tecnologías, análisis de planes de implementación, evaluación en procesos de licitación, entre otras
 - Auditorías técnicas como externo independiente, con el objetivo de evaluar la calidad de sistemas de energía solar y entregar una opinión neutra y técnica cuando se involucren dos o más actores

Para más información respecto a los servicios de I+D ofrecidos a la industria, así como otros servicios ofrecidos, ver Anexo “Portafolio de Proyectos”, sección “Servicios de Investigación y Desarrollo”.

Algunas de las conversaciones y reuniones con actores relevantes para ofrecer servicios de I+D durante el período 2021 – 2022, han sido:

- | | | |
|----------------------|--------------------|------------------------|
| • SQM | • Collahuasi | • Gasco |
| • Lipigas | • CAP | • Cementos Melón |
| • Viña Concha y Toro | • CMPC | • Armada de Chile |
| • LATAM | • Sumitomo | • Antofagasta Minerals |
| • Colbún | • Linde | • Enel X |
| • Enel | • Enel Green Power | • Nestlé |

- Watts
- Codelco
- Grupo SAESA
- Engie
- I. Mun. de Quilicura
- Cerro Dominador

Debido a la confidencialidad de los proyectos industriales de I+D, solo serán mencionados en líneas generales algunos de los proyectos que fueron ejecutados durante el período 2021 – 2022, para retratar los resultados concretos de esta etapa hasta ahora:

- Se realizó un estudio de integración solar para procesos industriales a una gran empresa minera del norte del país. Este estudio consistió en determinar el sistema de energía solar térmica para abastecer los procesos y evaluar su factibilidad técnica y económica.
- Se realizó un estudio para determinar el mejor sistema en base a un mix de distintas tecnologías de energía solar para abastecer 24/7 el suministro energético de los procesos de una gran minera del norte del país. Se evaluaron tecnologías solares fotovoltaicas y solares térmicas, además de agregar un componente de almacenamiento, donde se analizaron diferentes sistemas de baterías y tecnologías de hidrógeno verde.
- Durante este año se comenzó el trabajo colaborativo entre Fraunhofer CSET, Fraunhofer ISE y una gran empresa internacional de servicios de ingeniería y tecnología, en torno al estudio del impacto de los datos meteorológicos en el rendimiento de plantas de torre de concentración solar de potencial.
- Para una gran empresa minera, se realizó el diseño de un prototipo específico con el objetivo de usar la energía solar como catalizador para uno de sus procesos.
- Para una gran empresa distribuidora de gas, se realizó una campaña de monitoreo para levantar información sobre la demanda térmica en cada uno de sus procesos. Este levantamiento de información fue realizado usando tecnología de la Industria 4.0, combinando IoT con Machine Learning para obtener datos a menor costo y similares a los datos reales.
- Se ha comenzado a trabajar en la creación de una Hoja de Ruta para guiar la descarbonización de una gran minera a través de la electromovilidad usando hidrógeno verde. Para este proyecto se cuenta con la colaboración de Fraunhofer ISE.

Otros servicios realizados por el Centro durante el período, pero que se escapan de un proyecto de I+D como tal, son, por ejemplo:

- Estudios de reflectividad
- Asesoría para litigios, en calidad de peritaje técnico especializado
- Asesoría para proyecto Agrovoltaico externo
- Levantamiento de información del recurso solar
- Entre otros

4.3. Financiamiento Complementario

Si por un lado tenemos los ingresos provenientes de la industria a través de distintos tipos de contratos, y por otro lado tenemos el financiamiento entregado por ANID a través del programa para centros de excelencia internacional, el cual puede ser considerado un tipo de financiamiento operacional o basal, el tercer y último tipo de ingresos del Centro lo componen los fondos complementarios o concursables de menor envergadura. El modelo Fraunhofer en Alemania está compuesto por una ecuación balanceada entre los tres tipos de ingresos, por lo que se le llama el modelo de los tres tercios, el cual se diagrama como sigue:

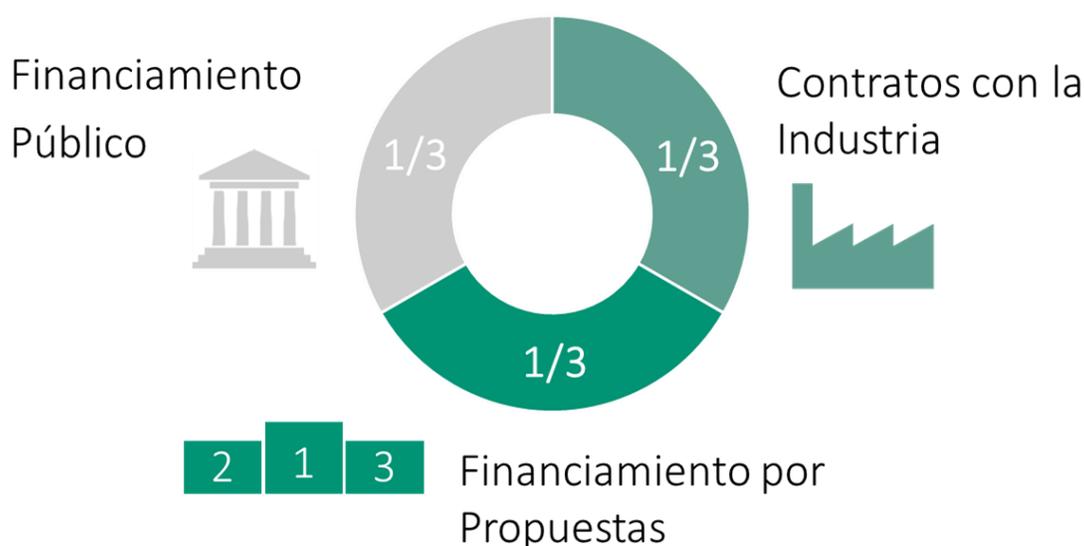


Figura 49 - Modelo de Financiamiento "Tres Tercios" de Fraunhofer-Gesellschaft

A pesar de ello, el objetivo de la tercera etapa del programa en cuestión es lograr la sostenibilidad financiera a través de solo los ingresos privados y los ingresos públicos provenientes de fondos concursables de corto y mediano plazo. Es por ello que el foco de la estrategia del Centro ha estado centrado en potenciar lo más posible la gestión de contratos con la industria y la postulación a estos fondos concursables, con el objetivo de llegar a esta sostenibilidad financiera. Cabe mencionar que de todas maneras se postulará en el futuro a algún instrumento que permita ciertos ingresos basales, esperando en paralelo tener una sostenibilidad financiera mediante fondos menores e ingresos privados; así, cualquier dinero basal podrá ser destinado al crecimiento del Centro y mayores actividades de investigación y transferencia tecnológica desde Alemania y Europa en su totalidad.

En los siguientes recuadros, se describirán algunos aspectos de la estrategia de identificación y postulación a fondos públicos, además de actividades y resultados del período 2021 – 2022.

1. Estrategia de Financiamiento Complementario

El *scouting* de fondos es parte del trabajo del equipo de Desarrollo de Negocios, donde investigadores de las líneas de investigación también aportan en la búsqueda de fondos más especializados relacionados a sus temáticas de investigación. Estos fondos pueden provenir de múltiples fuentes, nacionales e internacionales, dentro de los que destacan los instrumentos de financiamiento de CORFO y ANID.

Con el objetivo de aumentar la eficiencia de las postulaciones, durante el año 2021 se ha empezado a adoptar una estrategia que comprende los siguientes puntos:

- Identificación de más fondos internacionales, aparte de los disponibles nacionalmente
- Identificación y gestión de más y mejores socios para las postulaciones
- Planificación de largo plazo para asegurar ingresos los próximos años
- Selección de fondos de acuerdo con las capacidades del Centro y oportunidades de adjudicación
- Análisis de postulaciones rechazadas, mejoras para volver a postular y aprendizaje para nuevas postulaciones

Fondos Nacionales

Dentro de los instrumentos de financiamiento nacional, se pueden mencionar los siguientes, que son de interés para Fraunhofer CSET:

- **Provenientes de CORFO:**
 - **Crea y Valida I+D+i, Colaborativo.** Subsidio de dos etapas por hasta un monto de \$120 millones de pesos, con el objetivo de llevar prototipos ya desarrollados hasta una escala industrial y/o comercial. Para este subsidio se requiere que una empresa postule como beneficiario, donde al menos el 50% del costo del proyecto debe ir destinado a la subcontratación de un centro de investigación como Fraunhofer CSET para llevar a cabo la ejecución de la I+D asociada.
 - **Beneficio tributario Ley I+D.** Incentivo tributario para las empresas que decidan invertir en proyectos de I+D, crédito tributario del 35% del costo total del proyecto, con un máximo de 15,000 UTM de crédito anual. Fraunhofer CSET, al ser un centro reconocido por CORFO, habilita a los proyectos para que puedan recibir este beneficio. Actualmente este es un recurso que el Centro está estudiando, donde distintos profesionales del Centro han asistido a charlas informativas y especializadas sobre este instrumento.
Como parte de las conversaciones y reuniones del proceso de Desarrollo de Negocios con los potenciales clientes, la Ley I+D es presentada como una alternativa para aminorar el riesgo de inversión asociado a los proyectos de investigación y desarrollo que se proponen. Durante el año 2022 se espera presentar algún proyecto a CORFO para ser beneficiario del incentivo tributario.
 - **Bienes Públicos Regionales.** Este fondo, administrado por la Gerencia de Redes y Territorios de CORFO, busca abordar las fallas de mercado, como las brechas de información y coordinación entre actores de una industria en alguna región en particular. Está enfocado a la industria como tal, y no a empresas en

particular, por lo que está alineado con ciertos tipos de estudios y proyectos de articulación que gestiona Fraunhofer CSET. Estos fondos a veces dependen también de la disponibilidad de los recursos regionales, pero rondan los \$100 millones de peso como presupuesto.

- **Programa de Difusión Tecnológica Regional.** Este fondo tiene como objetivo apalancar proyectos de difusión y transferencia de conocimientos y tecnologías en una región en particular, otorgando hasta \$90 millones de pesos (máximo 70% del monto total del proyecto y con una duración máxima de 18 meses). Este tipo de iniciativas ayuda en el posicionamiento del Centro en el ecosistema nacional, al hacerse conocido como uno de los pioneros en temas innovadores y generando nuevos contactos con empresas emergentes que puedan liderar grandes proyectos en el futuro.
- **Otros fondos, como Súmate a Innovar, Crea y Valida de Rápida Implementación, o Innova Región.** Estos fondos tienen menor relevancia para el Centro ya que no son montos demasiado grandes para el desarrollo de un proyecto de investigación aplicada, considerando que ahora hay una condición de CORFO de un máximo de tres fondos adjudicados provenientes de InnovaChile para los últimos tres años, por lo que se hace necesario enfocar los esfuerzos en posibilidades que puedan traer más ingresos a Fraunhofer CSET, ya que en ese plazo el Centro se ha adjudicado dos fondos, solo quedando una oportunidad.
- **Provenientes de ANID:**
 - **FONDEF IDEA.** Este instrumento de financiamiento otorga un máximo de \$200 millones de pesos a proyectos de investigación y desarrollo que cuenten con prototipos de base tecnológica, validados a escala de laboratorio y planteen su desarrollo y validación a mayor escala, para alcanzar tecnologías en nivel de madurez avanzada para su aplicación en el mercado. Este es atractivo para el Centro para proyecto como el concepto Agrovoltáico y el FloatingPV, o para servicios como las mediciones de demanda térmica en procesos industriales usando IoT y Machine Learning.
 - **FONDEQUIP.** Este concurso busca adjudicar recursos para la adquisición y/o actualización de equipamiento científico y tecnológico mediano destinado a actividades de investigación. ANID financia equipamiento (equipo principal o plataforma o accesorios(s), cuyo costo total sea entre \$50 y \$400 millones de pesos. Debido a los altos costos de los aportes involucrados y aspectos de la evaluación, es que el Centro podría considerar ir como asociado a propuesta, apoyando a socios estratégicos y beneficiándose del derecho a uso de las instalaciones/equipos, lo que hace sentido con la estrecha vinculación actual con el Centro de Energía de la Universidad de Chile.
- **Fondo de Innovación para la Competitividad, de los Gobiernos Regionales.** Este fondo busca potenciar el desarrollo económico regional mediante proyectos de investigación que generen y transfieran conocimiento aplicable a los sectores productivos, aumentando oportunidades de desarrollo y calidad de vida de las personas, permitiendo promover la competitividad de los sectores productivos e impulsar procesos de cambio, con foco en las demandas de cada territorio. Es un fondo al cual se ha postulado en varias

ocasiones en el pasado, donde además Fraunhofer ha sido adjudicatario de algunos. Sigue siendo de interés para el Centro, ya que muchos proyectos en carpeta buscan mejorar la competitividad de las empresas a través de la energía solar. Además, otro aspecto atractivo es el carácter regional del fondo, lo que permite desarrollar I+D en Santiago y las regiones.

