



COMITÉ SOLAR

# Estrategia de Desarrollo de la Industria Local Solar 2018 - 2020

Fortaleciendo las cadenas de valor de proveedores solares



**Edición:**

Comité Solar de CORFO  
Diciembre, 2018  
Agustinas 640, Piso 16  
Santiago de Chile  
Teléfono: +56 22 4969600  
Página web: <http://www.comitesolar.cl/>  
Twitter: [@Comite\\_Solar](#)

**Título:** "Estrategia de Desarrollo de la Industria Local Solar 2018-2020: Fortaleciendo las cadenas de valor de proveedores solares."

**Coordinador:**

Tomás E. Baeza Jeria

**Autores:**

Tomás E. Baeza Jeria  
Felipe Cuevas González  
Rodrigo Mancilla Rojas  
Viviana Huerta Doren  
Ángela Reinoso Navarro  
Claudia Farías Poblete  
Ana Ramírez Silva



Esta publicación está licenciada bajo la licencia de **Creative Commons Atribución-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)**. Para ver una copia de esta licencia visite: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode>. Usted es libre de: Compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. Adaptar, remezclar, transformar y construir a partir del material La licenciatario no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia.

**Atribución:** Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciatario.

**NoComercial:** Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.

**CompartirIgual:** Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original.



*“Si yo tuviera una hora para resolver un problema y mi vida dependiera de la solución, gastaría los primeros 55 minutos para determinar la pregunta apropiada, porque una vez que supiera la pregunta correcta, podría resolver el problema en menos de 5 minutos”.*

*Albert Einstein.*



*Figura 1. Imagen de Albert Einstein, con licencia Creative Commons<sup>1</sup>.*

<sup>1</sup> Obtenida de Pixabay <https://pixabay.com/en/albert-einstein-man-physicist-428957/>, agradecimientos a KevinKing (<https://pixabay.com/en/users/KevinKing-289243/>)

## I. Tabla de contenido

I.	Tabla de contenido .....	4
II.	Resumen ejecutivo .....	5
III.	Introducción.....	10
IV.	Antecedentes.....	12
1.	Singularidad de Chile.....	12
2.	Cambio Climático, Sentido de Urgencia .....	14
3.	Desarrollo Industrial como herramienta de sustentabilidad .....	17
i.	Casos de éxito de Políticas Industriales .....	20
ii.	El Desarrollo Industrial Contemporáneo .....	21
V.	Desarrollo Industrial Aplicado al Sector Energía.....	24
1.	Cadenas de Valor Productiva .....	27
i.	Fotovoltaica .....	27
ii.	Concentración Solar de Potencia .....	28
2.	Sinergias Productivas .....	29
i.	Experiencia Internacional .....	29
ii.	Casos de Desarrollo Nacionales .....	33
VI.	Brechas y Desafíos Actuales .....	37
1.	Brechas del Sector.....	37
2.	Desafíos Actuales .....	39
VII.	Oportunidades.....	49
1.	Desafíos País.....	49
2.	Escenarios de desarrollo de proyectos solares .....	50
3.	Estimación de la demanda de materias primas .....	53
4.	Otras aplicaciones de la energía solar.....	54
5.	Oportunidades para la industria nacional.....	57
VIII.	Estrategia de Desarrollo de la Industria Local Solar 2018-2020 .....	67
1.	Objetivo .....	69
i.	Objetivos estratégicos.....	69
2.	Metas .....	70
3.	Plan de Acción .....	70
I.	Bibliografía.....	76
II.	Anexos .....	79
1.	Anexo 1 Documentos de estrategia de desarrollo Industrial en energía solar .....	80



## II. Resumen ejecutivo

### Hacia la construcción de una Estrategia de Desarrollo de la Industria Local Solar

Desde su creación el año 2016, el Comité Solar ha enfocado su quehacer en impulsar el desarrollo de la industria solar nacional.

Al comenzar nuestro trabajo el diagnóstico de la situación del sector indicaba que “*la industria de energía solar en Chile aún tiene una baja participación de empresas nacionales en el suministro de bienes y servicios, construcción, operación y mantenimiento de proyectos de generación solar, tanto eléctrica como térmica, lo que dificulta el aprovechamiento del potencial solar del país para la creación de condiciones socioeconómicas locales favorables, asociadas a las inversiones involucradas en dicho tipo de proyectos*”<sup>2</sup>.

Tras recibir los primeros resultados de los estudios encomendados para conocer las características del recurso solar, constatamos que Chile contaba no solo con altos índices de radiación solar en el norte del país, sino que además éstos resultaban ser los más altos del mundo, con niveles de irradiación global horizontal (GHI) que llegan a los 2.700 kWh/(m<sup>2</sup> año), y a los 3.800 kWh/(m<sup>2</sup> año) en el caso de la irradiación normal directa (DNI) y con más de 4.200 horas promedio de sol.

A lo anterior se suma el hecho de que el Desierto de Atacama no sólo alberga la mejor radiación solar, sino también concentra la mayor actividad minera de cobre del mundo y cuenta con las mayores reservas litio y de otros minerales no metálicos, situación que configura una singularidad que se presenta como una de las oportunidades más significativas para el país en su tránsito hacia convertirse en una economía desarrollada.

---

<sup>2</sup> Fundación Chile, Estudio de Levantamiento de Brechas y Hoja de Ruta Programa Estratégico Nacional en Industria Solar (PES). 16 de Septiembre, 2015.



Por otra parte el cambio climático, aún cuando representa la amenaza más importante que enfrenta la humanidad, puede transformarse en una oportunidad de desarrollo económico para aquellos países que están adoptando un rol activo en la industria de las energías renovables, la eficiencia energética y electromovilidad, o bien, para aquellos países con una dotación de recursos naturales que son claves para favorecer este crecimiento verde, como es el caso de Chile.

El Banco Mundial<sup>3</sup> analizó el rol de los minerales y metales para un futuro de bajas emisiones y plantea que “*el cambio hacia una energía baja en carbono producirá oportunidades globales en relación a un número importante de minerales*”, resaltando que la región, con Chile en primer lugar, “*está en una excelente posición para suministrar la transición energética global*”, con sus ventajas estratégicas en materiales clave como el cobre, hierro, plata, litio, aluminio, níquel, manganeso y zinc.

Al poseer Chile las mejores condiciones del planeta para el desarrollo de proyectos de generación de energía solar, y tomando en cuenta la necesidad del país de realizar una transición hacia una matriz energética más renovable, así como de diversificar y sofisticar su matriz productiva, el desarrollo de la industria solar local aparece como un sector en donde Chile tiene efectivamente ventajas comparativas y una oportunidad de diversificación productiva.

En este contexto la “Ruta Energética 2018-2022” definida por el Ministerio de Energía plantea la necesidad de contribuir a un verdadero desarrollo sostenible en el sector energético.

En este marco como Comité Solar nos hemos planteado el objetivo de trabajar por crear las condiciones habilitantes para el desarrollo de un ecosistema de innovación y emprendimiento asociado a la energía solar en Chile, mediante el diseño e implementación

---

<sup>3</sup> The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future, World Bank Group and EGPS.

de proyectos que, en colaboración con una red de actores nacionales e internacionales, aumenten la competitividad, productividad, capacidades tecnológicas y mercados de las empresas del sector, aprovechando particularmente el excepcional recurso solar del Desierto de Atacama, aspirando a consolidar a la energía solar como una oportunidad para la creación de nueva riqueza para el país.

Creemos en el desarrollo industrial en torno a las energías renovables, y que el potencial de creación de valor a nivel local, regional y nacional, depende en gran medida del desarrollo y materialización de proyectos que presente el país en el sector de energías renovables, mejorando la empleabilidad de personas a nivel local, incentivando sinergias entre actividades económicas existentes y promoviendo la creación de nuevas actividades industriales a lo largo de las distintas etapas de la cadena de valor.

Para esto es fundamental que las empresas locales sean parte de la cadena de valor de los proyectos de energía solar que se implementen en Chile. El fomentar capacidades locales permite fortalecer la industria nacional, de tal forma que el país pueda posicionarse como un referente de tecnologías solares a nivel mundial.

Es por esta razón que el Comité Solar ha desarrollado la presente “Estrategia de Desarrollo de la Industria Local Solar 2018-2020”, documento que tiene por objetivo iniciar una discusión que nos permita posteriormente preparar un camino de largo plazo, que aúne esfuerzos del sector público y privado, de la academia, la ciencia y la industria, de manera de generar consensos para avanzar en una definición estratégica común que apunte a identificar y fortalecer las oportunidades de mayor impacto de desarrollo de la industria local solar para el país.

Este documento tiene como objetivo identificar, incentivar y activar sinergias entre actividades económicas existentes; promover la creación de nuevas actividades industriales a lo largo de las distintas etapas de la cadena de valor; junto con mejorar la empleabilidad

a nivel local, para sentar las bases de manera de generar impacto sostenible en el tiempo y que aporten a los grandes desafíos del sector energía.

Las metas planteadas en la estrategia dicen relación con aumentar el número de empresas que realizan actividades de innovación relacionadas a la industria solar en Chile; crear un reporte sobre el desarrollo del mercado en la industria solar; aumentar el contenido local de proyectos solares en Chile; contar con un catastro de empresas proveedoras de la industria solar en todas las etapas de la cadena de valor; y levantar un catastro de mano de obra calificada para proyectos solares.

La estrategia reconoce el rol primordial del sector privado, el papel vital que desempeña en la generación de tecnología de punta costo-efectiva, posteriormente en su comercialización, donde emprendedores, inversionistas y empresas son impulsoras del desarrollo industrial.

El presente trabajo se ha estructurado en tres grandes áreas. La primera dice relación con el desarrollo industrial aplicado al sector de energía, capítulo donde se identifican las cadenas de valor para la industria Fotovoltaica y de Concentración Solar de Potencia, resaltando las sinergias productivas que deben darse para generar efectos positivos en los distintos actores involucrados para cada una de las tecnologías de generación tratadas. En este capítulo se resalta el caso del Programa de Investigación y Desarrollo de Tecnologías Fotovoltaicas de Alta Radiación y Clima Desértico (Atamos-TEC)”, implementado por la Universidad de Antofagasta, que busca adaptar y/o desarrollar nuevos materiales, componentes y servicios de operación y mantenimiento para sistemas fotovoltaicos adaptados a condiciones climáticas desérticas.

El siguiente apartado define, analiza y desarrolla las brechas del sector de energía solar para las tecnologías de concentración solar de potencia y solar fotovoltaica, categorizando los problemas más frecuentes que destacan en cada uno de ellas, relacionados principalmente

con los proveedores, la obtención de permisos, la venta y transmisión de energía y al capital humano.

Un tercer capítulo dice relación con la identificación de oportunidades de desarrollo de la industria nacional, promoviendo un plan de acción con actividades y plazos.

Creemos que este trabajo representa un ejercicio de aproximación y diagnóstico para la elaboración de una Estrategia de Desarrollo de la Industria Local Solar a la que debe seguir un proceso futuro de validación con la industria y los demás actores que se han visto involucrados en su definición.

### III. Introducción

Existe consenso en que las energías renovables tienen un rol protagónico en la transición energética, teniendo el potencial de desplazar el uso de combustibles fósiles, lo que permite reducir la emisión de gases de efecto invernadero y frenar el cambio climático. Además, tienen un impacto en la economía global, presentando una oportunidad para fortalecer la economía local, al desarrollar un mercado de proveedores de bienes y servicios, generando ingresos y empleos (IRENA, 2018) (Banco Interamericano de Desarrollo, 2017). Este potencial de generar ingresos y crear empleos dependerá del grado en que la industria pueda: emplear personas a nivel local; aprovechar las actividades económicas existentes; o crear nuevas actividades a lo largo de las distintas etapas de la cadena de valor.

La gran radiación solar que recibe el norte de Chile, especialmente en el Desierto de Atacama (IEA, 2017) (Hinkley J, 2016), ha sido uno de los factores que ha impulsado el desarrollo de proyectos de energía solar, los que hasta octubre de 2018 habían alcanzado una capacidad instalada de energía solar fotovoltaica de 2.278 MW en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) (CNE, 2018). Estas condiciones son una importante oportunidad para utilizar nuestro recurso solar en la generación de energía limpia y transitar a una economía sostenible y baja en carbono, en línea con nuestros compromisos internacionales y con las metas de la Política Energética 2050 y la Ruta Energética 2018-2022 a nivel nacional.

Junto con la energía solar fotovoltaica (FV), se está desplegando globalmente la tecnología de concentración solar de potencia (CSP). Actualmente se construye la primera planta de CSP de Latinoamérica en María Elena, Región de Antofagasta, proyectándose una expansión relevante a nivel internacional, lo que presenta una oportunidad para una mayor integración de energía renovable variable (FV y eólica) por la flexibilidad que otorga al sistema, complementando el despliegue de la energía FV (IEA, 2017), de modo de generar energía de manera continua y limpia (de acuerdo al perfil de demanda), y en momentos en que no se cuenta con radiación solar.



Por otro lado, ha cobrado relevancia la producción y uso de hidrógeno verde producido a partir de energía renovable, el cual ha emergido como un vector energético prometedor para acelerar la descarbonización de la matriz energética en el mundo. El hidrógeno tiene usos industriales, en transporte, mejorando condiciones de seguridad energética, y con el potencial de mitigar gases de efecto invernadero, al mismo tiempo de abrir nuevos mercados.

Todo este desarrollo en torno a la energía solar conlleva una demanda de capital humano, bienes y servicios, que sean capaces de suprir los requerimientos para diseñar, construir, operar y mantener plantas de energía solar, no sólo a nivel nacional, sino que también se presenta la oportunidad de capturar la demanda de bienes y servicios en el mercado latinoamericano. Una eventual interconexión regional podría aumentar la demanda de energía producida en Chile y sus servicios asociados, lo que a su vez incrementa el potencial y las oportunidades para el desarrollo de este mercado.