- **Fundación para la Innovación Agraria.** Esta iniciativa busca apoyar el desarrollo y adopción de innovaciones en productos y servicios para ser comercializados, y/o innovaciones en proceso para ser implementadas en empresas agrícolas de cualquier tamaño. Los tres principales desafíos a los cuales apunta son: eficiencia hídrica y adaptación al cambio climático, desarrollo de mercados innovadores, y procesos innovadores, donde pueden ser postulados los proyectos Agrovoltaico y FloatingPV. En años anteriores se ha adjudicado un financiamiento bajo esta iniciativa, para la capacitación en integración solar para procesos productivos de bebidas y alimentos.

Fondos Internacionales

Si bien existen un sinnúmero de instrumentos de financiamiento provenientes de fuera de Chile, son algunos los que serán foco del trabajo del Centro. Estos son, aunque no limitados a:

- **Joint Crediting Mechanism (JCM).** Fondo proveniente del Gobierno Japonés a través de su Ministerio de Medioambiente. Subsidio de hasta 18 millones de dólares con el objetivo de incentivar la implementación de proyectos que reduzcan emisiones de carbono. Si bien está orientado a tecnologías con un TRL alto que de manera eficiente logren reducir emisiones, si es posible cuantificar las emisiones abatidas por el proyecto puede ser un instrumento muy interesante. En Chile ya se han adjudicado 8 proyectos, incluso un proyecto compuesto por una planta PV de 3 MW y una planta piloto de 20kW similar al concepto AgroVoltaico, con un enfoque más destinado a hidroponía de hortalizas y no sobre terreno de cultivo.
- **Funding Guidelines, for international green hydrogen production.** Fondo alemán compuesto por dos líneas de financiamiento, uno con foco industrial y liderado por el Ministerio de Economía y Cambio Climático (BMW*i*), y el otro con foco en la investigación, liderado por el Ministerio de Educación e Investigación (BMBF). El fondo completo está orientado a la inversión en proyectos de producción de hidrógeno verde fuera de Alemania, donde la línea del BMW*i* busca proyectos industriales integrados en la cadena de valor del hidrógeno, y la línea del BMBF busca proyectos de investigación que permitan generar nuevas capacidades. Las postulaciones a la línea del BMBF deben estar conectadas a alguna postulación de la línea del BMW*i*. El fondo permite un financiamiento de máximo \$15 millones de euros por proyecto o por aplicante, contando con un cupo de \$150 millones anuales para repartir.
- **Horizon Europe.** Ex Horizon 2020 o H2020, proveniente de la Unión Europea. Horizon Europe es el programa de investigación e innovación más ambicioso hasta el momento y busca financiar proyectos de investigación e innovación en diversas áreas temáticas en el contexto europeo, contando con \$100.000 millones de Euros para el período 2021 a 2027, siendo la continuación del Horizon 2020 (H2020). El objetivo del fondo es apoyar las estrategias europeas en materia de I+D+i tecnológica, desde la generación del conocimiento hasta la implementación al mercado. Parte de los objetivos estratégicos del Horizon Europe es la creación de ciencia de excelencia, para reforzar la posición de

la Unión Europea dentro del panorama científico mundial, el apoyo en el desarrollo de tecnologías, así como las aplicaciones de éstas para la mejora de la competitividad europea. Fraunhofer CSET ha postulado como asociado a versiones anteriores del fondo, cuando se llamaba H2020, con dos proyectos, sin ser adjudicados.

- **H2Global.** Fundación del Gobierno alemán, derivada de su estrategia nacional de hidrógeno, busca promover la protección del medio ambiente y del clima, a través de la producción y el uso de hidrógeno verde y otros vectores energéticos neutros en emisiones a nivel nacional e internacional. Su misión es la importación y despliegue de productos de Hidrógeno Verde y derivados en Europa.
- **Clean Hydrogen Partnership.** Iniciativa europea que lanzó un llamado para iniciativas de investigación en Hidrógeno, por la cantidad total de 300 millones de euros. Se trata de una iniciativa dirigida la creación de tecnologías de hidrógeno verde que impulsen su desarrollo en base a desarrollos tecnológicos de frontera, y sus fechas de postulación se consideran en el primer semestre de 2022, (detalles en https://www.clean-hydrogen.europa.eu/apply-funding/call-proposals-2022/call-proposals-2022_en).

2. Actividades y Resultados

Las iniciativas para el levantamiento de fondos públicos llevadas a cabo durante el período 2021 – 2022, las cuales también son indicadas en el Anexo “Postulación a Fondos Públicos”, son:

- Postulación al FIC-R Metropolitano 2021 a través del proyecto “Frutivoltaico”, el cual busca continuar con la línea del concepto Agrovoltaico, esta vez orientado a plantaciones de árboles frutales y el aprovechamiento de agua de lluvia, los que poseen características muy diferentes a la horticultura, la cual ha sido objeto del proyecto hasta ahora.
- Postulación al FIC-R Metropolitano 2021 a través del proyecto “Nanofiltración Solar”, orientado a dar solución a la escasez hídrica mediante tecnologías de membrana para eliminar arsénico y nitratos para agua potable rural.
- Gestión y coordinación de la postulación al fondo de los ministerios alemanes BMWi y BMBF “Funding Guidelines”. Fraunhofer CSET ideó desde un comienzo el proyecto, articuló los distintos actores industriales y científicos para incluir su participación en la propuesta, y coordinó los distintos elementos para la postulación misma del proyecto a ambas líneas de financiamiento.
- Postulación de proyecto “Hub de Hidrógeno Verde Antofagasta” (H2VA) a fondo Bienes Públicos Antofagasta, en conjunto con Club de Innovación y CICITEM. A través de este proyecto, se abordó la línea de financiamiento del fondo que tenía por objetivo reducir las brechas de coordinación e información en la región relacionadas a la incipiente industria del hidrógeno.
- Colaboración en la postulación al fondo internacional Horizon Europe liderada por la Universidad de Bolonia, enmarcada dentro del concepto de *Smart Cities*, y llamada “CAPACITY - Systemic Approach and Innovative Processes and Policies to Build a Wide Implementation of Industrial Urban Symbiosis”. Fraunhofer CSET estuvo a cargo del módulo relacionado a replicar los resultados del proyecto en una ciudad fuera de Europa, en este caso Talca.
- Postulación al fondo Crea y Valida de CORFO para la creación de una plataforma automatizada de evaluación técnico-económica para proyectos de inversión en

hidrógeno verde. Esta postulación fue realizada con la colaboración de la empresa italiana LIF Energy.

- Colaboración en la postulación al Programa Tecnológico para el Desarrollo de la Agricultura en Zonas Áridas de CORFO, a través del “Consortio del Desierto” liderada por CODESSER (Corporación de Desarrollo Social del Sector Rural, parte de la Sociedad Nacional de Agricultura, SNA). Fraunhofer CSET apoyó los módulos de estructura (energías renovables, agricultura inteligente) y obtención del recurso hídrico, en los cuales participará durante la ejecución del programa.
- Coordinación de la postulación al Financiamiento Basal de ANID, con la propuesta “Centro de Energía: Soluciones Energéticas Descentralizadas Avanzadas” (SEDA), liderada por la Universidad de Chile y con la colaboración de varias universidades y empresas. Aparte de la coordinación, Fraunhofer CSET estuvo a cargo de la gestión para comprometer los aportes pecuniarios de los asociados privados.
- Apoyo en postulación a fondo Instituto Milenio de ANID, mediante el proyecto “*Millennium Institute for Energy Storage Technologies*” (MIEST), liderado por la Pontificia Universidad Católica de Chile y donde participó el equipo de Sistemas Solares Térmicos de Fraunhofer CSET.

Como resultados del período, se resalta lo siguiente:

- Ambas postulaciones presentadas al FIC-R Metropolitano 2021 no fueron adjudicadas. La propuesta del concepto frutivoltaico logró quedar en el puesto número 13 y la propuesta de nanofiltración en el lugar 21, donde solo 11 postulaciones fueron adjudicadas. Debido a la puntuación de ambas propuestas, la cual no fue suficiente, pero tampoco inadecuada, se consideran ambos proyectos para ser presentadas en futuras oportunidades de financiamiento.
- El proyecto **H2VA se adjudicó el subsidio Bienes Públicos de CORFO Antofagasta**. El lanzamiento oficial de este proyecto será el día 16 de marzo, en un evento online con la participación del Gobernador de la Región de Antofagasta, Ricardo Díaz, y destacados exponentes como Erwin Plett, Marcela Angulo, Eduardo Bitrán, entre otros.
- La **plataforma automatizada para evaluar tecno-económicamente proyectos de inversión en hidrógeno también se adjudicó el fondo al cual se postuló, el Crea y Valida de CORFO**, partiendo su desarrollo durante los últimos meses del año 2021.
- Lamentablemente, el proyecto liderado por la Universidad de Bolonia no fue adjudicado, pero sirvió para estrechar las comunicaciones con la universidad, lo cual podrá traer nuevas oportunidades de colaboración en el futuro.
- La propuesta del **Consortio del Desierto sí se adjudicó el Programa Tecnológico para el Desarrollo de Agricultura en Zonas Áridas de CORFO**, pudiendo operar con financiamiento por los próximos 10 años. Si bien Fraunhofer CSET solo es responsable de una parte de todo el programa propuesta, esto sí asegura ingresos en el largo plazo, además de mejorar la vinculación con el mundo de la agricultura. Por otro lado, el proyecto abarca una temática de alto impacto para el norte del país, destinando recursos para el potenciamiento de la agricultura en las condiciones extremas de la Macrozona Norte.
- La postulación al Instituto Milenio de ANID por el proyecto “MIEST” liderado por la Universidad Católica no fue adjudicada, pero se piensa actualizar la propuesta para otras

fuentes de financiamiento.

- La postulación al Financiamiento Basal de ANID de parte del proyecto “SEDA” del Centro de Energía de la Universidad de Chile tampoco fue adjudicado, pero de ese trabajo en conjunto con el Centro de Energía han derivado otras colaboraciones, entre ellas: postulaciones a licitaciones privadas, realización de cursos en conjunto y prospección de otros fondos públicos. Por otro lado, se mantienen las conversaciones y reuniones con los actores industriales involucrados, donde Fraunhofer CSET espera poder prestar sus servicios en el futuro. Además, la propuesta SEDA será actualizada para las próximas convocatorias, de manera de mejorar los puntos débiles evaluados por ANID. Es por todo lo anterior que este resultado es considerado como positivo, ya que trajo consigo nuevas oportunidades para el futuro.
- Por último, el proyecto Power-to-MEDME fue presentado a las líneas de financiamiento alemanas recién durante el mes de febrero, por lo que solo queda esperar los resultados.

3. Financiamiento a Largo Plazo, Basal

Como se menciona al inicio de este apartado, parte del modelo alemán de Fraunhofer para la sostenibilidad financiera viene dado por un financiamiento basal proveniente del sector público. Lamentablemente para el caso de Fraunhofer CSET, el financiamiento operacional a través del programa para Centros Internacionales de Excelencia termina el año 2023; por otro lado, este mismo programa no tiene asegurado su continuidad para los próximos años, por lo que no es seguro que se pueda postular a un financiamiento similar al que el Centro recibe hoy. Por todo lo anterior, Fraunhofer CSET se encuentra analizando distintas opciones para su sostenibilidad financiera.

Una de estas alternativas es la postulación a fondos de envergadura y de larga duración, pero en conjunto con socios que complementen las capacidades del Centro con el objetivo de llegar a más oportunidades de financiamiento y poder completar este “tercer tercio” de los ingresos mediante estos fondos de largo plazo. Un buen ejemplo es el Financiamiento Basal de ANID, el cual mantiene requisitos los cuales se escapan del alcance del Centro, con un claro foco hacia centros de investigación de universidades que busquen mayor autonomía y asociatividad con otras casas de estudio.

Es por eso, que parte de la estrategia para estos años será armar una postulación sólida en conjunto con el Centro de Energía de la Universidad de Chile, donde la universidad como beneficiario contribuya con la investigación básica y la infraestructura necesaria, y Fraunhofer CSET como asociado contribuya como un brazo comercial y de investigación aplicada del nuevo centro de investigación que se crearía con un fondo como el Financiamiento Basal de ANID. Además, parte del rol de Fraunhofer CSET en esta postulación sería continuar con la gestión de transferir tecnología alemana a la industria nacional, lo cual tiene un gran potencial y beneficio para el país.

4.4. Desarrollo de Redes y Alianzas

Para lograr los distintos objetivos del Centro, es necesario contar con socios que complementen y apalancen las capacidades de Fraunhofer CSET, a la vez que potencien la confianza que tienen las empresas hacia este, con el fin de hacer más fácil la adquisición de proyectos. Por otro lado, también es imprescindible conectar con empresas para generar relaciones que puedan terminar en contratos en el largo plazo, considerando los holgados plazos de los procesos de desarrollo de negocios.