Para aprovechar esta oportunidad de manera oportuna y eficaz, abordando los desafíos que se nos presentan, el Comité Solar ha diseñado esta “Estrategia de Desarrollo de la Industria Local Solar 2018-2020”, que busca apoyar el desarrollo de una industria de proveedores nacionales, considerando los posibles factores de influencia, tanto previstos como imprevistos, para marcar la pauta de la potencial transformación productiva (Newton, 2018), enfocada en los usos de la energía solar: generación de electricidad mediante paneles fotovoltaicos y energía termosolar para la generación de electricidad o para aplicaciones industriales.

## IV. Antecedentes

### 1. Singularidad de Chile

Nuestra matriz eléctrica alcanzó una capacidad instalada de generación el año 2017 de 22.580 MW y una generación de energía eléctrica bruta de 74.647 GWh (Ministerio de Energía, 2018). La Planificación Energética de Largo Plazo (PELP) del Ministerio de Energía, indica que la demanda eléctrica crecería al 2046 en un rango de 2,0 y 3,2% anual, lo que daría un potencial de demanda para una instalación de plantas fotovoltaicas entre 5 GW y 13 GW, y un potencial de plantas de concentración solar de 8 GW (Ministerio de Energía, 2018).

Un estudio desarrollado por el Ministerio de Energía de Chile y la Agencia de Cooperación Internacional Alemana (GIZ), estimó en cerca de 2.000 GW el potencial de energías renovables (solar, eólico e hidroeléctrico), de los cuales más de 1.800 GW son solares (90%) y están concentrados en el Desierto de Atacama (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Ministerio de Energía, 2014). Este potencial solar significa más de 70 veces la capacidad instalada actualmente en el país, suficiente para abastecer más de cuatro veces la energía que consume toda América Latina (donde Brasil es el principal consumidor), o incluso toda la energía demandada por el continente americano (incluido Estados Unidos).



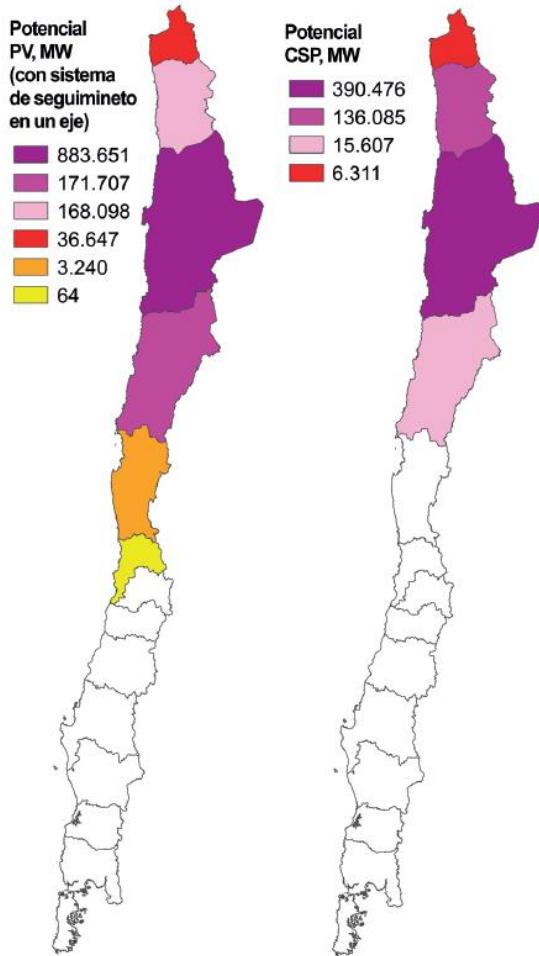


Figura 2. Potencial disponible de energía fotovoltaica y concentración solar de potencia por región (GIZ, 2014).

Hoy, tras los estudios realizados por el Comité Solar y otras instituciones relacionadas (Comité Solar, 2018), se puede afirmar que el norte grande de Chile es la zona que recibe la mayor cantidad de radiación solar en el mundo, con niveles de radiación global (GHI) que llegan a los 2.700 kWh/m<sup>2</sup>año, y a los 3.700 kWh/m<sup>2</sup> año en el caso de la radiación normal directa (DNI), con más de 4.200 horas promedio de sol. Dichas características la transforman en una zona excepcional para la ejecución de inversiones en tecnologías solares (FV y CSP), aplicaciones térmicas, y actividades de investigación, desarrollo e innovación en el área.

Además, el Desierto de Atacama alberga las reservas de cobre, litio y otros minerales no metálicos más grandes del mundo, con una industria minera que por más de un siglo ha sido el principal sector productivo y económico del país. La minería es un rubro que hoy ve

con optimismo las revoluciones tecnológicas globales, las cuales han posicionado a estas materias primas como claves en la lucha contra el cambio climático (electromovilidad, energías renovables, eficiencia energética). En este sentido, el Banco Mundial resaltó a Chile en primer lugar de la región, como protagonista de la transición energética global debido a sus ventajas estratégicas en materiales clave como el cobre, hierro, plata, litio, níquel, manganeso y zinc; y plantea que el cambio hacia una energía baja en carbono producirá oportunidades globales en relación a un número importante de minerales (Arrobas, et al., 2017).

Esta singularidad configura una de las oportunidades más significativas para el desarrollo de soluciones tecnológicas en materia de energía solar, asociadas a generación de energía limpia.

Dentro de los ejes estratégicos del Comité Solar se encuentra el desarrollo tecnológico, la innovación y el emprendimiento. Es fundamental que las empresas locales sean parte de la cadena de valor de los proyectos de energía solar que se implementen en Chile. El fomentar capacidades locales permite fortalecer la industria nacional, de tal forma que el país pueda posicionarse como un referente de tecnologías solares a nivel mundial. En este contexto, el Comité Solar ha impulsado varias iniciativas que identifican las capacidades existentes y que promueven el desarrollo de la industria nacional.

## 2. Cambio Climático, Sentido de Urgencia

En 2015 se realizó en París la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (COP21). La meta impuesta en dicha ocasión fue la de no superar la barrera de los 2°C por sobre los niveles preindustriales, ya que la evidencia científica indica que superar esa barrera conduciría a consecuencias irreversibles y peligrosas. En ese contexto, 190 países firmaron el llamado “Acuerdo de París”, el cual constituye un instrumento de implementación de dicha convención. En este acuerdo se busca crear un marco para iniciar la transformación, estableciendo reglas, procedimientos

e instrumentos para alcanzar este objetivo, sobre la base de las Contribuciones Tentativas Nacionalmente Determinadas.

Por su parte, Chile ratificó el “Acuerdo de París” comprometiéndose a preparar, comunicar y mantener sucesivamente su Contribución Determinada a nivel nacional, con un plazo de implementación entre los años 2018 y 2030, incluyendo diversas metas y acciones en el ámbito de la mitigación y adaptación al cambio climático, creación de capacidades, transferencia tecnológica y financiamiento, entre otras (Ministerio de Medio Ambiente, 2017).

Pese a los esfuerzos de los países por frenar el cambio climático, las acciones comprometidas e implementadas no son suficientes para evitar su progresivo avance y ya es posible evidenciar las manifestaciones negativas de este fenómeno que impacta y pone en riesgo la subsistencia de los ecosistemas más vulnerables, repercutiendo además en la salud de las personas, los empleos y la economía en general.

Recientemente, en 2018, se presentó para conocimiento de la comunidad mundial, el Informe Especial sobre el Calentamiento Global de 1,5°C elaborado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés). El informe confirma la urgente necesidad de frenar el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, fijando el límite de aumento de temperatura en 1,5°C en lugar de los 2°C que fueron planteados anteriormente. La diferencia de medio grado puede que no parezca significativa, pero el IPCC proyecta que un aumento de 2°C en la temperatura media mundial conduciría impactos globales y regionales catastróficos (IPCC, 2018).

Para reducir el nivel de calentamiento global en el futuro, se necesita alcanzar “cero emisiones netas” para mediados de siglo, situación que exigirá una rápida transición de la economía mundial. Se espera que en los próximos 10 a 20 años se transformen los sistemas energéticos, agrícolas, urbanos e industriales. Además se debe integrar la acción climática

en un marco más amplio de las políticas públicas, siendo necesario que todo este cambio esté directamente relacionado con las áreas de empleo, seguridad, tecnología e innovación. Según la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), la tendencia actual de emisiones no permitirá cumplir el objetivo. Sin embargo, aún existen posibilidades, sobre todo si consideramos que limitar el calentamiento a 1,5°C es técnica y económicamente viable, además de ser social y ambientalmente más beneficioso. No obstante se requieren transformaciones sin precedentes en todos los ámbitos de la sociedad (IRENA, 2018).

Por su parte, Mission Innovation (MI) es una iniciativa global liderada por 23 países y la Unión Europea, que busca acelerar de manera dramática la innovación en energía limpia, teniendo como meta lograr que los gobiernos participantes dupliquen la inversión en investigación y desarrollo en esta materia en un plazo de 5 años -a partir de noviembre del año 2015- junto con fomentar la inversión del sector privado en tecnologías de energía limpia, provocando un considerable aumento de disponibilidad de tecnologías avanzadas para contar con energía limpia, asequible y confiable.

En este contexto, se reconoce el rol primordial del sector privado, el cual desempeña un papel vital tanto en la generación de tecnología de punta costo-efectiva como en la posterior comercialización. Emprendedores, inversionistas y las empresas son impulsores de la innovación, desde el laboratorio hasta el mercado, y los miembros del Mission Innovation se han comprometido a entregar apoyo desde las etapas tempranas de desarrollo de innovación. El liderazgo del Mission Innovation se maneja a través de los ministros con responsabilidad en innovación energética de los Gobiernos participantes. En el caso de Chile, la iniciativa es liderada por el Ministerio de Energía.

Según palabras del expresidente Obama en el cierre de la Cumbre de Economía Verde 2017, “*Somos la primera generación que siente los efectos del cambio climático y la última que puede hacer algo al respecto...*”. Por consiguiente, los cambios que hay que llevar a cabo necesariamente modificarán la forma en que se ha desarrollado la economía, marcando

nuevos parámetros y exigencias para los procesos productivos, lo que conlleva una clara oportunidad para la innovación, pensando en formas más eficientes y ambientalmente sustentables de producción.

Aunque existen diferentes vías para mitigar el cambio climático, las energías renovables y la eficiencia energética son las opciones óptimas para lograr la mayoría de las reducciones de emisiones requeridas con la rapidez necesaria. En conjunto, pueden conseguir más del 90% de las reducciones de emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía, utilizando tecnologías seguras, fiables, asequibles y ampliamente disponibles (IRENA, 2018).

### 3. Desarrollo Industrial como herramienta de sustentabilidad

De acuerdo a las Naciones Unidas (Naciones Unidas, 2014) para lograr un cambio estructural profundo, que permita el escalamiento hacia sectores o actividades más productivas, se requiere de una política industrial activa, pues resulta insuficiente aquella política destinada sólo a corregir fallas de mercado o de corte horizontal.

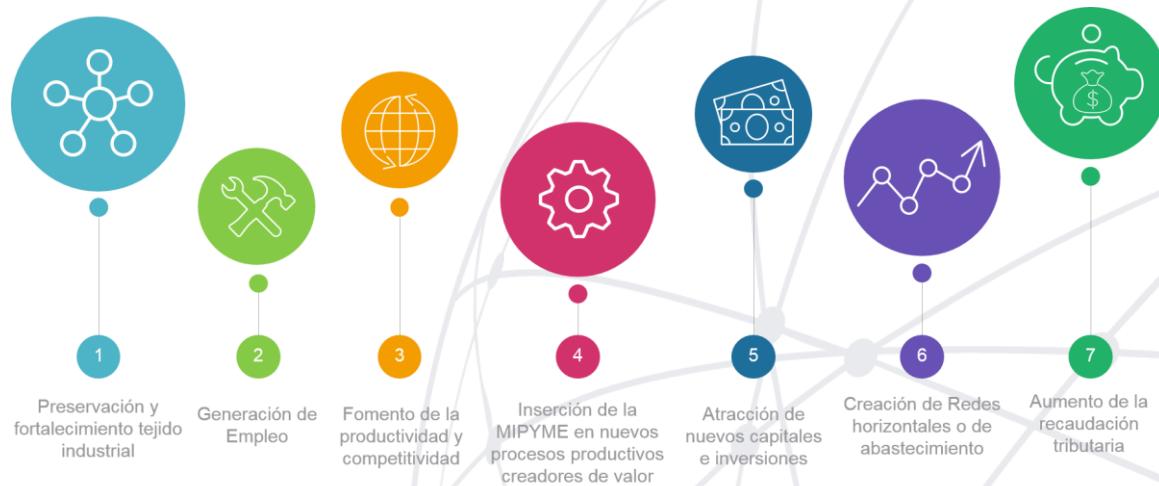
El aumento de la participación de empresas locales en cadenas de valor, permite incrementar su productividad y escalar nuevos productos/servicios desarrollados por las mismas empresas. Es por esto que en el diseño de estrategias que apunten a fortalecer las cadenas de valor productivas, es necesario identificar acciones de apoyo específicas y focalizadas. (Naciones Unidas, 2014).

Desde una perspectiva económica, el valor puede ser definido en su esencia, como la producción de nuevos bienes y servicios. Para definir el valor económico (tanto positivo como negativo) en un sistema, no sólo entran en juego la interacción de los tres principales factores (producción, distribución y reinversión) sino que también es fundamental entender la utilidad de lo que es creado (productos y servicios), junto con su efecto de incremento o disminución de la resiliencia del sistema productivo (Mazzucato, 2018).

Bajo una perspectiva de Porter, una cadena de valor es un sistema de actividades interdependientes, las cuales están conectadas por vínculos, los cuales existen en la medida en que la actividad que es desarrollada afecta los costos o la efectividad de otra actividad. Estos vínculos crean intercambios entre diferentes actividades, las cuales a su vez, deben estar coordinadas (Porter, 2008). Cadena de valor puede ser definida como el conjunto de actores que son parte de los procesos de provisionamiento, producción, transporte, distribución, venta y consumo (Naciones Unidas, 2014).