El posicionamiento de Fraunhofer CSET en el ecosistema nacional es clave para expandir la red de contactos y vinculaciones. Para ello, es necesario mantener una presencia mediática y una reputación de excelencia, que entregue confianza a los distintos actores privados, y a la vez reconocimiento de parte de ellos a la labor que realiza el Centro. Con tal propósito es que CSET tiene su estrategia de comunicaciones orientada en parte hacia un público objetivo, compuesto por potenciales segmentos de clientes, potenciales socios que complementen capacidades, y distintas autoridades y organismos públicos. Además, es parte fundamental ser parte o vincularse con asociaciones gremiales y de investigación, que potencien el *networking* y vinculación con empresas y organizaciones.

A nivel de asociaciones gremiales, Fraunhofer CSET es miembro de:

- **ACSP** (Asociación de Concentración Solar de Potencia), socio fundador
- **ACESOL** (Asociación Chilena de Energía Solar)

También hablando de asociaciones gremiales u otras agrupaciones empresariales, el Centro está estrechamente conectado con:

- **Agencia del Clúster de Energías Renovables de Hamburgo**, posibles colaboraciones y sinergias dentro de la temática de hidrógeno verde y derivados, y vinculación entre los puertos de Hamburgo y de la Región de Antofagasta.
- **Methanol Institute**. Debido al creciente interés en los derivados del hidrógeno como camino de transición hacia el despliegue total del hidrógeno verde, se han llevado a cabo reuniones con la asociación gremial internacional del metanol de manera de estar actualizados sobre los desarrollos y avances relacionados al metanol en el mundo. La asociación ha servido como puente para contactar a otras empresas, como proveedores de tecnología y potenciales *offtakers* de metanol.
- **Club de Innovación**. Club empresarial con foco en potenciar las capacidades e iniciativas de innovación en sus empresas asociadas. Co-ejecutor en conjunto con Fraunhofer CSET del proyecto “Hub de Hidrógeno Verde Antofagasta” (H2VA), para el desarrollo de una red empresarial y de proveedores en torno al hidrógeno en la Región de Antofagasta.
- **AIA** (Asociación de Industriales de Antofagasta). Mandante del proyecto H2VA y principal puente de contacto para toda la red de proveedores industriales en la

Región de Antofagasta.

- **ACERA** (Asociación Chilena de Energías Renovables y Almacenamiento)
- **ChileAlimentos** (Gremio de la agroindustria)
- **AGRYD** (Asociación Gremial de Riego y Drenaje)
- **SNA** (Sociedad Nacional de Agricultura) y CODESSER. Socio beneficiario del Programa Tecnológico para el Desarrollo de la Agricultura en Zonas Áridas de CORFO, a través del Consorcio del Desierto.
- **Fundación Tecnológica para la Minería de SONAMI** (Sociedad Nacional de Minería)
- **Consejo Minero y Corporación Alta Ley**, entre otras.

Siguiendo por el lado de los actores privados, el Centro tiene distintos tipos de vinculación con innumerables empresas y otras instituciones privadas. Dentro de ellas, se mencionan a continuación las más relevantes para el período en cuestión:

- **Viña Concha y Toro.** La compañía fue uno de los asociados a la postulación al “Financiamiento Basal” de ANID, la cual fue liderada por la Universidad de Chile, apoyada por Fraunhofer CSET y en colaboración con otras universidades y la consultora especializada en temas de energía EBP Chile. Hoy, Fraunhofer CSET y Viña Concha y Toro mantienen vigente un Acuerdo de Entendimiento (MoU) entre las partes, reuniéndose de manera periódica para comentar desarrollos en las temáticas de investigación del Centro y oportunidades de colaboración. Parte central de la estrategia de la viña para estos años es la sustentabilidad y la huella de carbono de sus operaciones, donde Fraunhofer CSET espera ofrecer sus servicios para ayudar en una hoja de ruta que guíe a la empresa a lograr sus objetivos.
- **Enel X.** También fue asociado para la postulación al fondo de ANID con Viña Concha y Toro y la Universidad de Chile. Se mantienen las comunicaciones y reuniones para ver oportunidades en conjunto, con Fraunhofer CSET como un actor articulador y proveedor de servicios de I+D, y Enel X como un habilitante para la escala industrial y masificación de potenciales nuevas tecnologías.
- **Compañía Minera de Gran Escala.** Una de las empresas mineras más importantes del país. Ha sido cliente de más de un proyecto, en los cuales, aparte de CSET, han participado diferentes grupos de investigadores de la Red Fraunhofer en Alemania. (Confidencial)
- **RWE.** Importante empresa de energías renovables de origen alemán. Hoy cuenta con un plan de inversión del orden de GW para energías renovables en Chile, por lo que el equipo de Fraunhofer Chile mantiene conversaciones con la empresa para ofrecer sus servicios. Ya existe un NDA entre las partes para hacer más fluidas las comunicaciones y reuniones.
- **Cerro Dominador.** Primera planta de torre de concentración solar de potencia en Latinoamérica. Debido a lo incipiente de la industria CSP en Chile, y las capacidades de la Línea de Investigación Sistemas Solares Térmicos y de CSET en su totalidad, existe una buena relación entre las partes, donde ya se han realizado proyectos para

la empresa.

- **Abastible, Lipigas y Gasco.** En el marco del proyecto “Power-to-MEDME” se realizaron reuniones con las tres principales empresas de distribución de gas en Chile. Las tres empresas están prospectando las tecnologías y aplicaciones que abren los combustibles sintéticos, y es en esa línea por la que continuarán las comunicaciones para ofrecer servicios de I+D y de coordinación con proveedores extranjeros de tecnología.
- **Blue Elephant Energy.** Firma de inversiones con foco en proyectos de energías renovables, se inició el contacto en el marco del proyecto “Power-to-MEDME”. El proyecto despertó gran interés en la iniciativa, donde terminaron siendo los postulantes del proyecto al fondo del Gobierno alemán, postulación que fue entregada durante el mes de febrero de 2022.
- **Melón y Cementos Biobío.** Se han mantenido reuniones con ambas empresas de cemento, debido a sus emisiones “inevitables” de CO₂ del proceso de calcinación de la piedra caliza a la cal viva, las cuales pueden ser usadas circularmente en combustibles sintéticos mediante la captura del CO₂. De parte de Cementos Biobío se logró gestionar una carta de interés para la postulación al fondo alemán del proyecto “Power-to-MEDME”.
- **Siemens Energy.** Empresa desarrolladora y proveedora de equipos tecnológicos, contactadas por ser proveedores de electrolizadores. También parte del grupo de empresas que sumaron interés al proyecto Power-to-MEDME.
- **Bilfinger.** Gran empresa de ingeniería alemana, la cual fue contactada en el marco del proyecto Power-to-MEDME. Muy interesados en proveer la tecnología para captura de carbono en el proyecto, se mantiene la comunicación para una eventual adjudicación del fondo alemán.
- **ThyssenKrupp.** Empresa siderúrgica más grande de Alemania, y una de las más importantes en el mundo. Es mandante y principal ejecutor del proyecto Carbon2Chem®, financiado por el Gobierno alemán y co-ejecutado por los institutos Fraunhofer ISE y Fraunhofer UMSICHT, entre otros. Este proyecto es un referente de los sistemas circulares y el hidrógeno verde, donde se aprovechan los gases de escape de los procesos siderúrgicos de la planta en la generación de energía y como insumo para síntesis de otros productos derivados del hidrógeno. Fraunhofer CSET inició las comunicaciones con esta gran empresa internacional en el marco del proyecto Power-to-MEDME
- **FPT Industrial e IVECO.** Gran empresa automotriz italiana, son parte de la postulación presentada para la línea de financiamiento de investigación del fondo alemán (BMBF), ya que IVECO proveería los camiones para ser adaptados para el DME producido por el proyecto Power-to-MEDME.
- **FEV Group.** Grupo consultor alemán, especializado en electromovilidad, motores de combustión modificados para uso de combustibles limpios, y estudios de procesos y proyectos para descarbonización de sistemas complejos de transporte. CSET ha

colaborado con FEV en proyectos para Minería y combustibles sintéticos.

- Otros vínculos relevantes por mencionar: MAN Group, Pacific Hydro, SENER, Enel Green Power, entre muchos otros

En cuanto a vinculaciones con el mundo académico y científico, se pueden mencionar las más relevantes:

- **Red Fraunhofer en Alemania.** Si bien la relación más importante y de más larga data es con Fraunhofer ISE, instituto “madre” de CSET, durante el último año el Centro ha iniciado relaciones con muchos otros institutos en Alemania. Esta red de institutos en Alemania forma parte de la propuesta de valor de Fraunhofer CSET y su diferenciación con respecto a otras ofertas de I+D en la industria. Se mencionan algunos institutos distintos a Fraunhofer ISE, indicando la especialidad de cada uno de ellos:
 - **Fraunhofer IEE**, Gestión y tecnología de sistemas de energía. Este instituto ha sido muy relevante durante el último año, ya que fue quien lideró el desarrollo de la postulación del proyecto “Power-to-MEDME” a un fondo del Gobierno alemán, mientras que Fraunhofer CSET fue quien gestó la idea desde un comienzo y se encargó de reunir los distintos actores involucrados.
 - **Fraunhofer ISI**, Investigación de sistemas e innovación. Junto a este instituto alemán se realizaron varias propuestas para licitaciones de la GIZ, relacionadas a estudios de mercado sobre hidrógeno en Europa y Chile. Lamentablemente, ninguna licitación fue adjudicada, pero las gestiones ayudaron a vincular ambas instituciones y conocer mejor los equipos de investigación y trabajo.
 - **Fraunhofer IVI**, sistemas de transporte
 - **Fraunhofer IMM**, micro ingeniería y microsistemas
 - **Fraunhofer IFF**, Automatización y operación de procesos
 - **Fraunhofer IKTS**, Sistemas y tecnologías cerámicas
 - **Fraunhofer UMSICHT**, Tecnologías de seguridad, energía y medioambiente
 - Otros
- **SERC Chile** (*Solar Energy Research Center*). Fraunhofer CSET es una de las instituciones que la forman. Durante el período del reporte, el Centro llevó a cabo un proyecto de colaboración con SERC Chile, con el objetivo de actualizar su estrategia de vinculación con la industria. Para ello, CSET actualizó su propia estrategia para usarla como insumo clave en el proyecto.
- **Universidad de Bolonia.** Recientemente, se presentó un proyecto a una línea de financiamiento del fondo *Horizon Europe* de la Unión Europea. La iniciativa se enmarcaba dentro de la temática de *Smart Cities*, fue liderada por la universidad, donde Fraunhofer CSET estuvo a cargo de generar un plan para replicar los resultados obtenidos en Europa en una ciudad fuera de la Unión Europea (en este caso, Talca).

- **Universidad de Chile.** Durante el último año se potenció y robusteció en gran medida la relación de Fraunhofer CSET con la Universidad de Chile, a través del Centro de Energía de la universidad. Se realizó una postulación conjunta al “Financiamiento Basal” de ANID, la que lamentablemente no fue adjudicada, pero fue el inicio de constantes conversaciones y reuniones en búsqueda de una colaboración de largo plazo. Actualmente ambas instituciones se encuentran en un proceso de negociación para definir un Acuerdo de Entendimiento para las colaboraciones futuras. Además, el Centro de Energía ha proporcionado un espacio temporal dentro de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas en Beauchef, para ser utilizado por Fraunhofer Chile – CSET, lo que potenciará aún más las colaboraciones en el futuro.
- **Universidad Adolfo Ibáñez.** También se estrecharon relaciones con la UAI, particularmente con la Facultad de Ingeniería de la universidad, a través de su decano, Carlos Jerez, y el director de la carrera de Ingeniería Civil en Energía y Medioambiente, Carlos Silva. Esta vinculación con la universidad partió durante la gestión de la postulación del consorcio ASDIT para el eventual Instituto de Tecnologías Limpias financiado por CORFO. Durante el período 2021, se apoyó la postulación a un financiamiento relacionado con tecnologías 5G, y actualmente se realiza el documento de postulación para un FONDEF IDeA con la misma universidad. También se está negociando el contenido y alcance de un Acuerdo de Entendimiento entre ambas instituciones, con el fin de potenciar las futuras colaboraciones.
- **RWTH Aachen University.** La Universidad Técnica de Aquisgrán tiene un centro de investigación especializado en motores de combustión interna, con el cual se han mantenido conversaciones para eventuales proyectos relacionados a las distintas aplicaciones del metanol, amoníaco y combustibles sintéticos como el DME (dimetil éter) y el OME (éter de oximetileno). También forma parte del consorcio del proyecto Power-to-MEDME, aportando desde esa materia a la investigación de la iniciativa.
- **CICITEM (Centro Científico Tecnológico Región de Antofagasta).** Principal centro de investigación independiente en la Región de Antofagasta. Durante los últimos años se han mantenido frecuentes reuniones para prospectar oportunidades de colaboración, donde la que se encuentra actualmente en ejecución es el proyecto H2VA mencionado con anterioridad, con apoyo del fondo de Bienes Públicos a través de CORFO Antofagasta, y donde CICITEM es el beneficiario y CSET el coejecutor. También, se mantienen comunicaciones para otro tipo de colaboraciones, en particular, para un proyecto piloto de CICITEM relacionado a hidrógeno, y una herramienta de evaluación tecno-económica de proyectos de hidrógeno de Fraunhofer CSET, las cuales podrían ser integradas para lograr sinergias y un mayor alcance de aplicación.
- **Universidad Tecnológica Federico Santa María.** Durante el año 2021 se continuó

trabajando con la UTFSM en el marco del Programa Tecnológico de CORFO, PTECC 89477, “Electromovilidad en Minería usando Celdas de Combustible a Hidrógeno”. Lamentablemente, el proyecto se encuentra pausado debido a factores que no dependen a Fraunhofer CSET. Por otro lado, la relación con la universidad también ha seguido por otro camino, donde profesionales del Centro han participado como profesores del Diplomado “Tecnologías Aplicadas en Hidrógeno Verde” en sus versiones del año 2021. En particular, la participación del Centro está asociada al módulo “Mercados de Hidrógeno Verde”, dictada por Marco Vaccarezza y María Teresa Cerda de CSET.