En los últimos años se ha renovado el debate sobre el rol clave que juegan las políticas industriales para generar sinergias entre el Estado, el mercado y la sociedad. Contribuyendo a este debate, las Naciones Unidas, a través de la CEPAL, desarrollaron una metodología para el diseño de estrategias de fortalecimiento de cadenas de valor. En ella se destaca la importancia de la innovación y el fortalecimiento del capital humano para disminuir las brechas tecnológicas que se tienen con respecto a países más desarrollados, a fin de aumentar el empleo, incrementar el valor agregado de la producción local, y fortalecer la relación entre exportación y crecimiento económico, a través de mejoras en la productividad de la micro, pequeña y mediana empresa (Naciones Unidas, 2014).

Entre los beneficios destacados de la participación de nuevas empresas en las cadenas de valor se encuentran:



*Figura 3. Beneficios de la participación de nuevas empresas en cadenas de valor productivas. Elaboración propia basado en (Naciones Unidas, 2014).*

La adquisición, uso y desarrollo tecnológico han sido factores claves para el avance de grandes potencias industriales.

De acuerdo a lo planteado por Friedrich List, este motor de desarrollo proviene del proceso de aprendizaje obtenido por la adquisición, uso y desarrollo tecnológico. Esta tesis influenció los procesos de industrialización de Estados Unidos, Alemania y Japón (Di Maio, 2009).

En este sentido dentro de las principales estrategias destacan (Naciones Unidas, 2014):

- El capital humano juega un rol significativo en la productividad de un país.
- La manufactura es el factor principal que determina el crecimiento del producto interno bruto. A su vez, la productividad genera empleo y mejora el equilibrio de la balanza de pagos del país. Así, la inversión en un determinado sector estimula el desarrollo de toda la economía.
- Se deben seleccionar actividades, sectores caracterizados y contar con un crecimiento sostenido.
- Contar con una política económica que promueva el desarrollo de largo plazo, mediante diversos instrumentos, tales como la protección del capital intelectual; apoyo a actividades priorizadas; y apoyo para invertir en producción, entre otros.



### i. Casos de éxito de Políticas Industriales

Existen varios casos de políticas industriales exitosas en países de establecida apertura económica (Naciones Unidas, 2014). A continuación se destacan los casos de Reino Unido, Alemania, Estados Unidos y Japón.



El cambio tecnológico fue el eje central que promovió el proceso de revolución industrial en el Reino Unido. Dicho cambio fue impulsado por el gobierno a través de 3 aspectos clave: fomento de la entrada de tecnología, creación de asociaciones de difusión de conocimientos y prevención de escape de innovaciones a otros países (Crafts, 1996). Estas acciones, tomadas a nivel de gobierno, permitieron que aumentaran las exportaciones de materias primas procesadas industrialmente, a la vez que disminuyeran las exportaciones de materias primas sin valor agregado. Asimismo, esto repercutió en un crecimiento estable entre 1760 y 1914.



En el caso de Alemania, la industria nacional fue promovida por la facilitación de financiamiento y la construcción de infraestructura de transporte (especialmente el ferrocarril). A su vez, Alemania desarrolló su sistema educativo y potenció la investigación científica, logrando con esto desarrollar industrias más complejas y con nuevas ramas de producción. Así, se consolidó a nivel mundial en áreas como la industria química y la ingeniería eléctrica (Naciones Unidas, 2014)



Por su parte, la industrialización en Estados Unidos estuvo marcada por el incremento de población (de 23 a 106 millones, entre 1850 y 1920); la disponibilidad de recursos naturales en abundancia; el desarrollo de un sistema educativo y de conocimiento aplicado a la industria; así como también por su política comercial y protecciónnista de la industria nacional (Aparicio Cabrera, 2013). El gobierno federal promovió instrumentos tales como: inversión en conocimiento, protección de mercados, derechos de propiedad intelectual y subsidios, entre otros (UNU-WIDER, 2010)



El desarrollo industrial de Japón fue exitoso debido a las propias condiciones del país al comienzo del proceso; las reformas económicas y sociales; un mercado interno de gran tamaño, tasas de alfabetización asimilables a países desarrollados y una clase empresarial y comercial estable (Aquino Rodriguez, 2000). Para lograr la construcción y consolidación de la industria nacional, el gobierno japonés participó activamente. Dentro de las acciones tomadas se destacan: construcción de infraestructura de transporte y comunicación; creación de empresas estatales para su posterior venta al sector privado; establecimiento de la industria siderúrgica; impulso en diferentes ámbitos como educación, ciencia y tecnología; creación de instituciones y grupos empresariales nacionales, así como intercambio profesional con países occidentales (Naciones Unidas, 2014).

## ii. El Desarrollo Industrial Contemporáneo



comercio y la circulación de flujos de bienes, servicios y capitales. Los países desarrollados

Sin duda, el escenario actual, tanto internacional como nacional, dista mucho del que existía en las décadas de 1960 y 1970. En consecuencia, las nuevas políticas industriales se caracterizan por la influencia del libre

han optado por fortalecer sus industrias nacionales, mediante la adopción de nuevos instrumentos y programas de apoyo, mientras que diversos países en desarrollo han aumentado el rol del Estado en el respaldo al desarrollo industrial (Naciones Unidas, 2014).

En el marco de la Organización Mundial de Comercio (OMC), se han suscrito acuerdos que limitan el accionar de la política industrial de sus países miembros, principalmente en cuatro aspectos:

**Aranceles, para-aranceles, cuotas y barreras no arancelarias:** Se reduce al máximo acordado los aranceles a la importación, sin embargo, ciertos productos industriales y bienes primarios no presentan estas restricciones; se restringe el uso de impuestos específicos a la importación o gravámenes de efecto similar a un arancel (para-aranceles), como los impuestos a transacciones en moneda extranjera o impuestos internos a las importaciones; no se incluyen las restricciones cuantitativas a las importaciones (límites por volumen o valor de las mercancías), las regulaciones relacionadas a la denominación de origen, los procedimientos aduaneros, medidas sanitarias y fitosanitarias, como cualquier otra medida que pueda constituirse en barrera no arancelaria.

**Subsidios a las exportaciones:** Se prohíben los subsidios dirigidos explícitamente al fomento de exportaciones, y se establecen reglas para la utilización de medidas compensatorias en los casos en que se genere un daño a la industria nacional a consecuencia de los subsidios a la producción en terceros países. Sin embargo, sí se permiten los subsidios -bajo ciertas condiciones- para el fomento de actividades I+D y educación superior, y la asistencia a regiones en desventaja entre otros.

**Medidas sobre la inversión relacionadas con el comercio:** En el Acuerdo sobre las medidas en materia de inversiones relacionadas con el comercio (MIC) (TRIMS<sup>4</sup>, en inglés) se establece la obligatoriedad de dar a la inversión extranjera directa un trato similar (no

---

<sup>4</sup> Para mayor información [https://www.wto.org/english/tratop\\_e/invest\\_e/trims\\_e.htm](https://www.wto.org/english/tratop_e/invest_e/trims_e.htm)



menos favorable) que el concedido a inversiones de capital nacional. Además se exige la eliminación de requisitos de desempeño relacionados con el comercio y se prohíbe la regulación de las actividades de empresas multinacionales en temas de compra de insumos domésticos o importación de insumos.

**Protección de propiedad intelectual:** En el Acuerdo sobre los derechos de propiedad intelectual relacionados con el comercio (TRIPS<sup>5</sup>, por su sigla en inglés) se establecen los estándares mínimos de protección que deben ser otorgados por los países en las principales áreas de propiedad intelectual, junto con los procedimientos y acciones que se deben cumplir para que se puedan hacer valer sus derechos. Las principales áreas de protección de propiedad intelectual son: patentes, marcas registradas, diseños industriales, derechos de autor y denominaciones de origen.

No obstante lo anterior, existe un amplio espectro para la aplicación de políticas industriales, las cuales son aceptadas y ocupadas en gran parte de los países desarrollados. Tomando como punto de referencia la clasificación de instrumentos, existen posibilidades en todas las áreas de la política industrial, tal como se muestra gráficamente en la Figura 4:



Figura 4. Espacio de aplicación de las políticas industriales. Elaboración propia basada en (Naciones Unidas, 2014).<sup>6</sup>

<sup>5</sup> Para mayor información [https://www.wto.org/english/tratop\\_e/trips\\_e/trips\\_e.htm](https://www.wto.org/english/tratop_e/trips_e/trips_e.htm)

<sup>6</sup> Los íconos para representar gráficamente cada uno de los pilares fueron obtenidos de “The Noun Project” elaborados por paisurangkana <https://thenounproject.com/paisurangkana> Bajo licencia CreativeCommons

## V. Desarrollo Industrial Aplicado al Sector Energía

En relación al desarrollo industrial en torno a las energías renovables, el potencial de creación de valor a nivel local, regional y nacional, depende en gran medida del desarrollo y materialización de proyectos que presente el país en el sector de energías renovables. Los países que se encuentran al inicio de su desarrollo energético renovable, tienen potencial de creación de valor local medio a alto en actividades tales como operación, mantenimiento y conexión a la red. Al desarrollarse la industria local, más y mejores oportunidades comienzan a emerger para crear valor localmente, a lo largo de toda la cadena de valor (IRENA, 2014).

La implementación de proyectos de energía solar ha ido aumentando de manera sostenida por cerca de dos décadas, pasando de 9 GW de capacidad instalada de energía fotovoltaica en el año 2007, a más de 381 GW en el año 2017 a nivel mundial (IRENA, 2017; IRENA, 2018) (ver Figura 5). Este crecimiento, en parte, se explica por economías de escala, mejoras en la materialidad y mayor eficiencia de los procesos, lo que ha provocado una drástica disminución de costos de producción (IEA-PVPS, 2015). El crecimiento presenta oportunidades de generar ingresos y empleos que propicien el desarrollo, dependiendo del grado en el que se involucre el mercado y mano de obra local a lo largo de la cadena de valor, pudiendo producirse sinergias con actividades económicas existentes o crear nuevas.

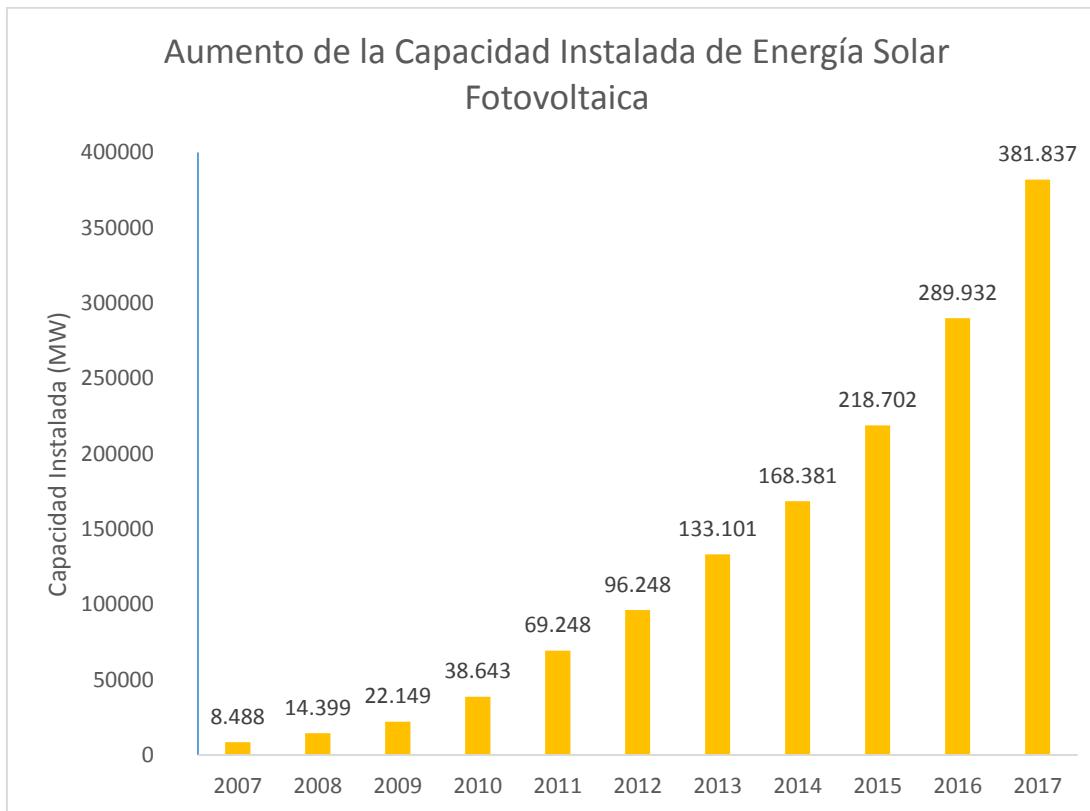


Figura 5. Tendencia de capacidad instalada de Energía Solar Fotovoltaica acumulada a nivel mundial (IRENA, 2017).

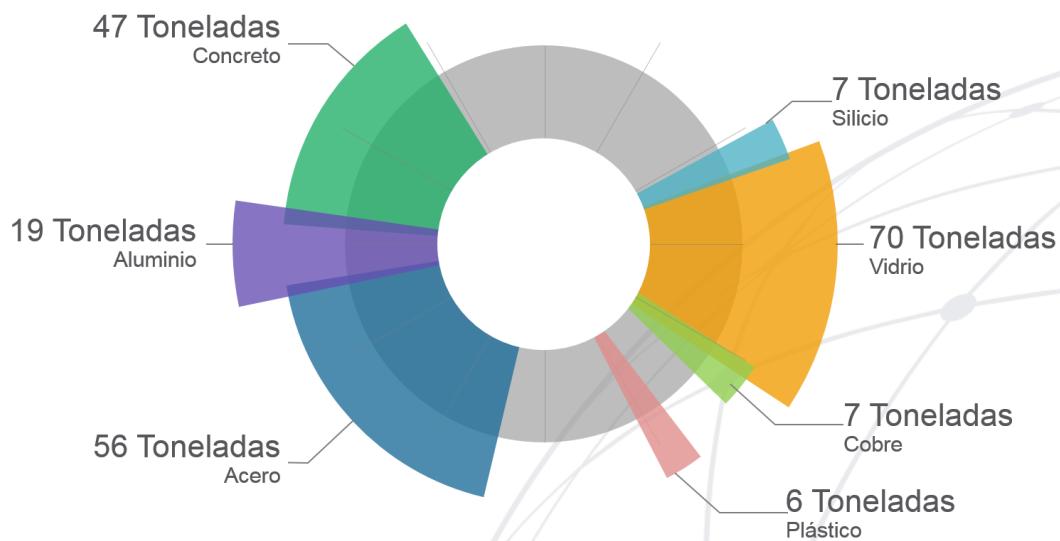
En Chile, la capacidad instalada de energía solar fotovoltaica alcanzó los 2.278 MW en octubre de 2018 (CNE, 2018), equivalente a un 9,87% de la capacidad instalada en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN). A diferencia de la mayoría de los países, los proyectos privados han impulsado nuestro mercado, el cual se ha transformado en el más grande de Latinoamérica, con una participación del 37% de la demanda regional durante 2015 (GTM Research, 2016).

En términos económicos, el costo total de un proyecto fotovoltaico de gran escala se puede dividir en 3 categorías: costo de los módulos, costo de inversores y costo del balance del sistema (hardware, “Soft Costs”<sup>7</sup> y otros componentes). Este último representa alrededor del 60% del costo total del proyecto, los módulos representan el 30% y los inversores un

<sup>7</sup> Los Soft Costs o costos blandos, representan los costos de ingeniería, construcción, instalación y en general de todas las actividades de no sean componentes.

10%, por lo que los costos de ingeniería, construcción e instalación presentan una oportunidad para crear valor agregado a nivel local, más allá de la fabricación de los activos fijos (IRENA, 2017).

La composición de los paneles solares depende del tipo de panel utilizado. Actualmente, dominan el mercado los paneles de tecnología fotovoltaica en base a silicio cristalino (c-Si; incluyendo monocrystalinos, policristalinos y multicristalinos, cinta de silicio y silicio amorfo), con una cuota de alrededor del 92% del mercado global (IRENA, 2017). Los materiales utilizados en inversores, estructuras de montaje y cables son independientes del tipo del panel fotovoltaico seleccionado. En la Figura 6 se muestra la cantidad de materiales necesarios para fabricar e instalar una planta solar fotovoltaica en base de silicio de 1 MW:



*Figura 6. Cantidad de materias primas requeridas por cada MW instalado en una planta fotovoltaica. Fuente: (IRENA, 2017).*

En este ejemplo, se utilizan casi 70 toneladas de vidrio en la fabricación de los paneles fotovoltaicos, 56 toneladas de acero y 19 toneladas de aluminio en las estructuras de montaje. También se requieren alrededor de 47 toneladas de concreto para las fundaciones y se utilizan otros materiales clave, como el silicio, cobre y plástico, que conforman una menor proporción del total.

Por otro lado, una planta de Concentración Solar de Potencia (CSP) cuenta con diversos componentes que pueden ser fabricados localmente, como espejos, bombas, sistemas de seguimiento, torres de alta tensión, estructuras metálicas de soporte, receptores, tuberías, fluidos de transferencia de calor, fundaciones, cables, bloque de potencia, sistema de almacenamiento sistemas de control eléctrico y conexión a la red (Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, 2012).

## 1. Cadenas de Valor Productiva

### i. Fotovoltaica

La cadena de valor de un proyecto fotovoltaico se puede estandarizar en siete fases, como se muestra en la Figura 7. Los componentes principales de cada planta fotovoltaica son el módulo, inversor, montaje de estructuras, fundación, cableado, transformador y conexión a red; mientras que los principales materiales utilizados son los semiconductores, el vidrio solar, el acero, el aluminio, la lámina, el hormigón, el cobre y los polímeros aplicables. La mayoría de los materiales se adquieren a nivel internacional, en consideración al precio, calidad y requerimientos específicos de cada país (Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, 2012).

Los módulos se fabrican conectando física y electrónicamente las capas de semiconductores y se encapsulan mediante vidrio y plástico. Durante la instalación de los módulos se levantan estructuras de soporte sobre las cuales se montan los módulos fotovoltaicos, se instalan los cables de conexión y se integran los equipos de generación y acondicionamiento. Cada desarrollador de proyectos define el diseño, los materiales y la producción que se espera, de acuerdo a las particularidades de cada iniciativa, y vela por del desarrollo integral, desde el diseño hasta finalizar la etapa de comisionamiento (IEA-PVPS, 2015) (Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, 2012).



Cadena de Valor Central	Desarrollo de Proyectos	Materiales	Componentes	Ingeniería y Construcción	Operación y Mantenimiento	Transmisión / Distribución	Desmantelamiento							
Elementos de la Cadena de Valor Central	Adquisición/medición de datos	Dispositivos electrónicos	Módulo Fotovoltaico	Montaje de estructuras	Mantenimiento	Mantenimiento eléctrica	Desmantelamiento							
	Selección del lugar de emplazamiento	Acero	Sistema de montaje	Infraestructura	Limpieza de paneles		Reciclaje/reutilización de módulos							
	Estudios de factibilidad técnicos y económicos	Hormigón	Tracker	Fundación, obras civiles	Análisis termográficos		Disposición final de productos prioritarios (ley REP)							
	Evaluación ambiental	Cobre	Inversor	Construcción de procesos, estructura de soport estructural		Reciclaje/reutilización de módulos	Renaturalización							
	Ingeniería básica		Fundación	Dispositivos de medición										
	Financiamiento	Instalaciones BT/MT/AT	Armarios eléctricos											
	Tramitación ambiental	Transformador	Sistemas informáticos											
		Conección a la red eléctrica	Logística											
			Camiones, coches, grúas											
Partners Escenciales			Maquinaria para el corte, laminado, soldadura, plegado, etc.											
			Cierre perimetral											
			Seguridad personal y ambiental											
	Financiamiento y Propiedad													
	Investigación y Desarrollo													
Emprendimientos de base tecnológica														
Asociaciones Gremiales														
Instituciones Públicas														

Figura 7. Cadena de Valor de la tecnología fotovoltaica. Elaboración propia en basado en: (Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, 2012) (European Investment Bank EIB, International Renewable Energy Agency IRENA, 2015).

## ii. Concentración Solar de Potencia

La cadena de valor de la tecnología Concentración (CSP) incluye varios sectores industriales. En términos generales, una planta CSP está formada por tres partes fundamentales: campo solar, sistema de almacenamiento térmico y el bloque de potencia. Si bien existen diferencias entre las tres tecnologías dominantes de concentración, es posible identificar una cadena de valor genérica<sup>8</sup>:



Cadena de Valor Central	Desarrollo de Proyectos	Materiales	Campo solar	Componentes Almacenamiento Térmico	Balance de Planta y Bloque de Potencia	Ingeniería y Construcción	Operación y Mantenimiento	Transmisión/ Distribución	Desmantelamiento							
Elementos de la Cadena de Valor Central	Adquisición/medición de datos	Acero	Espejos	Recipientes de almacenamiento	Caldera de Vapor	Montaje de estructuras de espejo.	Mantenimiento	Mantenimiento eléctrica	Desmantelamiento							
	Selección del lugar de emplazamiento	Arena bajas en hierro	Estructura de soporte	Intercambiador de Calor	Turbina de vapor	Infraestructura			Reciclaje/reutilización de helióstatos							
	Estudios de factibilidad técnicos y económicos	Vidrios	Receptor	Bombas	Generador	Fundación, obras civiles (exca)	Análisis para determinar fallas de operación y medidas correctivas		Disposición final de productos prioritarios (ley REP).							
	Evaluación ambiental	Plata	Juntas de bola	Válvulas	Condensador	Construcción de procesos, montaje de estructuras de acero	Limpieza de helióstatos.									
	Ingeniería básica y de detalle	Cobre	Rodamientos	Motores	Sistema de Control	Dispositivo de medición	Optimización adicional del bloque de potencia.									
	Financiamiento	Sales	Fluido calotransportador	Componentes hidráulicos y neumáticos	Transformadores	Armarios eléctricos.	Camiones, coches, grúas, ascensores.	Reciclaje/reutilización de helióstatos								
	Tramitación ambiental	Adhesivos	Tuberías	Estructuras de acero	Interruptores eléctricos	Sistemas informáticos		Disposición final de productos prioritarios (ley REP)								
		Revestimientos	Seguidores	Aislación	Líneas de evacuación eléctrica	Logística										
		Concreto	Cables	Fundaciones	Compresores	Camiones, coches, grúas, ascensores.										
	Lana Minera/Vidrio Químicos	Cajas de conexión				Maquinaria (corte, laminado, soldadura, plegado, etc).										
Partners Escenciales	Aceites Minerales y Sintéticos Agua					Cierre perimetral										
						Seguridad personal y ambiental.										
	Financiamiento y Propiedad															
	Investigación y Desarrollo															
	Emprendimientos de base tecnológica															
Asociaciones Gremiales																
Instituciones Públicas																

Figura 8. Cadena de Valor de la tecnología de Concentración Solar de Potencia. Elaboración propia en basado en: (GIZ, 2018) (Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, 2012) (European Investment Bank EIB, International Renewable Energy Agency IRENA, 2015).

<sup>8</sup> Elaboración propia, basado en Fraunhofer ISE (2012); y EIB-IRENA (2015).

## 2. Sinergias Productivas

Las sinergias productivas se entenderán, para el presente documento, como cooperaciones enraizadas en las organizaciones y empresas a nivel nacional, que generan efectos positivos para todos sus participantes. Las sinergias productivas se pueden dar en distintos niveles y profundidades y está relacionado principalmente en compartir, conocimiento, información y experiencias productivas, que mejoren el desarrollo socioeconómico de una población objetivo.

### i. Experiencia Internacional

#### *Sector Fotovoltaico*

La principal sinergia productiva presente en el desarrollo e implementación de proyectos fotovoltaicos, se encuentra en la elaboración de los paneles fotovoltaicos. Este proceso tiene su raíz en la electrónica, por lo que la ruta de fabricación y la infraestructura es común, especialmente con la industria de los semiconductores (Marsh, 2009), siendo el silicio de alta pureza un elemento relevante. A fines de la década de 1950, muchas grandes empresas de la electrónica comenzaron a explorar la diversificación de su desarrollo tecnológico, encontrando un nicho en la energía solar al adaptar la tecnología utilizada para fabricar artículos electrónicos, tales como Sharp, Panasonic, Kyocera, Canon y Samsung, entre otros.

Hoy la fabricación de paneles solares ha alcanzado una madurez tecnológica, dominando el mercado los fabricantes chinos, alemanes, estadounidenses y canadienses, quienes presentan precios bastante competitivos, por lo que desarrollar paneles a nivel local, en nuestro país, no representa una oportunidad atractiva, considerando además que Chile no tiene una industria semiconductor desarrollada.

Sin embargo, hay otras otros componentes de la cadena de valor en donde el mercado local tiene oportunidades de participar con su capacidad actual, pero que, en la práctica, se han importado, como es el caso de las estructuras de acero, resultando en un costo más elevado y mayores tiempos de desarrollo (Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, 2012).



### *Sector de Concentración Solar de Potencia*

La industria de concentración solar ha estado marcada por desarrollos específicos de componentes o servicios, los cuales han sido desarrollados por empresas que tienen altas sinergias con la industria de concentración solar.

### **Obras civiles**

Las principales materias primas que se utilizan en la construcción de plantas de concentración solar son acero y concreto. Estas materias primas son demandadas en grandes cantidades durante la obra civil, por lo que existen oportunidades para empresas nacionales de construcción. Generalmente, el ensamblaje del campo solar es ejecutado por compañías locales que tienen experiencia en proyectos de gran envergadura, como construcción de infraestructura vial e industrial. La industria solar no es el foco principal de estas empresas, ya que el mercado es limitado, pero la experiencia en proyectos de características similares les permite ser parte de la cadena de valor de proyectos de concentración solar.

### **Reflectores**

Las empresas especialistas en vidrio tienen un amplio rango de productos y clientes. En general, las empresas que hoy son proveedores claves de la industria solar, ya tenían previamente experiencia en rubros similares. Un ejemplo es la industria automotriz.

La industria automotriz demanda componentes en cantidades y precisiones comparables a la industria solar. La fabricación y montaje de parabrisas presenta sinergias importantes con la fabricación del vidrio necesario para los espejos de las plantas solares. La geometría de un parabrisas es más compleja que la de un vidrio solar, pero la precisión óptica requerida por el vidrio solar es mayor (World Bank, 2011).

Otro ejemplo relevante es el sector inmobiliario. La demanda de vidrios y espejos desde el sector inmobiliario es considerable, los cuales son usados principalmente para fines arquitectónicos. Similar al caso de los parabrisas en aplicaciones automotrices, las geometrías usadas en vidrios y espejos para fines arquitectónicos son más complejas que la



geometría de un concentrador solar, pero la precisión óptica requerida es menor. Si bien la importación y exportación de vidrio y espejos es una actividad común entre mercados, el transporte de objetos pesados es una barrera en una industria competitiva. Por lo tanto, es probable que los productores se instalen cerca de mercados de tamaño importante (World Bank, 2011).

Por otro lado, la industria del aluminio también es un sector de importancia. El aluminio se utiliza intensivamente en la industria automotriz, en la industria de iluminación y en menor medida, en la industria de decoración. La principal sinergia ocurre con la industria de la iluminación. En general, las aplicaciones de iluminación tienden a difundir la luz proveniente de una fuente (por ejemplo, una ampolleta), de tal forma iluminar uniformemente el entorno. En el caso de concentración solar se requiere lo contrario, concentrar la energía proveniente del sol en un absorbedor lineal o puntual. El aluminio es un material relativamente fácil de moldear, por lo que la industria se ha adaptado para cumplir con los requerimientos de las aplicaciones solares. Además, las propiedades ópticas del aluminio son bastante flexibles dependiendo del tipo de recubrimiento. De hecho, el aluminio puede actuar como reflector o como absorbedor de energía solar. En este contexto, empresas como Alanod o Almeco tienen productos específicos para aplicaciones de concentración solar, así como también para aplicaciones sin concentración solar. En general, el mayor desafío del aluminio es probar en terrenos desérticos la durabilidad en el tiempo (World Bank, 2011) (P.Heller, et al., 2011).