- **NREL.** Colaboración con la institución para proyecto sobre almacenamiento de larga duración, en donde Fraunhofer CSET con apoyo de su red de contactos aportarán conocimiento sobre el mercado eléctrico chileno para desarrollar un programa de alcance global.

Por último, solo cabe mencionar los distintos organismos públicos y agencias de cooperación que apoyan al Centro: Ministerio de Energía, CORFO, ANID, GIZ, AHK Chile, y muchas otras. Se destaca la vinculación con la Ilustre Municipalidad de Quilicura, donde se ha creado una buena relación entorno a la eficiencia energética y las energías renovables.

5. Transferencia Tecnológica

Mediante la transferencia tecnológica Fraunhofer CSET aprovecha la tecnología y el conocimiento generado en la vasta red de institutos Fraunhofer en Alemania, transfiriéndolo hacia la sociedad y la industria nacional. Lo anterior acelera el impacto y los beneficios que derivan de los resultados de investigación de los diferentes equipos de trabajo en Fraunhofer ISE y el resto de los institutos en Alemania, lo cual permite habilitar y avanzar hacia las metas que tiene Chile como país en materia de transición energética y descarbonización.

Parte del rol del Centro es el de articular entre distintos actores, públicos o privados, nacionales o internacionales, con el objetivo de aunar y coordinar los esfuerzos hacia objetivos en común. Este papel de articulador puede ser dividido en diferentes componentes, pero las aristas principales son la transferencia tecnológica desde Alemania, y la transferencia tecnológica hacia la industria local, la cual puede ser llevada a cabo mediante dos procedimientos distintos “*Market Pull*” y “*Technology Push*”. Esto será explicado en los próximos puntos.

5.1. Transferencia Tecnológica desde la Red Fraunhofer en Alemania

Fraunhofer CSET, siendo parte de la Red Fraunhofer, tiene contacto y vinculación con los distintos institutos que la componen, los cuales trabajan sobre temáticas en diferentes ámbitos industriales y áreas de conocimiento. Estos institutos repartidos por Alemania representan una fuente clave del conocimiento y tecnologías que se esperan transferir al país y la región, en temas de energía solar y sus aplicaciones, en gran medida, pero también en otras áreas que apoyen los objetivos de descarbonización y la de llegar a un suministro energético sostenible.

Para realizar esta parte de la transferencia tecnológica, el equipo de Fraunhofer CSET se encuentra constantemente actualizando su conocimiento sobre los distintos proyectos e iniciativas de investigación que son desarrollados en los institutos Fraunhofer en Alemania, a la vez que se mantiene contacto con diferentes equipos en los distintos institutos. Este conocimiento previo sobre los temas que son estudiados en Alemania permite al equipo identificar las tecnologías y conocimientos que podrían tener mejor acogida en la industria, o bien, los avances tecnológicos con mayor potencial para ser desplegados en el país dado su realidad y contexto, por ejemplo, la alta radiación solar y la poca humedad en el Desierto de Atacama, la presencia del distrito minero más grande del mundo en la Macrozona Norte, una agricultura y agroindustria con un alto porcentaje de participación en las exportaciones del país, entre otras condiciones propias de Chile.

A continuación, se mencionarán algunos institutos Fraunhofer en Alemania desde donde se han identificado tecnologías y conocimientos de interés para el contexto nacional, partiendo por el instituto “padre” de CSET, Fraunhofer ISE.

5.1.1. Fraunhofer ISE

Con el tiempo, la vinculación entre Fraunhofer CSET y Fraunhofer ISE se ha profundizado con el fin de ampliar las aplicaciones innovadoras de la energía solar en la industria nacional, a través de proyectos como los conceptos Agrovoltaico y FloatingPV, por ejemplo, que abren el paso de las tecnologías solares en una industria como la agrícola. En los últimos años, también se ha estrechado la relación con Fraunhofer ISE en torno a las temáticas de hidrógeno verde y derivados, debido al gran potencial para descarbonizar procesos e industrias complejas.

Estas áreas de conocimiento relacionadas al hidrógeno desarrolladas por Fraunhofer ISE contemplan, entre otras, la producción a partir de electrólisis, aplicaciones en celdas de combustible y sus diversos usos en el transporte, como sustitución de combustibles fósiles, y como insumo para la producción de elementos químicos de uso masivo, como el amoníaco. En este campo, el proceso de transferencia tecnológica se ha extendido al área de los derivados del hidrógeno, como el metanol, amoníaco y los combustibles sintéticos, generados a partir del hidrógeno verde y del CO₂ capturado de fuentes industriales o del aire (Direct Air Capture, DAC). Esto representa un proyecto de transición eficiente potencialmente interesante para transformar los sistemas de transporte a procesos sin emisiones, o neutros en carbono.

Las áreas de negocio del instituto se reflejan en los siguientes ámbitos de trabajo:

- Edificios energéticamente eficientes y tecnología de la construcción.
- Óptica aplicada y superficies funcionales.
- Energía solar térmica.
- Fotovoltaica de silicio.
- Módulos y sistemas fotovoltaicos.
- Tecnologías fotovoltaicas alternativas.
- Tecnologías de hidrógeno.

El instituto Fraunhofer ISE es miembro fundador y sede de la "Alianza Energética Fraunhofer", y forma parte de la Red de Hidrógeno Fraunhofer. En estas alianzas, 16 institutos de la Alianza Energética y 28 de la Red de Hidrógeno reúnen sus competencias en materia de tecnologías e investigación sobre la energía y el hidrógeno para poder ofrecer trabajos de investigación y desarrollo a la industria y al sector energético desde una única fuente. El instituto también participa en redes de colaboraciones nacionales e

internacionales, siendo miembro de la Asociación de Investigación en Energía Solar (FVS) y de la Agencia Europea de Centros de Energías Renovables (EUREC), entre otros.

Fraunhofer CSET continuamente explora oportunidades de proyectos con Fraunhofer ISE para desarrollarlos en Chile y Latinoamérica, utilizando la tecnología desarrollada por ISE y el conocimiento y red local de Fraunhofer CSET. En cuanto a los equipos de investigación relacionados a Hidrógeno Verde y sus derivados, Fraunhofer CSET mantiene comunicaciones con los departamentos de Almacenamiento de Energía Química y de Procesos Termoquímicos de Fraunhofer ISE.

El Departamento de Almacenamiento de Energía Química de Fraunhofer ISE consta de dos equipos, Electrólisis y Power-to-Gas, que se ocupan del desarrollo de la electrólisis, y la aplicación y evaluación de la electrólisis y la infraestructura de hidrógeno como parte de los modelos de negocio. Se mantiene contacto frecuente con los investigadores líderes de los equipos, Christopher Voglstätter y Prof. Dr. Christopher Hebling.

Por otro lado, el Departamento de Procesos Termoquímicos se ocupa de aumentar la eficiencia energética de los procesos termoquímicos y, al mismo tiempo, de reducir las emisiones de dióxido de carbono y de gases de escape para lograr una combustión de emisiones cercanas a cero. Se mantiene un contacto regular con Dr. Achim Schaadt, líder del Departamento de Procesos Termoquímicos, y Max Hadrich, Dr. Ouda Salem y Robert Szolak, todos líderes de los equipos internos del departamento.

Entre otras cosas, este departamento trabaja en la producción más eficiente, optimizada en costes y sostenible de combustibles, productos químicos y portadores de energía como el amoníaco, el metanol, el éter dimetílico (DME), el éter de oximetileno (OME) y los combustibles de aviación basados en la alimentación $H_2/CO_2/CO$ o H_2/N_2 , según las necesidades de los clientes de la industria. Sus áreas de investigación y competencias se diagraman en la Figura 50.

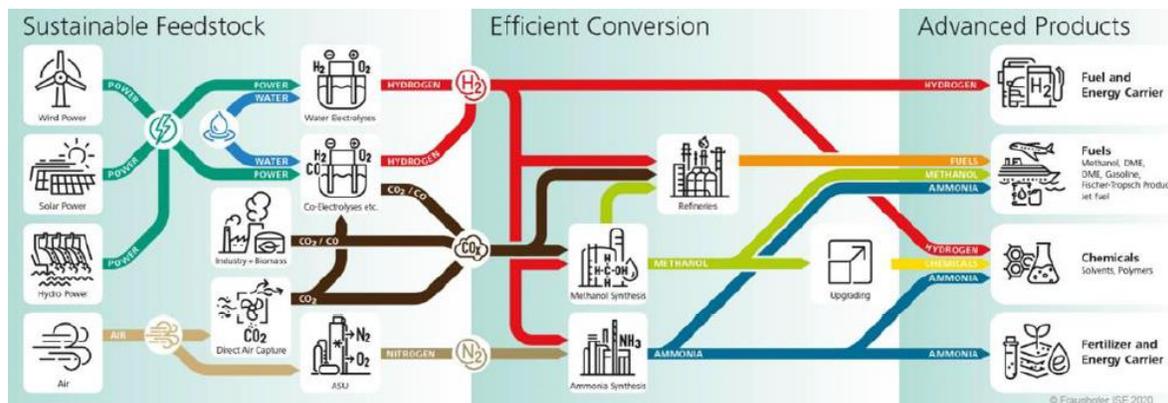


Figura 50 - Cadena de Valor del Hidrógeno Verde y sus derivados. Fuente: Fraunhofer ISE

Ahondando en la temática del Hidrógeno Verde, cabe mencionar que Fraunhofer ISE lleva más de dos décadas desarrollando proyectos de demostración propios en el campo del hidrógeno. Empezando por la casa solar autosuficiente en Friburgo, en el instituto se han desarrollado y optimizado sistemas de electrólisis de membrana de electrolito de polímero (PEM) durante más de 25 años, incluyendo sistemas de almacenamiento de hidrógeno y procesos de reformado termoquímico de combustibles.

Gracias a los años de desarrollo en el campo de la electrólisis, así como a la planificación, construcción y funcionamiento de dos plantas de demostración propias del instituto (estación de reabastecimiento de hidrógeno y planta de inyección de hidrógeno, ver Figura 51), y a los bancos de pruebas de electrólisis de hasta 1 MW de potencia de conexión a la red eléctrica, las simulaciones y observaciones del sistema en el campo de las estaciones de conversión de energía en gas y de reabastecimiento de hidrógeno pueden estar respaldadas por los correspondientes conocimientos y experiencia.

Fraunhofer ISE Hydrogen Refuelling Station (2012)

- 40 kW_{el} PEM Electrolysis
- PV (16kW_p) and Grid electricity
- Public Hydrogen Refuelling Station



Fraunhofer ISE Hydrogen Injection plant (2017)

- 120 kW_{el} PEM Electrolysis
- Stock market + local renewable Energies
- Injection into NG distribution grid



Figura 51 - Proyectos de Demostración. 1) Izquierda - Estación de servicio para vehículos de celdas de combustibles de H₂; 2) Derecha – Sistema de inyección de H₂ a red de distribución de gas natural.

También se han desarrollado bancos de pruebas de metanol y DME en Fraunhofer ISE, Friburgo, como se puede ver en Figura 52.