### **Receptor solar**

El absorbedor es un componente crítico en las plantas de concentración solar. Se encuentra sometido a altos flujos de radiación desde el campo solar y debe transferir efectivamente la energía incidente al fluido calotransportador. Dadas las diferencias geométricas de las plantas de torre central y de cilindro parabólico, el receptor requiere desarrollos distintos. En el caso de las plantas cilindro parabólico, el receptor suele estar compuesto por 2 tubos concéntricos. El tubo exterior es de vidrio y se ocupa para disminuir las pérdidas convectivas. El tubo interior es de acero inoxidable y es el encargado de transferir el calor



al fluido calotransportador. El desarrollo del receptor ha estado altamente beneficiado por la capacidad de aplicar recubrimientos a las superficies. El tubo de vidrio contiene un recubrimiento anti-reflectivo, el cual disminuye al mínimo las pérdidas por reflexión. El tubo de acero tiene recubrimientos selectivos, los cuales aumentan la absorbividad de la energía solar y disminuyen la pérdida radiativa de la energía de onda larga (radiación emitida por los cuerpos a temperaturas mayores a 0 K). El espacio entre los tubos se evacúa, de tal forma de suprimir la pérdida convectiva y aumentar la estabilidad del recubrimiento selectivo. El pionero en el desarrollo del receptor para plantas cilindro parabólico es la empresa Schott, la cual tiene gran experiencia en recubrimientos ópticos y es especialista en vidrio de alta calidad.

En el caso de la tecnología de torre central, no se observa una dominancia tecnológica para el diseño del receptor. El diseño de receptores de torre central es variado y se presentan diversas aplicaciones, por lo cual se trata de conceptos hechos a medida para cada aplicación. Dentro de los diseños de receptores, existen receptores volumétricos, de tubos paralelos y reactores, entre otros. El concepto depende de la aplicación y del tipo de fluido de trabajo. Dentro de los fluidos de trabajo, se encuentran: aire, agua/vapor, sales fundidas y nuevos conceptos con partículas sólidas y metales líquidos. La variedad de opciones del receptor de torre central no permite identificar claramente una sinergia con sectores industriales existentes. Sin embargo, al no haber dominancia tecnológica, existe una oportunidad para el mercado local, el cual puede explorar nuevos conceptos según las distintas aplicaciones.



## ii. Casos de Desarrollo Nacionales

Como se mencionó anteriormente la composición de los paneles solares está directamente relacionada a la tecnología basada en silicio que sea utilizada por el fabricante. No obstante las estructuras de montajes presentan un alto potencial de ser desarrollados directamente con componentes y manufactura nacional, siendo posible identificar la cantidad de materiales necesarios según el tipo de estructura de montaje por de panel solar, son los siguientes:

<b>Material</b>	<b>Tipo de estructura</b>		
	<b>Techo plano</b>	<b>Techo inclinado</b>	<b>Anclado en tierra</b>
Aluminio y aleación	2,52 kg	2,84 kg	3,98 kg
Acero y aleación	0,267 kg	1,5 kg	7,457 kg
Concreto	0	0	0,00537 m3
Plástico	1,92 kg	1,40 g	0,909 g
Polímero	8,30 g	7,02 g	4,55 g
Cartón corrugado, fibra mixta, pared simple	0,0183 kg	0,133 kg	0,0864 kg

Tabla 1. Materiales requeridos para manufacturar estructuras de montaje (por m<sup>2</sup> de panel solar). Fuente (IRENA, 2017)

Es así como el caso del “Programa de Investigación y Desarrollo de Tecnologías Fotovoltaicas de Alta Radiación y Clima Desértico (Atamos-TEC)”, ejecutado por la Universidad de Antofagasta, en el marco de los Programas Tecnológicos Estratégicos de CORFO, busca impulsar una mayor penetración de energía solar fotovoltaica en Chile, con énfasis en el desarrollo y fortalecimiento de proveedores locales para crear un tejido industrial sofisticado orientado a la provisión de bienes y servicios en Chile y el extranjero.

Coejecutores :U. de Chile, U. Federico Santa María, U. de Concepción, U. Adolfo Ibáñez, CEA INES (Francia); ISC Konstanz (Alemania); Fraunhofer Chile, Phibrand S.A.

Asociados :Adrox SpA, Borg, Colbún, Cintac, Ecovisión, Ecoenergías, Forcast, Geogrow Spa, Innova Renovable, Mondragón, New Energy, Novalquimia,

Solarpro, Solcor, Snare, Syntec, Tecno Andina, Venergía, y Vidrios Lirquén S.A.

Interesados :Ministerio de Minería, Ministerio de Medio Ambiente, ACERA, AIA, CDT Antofagasta, Intendencia Región de Antofagasta.

El objetivo general de Atamos-TEC es crear una plataforma colaborativa y de alto impacto para la ejecución de proyectos de desarrollo de tecnologías de energía solar fotovoltaica de nicho por medio de la ejecución de un portfolio de proyectos, que aborde el desafío de adaptar y desarrollar tecnologías adecuadas a las condiciones de zonas desérticas y alta radiación en cuanto a durabilidad y rendimientos esperados, de forma de reducir el costo nivelado de la energía a una meta de al menos 25 USD/MWh al año 2025.

La estructura del proyecto cuenta con 10 Líneas de Trabajo o Work Packages, algunas de las cuales se componen de actividades recurrentes, como la coordinación, mientras que otros se pueden definir como líneas específicas, desarrollo de módulos, balance de sistemas, operación y mantenimiento, entre otros.

La empresa Axys Solar desarrolló un inversor solar de potencia, el cual busca no sólo cumplir las funciones de conversión de corriente, sino que también, mejorar los sistemas de control de las plantas fotovoltaicas gracias a capacidades adicionales en su diseño, tales como predicción de fallas, optimización automatizada del seguimiento de tracker y el control del sistema de limpieza que cuente el sistema.

El Inversor (modelo AXS-IS20) ofrece una solución multifuncional, mejorando el rendimiento de plantas fotovoltaicas. Diseñado con múltiples procesadores con un voltaje máximo de entrada de 1000 Vdc y potencia máxima de entrada de 20 KW; su rango de temperatura ambiental de funcionamiento fluctúa entre -25°C y +60 °C, con certificación de gabinete IP65. Este proyecto tuvo su génesis en el creciente desarrollo de proyectos solares en Chile, con la inminente necesidad de adaptar equipos especializados a condiciones

desérticas, junto con la señal de mercado de migrar sistemas centralizados a sistemas modulares del tipo string inverters.

El proyecto de electrónica de potencia fue desarrollado íntegramente en Chile, gracias al financiamiento de CORFO entre el 2016 y 2018, con capacidades internas de la empresa junto con el contrato de servicios especializados de la Universidad de Santiago de Chile, la Universidad Técnica Federico Santa María y la Universidad de Chile.

Para la tecnología de concentración solar de potencia y en particular, para el caso de Chile, se estima que los siguientes componentes podrían ser fabricados en Chile, dada la infraestructura, experiencia y tejido industrial presente (GIZ, 2018):

- Estructuras de acero para soportar heliostatos, concentradores parabólicos y fresnel.
- Espejos y vidrios para colectores solares.
- Estanques de almacenamiento para sales o almacenamiento térmico.
- Bombas.
- Aislación térmica.
- Sales Solares.

Si se considera un proyecto tipo de 100 MWe es posible satisfacer la demanda de componentes con la capacidad industrial presente en Chile, sólo para el caso de los espejos se requiere de inversiones para su construcción, no obstante ésta podría verse gatillada por el desarrollo de nuevos proyectos de esta tecnología:

Componentes	Unidad	Demanda Teórica (100MWe)	Capacidad anual de Producción
Estructuras de acero para colectores solares	Ton	30.000	117.600
Espejos Planos (4mm)	m <sup>2</sup>	1.500.000	700.000
Estanques de almacenamiento acero inoxidable	Ton	s/i	3.440

Estanques de almacenamiento acero al carbono	Ton	s/i	25.400
Transformadores de Potencia	MVA	110	2.000
Aislación Térmica	Ton	<100	12.000
Bombas Hidráulicas	N°	<100	4.000

*Tabla 2. Comparación entre la Capacidad de Producción y la Demanda de Componentes (GIZ, 2018).*

La empresa Enerbosch se encuentra desarrollando un proyecto, el cual consiste en construir un piloto de sistema de torre central, para lo cual la empresa ha obtenido dos financiamientos de CORFO. Un primer financiamiento permite el desarrollo del concepto de torre a utilizar, lo cual incluye el diseño de los heliostatos junto a sus componentes (espejo, sistema de seguimiento y estructura de soporte), el diseño del campo solar, diseño de la torre y concepto de almacenamiento. El objetivo es construir un prototipo, el cual en una primera etapa estará destinado a abastecer calor de procesos a una empresa.

El diseño del receptor requiere un desarrollo más detallado, por lo cual se otorga un segundo financiamiento. El diseño se realiza en conjunto con académicos del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Chile, los cuales definen los materiales y geometría de un receptor volumétrico, llegando al nivel de ingeniería de detalles. Una vez finalizada la ingeniería de detalles, la empresa Enerbosch decide dónde fabricar el receptor y lo integra al concepto de torre solar en desarrollo.

Este proyecto es un ejemplo de visión por parte de una empresa, el cual integra ingeniería y componentes locales, junto con adaptación de componentes importados. El proyecto es pionero en su área y se espera que los resultados tengan alto impacto en el mercado local.

## VI. Brechas y Desafíos Actuales

### 1. Brechas del Sector

Durante el año 2015, se levantó la línea base del sector industrial en energía solar, a través de un trabajo sistemático que consistió en implementar mesas de trabajo sectoriales e intersectoriales. En las mesas de trabajo estaban representados todos los actores involucrados en el escenario energético del país, incluyendo desarrolladores de proyectos, empresas constructoras y proveedores de insumos, productos y servicios (Fundación Chile, 2015).

Este trabajo permitió identificar oportunidades de la industria local e identificar brechas, principalmente en relación a los siguientes aspectos:

- Estándares de construcción y eléctricos.
- Capital humano.
- Proveedores de estructuras y componentes.
- Experiencia en O&M.
- Desarrollo de software local de predicción y control.

Específicamente, las brechas detectadas son las siguientes:

- Experiencia: existe un déficit importante de empresas que cuenten con la experiencia necesaria para participar en el proceso de construcción de un proyecto de energía solar.
- Capacitación: no existe una oferta de capacitación orientada específicamente a las necesidades de las empresas desarrolladoras o constructoras de proyectos de energía solar.
- Oferta técnica y económica en las etapas del desarrollo de los proyectos: falta una oferta técnica y económica dirigida específicamente a la industria de la energía solar. La actual oferta está orientada a la industria minera.

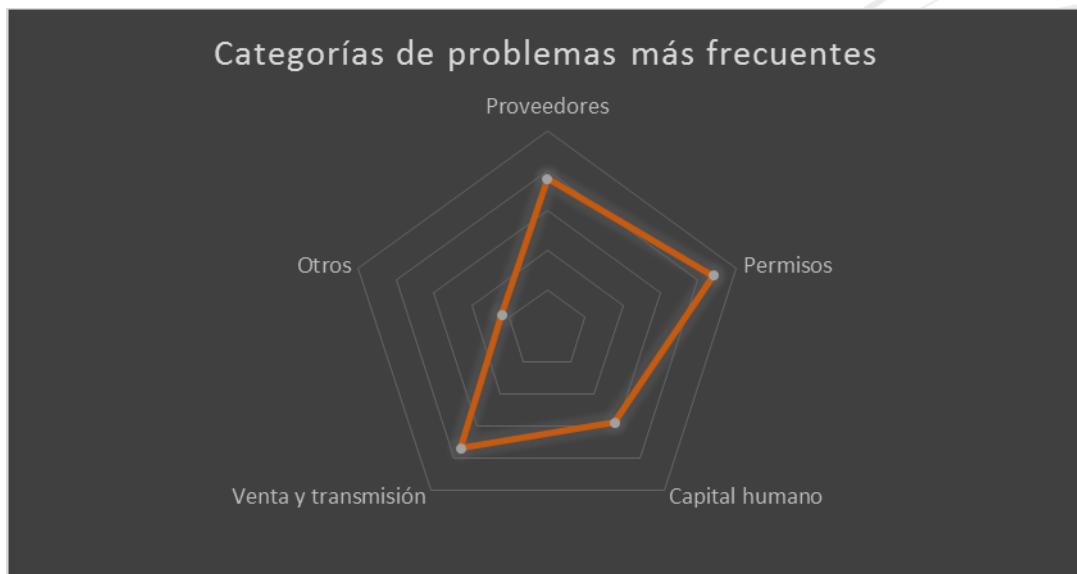
- Conocimiento de la ingeniería conceptual y de detalle de plantas FV: no existe la expertise necesaria en las empresas para realizar la ingeniería conceptual y de detalle para proyectos FV.
- Oferta de perfiles de acero: existe una oferta poco competitiva de la industria local del acero, tanto en materia prima como en producto terminado, frente a la industria acerera China.
- Equipamiento: falta de equipamiento en las empresas locales para poder ampliar e integrar su oferta de servicios.
- Oferta de estructura metálica: no existe un desarrollo de estructuras metálicas en la empresa local, lo cual se traduce en una nula oferta local en este ítem.
- Competitividad: las ofertas de las empresas locales relacionadas con la etapa de construcción de los proyectos son poco competitivas frente a ofertas de empresas extranjeras, en cuanto a precio y plazos.
- Falta de conocimiento del mercado de proyectos de energía solar por parte de muchas empresas locales que podrían tener mayor protagonismo dentro del mercado.
- Existe poca oferta de empresas locales para el servicio de montaje electro – mecánico, que cuenten con la experiencia o a sus trabajadores capacitados en dicha actividad.



## 2. Desafíos Actuales

Basado en la información recopilada para el documento de Hoja de Ruta Solar (Fundación Chile, 2015) se identificaron y sistematizaron los principales problemas en el desarrollo y construcción de proyectos solares, junto con los criterios utilizados por las principales compañías, al momento de seleccionar empresas EPC y/o proveedores. Con lo anterior, se realizaron entrevistas semiestructuradas con desarrolladores y EPC (respectivamente) para actualizar dichas brechas y criterios.

Los principales problemas, al momento de desarrollar y/o construir un proyecto solar<sup>9</sup> (fotovoltaico o concentración solar de potencia), se encuentran en: proveedores locales y permisos (ambientales, mineros, concesiones, etc.) ambos con un 26% de recurrencia; capital humano, venta y transmisión de la energía con un 20% de recurrencia. La Figura 9 muestra, en un gráfico de red, las categorías de problemas en donde se percibe mayor dificultad a la hora de enfrentar un proyecto solar.



*Figura 9. Categorías de problemas más frecuentes al desarrollar/construir un proyecto solar.*

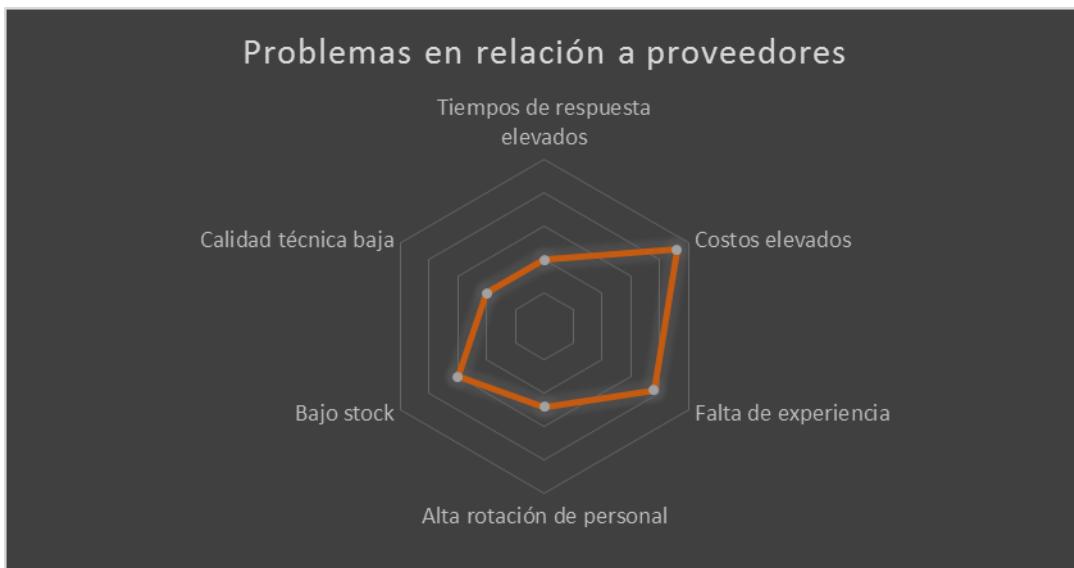
---

<sup>9</sup> Cabe destacar que en el diagnóstico realizado el 2014 sólo se incluyeron proyectos solares fotovoltaicos, en el caso actual se incluyó la experiencia de las empresas involucradas en el desarrollo y construcción del proyecto Cerro Dominador.

Cabe destacar que en la categoría otros, los entrevistados mencionan problemas relacionados a: falta de reconocimiento de cualidades o prestaciones de los atributos (tales como despacho económico, aporte de inercia, tiempo de arranque, reducción de emisiones, indexación, reserva en giro, control -frecuencia y/o tensión-, recuperación del servicio y defensa de contingencia extrema) que podrían ofrecer las plantas solares (tanto CSP como FV) y aceptación de proyectos renovables por parte de las comunidades cercanas.

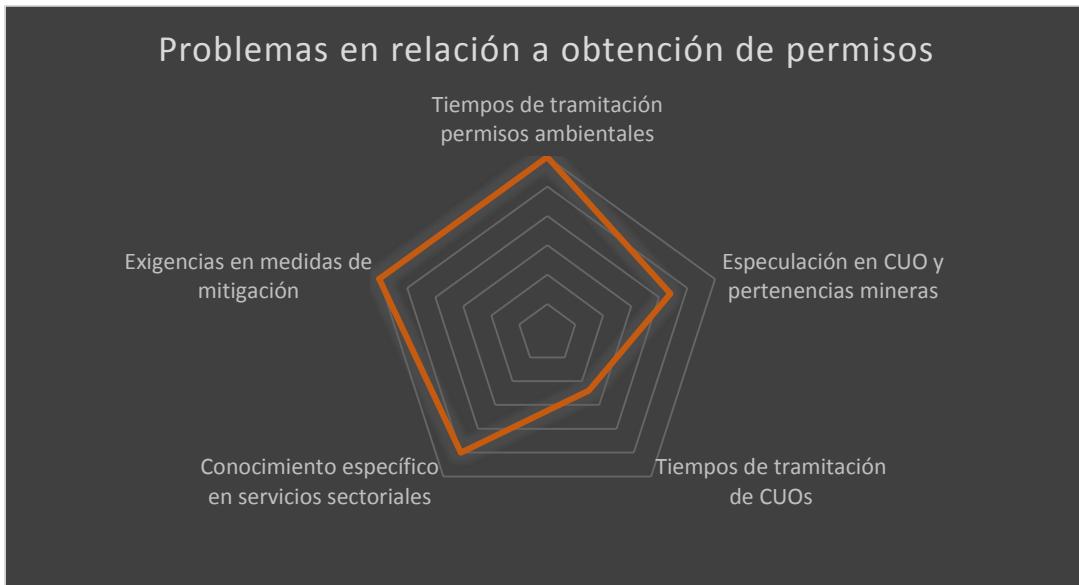
En la categoría proveedores, como se observa en la Figura 10, los principales problemas o desafíos están relacionados con los costos elevados, la falta de experiencia y el bajo nivel de stock de materiales e insumos de quienes ofrecen bienes y servicios para la industria. Situaciones como la baja calidad técnica, la rotación de personal o los tiempos de respuesta de los proveedores son problemas que si bien estaban presentes en el sector solar hace algunos años, hoy se evidencia un avance por parte de las empresas que trabajan en esta industria.

Al identificar otro tipo de problemas en la categoría de proveedores, hay consenso en que para empresas desarrolladoras, existe una necesidad de mejorar la oferta de proveedores nacionales de servicios para las primeras etapas de la cadena de valor, estudios, ingeniería y diseño, ya sea que por costos o por falta de experiencia (y lo que implica para la bancabilidad del proyecto) son servicios contratados a empresas internacionales. Por otro lado, para las empresas EPC existe una percepción de que aún hay una brecha por parte de algunos proveedores nacionales, los cuales tienen una baja capacidad de respuesta al momento de cotizar o de gestión (administrativa, seguridad y calidad).



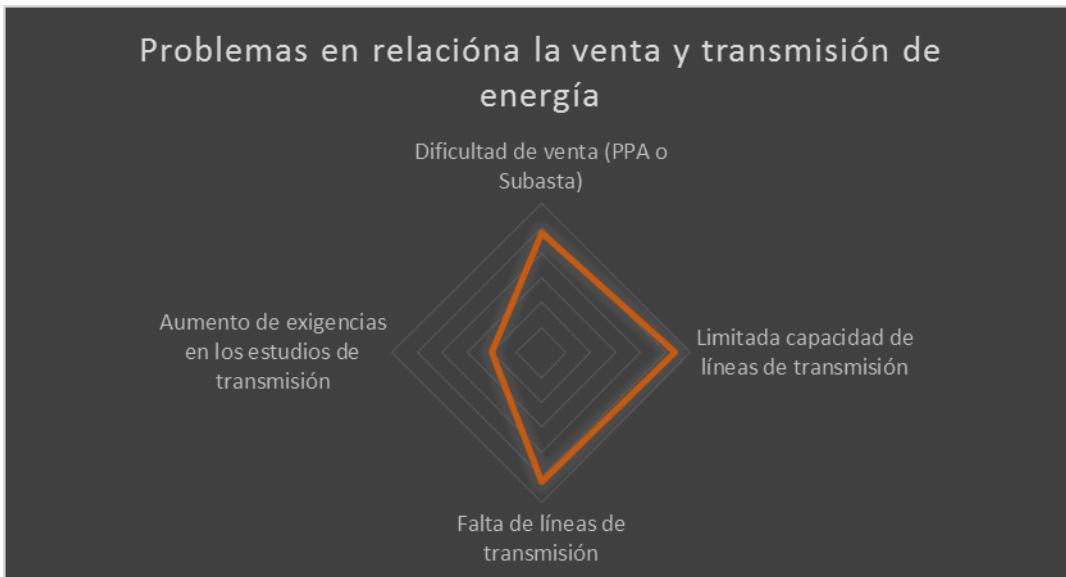
*Figura 10. Problemas presentados en relación a los proveedores.*

En relación a la categoría obtención de permisos, existen tres situaciones que aún siguen presentando desafíos al momento de desarrollar/construir proyectos solares: el extenso tiempo de tramitación de los permisos ambientales para proyectos de estas tecnologías, la especulación que existe en relación a la tramitación de las Concesiones de Uso Oneroso (CUO) y pertenencias mineras, así como las altas exigencias de algunos servicios sectoriales al momento de establecer las medidas de mitigación. Se destaca que se han agilizado los plazos en los tiempos de tramitación de CUO's y que si bien ha aumentado el conocimiento técnico-específico de los servicios sectoriales a la hora de analizar proyectos solares, aún existe una necesidad de mejorar en ese aspecto.



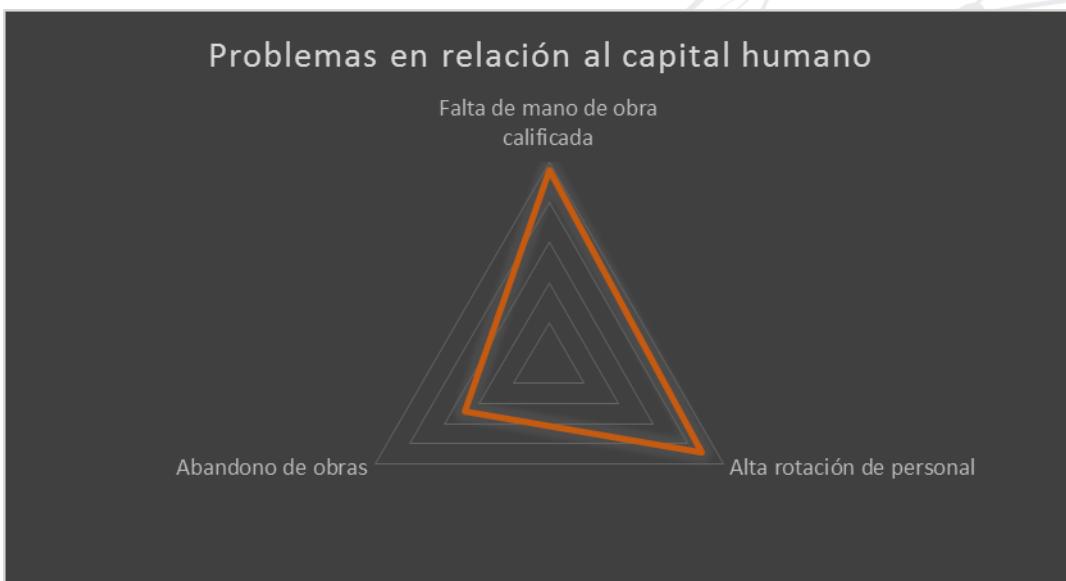
*Figura 11. Problemas presentados en relación a la obtención de permisos.*

Una de las dificultades a las que se ven enfrentados los desarrolladores de proyectos solares tiene relación a la venta y transmisión de la energía generada. En este sentido, como se destaca en la Figura 12. La venta (ya sea por contrato PPA o adjudicación de subasta/licitación) es una situación que ha acrecentado su necesidad por parte de las empresas, junto con la dificultad latente de la transmisión de energía, ya sea por la limitada capacidad o derechamente la falta de líneas de transmisión, lo que ha traído como consecuencia el desacople por congestión y que las centrales solares fotovoltaicas entren en condición de vertimiento. Por otro lado, se reconoce que las condiciones de exigencias en los estudios de transmisión se han ido adecuando a la realidad del desarrollo de ese sector.



*Figura 12. Problemas presentados en relación a la venta y/o transmisión de energía.*

Con respecto a necesidades relacionadas al capital humano local, tal como se muestra en la Figura 13, destaca la falta de mano de obra calificada y la alta rotación de personal, tanto en el desarrollo como en la construcción de proyectos. La problemática de abandono de obras está directamente relacionada al ciclo minero del momento, a mejores condiciones para el desarrollo de la minería mayor es el abandono de obras de instalaciones no mineras.



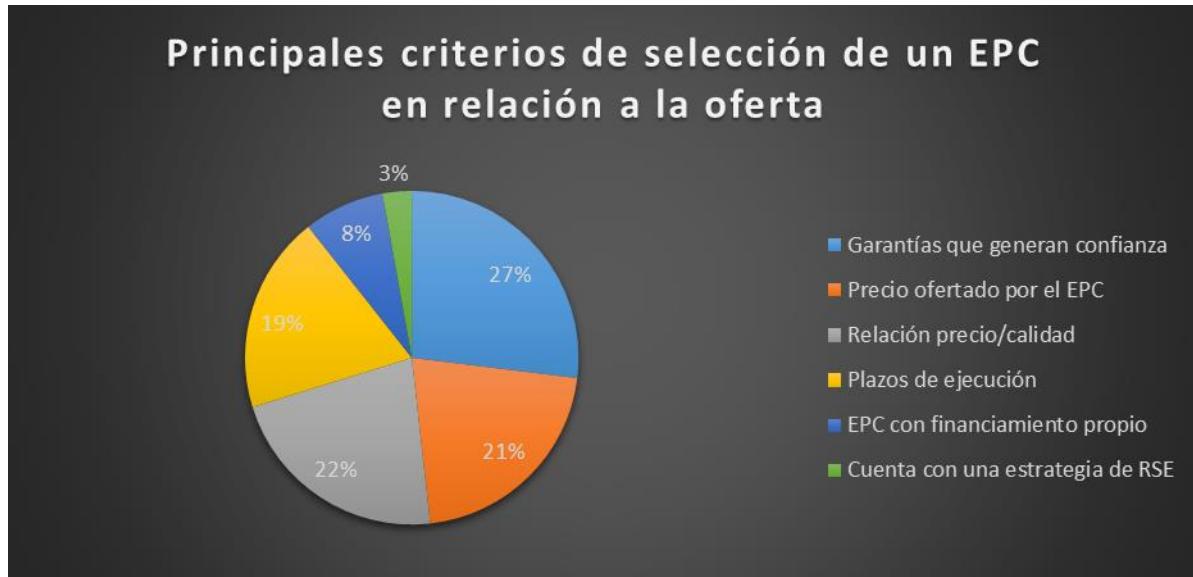
*Figura 13. Problemas presentados en relación al capital humano.*



Una de las inquietudes al momento de iniciar el proceso de la definición de la presente estrategia es acercar las necesidades y los requerimientos entre desarrolladores y empresas EPC, e identificar oportunidades de complementariedad y sinergia de ellos con los proveedores nacionales y locales.