Foto: Fraunhofer ISE

Figura 52 - Planta de síntesis de Metanol y Dimetil Éter (DME)

Fraunhofer ISE también tiene una amplia experiencia en proyectos con el sector privado y público. A continuación, se mencionan sólo algunos de los más de 45 proyectos de hidrógeno financiados con fondos públicos, los cuales representan proyectos de referencia y como fuente de conocimiento y tecnología para potenciales transferencias tecnológicas de Alemania a Chile:

- **Kopernikus-Project Power-to-X.** El objetivo de esta investigación es hacer que el hidrógeno producido a partir de fuentes renovables se pueda utilizar de la manera más eficiente posible en aplicaciones para el sector de la movilidad y la industria química. Los portadores de hidrógeno orgánico líquido (LOHC) ofrecen una novedosa oportunidad técnica para permitir el almacenamiento y la logística del hidrógeno con alta densidad energética en la infraestructura de combustible ya existente. El proyecto comprende el desarrollo y la demostración de las cadenas de procesos desde el hidrógeno de electrólisis "verde" hasta el suministro de hidrógeno en una estación de servicio de 700 bares o para su uso en la industria química. El contratista es el Ministerio Federal de Educación e Investigación (BMBF) y la organización ejecutora del proyecto, Jülich (PtJ).
- **Energieverbund ("Energy network") Freiburg.** Proyecto demostrativo de una planta de electrólisis, conectando las redes de electricidad y gas natural y almacenando energía renovable. Para el proyecto "Red de energía municipal", los expertos de Fraunhofer ISE se encuentran desarrollando algoritmos de gestión de la operación para las plantas de conversión de energía en gas conectadas a las redes de electricidad y gas. Este proyecto es en cooperación con la Universidad de Ciencias Aplicadas de Offenburg, donde el objetivo es lograr la viabilidad económica y energética de las plantas de conversión de energía en gas en el contexto municipal.

El contratista es el Ministerio de Medio Ambiente, Clima y Gestión de la Energía de Baden-Württemberg.

- **Carbon2Chem®.** Gran proyecto de referencia en el que 17 socios de la industria y el mundo de la I+D están desarrollando una tecnología que, de aplicarse a gran escala, podría rentabilizar unos \$20 millones de toneladas métricas de las emisiones anuales de CO₂ de la industria siderúrgica alemana. Para layout e instalaciones, ver Figura 53.



Figura 53 - Planta de síntesis de Metanol y catalizadores, operando en las instalaciones de ThyssenKrupp

Mediante el uso de energías renovables, las emisiones inevitables de dióxido de carbono de la industria siderúrgica pueden sustituir a largo plazo a las materias primas fósiles de la industria química. Para ello, se está creando una red de producción interindustrial en la que participan la industria siderúrgica, la industria química y el sector energético. Los gases de proceso de la fundición, antes utilizados con fines energéticos, servirán de materia prima para la producción de combustibles sintéticos, plásticos y otros productos químicos básicos. El enfoque modular de la utilización del CO₂ dentro de las redes interindustriales permite combinar la protección del clima y la competitividad de los principales centros industriales de Alemania y otras partes del mundo.

Durante la primera etapa del proyecto Carbon2Chem® (de junio de 2016 a mayo de 2020), la atención se centró en la investigación y desarrollo de procesos adecuados, considerando aspectos como la viabilidad técnica, la viabilidad económica y la sostenibilidad. La segunda fase de Carbon2Chem® se trabajó en validar los procesos desarrollados para su aplicación a gran escala y, por tanto, sentará las bases para la producción de acero con bajas emisiones.

El Ministerio Federal de Educación e Investigación de Alemania (BMBF) ha puesto a disposición otros \$75 millones de euros para este fin hasta 2024. Los socios implicados tienen previsto invertir más de \$100 millones de euros hasta 2025.

- **Roadmap del Hidrógeno para el Gobierno Alemán.** Fraunhofer-Gesellschaft desarrolló sus propias posiciones científicas sobre la electrólisis del agua y la

utilización del hidrógeno, y las puso a disposición de los ministerios implicados en el desarrollo de la estrategia nacional de hidrógeno (BMBF, BMU, BMWi, BMVI, BMZ) y de la Cancillería. El Instituto Fraunhofer ISE se ha encargado de desarrollar la "Hoja de Ruta del Hidrógeno", junto con otras instituciones Fraunhofer.

El documento de posición de Fraunhofer identifica diferentes caminos para la aceleración del mercado y propone posibles medidas para llevar a cabo este desarrollo del mercado, entre las que se consideran: un ajuste del marco regulatorio de los impuestos, gravámenes y tasas sobre la electricidad para fortalecer el acoplamiento del sector; la promoción de proyectos de demostración; la creación de reglamentos y normas uniformes a nivel internacional sobre el hidrógeno; la eliminación de las barreras regulatorias para los vehículos de pila de combustible y las estaciones de servicio de hidrógeno, etc.

Para ver más detalles de las actividades de ISE (*brochures*) en hidrógeno, pulse el siguiente enlace: <https://www.ise.fraunhofer.de/en/information-material/flyer-h2t.html>. Para ver toda la cartera de proyectos de financiación pública de ISE, haga clic en el siguiente enlace: <https://www.ise.fraunhofer.de/en/research-projects.html>.

5.1.2. Fraunhofer IEE – Gestión y Tecnología de Sistemas de Energía

El instituto Fraunhofer IEE está compuesto por diversas áreas comerciales y de aplicación, con iniciativas que abordan desafíos actuales y futuros de la industria energética, particularmente la transformación de los sistemas de energías, desarrollando soluciones que permiten reducir los costos de la implementación de energías renovables, asegurar el suministro energético a pesar de la variabilidad de las fuentes, y fomentar el éxito del modelo de negocio de la transición energética.

Las soluciones desarrolladas por el instituto abarcan:

- Análisis y consultoría para economías de energía
- Sistemas de información meteorológica de energía
- *Digital portfolio management*
- Planificación y operación de la red
- Ingeniería de planta
- Entre otras

Algunos de los proyectos de referencia que ha realizado o se encuentra ejecutando Fraunhofer IEE, son:

- **openENTRANCE**, *Open Energy Transition Analyses for a Low-carbon Economy*. Proyecto en desarrollo, el cual tiene como objetivo desarrollar, utilizar y difundir una

plataforma de modelamiento abierta, transparente e integrada para evaluar las vías de transición hacia la carbono neutralidad en Europa, de acuerdo con los objetivos climáticos, económicos y energéticos europeos y mundiales. La plataforma reunirá un conjunto de herramientas de modelamiento y datos de última generación para cubrir las múltiples dimensiones de una transición energética limpia. Los modelos macroeconómicos y de sistemas energéticos estarán vinculados entre sí para permitir análisis integrados, superando el análisis unidimensional que cada uno de los modelos ofrece por separado.

- **SuKoBa**, *Supercapacitors for Lifetime Optimization of Battery Hybrid Storage Systems*. Proyecto en desarrollo, donde el objetivo es desarrollar una metodología adecuada y herramientas de diseño y procedimientos de control para el uso de sistemas de almacenamiento híbridos en distintas aplicaciones. El objetivo general es establecer el uso de sistemas de almacenamiento con baterías en aplicaciones de alto rendimiento en las que hasta ahora no ha sido posible una aplicación económicamente factible.

El uso de sistemas de baterías para aplicaciones con *peaks* de alta potencia a corto plazo supone un reto en términos de diseño debido a la relación física entre la capacidad y la potencia máxima. En este tipo de aplicaciones, es posible combinar baterías y supercondensadores para reducir los *peaks* de potencia de las baterías. Así, es posible conseguir un diseño más competitivo en términos de tamaño, vida útil y costos del sistema de almacenamiento.

- **WInD-Pool**, *Wind Data Information Pool*. Operadores de uno o pocos aerogeneradores difícil que tengan una base estadística adecuada para realizar análisis exhaustivos. La necesidad de una base de datos más amplia y de una estructura de datos adecuada es evidente. Los proveedores de datos (por ejemplo, los operadores) reproducen su información de operación y mantenimiento en un formato consistente en la plataforma WInD-Pool. Después de probar una validación de estos datos, se crearán puntos de referencia y análisis estandarizados. Posteriormente, la información agregada se pondrá de nuevo a disposición de los proveedores de datos, manteniendo la confidencialidad de la información obtenida a través de otros operadores.

La plataforma WInD-Pool garantiza la validación legal de todas las partes implicadas mediante un acuerdo de cooperación uniforme y crea una base de cooperación. La adhesión de otras empresas es siempre posible y esencial para el éxito de la iniciativa.

5.1.3. Fraunhofer ISI – Systems and Innovation Research

El Instituto Fraunhofer de Investigación en Sistemas e Innovación forma también parte de Fraunhofer-Gesellschaft, complementando el espectro científico y tecnológico de los

Institutos Fraunhofer a través de la investigación interdisciplinaria sobre la interdependencia entre tecnología, economía y sociedad. Desde su fundación en 1972, Fraunhofer ISI ha influido en la configuración del panorama de la innovación alemana e internacional.

La investigación en el Fraunhofer ISI se centra en:

- Rendimiento técnico-económico y competitividad internacional en campos tecnológicos prometedores, previsión tecnológica.
- Tendencias, posibilidades, aplicaciones e impactos económicos y sociales de las nuevas tecnologías.
- Oportunidades para un uso más eficaz de los recursos naturales (energía, materias primas, agua, medio ambiente) y otros aspectos de sostenibilidad.
- Políticas tecnológicas nacionales e internacionales.

De este modo, la investigación en el campo de las tecnologías energéticas de Fraunhofer ISI contribuye en el desarrollo de un marco político e institucional para un sistema energético sostenible, donde Fraunhofer CSET ve el potencial de complementar la transferencia de tecnología pura con conocimientos sobre su integración en otros ámbitos distintos a los industriales.

La utilización intensiva de fuentes de energía renovable y la mejora de la eficiencia energética son estrategias clave para satisfacer la demanda de energía, garantizar la seguridad del suministro y proteger el clima de una manera que ahorre recursos. En este contexto, Fraunhofer ISI diseña y evalúa medidas e instrumentos de política energética y climática para un desarrollo más rápido y rentable de un sistema energético sostenible, así como estrategias de investigación y desarrollo.

La integración de las energías renovables en los mercados e infraestructuras de la electricidad, pero también en los mercados del calor, será un reto importante hasta mediados de siglo. El trabajo analítico de Fraunhofer ISI sobre las repercusiones de una mayor utilización de las tecnologías renovables y de eficiencia energética en el empleo, los ingresos, la estructura económica y el medio ambiente, ayuda a los responsables de la toma de decisiones en el diseño práctico de instrumentos políticos eficaces. Además, el Instituto asesora a clientes nacionales e internacionales, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, así como a la industria, sobre la introducción de innovaciones tecnológicas, económicas e institucionales orientadas al futuro.

Por ejemplo, para el caso de proyectos relacionados a hidrógeno verde, Fraunhofer ISI algunas iniciativas en ejecución o realizadas son:

- **HYPAT**, Atlas Global del Potencial del Hidrógeno. Proyecto en curso, iniciado en 2021. Algunas de las actividades que son llevadas a cabo son: Desarrollo de un atlas

global y exhaustivo del hidrógeno (incluyendo derivados); Identificación de posibles países socios de Alemania; Análisis en profundidad de los países socios sobre la base de un nuevo enfoque metodológico y de análisis que incluya la cobertura sostenible de la propia demanda energética, la consecución de los propios objetivos climáticos utilizando las oportunidades de desarrollo económico de una economía del hidrógeno, y el cumplimiento de criterios específicos de sostenibilidad para la economía del hidrógeno en los países socios; Análisis de las capacidades de los países para construir esas plantas de tecnología intensiva; Comparación del suministro resultante de hidrógeno y derivados con la demanda global de los países importadores; Por último, se dan recomendaciones políticas.

- **PtX Argelia**, Evaluación y análisis del mercado Power-to-X y de las oportunidades de inversión en Argelia. Proyecto en curso, iniciado en 2021. Este estudio investiga las oportunidades para Argelia a lo largo de la cadena de valor de las tecnologías Power-to-X. Este estudio servirá de base para iniciar programas concretos en el marco de la cooperación financiera germano-argelina bajo la responsabilidad del Ministerio Federal Alemán de Desarrollo Económico y Cooperación (BMZ) a lo largo de toda la cadena de valor. El presente estudio se centra en las oportunidades de inversión, especialmente en el ámbito de las instalaciones de producción de hidrógeno y las infraestructuras Power-to-X relacionadas.
- **Hidrógeno en Asia Central, estudio de mercado exploratorio**. Este estudio se terminó en 2021, e incluyó: Identificación de los sectores de la economía que podrían beneficiarse de la producción local de hidrógeno verde, incluida la posibilidad de exportación; Estimación de los costes de producción del H2V y derivados; Descripción de las posibles aplicaciones del H2V que deberían seguir explorándose, incluida una estimación preliminar del potencial total de demanda de H2V por aplicación; Identificación de los factores que podrían impulsar la competitividad de la producción de equipos de hidrógeno a nivel local.
- **Evaluación de alto nivel de la viabilidad técnica y económica de la producción, uso y exportación de hidrógeno en Georgia**. Estudio en curso, con actividades similares al anterior, específicamente en Georgia.
- **Análisis de la demanda del potencial de las aplicaciones de conversión de energía en hidrógeno en Mongolia**. Proyecto finalizado, que consistió en el análisis del potencial y la evaluación de la factibilidad de diferentes aplicaciones de energía renovable a hidrógeno en Mongolia.