En este sentido, se identifica que en la actualidad se ha priorizado la contratación de empresas EPC bajo un criterio de oferta por sobre la experiencia. Si bien existe una percepción generalizada en la industria de que la experiencia de las empresas EPC es mucho más relevante por sobre la oferta, en el mercado actual, y debido a la disminución de precios y aumento en la competencia de este sector, es que hoy para el desarrollo de proyectos fotovoltaicos los criterios relacionados a la oferta presentada en una licitación o cotización son más relevantes que la experiencia previa (sin que esto último implique que no sea considerado). No así en el caso de proyectos de concentración solar de potencia, dónde dado el nivel de desarrollo tecnológico y la complejidad de implementación, aún es primordial la experiencia de la empresa por sobre la oferta.

En lo particular, con los criterios de selección con respecto a la oferta, se identifica que las garantías que presentan los oferentes es el principal factor que determina su selección, seguido por la relación precio/calidad, el precio ofertado y los plazos de ejecución, en menor medida aún se asigna algo de importancia a oferentes que cuenten con financiamiento propio, esto debido a la necesidad de que la empresa que se adjudique cuente con el capital de trabajo para agilizar el proceso de construcción. Factores como cumplir con la regulación local, se consideran mínimos en la actualidad, por lo que es un criterio de exclusión y ya no de selección como antaño.



*Figura 14. Principales criterios de selección de una empresa EPC en relación a la oferta*

Para los criterios de selección en base a la experiencia de la empresa oferente (EPC) se destaca que en la actualidad el requerimiento principal está relacionado con contar con personal calificado determinado por la solvencia operacional o track-record de la empresa; luego el criterio de cumplir con los plazos de ejecución y que se ajusten a estándares internacionales, este último debido a que por una lado algunos desarrolladores son filiales de empresas internacionales o multinacionales y por otro (no excluyente) que el financiamiento para ejecutar estos proyectos está supeditado al cumplimiento de estándares para asegurar la bancabilidad del proyecto, los cuales deben ser cumplidos por las empresas EPC.



Figura 15. Principales criterios de selección de una empresa EPC en relación a la experiencia.

De manera más general, existen criterios de exclusión relacionados al estado financiero de la empresa de ingeniería, compras y construcción (EPC), estos criterios son exigencias del desarrollador del proyecto y dependen de lineamientos corporativos, más que del proyecto en sí. Otros criterios mencionados por los entrevistados tienen relación a la solvencia operacional o track record de la empresa, en ese sentido la exigencia de este criterio está muy relacionado a la generación de confianza por parte de las empresas contratadas y el poder asegurar la calidad de los trabajos dada la experiencia de la empresa de EPC.

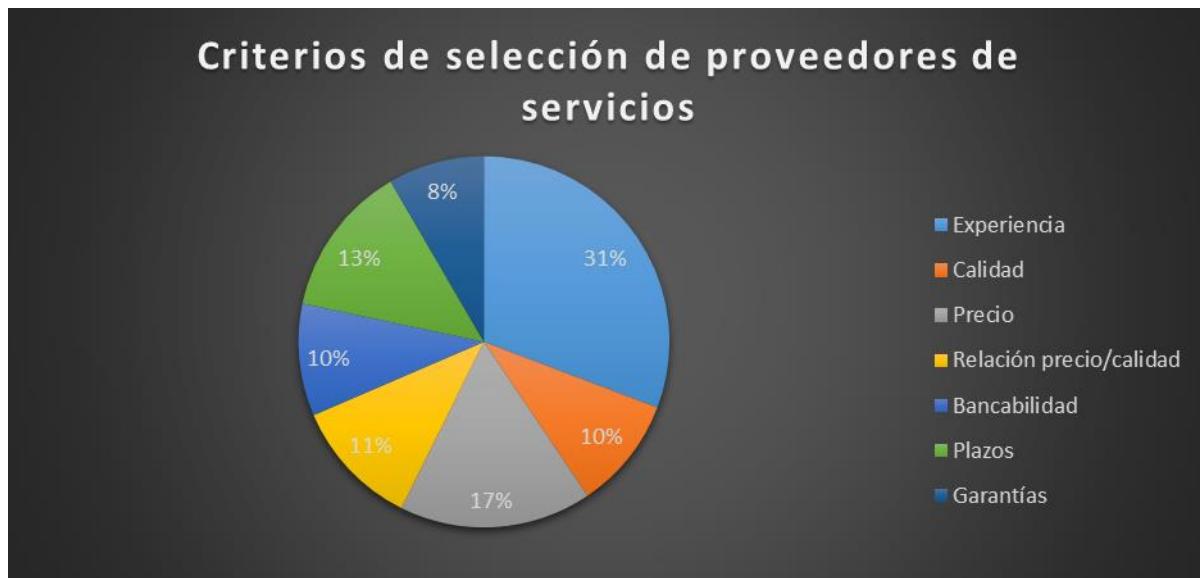
Para definir y aplicar criterios de selección hacia proveedores nacionales se identifica que existen algunas diferencias entre quienes son proveedores de bienes y aquellas empresas que son proveedoras de servicios.

Por un lado, la diversidad de criterios recogidos para los proveedores es mucho mayor que para seleccionar empresas EPC. Se identifica que el principal criterio de selección está relacionado con los plazos de ejecución o entrega (lo que se condice con uno de los criterios priorizados a la hora de elegir empresa EPC). Luego, en proporción similar, se identifican como relevantes los temas de stock de insumos o productos, calidad, precio y la relación entre ambos. Si bien la experiencia aún es un criterio, depende del tipo de bien que se esté adquiriendo más que ser una generalidad a la hora de decidir por un proveedor. Bancabilidad y garantías que puedan presentar las empresas oferentes son menos relevante, puesto que son las empresas encargadas de la ingeniería, compras y construcción (EPC) quienes asumen ese requerimiento ante sus mandantes, sin traspasarlo con la misma rigurosidad a sus proveedores.



*Figura 16. Criterios de selección de proveedores de insumos y productos.*

En el caso de la selección de proveedores de servicios, toma mucha más relevancia la experiencia, dado que los servicios son más dependientes del know how y del constante aprendizaje. Luego, el precio es un factor determinante. Variables como la calidad, plazos, bancabilidad, garantías y relación precio/calidad son mucho más homogéneas a la hora de tomar la decisión de contratar a un proveedor por sobre otro.



*Figura 17. Criterios de selección de proveedores de servicios.*

La gran mayoría de los entrevistados menciona sinergias espontáneas entre algunos proveedores (nacional-nacional o nacional-internacional) para poder dar cumplimiento a requerimientos de las empresas mandantes y EPC, principalmente para lograr dar cumplimiento a los criterios de stock, calidad, experiencia y plazos. Existe una oportunidad latente de crear sinergias entre proveedores nacionales para el desarrollo de una industria solar.

## VII. Oportunidades

### 1. Desafíos País

Chile es un país privilegiado por sus recursos naturales, el que puede desarrollarse en sus distintos rubros: agricultura, ganadería y bosques, minería, energía y agua, parques naturales y paisajes, que brindan un abanico de oportunidades para el progreso, donde el rol de las energías renovables es clave.

El norte del país tiene las mejores condiciones del mundo debido a sus altos índices de radiación, de acuerdo a los datos que muestra el mapa del recurso solar elaborado por SOLARGIS 2017, para el desarrollo de proyectos de generación de energía solar y tomando en cuenta la necesidad del país de realizar una transición hacia una matriz energética más renovable, así como de diversificar y sofisticar su matriz productiva, la energía solar aparece como un recurso en donde Chile tiene ventajas comparativas para dar vida a un dinámico sector económico.

La Ley 20.698 del Ministerio de Energía, que propicia la ampliación de la matriz energética mediante fuentes renovables no convencionales, publicada el 2013, duplica la meta dispuesta en la Ley 20.257 y define que hacia el año 2025, un 20% de la energía comercializada deberá provenir de energías renovables no convencionales. Esto pretende reducir las barreras de entrada a estas tecnologías y aumentar la competitividad del sector, entre otros aspectos.

La Ruta Energética 2018-2022, dada a conocer por el Ministerio de Energía y reafirmada por el Presidente de la República en la cuenta pública 2018, establece que debemos avanzar hacia una matriz económica limpia y sustentable, capaz de aprovechar las extraordinarias condiciones de nuestro país para desarrollar y liderar el avance hacia las energías y tecnologías del sol, viento, geotermia y mareomotriz, que son las energías más promisorias del siglo XXI. Señala, además, que debemos apuntar a convertir a Chile en una plataforma



de desarrollo de tecnologías solares competitivas, incentivando la I+D mediante estímulos económicos y fondos públicos concursables, y avanzar hacia una matriz energética totalmente limpia y renovable.

La Hoja de Ruta de la Mesa del Acuerdo para el Desarrollo Integral, compuesta por personas de distintas áreas políticas en su punto Nº5 sobre “Elevar la Productividad”, destaca el impulso en investigación y Desarrollo I+D como uno de los ejes fundamentales para la innovación y la eficiencia de los procesos productivos en la empresa.

La meta al 2035 es que Chile sea exportador de tecnología y servicios para la industria solar, mientras que al 2050 lo haga en diferentes focos de innovación energética identificados, de acuerdo a lo señalado en La Política Energética de Chile Energía 2050.

Para lo anterior, se debe impulsar el desarrollo nacional mediante el despliegue de la capacidad de Innovación y emprendimiento de pequeñas y medianas empresas nacionales, con potencial para proveer la industria, y con ello, incrementar la participación de empresas locales en proyectos de inversión de energía solar.

## 2. Escenarios de desarrollo de proyectos solares

Conforme a lo dispuesto en el artículo 83º de la Ley General de Servicios Eléctricos, modificado por la Ley Nº 20.936, el Ministerio de Energía, cada cinco años, deberá desarrollar un proceso de Planificación Energética de Largo Plazo para los distintos escenarios energéticos de expansión de la generación y del consumo, en un horizonte de al menos treinta años, de modo que estos escenarios sean considerados en la planificación de los sistemas de transmisión eléctrica, que lleva a cabo la Comisión Nacional de Energía (CNE), según indica la misma Ley (Ministerio de Energía, 2018).

El proceso de conformación de los escenarios es participativo, por lo que el Ministerio de Energía abrió un Registro de Participación Ciudadana en el que se pudo inscribir toda

persona natural o jurídica con interés en participar de esta iniciativa. El proceso de Planificación Energética de Largo Plazo tiene por objetivo primordial proporcionar escenarios de desarrollo futuro del sector energético nacional, con las respectivas tendencias generales de las variables relevantes de éste, para orientar la expansión de la transmisión eléctrica a nivel del Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

La Planificación Energética de Largo Plazo ha definido cinco escenarios, los que se muestran en la siguiente tabla:

Factores	Escenario A	Escenario B	Escenario C	Escenario D	Escenario E
Disposición social para proyectos	+ Costo y con carbón CCS	Libre	+ Costo y con carbón CCS	+ Costo	+ Costo
Demanda energética	Bajo	Alta	Media	Baja	Alta
Cambio tecnológico en almacenamiento en baterías	Alto	Bajo	Medio	Medio	Alto
Costos de externalidades ambientales	Actual	+Alto	Actual	Actual	+Alto
Costos de inversión de tecnologías renovables	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Bajo
Precio de combustibles fósiles	Medio	Alto	Bajo	Bajo	Alto

*Tabla 3 Factores considerados en cada escenario definido en la PELP (Ministerio de Energía, 2018).*

En este contexto, contamos con escenarios de desarrollo consensuados con diversos actores. Los escenarios definidos nos permiten desagregar la información a un nivel de interés industrial, de tal forma de estimar potenciales demandas de materias primas y componentes.

Para efectos del desarrollo de las tecnologías solares, consideramos 3 escenarios de la PELP. El escenario optimista es equivalente al desarrollo estimado por los escenarios B y E. El escenario neutro es equivalente al escenario A y el escenario pesimista es equivalente al escenario D. En las Figura 18 y Figura 19 se puede ver la totalidad de la potencia a instalar al año 2046 en cada escenario.