5.1.4. Otros Institutos Fraunhofer

La Red Fraunhofer en Alemania consta de más de 70 centros e institutos repartidos por el país, cada uno con una temática distinta a la otra. Debido a lo extensa de la red, esta sección resumirá algunas de las iniciativas más relevantes según los criterios del Centro y los desarrollos y gestiones que se encuentra realizando.

- Fraunhofer IVI, Sistemas de Transporte e Infraestructura.
Dresde, Alemania <https://www.ivi.fraunhofer.de/en.html>
Proyectos de electromovilidad autónoma e interconectada para la industria agrícola.
- Fraunhofer IMM, Microingeniería y Microsistemas.
Mainz, Alemania. <https://www.imm.fraunhofer.de/en.html>
Proyecto de I+D, primera celda de combustible de amoníaco de alta temperatura para embarcaciones.
- Fraunhofer IIS, Circuitos Integrados.
Erlangen, Alemania. <https://www.iis.fraunhofer.de/en.html>
Electrónica y sensores inteligentes, pudiendo ser orientados para la industria energética y sus componentes de electrónica de potencia.
- Fraunhofer UMSICHT – Tecnologías en Energía, Medioambiente y Seguridad.
Oberhausen, Alemania. <https://www.umsicht.fraunhofer.de/en.html>
Recuperación de CO₂ para ser usado como insumo químico.
- Fraunhofer IFAM – Manufactura de Tecnología y Materiales Avanzados
Bremen, Alemania. <https://www.ifam.fraunhofer.de/en.html>
Powerpaste, pasta en base a magnesio e hidrógeno, para fácil almacenamiento de Hidrógeno Verde.
- Fraunhofer IKTS – Sistemas y Tecnologías Cerámicas
Dresde, Alemania. <https://www.ikts.fraunhofer.de/en.html>
Co-electrólisis de óxido sólido usando además CO₂ para la producción de combustibles sintéticos

5.2. Modelo de Transferencia Tecnológica - Enfoque teórico

A lo largo de la elaboración del Plan de Negocio, CSET evidenció la coexistencia de dos tipos de tecnologías, aquellas que satisfacen una necesidad de mercado pero que no han tenido una contraparte empresarial desde el inicio de su etapa de I+D, donde se adopta una metodología de "*Technology Push*"; y las tecnologías desarrolladas con socios empresariales desde el inicio de las etapas de I+D, donde el proceso de transferencia de tecnología se guiará necesariamente por una metodología de "*Market Pull*". Los proyectos que contempla CSET podrán ajustarse a estos tipos, siendo necesario definir para cada una de ellas un modelo de transferencia que se ajuste a sus características, con el objetivo final de lograr

con éxito su transferencia.

5.2.1. Technology Push

La existencia de un pipeline de proyectos con diferentes fases de desarrollo definirá necesariamente procesos de transferencia tecnológica de diferente naturaleza. Sin embargo, si las tecnologías no han sido desarrolladas en conjunto con los clientes finales, seguirán un modelo común, centrado principalmente en una estrategia *de Technology Push*. Con el fin de reducir la incertidumbre técnica y comercial, y llegar al mercado, se consideran las siguientes etapas:

- Evaluación científica y de mercado actualizada, cuyo objetivo es determinar la validez de la solución desarrollada y su competitividad a medio plazo. Para los casos que sean positivos, se realiza un *due diligence* que considera los aspectos regulatorios y normativos, necesarios para permitir un correcto acceso al mercado.
- Diseño conceptual de los modelos de negocio, para compatibilizar los intereses de la industria y definir actores relevantes que pueden aparecer como socios, colaboradores o clientes. En esta etapa se considera la asesoría del Industrial Advisory Board y Scientific Advisory Board, miembros del directorio y destacados empresarios.
- Prospección de potenciales clientes, que pueden derivar en licenciarios de la propiedad intelectual, usuarios de la tecnología o co-desarrolladores para llegar al mercado.
- Valoración económica de la tecnología, CSET ha implementado un proceso de evaluación, diferenciado por riesgo, para definir la metodología de valoración de las tecnologías en desarrollo. Para los proyectos con mayor incertidumbre, se utilizarán métodos como “Real Option Valuation” (ROV) o árboles de decisión; para las tecnologías más desarrolladas que se enfrentan a una menor incertidumbre, se abordarán con técnicas tradicionales como el VAN.
- Definición de las condiciones límite de negociación, con la información recogida en los puntos anteriores, CSET define los escenarios de negociación que serán aceptados a favor de la salida de una tecnología al mercado. Las condiciones de negociación estarán condicionadas por el estado de desarrollo en el que se encuentre.
- Negociación con socios industriales para la adopción de la tecnología, a través de reuniones con los responsables de la toma de decisiones (Directivos/Alto nivel) de las empresas que, bien por razones técnicas, económicas, de imagen, u otras, estén dispuestas a adoptar la solución o a realizar las inversiones necesarias para avanzar en su desarrollo tecnológico.

5.2.2. Market Pull

Para las iniciativas en curso y potenciales proyectos, CSET ha adoptado un enfoque de relación continua con los principales actores de los sectores industriales de las empresas de distribución de electricidad, agroindustria, asociaciones comerciales, entre otros. Esta relación permanente con empresas y autoridades ha permitido a CSET proponer proyectos de codesarrollo, en los que los procesos de propiedad intelectual y transferencia tecnológica han sido parametrizados al inicio de las etapas de I+D.

Las negociaciones que se realizan con empresas nacionales e internacionales que operan en Chile han permitido a CSET adaptar su modelo de transferencia a las necesidades de los clientes. La experiencia acumulada por CSET le permite agrupar los siguientes mecanismos de transferencia tecnológica y despliegue comercial:

- Explotación directa de la Tecnología por el cliente. En este modelo, las etapas de I+D serán realizadas por CSET y los pasos finales de validación industrial, acceso al mercado y comercialización serán realizados directamente por las empresas cuando la tecnología forme parte de su Core Business. En este tipo de proyectos CSET establece desde el principio las cláusulas de Propiedad Intelectual (IP, por su sigla en inglés), en las que hay dos escenarios principales, (a) CSET es propietario de la IP y se entrega una licencia exclusiva al cliente a cambio de royalties o (b) propiedad compartida de la IP con la empresa cuando hay aportación intelectual de los especialistas de la empresa, en estos casos se definen los parámetros de royalties una vez que la empresa implanta la solución, pero donde también se da libertad a CSET para buscar futuras oportunidades de negocio en otros sectores industriales.
- Explotación indirecta de la tecnología en modo colaborativo. Este tipo de transferencia tecnológica se da cuando las empresas buscan el desarrollo de soluciones tecnológicas de Fraunhofer en áreas que afectan a sus procesos o estrategias, pero que no necesariamente forman parte del Core Business de estas empresas; por ejemplo, en la industria minera, se puede requerir el calentamiento de fluidos en diferentes procesos, donde solicitan a CSET la evaluación de tecnologías existentes que respondan a sus necesidades, entre las que podrían considerarse sistemas térmicos tradicionales, sistemas térmicos de concentración de potencia, u otros. Misma situación con las tecnologías de hidrógeno, como potencial sustituto del gasóleo u otros combustibles fósiles en procesos no críticos. En estos casos, la estrategia es entregar una solución tecnológica a la empresa cliente, definiendo también los mecanismos en que la innovación será transversal a otros actores con problemas similares.

Las alternativas de negociación a considerar pueden ser (a) creación de una Joint Venture entre el cliente y CSET, con opción de participación de terceros que contribuyan a la comercialización nacional e internacional de la innovación; (b) búsqueda conjunta entre CSET y el cliente de un licenciatario final donde los

royalties se distribuyan equitativamente, (c) creación de una spin-off con participación minoritaria de CSET y del cliente, con apoyo en la búsqueda de demanda industrial (principalmente cuando el cliente es una gran empresa).

5.2.3. Propiedad Intelectual y Comercialización

El procedimiento para definir la propiedad intelectual forma parte de los aspectos iniciales que deben ser evaluados y definidos ante nuevos proyectos que involucren I+D en conjunto con empresas u otros actores. Quien mantenga la propiedad intelectual es quien tiene el poder de explotarla internamente o bien comercializarla con terceros, por lo que es importante definir con anterioridad quien será parte de qué porcentaje de ella. Esto por lo general es definido al momento de planificar el estudio o servicio, y será de acuerdo al grado de dedicación y aporte de la entidad en el desarrollo de la innovación.

Dado que la comercialización de productos validados y empaquetados no forma parte del rol de Fraunhofer CSET, y en línea con lo mencionado anteriormente, la etapa final de comercialización para el sector privado estará guiada por la estrategia de transferencia tecnológica mencionada en la sección anterior, ya sea a través del enfoque Technology Push en el caso de soluciones desarrolladas desde I+D pura, y a través de la estrategia Market Pull en proyectos realizados de forma conjunta con el sector privado. Una opción de herramienta de comercialización corresponde a la licencia de tecnologías propias. También se considerarán casos especiales cuando se justifique la creación de una spin-off u otras alianzas que constituyan vehículos de comercialización con empresas. Pero en general, la experiencia de Fraunhofer CSET muestra que el principal papel que puede cumplir el Centro en el mercado chileno es el de los procesos de transferencia y adaptación de tecnología, siguiendo el proceso anteriormente descrito: identificación de oportunidades industriales, selección y adaptación de tecnologías disponibles apalancadas con el conocimiento del equipo de Fraunhofer CSET y, por último, el desarrollo de las alianzas adecuadas.

5.3. Actividades y Resultados

En cuanto a lo realizado bajo el concepto de transferencia tecnológica, es posible mencionar los siguientes proyectos e iniciativas:

- Continuación del trabajo relacionado con Agrovoltáico y FloatingPV, siendo ambas líneas de trabajo dentro de RL1. Estos dos proyectos fueron iniciados como proyectos de transferencia tecnológica, ya que Fraunhofer ISE en Alemania ha venido desarrollando investigaciones, pilotos y plantas con las tecnologías hace años. Como parte de la vinculación con Alemania y la transferencia tecnológica, el

estudiante de Magíster e investigador de Fraunhofer ISE, Frederick Schonberger, se encuentra realizando una pasantía y su tesis de grado en Chile, en conjunto con el equipo de Fraunhofer CSET. Para más información, ver sección **“RL1 – Sistemas Fotovoltaicos”**.

- Se ha estrechado la vinculación con el instituto Fraunhofer IEE, que al igual que Fraunhofer ISE, desarrollan conocimiento y tecnologías relacionadas a la energía. En conjunto con Fraunhofer CSET, lideraron la coordinación en la postulación al fondo alemán de los ministerios BMBF y BMWi, a través del proyecto Power-to-MEDME. Al ser requisito ser alemán para postular al fondo, fue IEE quien entregó la postulación al módulo de investigación del fondo (la línea de financiamiento liderada por el BMBF). Si bien tanto el fondo como la mayoría de las organizaciones parte del consorcio que ejecutará el proyecto Power-to-MEDME son alemanas, la ejecución misma del proyecto es en la Región de Antofagasta, donde se espera transferir un potencial gigante de conocimiento y tecnología a la región y al país.
- Por otro lado, en conjunto con el instituto Fraunhofer ISI (no confundir con ISE) se ofertaron dos licitaciones convocadas por GIZ, donde además se contó con la participación de TÜV Süd, empresa alemana de certificación y auditoría, y el Centro de Energía de la Universidad de Chile. La primera licitación consistía en un levantamiento de información sobre las certificaciones y estándares que eran requeridos por el mercado europeo para la importación de hidrógeno verde y derivados, particularmente a Alemania; considerando también las medidas que deberían ser consideradas por los proyectos de producción de hidrógeno en Chile para que fueran considerados por el mercado alemán. Esta licitación también contemplaba una guía para ser distribuida entre los potenciales desarrolladores de proyectos de hidrógeno en Chile. Lamentablemente, la licitación fue declarada desierta.
La segunda licitación, consistía en la primera parte de la licitación anterior declarada desierta, tomando en consideración solo la parte sobre el levantamiento de información sobre certificados y estándares requeridos por el mercado europeo y alemán. Para ambas licitaciones, la empresa alemana TÜV Süd era la encargada de hacer el levantamiento y validación de todas las certificaciones exigidas por los mercados europeos, mientras que Fraunhofer ISI era la institución encargada de caracterizar el mercado alemán para entender los estándares que pudieran ser exigidos. Estos estándares requeridos podían ser aspectos relacionados a la huella de carbono, la huella hídrica, la relación con las comunidades, la relación con los pueblos originarios, entre otros. Lamentablemente, ninguna de las dos ofertas fue adjudicada.
- Durante el mes de julio de 2021 se realizó la Feria Internacional de Electromovilidad

2021 (FIDELMOV 2021). Como parte de las presentaciones de los expertos y referentes de la materia, participó el investigador y líder del Departamento de Almacenamiento de Energía Eléctrica de Fraunhofer ISE, Dr. Matthias Vetter. La temática presentada por el investigador fue el estado del arte actual y los nuevos desarrollos relacionados a baterías para vehículos eléctricos.

- Como parte de las propuesta de I+D a la industria, se consideran capacidades del equipo de Fraunhofer ISE, de manera de potenciar la oferta y transferir conocimiento y tecnología al país. De los proyectos de I+D industriales que se ejecutaron durante el período 2021 – 2022, dos contaron con la participación de equipos de Fraunhofer ISE, complementando el trabajo mediante sus conocimientos avanzados en sistemas solares térmicos, almacenamiento e hidrógeno verde. Durante el año 2022 se comenzará con otro proyecto ya firmado, el cual contará con la colaboración de Fraunhofer ISE a través de conocimientos en electromovilidad e hidrógeno verde.
- En los procesos de desarrollo de negocios no solo se ofrecen las capacidades de I+D del equipo Fraunhofer CSET y Fraunhofer ISE, dependiendo el potencial cliente y la propuesta que se piensa ofertar se pueden incluir las capacidades de otros institutos Fraunhofer en Alemania, pero también se mencionan las tecnologías disponibles fuera de Chile y desarrolladas por empresas ajenas a la Red Fraunhofer. El Centro tiene contacto con múltiples desarrolladores de tecnología en el mundo, principalmente en Europa, donde no es poco frecuente que en el marco de alguna propuesta también se proponga la gestión para traer tecnologías como, por ejemplo, electrolizadores (Siemens Energy, MAN), tecnología de síntesis de metanol u otros derivados de hidrógeno (ThyssenKrupp), tecnologías de captura de carbono (ThyssenKrupp, Bilfinger), entre otras.

En cuanto a transferencia del conocimiento, separándola de la transferencia tecnológica como tal, Fraunhofer CSET aporta a la sociedad y el público especializado a través de su participación en charlas y seminarios en temáticas como energía solar, hidrógeno verde, electromovilidad, descarbonización y otras, mencionadas a lo largo del reporte, pero sintetizado en el Anexo “**Eventos Fraunhofer CSET**”. También transfiere el conocimiento desde la red Fraunhofer en Alemania al país a través del trabajo con distintos estudiantes de pregrado y postgrado, guiando sus trabajos de tesis y/o haciéndolos parte del equipo como practicantes. Pero hay dos iniciativas que cabe mencionar en esta sección:

- Participación de Fraunhofer CSET en las cátedras del Diplomado "Tecnologías Aplicadas en Hidrógeno Verde" de la Universidad Técnica Federico Santa María. Este diplomado contó con la colaboración de Marco Vaccarezza y María Teresa Cerda, específicamente el Módulo 7 “Mercados del Hidrógeno Verde”. La primera versión

de este Diplomado comenzó a fines de 2020, partiendo su segunda versión a fines de abril de 2021.



UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Diplomado Tecnologías Aplicadas del Hidrógeno - II Versión Vespertino

Fecha de Inicio: Lunes 26 de abril 2021 - 18:00 a 20:00 hrs.

Módulo 1 20hrs. Producción y almacenamiento de hidrógeno verde  Dr. Patricio Valdívía  Dr. Humberto Gómez	Módulo 2 10hrs. Innovación y vigilancia tecnológica de hidrógeno verde  Dra. Ivette Ortiz	Módulo 3 20hrs. Hidrógeno como vector energético en proceso mineros  Dr. Claudio Acuña  Dra. Aldonza Jaques	Módulo 4 20hrs. Uso de hidrógeno en procesos térmicos y combustión  Dr. Mario Toledo  Dr. Rodrigo Barraza
Módulo 5 20hrs. Evaluación ambiental de proyecto de H2 en Chile  MBA Rossana Gaete Directora H2 Chile	Módulo 6 12hrs. Pilas de combustible - FC  Dr. Antonio Sanchez	Módulo 7 12hrs. Mercado del hidrógeno Verde  MBA Marcos Vaccarezza  M.Sc. Maria Teresa Cerda Fraunhofer Chile	Módulo 8 16hrs. Regulación en torno al hidrógeno verde  MEE Javier Saldias  M.Sc. Natalia Fernández

 **Claudia Paredes**
 Coordinación general Diploma
claudia.paredes@usm.cl

 **Dr. Patricio Valdívía Lefort**
 Director Diploma
patricio.valdivial@usm.cl



Imagen: Región de hidrógeno ionizado en la galaxia del Triángulo

Figura 54 - Diplomado "Tecnologías Aplicadas de Hidrógeno Verde", UTFSM

- Coorganización del Curso de Formación Continua "Hidrógeno Solar y su Potencial en Chile, con la Universidad de Chile a través del Centro de Energía. Este curso consistió de tres días bajo modalidad online durante el mes de mayo de 2021, y contó con la inscripción de más de 100 personas. En este curso presentaron su experiencia y conocimiento Frank Dinter, María Teresa Cerda y Marco Vaccarezza de Fraunhofer CSET, además de la investigadora Paulina Ramírez y el director del Centro de Energía Rodrigo Palma.

6. Propiedad Intelectual

FCR cuenta con una estrategia de protección de la propiedad intelectual (IP) que proviene del Departamento de Patentes y Licencias de Fraunhofer-Gesellschaft, Alemania. Esta estrategia dependerá del tipo de tecnología que se desarrolle. Antes de solicitar una patente, hay que realizar algunas evaluaciones, como el valor económico, la concesión de licencias y una evaluación completa del mercado. Además, deben cumplirse algunos requisitos previos para ser patentable: la invención debe tener carácter técnico, debe ser novedosa, debe basarse en una actividad inventiva y debe ser aplicable industrialmente.

Para estudiar la novedad de la tecnología se debe realizar un estudio del estado del arte, analizando la literatura de patentes, la literatura no relacionada con las patentes (revistas científicas, documentos, informes anuales, entre otros) y las publicaciones. Para el siguiente paso, la redacción de la solicitud de patente se debe realizar a través de un abogado con experiencia en IP o un bufete de abogados, con al menos las siguientes actividades a desarrollar:

- Un abogado con conocimiento en IP redacta la solicitud de patente sobre la base de la descripción técnica del informe de la invención, en estrecha colaboración con el inventor o inventores, o bien el equipo de la línea de investigación implicado.
- El abogado generalizará la invención para alcanzar un amplio alcance de protección mediante la solicitud de patente.
- El borrador se revisará varias veces antes de presentar la solicitud.

Para el caso de las solicitudes extranjeras, es necesario cumplir algunos criterios para optar a gestionar la patente en esas zonas. Algunas variables por estudiar se mencionan a continuación:

- Lugares de uso y consumo
 - Producto interior bruto
 - Tamaño del mercado
 - Aceptación de productos y tecnologías
 - Reglamentación del mercado
 - Posibilidad de comercialización
- Lugares de producción
 - Distribución de la industria
 - Lugares de producción
 - Restricciones de producción

Para garantizar una patente de calidad, la solicitud debe incluir un amplio ámbito de protección de la tecnología, además de que la invención en torno a la tecnología debe ser compleja para asegurar que no sea fácil desplazar la invención. Una vez enviada la solicitud de patente, algo importante es el seguimiento de cualquier infracción de la patente que

pueda existir, realizando una vigilancia continua de cualquier amenaza a la IP protegida. Otra reflexión crítica durante la solicitud de una patente es que la tecnología no debe depender de los derechos de terceros, lo que podría condicionar una adecuada protección de la IP.

Aun siguiendo todos los pasos descritos con anterioridad no se asegura una protección completa de la IP, hay algunas amenazas a las patentes que hay que tener en cuenta, como, por ejemplo, no tener libertad para operar en el país donde se patenta, compromisos contractuales no deseados, disputas entre los inventores, oposiciones de los competidores y procedimientos de limitación y revocación. Una vez obtenida la patente y cumpliendo las indicaciones mencionadas, el inventor puede comercializarla, prohibiendo la producción del producto patentado y la utilización del procedimiento patentado por parte de terceros, y concediendo los derechos para ofrecer, circular, utilizar y poseer los productos y procedimientos patentados.

7. Desarrollo de Capacidades

7.1. Entrenamiento equipo CSET

La formación de capital humano y la transferencia tecnológica están principalmente orientadas a la industria y las distintas personas que componen el ecosistema y mercados en torno a la energía solar, pero también es importante la formación y el entrenamiento constante del equipo interno de Fraunhofer CSET, el cual se espera que desarrolle sus capacidades de acuerdo a la estrategia de mejora continua del Centro. Existen tres líneas principales en cuanto a la formación del personal:

- Cursos y formación en materias prioritarias, para el apoyo y gestión de las Líneas de Investigación como complemento a las capacidades técnicas en las diferentes materias de investigación del Centro. Los temas son, entre otros, los siguientes:
 - Gestión de proyectos / Control y reporte de proyectos
 - Preparación y formulación de planes de negocio
 - Aspectos organizativos: Desarrollo de equipos, liderazgo de equipos y habilidades de trabajo en equipo.
 - Procedimientos de seguridad: trabajo con alta tensión, trabajo en condiciones peligrosas, conducción fuera de carretera y otros temas que pueden ser importantes para el desarrollo de trabajos de campo para proyectos específicos (instalaciones de generación de energía y minería, por ejemplo).
 - Aspectos de propiedad intelectual.

- Antes de la situación sanitaria mundial de los últimos dos años, se realizaban pasantías entre investigadores de Fraunhofer CSET y los institutos Fraunhofer en Alemania, principalmente Fraunhofer ISE. Hoy se siguen realizando estas pasantías, pero con menor frecuencia. Una vez vuelva a normalizarse el traslado entre países, se espera aumentar la frecuencia de este mecanismo de vinculación entre institutos. Las pasantías tienen una duración de uno a seis meses, y pudiendo ser en temáticas como:
 - Almacenamiento e integración en la red / análisis de la red
 - Aplicaciones de hidrógeno y sus derivados
 - Aplicaciones de redes inteligentes
 - *Building Integration Photovoltaics (BIPV)*
 - Sistemas de baterías (BESS)
 - Nuevas tecnologías fotovoltaicas, en campos como el concepto Agrovoltaico y los invernaderos con sistemas PV integrados
 - Electromovilidad
 - IoT, sensores y monitoreo

- Formación en software en temas como análisis de datos, gestión de datos, aplicaciones de bases de datos, herramientas de modelado de redes, software científico como MATLAB y herramientas similares. También se considera la formación específica en herramientas de planificación de la red: Plexus, Switch, otros.
- Por último, los investigadores y profesionales pueden recibir formación en áreas técnicas de su interés donde exista complementariedad con las capacidades de su equipo. Esto es posible realizarlo a través de distintos recursos, los cuales pueden ser:
 - Asistencias a conferencias y seminarios internacionales
 - Cursos y talleres de capacitación técnica en terreno o virtual
 - Diplomados o cursos especializados impartidos por universidades o centros de investigación

Como actividades realizadas y resultados del período 2021 – 2022, se mencionan:

- Trabajo de tesis del investigador del equipo Agrovoltaico de Fraunhofer ISE en Chile, Frederick Schonberger, el cual se encuentra integrado al equipo de Fraunhofer CSET desde noviembre de 2021.
- Diplomado “Electromovilidad: Tecnología, Políticas Públicas y Modelos de Negocio” del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la USACH. Fue realizado por el investigador Álvaro Henríquez, alineado con el nuevo foco en electromovilidad que se espera genere más oportunidades de investigación y de proyectos año tras año.
- Curso “Dibujo de Instalaciones Fotovoltaicas en SketchUp” impartido por Ilumin Capacita. Este curso fue realizado también por el investigador Álvaro Henríquez durante todo el mes de diciembre de 2021.
- Curso “Instalaciones Fotovoltaicas on- y off-grid, y Bombeo Solar” impartido por el experto Reinhold Schmidt. Este curso fue realizado por todo el equipo de Sistemas Fotovoltaicos (RL1) de Fraunhofer CSET, además de los investigadores de la RL2 Catalina Hernández, Carlos Felbol y Francisco Fuentes, durante los meses de septiembre y octubre de 2021.
- Thomas Lindsay, coordinador de proyectos del Centro, se encuentra realizando el certificado profesional “*The Economics of Energy Transition*”, programa especializado a través de dos módulos online, impartido por la Universidad Técnica de Delft, de los Países Bajos. El programa tiene especial foco en el mercado eléctrico europeo, permitiendo entender métodos y conceptos que pueden ser transferidos a Chile, a la vez que entender mejor los mercados eléctricos europeos para postular a fondos internacionales.
- Curso “Hidrógeno Solar y el Potencial en Chile” impartido por la Universidad de Chile en colaboración con Fraunhofer CSET. La primera versión de este curso fue tomada por Catalina Hernández, Francisco Fuentes y Thomas Lindsay de Fraunhofer CSET.

Esta iniciativa está alineada con el nuevo foco en hidrógeno que está adoptando el Centro.

- Participación en el congreso SolarPaces 2021, de parte de Carlos Felbol y María Teresa Cerda. Fueron co-autores del paper de Maitane Ferreres de Fraunhofer ISE “Techno-Economic Optimization of Solar Tower Systems: Comparison of Different Sites in Chile”. Por otro lado, participar de este tipo de eventos también aporta a la capacitación y formación de capital humano, al estar en una instancia llena de exponentes de investigación en la materia, en particular para este evento, de CSP.
- Si bien es requisito tener un buen nivel de inglés para entrar a trabajar en Fraunhofer CSET, algunos investigadores continúan perfeccionando el idioma con cursos avanzados impartidos por el Instituto Chileno Británico de Cultura. Quienes han realizado este tipo de cursos durante el período, son los profesionales Raúl Medina, Boris Jelincic, Catalina Hernández y Carlos Felbol.
- En temas de seguridad, durante los meses de febrero y marzo, todo el equipo de Fraunhofer CSET se encuentra realizando una capacitación para el uso de extintores, impartido por la ACHS.
- Por último, como parte de la estrategia de mejora continua y formación de capital humano del Centro, de forma periódica (una vez cada uno o dos meses) se han realizado pequeñas charlas técnicas internas para todo el Centro, con presentadores externos gestionados voluntariamente por parte de algún miembro del equipo Fraunhofer CSET. Estas instancias han sido llamadas “Lecture Series” y hasta el día de hoy, se han abordado las siguientes temáticas:
 - “Ray Tracing” y sus aplicaciones en energía solar
 - Instalaciones on- y off-grid en el Norte de Chile
 - Experiencia comercial en el desarrollo de proyectos de energía solar
 - Marco regulatorio en torno al hidrógeno
 - Interpretación de resultados de la última licitación del suministro eléctrico
 - Instrumentación de bajo costo: ejemplos prácticos
 - Cambio climático y compromisos nacionales
 - *Data Science y Machine Learning*

Como beneficio por presentar, los presentadores externos son invitados a las sesiones posteriores, lo que mejora la vinculación del equipo CSET con estos expertos y referentes de la materia.

7.2. Infraestructura y Equipamiento de Laboratorio y Mediciones

Si bien hoy en día el equipo de Fraunhofer CSET tiene ciertos equipamientos y estaciones para realizar levantamientos de información en terreno, no dispone de infraestructura de laboratorio propia para tecnologías solares en Santiago. Es el co-ejecutor UC quien tiene infraestructura especializada en sus laboratorios del campus de San Joaquín.

Por otro lado, la Universidad de Chile a través del Centro de Energía ubicado dentro del campus Beauchef de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la universidad, ha facilitado parte de sus espacios para el trabajo colaborativo entre ambos centros. Una de las tantas razones para formar una alianza de colaboración con la universidad es la facilidad para acceder a los distintos laboratorios que poseen. Si bien no existe un libre acceso a esta infraestructura, sí podrán ser gestionados a través de la colaboración con el Centro de Energía para ser usados en proyectos donde la universidad tenga participación.

Por último, la Universidad de Chile posee terrenos en las inmediaciones de la Laguna Carén, en la salida poniente del Gran Santiago, donde se encuentran desarrollando un gran complejo de investigación el cual ya aloja al Centro Tecnológico para la Innovación en la Construcción (CTEC) y al Centro Tecnológico para la Innovación Alimentaria (CeTA). Este gran complejo científico-tecnológico se espera que siga expandiéndose, donde también habrá un espacio dedicado a nuevos laboratorios y proyectos demostrativos relacionados a energía solar y sus aplicaciones. Aquí se espera que Fraunhofer CSET pueda colaborar desde el inicio mediante la transferencia tecnológica y de conocimiento desde la Red Fraunhofer en Alemania.

RL1 – Sistemas Fotovoltaicos

El equipo PV cuenta con una estación meteorológica ubicada en la comuna de Diego de Almagro, donde se mide la radiación solar y las variables atmosféricas (T-RH, presión y velocidad/dirección del viento). A partir de septiembre de 2018 se realiza un mantenimiento periódico de la estación, y se ha realizado un informe de las variables de radiación y atmosféricas medidas por los 365 días del año 2019 como parte de un estudio interno de CSET.

Además de la estación de radiación solar y variables atmosféricas, se instaló en el mismo emplazamiento una estación de medida de rendimiento de tecnologías fotovoltaicas y estudios de ensuciamiento, donde se midieron variables eléctricas de diferentes tecnologías PV y se realizaron estudios de ensuciamiento.

El equipo además posee un trazador de curvas PV-engineering IV, modelo PVPM1500X, donde han sido capacitados para su uso en terreno y su posterior procesamiento y corrección de los datos a STC (standard test conditions) y NOCT (Normal Operation Cell

Temperature), teniendo en cuenta los estándares internacionales. Este servicio de medición es parte de los servicios tecnológicos especializados que ofrece el Centro.

RL2 – Sistemas Solares Térmicos

En cuanto al equipo Solar Térmico, este cuenta con tres estaciones meteorológicas donde se mide la radiación solar y las variables atmosféricas (T-RH, presión y velocidad/dirección del viento). Una de las estaciones, Likana, se encuentra en Calama, Región de Antofagasta, donde se presta un servicio de medición del recurso solar para una empresa privada. La estación Toco está ubicada en las cercanías de María Elena, Región de Antofagasta, y actualmente no presta servicios, pero ha sido ofrecida en arriendo a empresas privadas para servicios de monitoreo in situ de estas variables ambientales. Por último, la estación Tamarugal se ubica en las cercanías de Pica, Región de Tarapacá, y al igual que la estación Toco, ha sido ofrecida en arriendo a empresas privadas para servicios de monitoreo. Este equipo ha sido utilizado en dos proyectos para una empresa de generación de CSP. Las estaciones meteorológicas también poseen dentro del cierre perimetral una estructura para la caracterización de ensuciamiento en espejos solares, manera con la cual se puede caracterizar cual es la tasa de ensuciamiento en un horizonte de tiempo dado (entre visitas). Para esto se utiliza el equipo de medición “reflectómetro especular portable 15R-RGB”, el cual permite medir la reflectividad de los espejos que se testean en el desierto de Atacama.

En resumen, hasta la fecha el equipo de CSP cuenta con una estación meteorológica que entrega datos para un cliente privado, mientras que las otras dos están siendo ofrecidas a clientes privados para campañas de monitoreo in situ de las variables del recurso solar como las variables atmosféricas (temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento), además de caracterización de ensuciamiento en superficies solares.

9. Tabla de Figuras

Figura 1 - Acuerdo de Asociación de CSET.....	13
Figura 2 - Estructura interna y corporativa de Fraunhofer CSET.....	14
Figura 3 - Scientific Advisory Board, captura de pantalla, octubre 2021.....	18
Figura 4 - Industrial Advisory Board, captura de pantalla, julio de 2021.....	20
Figura 5 - Banner edición especial "Electromovilidad y Almacenamiento", Reporte Sostenible, diciembre 2021.....	28
Figura 6 - Reportaje Agrovoltaico, Revista CAMPO, El Mercurio, febrero 2021.....	29
Figura 7 - Video Promocional "Agricultura Urbana Solar", haga clic en la imagen para ver el video.....	30
Figura 8 - Ejemplos de cápsulas informativas, Diccionario Solar.....	31
Figura 9 - Ejemplos de cápsulas informativas, Diccionario Solar.....	32
Figura 10 - Publicación en RRSS de la entrevista del MIM a Álvaro Henríquez. Agosto, 2021.....	32
Figura 11 - Crecimiento LinkedIn, año 2022.....	35
Figura 12 - Crecimiento LinkedIn, año 2021.....	35
Figura 13 - Entrevista a Marco Vaccarezza para edición especial de Electromovilidad (clic para ver).....	37
Figura 14 - Entrevista a Iván Muñoz para edición especial de Energías Renovables (clic para ver).....	37
Figura 15 - Invitación lanzamiento proyecto H2VA. Marzo, 2022.....	38
Figura 16 - Publlirreportaje Diario Financiero, 1 de febrero de 2022.....	39
Figura 17 - Piloto Agrovoltaico implementado por Fraunhofer CSET sobre cultivos de hortalizas.....	44
Figura 18 - Tractor eléctrico compacto 1R, John Deere. Fuente: https://www.deere.es/	46
Figura 19 - Tractor autónomo, CASE IH. Fuente: https://www.caseih.com/anz/en-au/innovations/autonomous-farming	46
Figura 20 - Perfil de speaker de David Jung en The Smarter E South America.....	48
Figura 21 - Cultivos de lechugas hidropónicas en piloto UrbanFarm, disposición vertical (izquierda) y horizontal (derecha).....	49
Figura 22 - Piloto FloatingPV, en tranque de la Comunidad de Agua Canal Hospital.....	50
Figura 23 - Noticia sobre FloatingPV, Revista Electricidad. Octubre, 2021.....	51
Figura 24 - Antigua publicación en Diario El Mercurio, previa a su inauguración. Noviembre, 2018.....	52
Figura 25 - Fotografía del último piso con los sistemas fotovoltaicos integrados. Fuente: La Tercera.....	53
Figura 26 - PVShade® en laboratorio de Fraunhofer ISE.....	54
Figura 27 - Tecnología BALDACHIN, prototipo.....	54
Figura 28 - Estación meteorológica autónoma en Diego de Almagro.....	56
Figura 29 - Simulación a la sala de inversores, donde se aprecia la poca ventilación.....	56
Figura 30 - Albedómetro con dos celdas de referencia y dos piranómetros.....	57
Figura 31 - Potencial de las Energías Renovables en Chile. Fuente: Informe Preliminar PELP, agosto 2021....	64
Figura 32 - Agradecimiento a Fraunhofer CSET en Informe Preliminar PELP, apoyo en la definición de potencial CSP.....	64
Figura 33 - Agradecimiento a Fraunhofer CSET en Informe Preliminar PELP, apoyo para obtener el perfil de producción térmico para plantas CSP de torre.....	65
Figura 34 - Diagrama de ambas configuraciones, (a) ciclo combinado más STP, (b) ciclo combinado más PTC.....	66
Figura 35 - Zonas de potencial para estudio de plantas HYSOL, datos de DNI según el explorador solar. Elaboración propia.....	67
Figura 36 - Invitación al webinar "Chile: Solar Thermal for Power and Heat - Success Stories and Perspectives" a través de una de las RRSS de Fraunhofer Chile.....	68
Figura 37 - Descripción del recorrido de la energía entre el heliostato y la torre.....	69
Figura 38 - Ubicación geográfica de uno de los casos de estudio, con el recurso solar del territorio, potencial	

<i>fotovoltaico (izquierda). Carta solar con sombras producto del horizonte topográfico (derecha).</i>	72
<i>Figura 39 - Consumo de energía eléctrica mensual por mes (barras) vs Irradiación Directa Normal (línea), del caso de estudio.....</i>	73
<i>Figura 40 - Elaboración propia en base a información de la Dirección de Obras Hidráulicas</i>	75
<i>Figura 41 - Colectores solares, línea de productos de Soliterm. Fuente: https://solitermgroup.com/technology/.....</i>	76
<i>Figura 42 - Invitación a evento BrineMine, mayo de 2021</i>	77
<i>Figura 43 - Agenda evento BrineMine, mayo 2021</i>	78
<i>Figura 44 - Ejemplo de gráfico de simulación producido por SHIPCal. Fuente: https://github.com/mfrasquet/SHIPcal</i>	79
<i>Figura 45 - Diagrama de participación, Consorcio del Desierto</i>	87
<i>Figura 46 - "Acortando la Brecha", el modelo de Fraunhofer</i>	89
<i>Figura 47 - Cadena de Valor para Centros de I+D</i>	93
<i>Figura 48 - Mecanismo de Vinculación con Potenciales Clientes, diagrama</i>	95
<i>Figura 49 - Modelo de Financiamiento "Tres Tercios" de Fraunhofer-Gesellschaft</i>	101
<i>Figura 50 - Cadena de Valor del Hidrógeno Verde y sus derivados. Fuente: Fraunhofer ISE</i>	116
<i>Figura 51 - Proyectos de Demostración. 1) Izquierda - Estación de servicio para vehículos de celdas de combustibles de H₂; 2) Derecha – Sistema de inyección de H₂ a red de distribución de gas natural.</i>	117
<i>Figura 52 - Planta de síntesis de Metanol y Dimetil Éter (DME)</i>	118
<i>Figura 53 - Planta de síntesis de Metanol y catalizadores, operando en las instalaciones de ThyssenKrupp</i>	119
<i>Figura 54 - Diplomado "Tecnologías Aplicadas de Hidrógeno Verde", UTFSM</i>	130