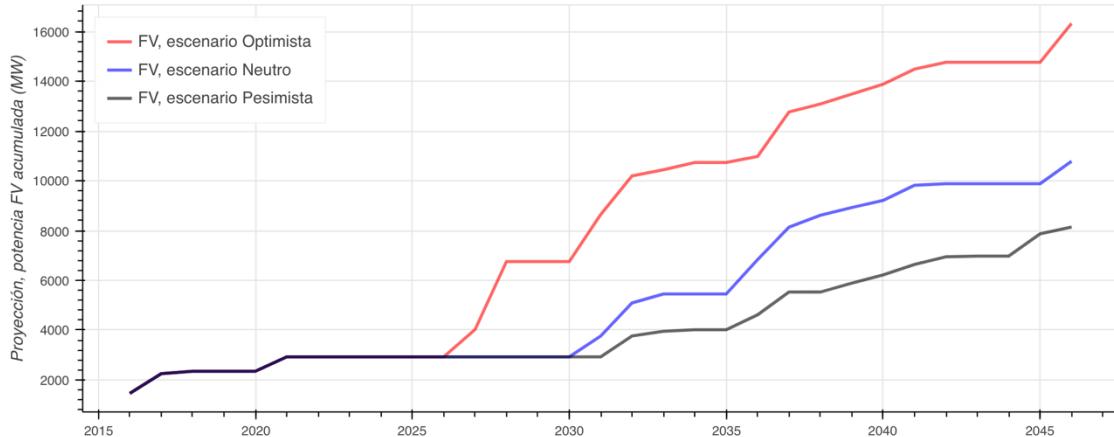


Figura 18. Escenarios de penetración de potencia a instalar para la tecnología FV. Elaboración propia en base la PELP (Ministerio de Energía, 2018)

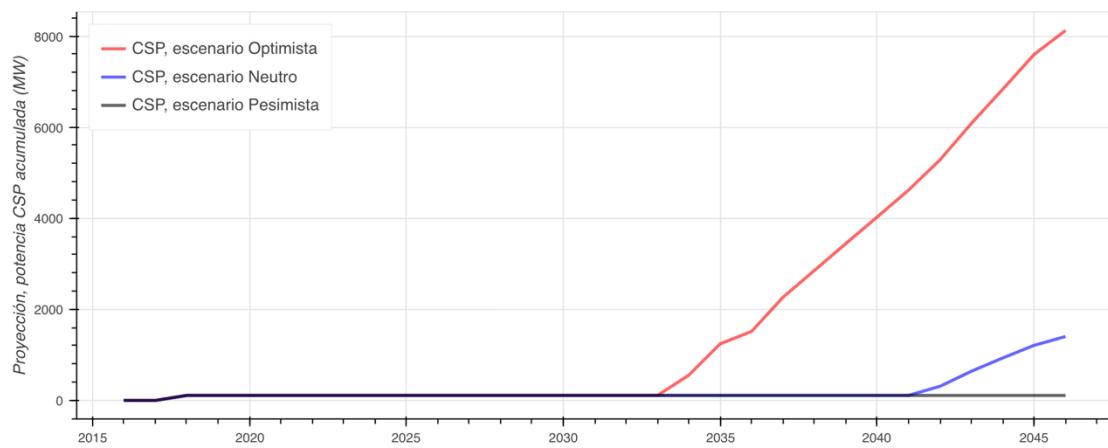


Figura 19. Escenarios de penetración de potencia a instalar para la tecnología CSP. Elaboración propia en base la PELP (Ministerio de Energía, 2018)

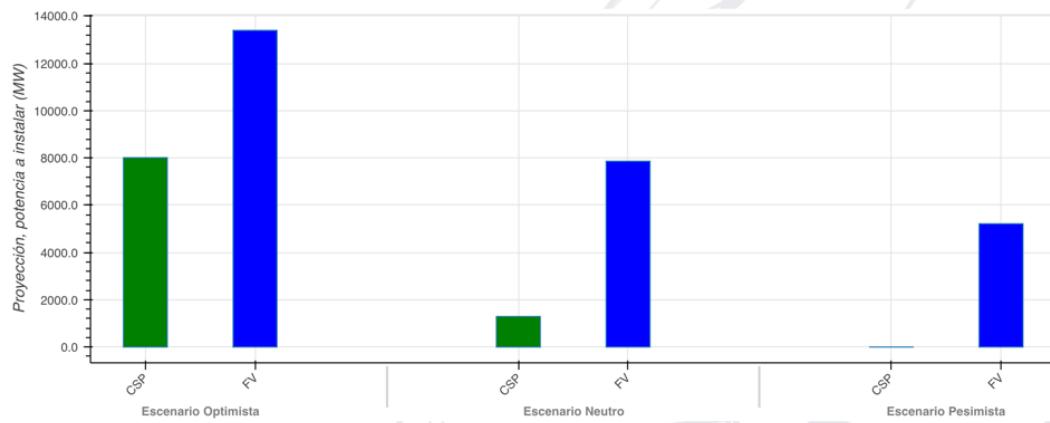
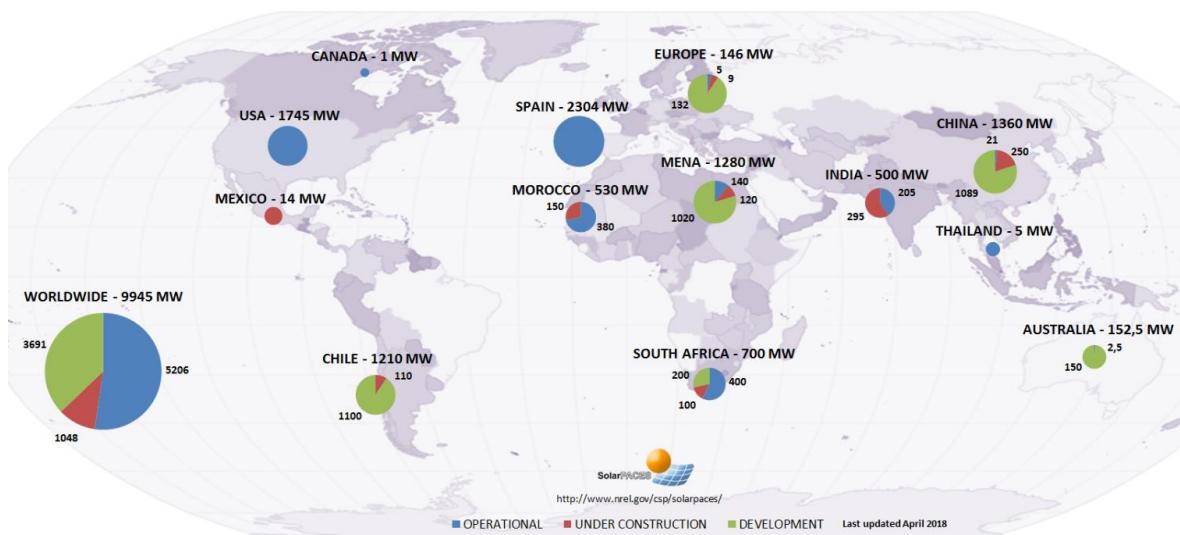


Figura 20. Total de potencia instalada de plantas FV y CSP, para los 3 escenarios definidos basados en la PELP. Elaboración propia basado en la PELP (Ministerio de Energía, 2018)

A nivel mundial, los proyectos de concentración solar de potencia han tenido un auge en los últimos años, impulsado por la baja de los costos de la tecnología y el desarrollo en territorios con un alto potencial solar como España, Estados Unidos, Marruecos, Sudáfrica, India y China. Éste acelerado crecimiento de la cartera de proyectos de concentración solar en los últimos años traerá una alta demanda de bienes y servicios asociados, los cuales, de acuerdo a expertos de la industria, no será posible ser satisfecha por la industria interna de cada economía, por lo que se vislumbra una oportunidad única de establecer una industria de proveedores en Chile para satisfacer parte de esa demanda de bienes y servicios, en la medida que nuevas empresas asuman el desafío de generar innovación en algún eslabón de la cadena de valor de proyectos CSP para mejorar su oferta de valor en un mercado emergente.



### 3. Estimación de la demanda de materias primas

Dados los escenarios de penetración de energía solar en el mediano y largo plazo, se realizó una estimación de demanda de materias primas y componentes. Esta demanda es una oportunidad para el mercado local, el cual puede proyectar y evaluar sus desarrollos, de tal forma de ser parte de la cadena de valor de los proyectos.

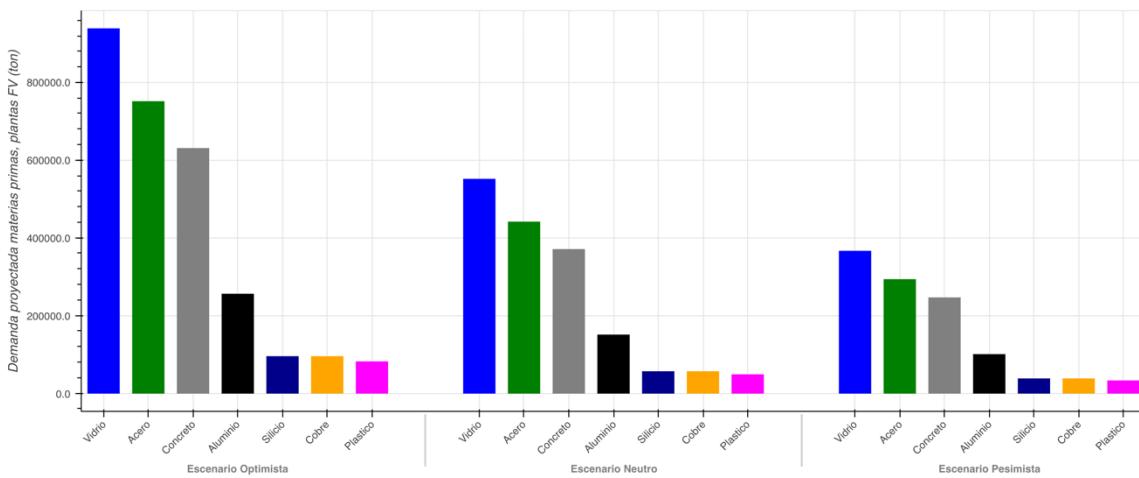


Figura 21. Cantidad de materias primas demandadas por la industria fotovoltaica, según cada escenario definido en el estudio.

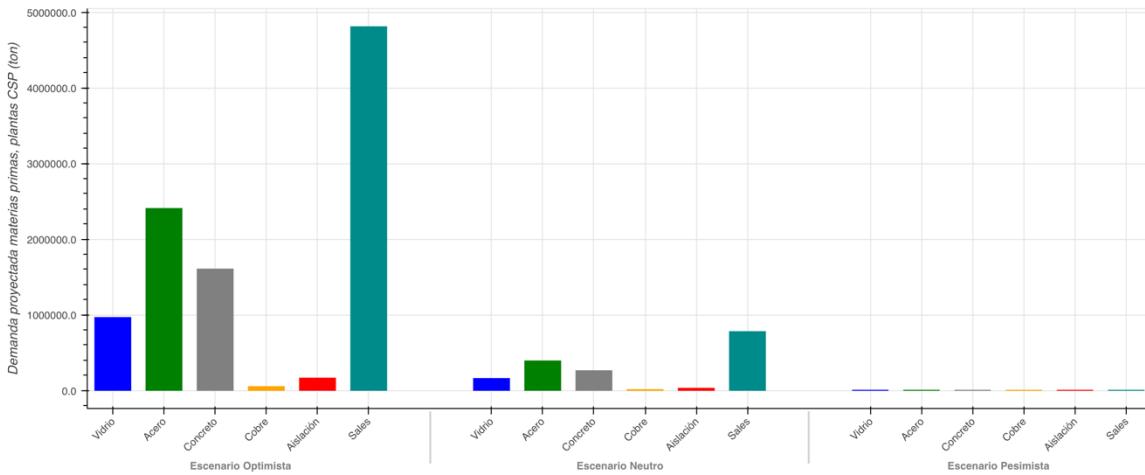


Figura 22. Cantidad de materias primas demandadas por la industria de concentración solar, según cada escenario definido en el estudio.

#### 4. Otras aplicaciones de la energía solar

Las oportunidades de aplicación de la tecnología de concentración solar van más allá de la producción eléctrica. Dadas las altas temperaturas que es posible alcanzar con tecnologías de concentración solar, se abre un espectro de posibilidades para abastecer a las industrias de calor de procesos e incluso de producir combustibles solares. En términos globales, el calor de procesos representa una fracción importante de la demanda energética a nivel mundial. Según la IEA, el sector industrial representa el 32% de la demanda energética total (transporte corresponde al 31%, residencial al 24% y otros sectores al 13% restante). De éste 32%, el 75% corresponde a demanda de calor y el 25% restante a demanda de electricidad. La demanda de calor según el nivel de temperatura es: 30% en procesos de

baja temperatura (bajo 150 °C), 22% en procesos de media temperatura (entre 150 °C y 400 °C) y 48% en procesos de alta temperatura (sobre 400 °C). El calor de procesos es un sector poco abordado con tecnologías renovables y presenta un potencial muy interesante para aplicaciones de energía solar (IEA, 2017).

*Calor de procesos:* Hay diversos sectores industriales que requieren calor para sus procesos, lo cual constituye un mercado emergente para las tecnologías de concentración solar. Una instalación para calor de procesos puede ser de menor tamaño y no necesita los componentes que se encuentran asociados al bloque de potencia, lo cual disminuye considerablemente la inversión requerida.

Entre los sectores que requieren calor de proceso están la industria de alimentos, industria textil, industria química, minería metálica y no metálica, el sector de manufactura, entre otros. El levantamiento de las oportunidades de integrar calor de procesos en sectores industriales ha sido financiado por medio de dos Bienes Públicos.

Appsol es una aplicación que permite dimensionar sistemas solares en distintos rubros industriales. Durante el proyecto se realizó un levantamiento detallado de los distintos rubros industriales, junto a sus procesos y temperaturas necesarias. Además, existe una herramienta que permite evaluar económicoamente la implementación de diversas tecnologías solares en un proceso dado. El proyecto se encuentra finalizado y actualmente se está complementando con un nuevo Bien Público, el cual analiza el potencial de integración de tecnologías de frío solar en el sector agroindustrial (16BPER-66952).

Metalurgia Solar (16BPE-62274) aborda las posibilidades de integración de energía solar en procesos metalúrgicos. El desarrollo incluye un asesor de integración, el cual busca estimar la superficie necesaria del campo solar para abastecer un proceso dado. A fines del 2018, el proyecto se encuentra en su etapa final de desarrollo.

*Combustibles solares:* El desarrollo de los combustibles solares es un mercado emergente, el cual aún requiere de madurez tecnológica para ser competitivo frente a las opciones convencionales. Los combustibles solares pueden ser competitivos en mercados globales con productos como amoniaco, metanol, éter dimetílico, hidrógeno y combustibles sintéticos. La proyección del desarrollo ya ha sido planteada en hojas de ruta, como por ejemplo en Australia, que ya analiza las opciones de impulsar el mercado de combustibles solares.

Las opciones tecnológicas para producir combustibles solares se resumen en 3 procesos (Hinkley J, 2016):

Reformado solar, en el cual vapor y/o CO<sub>2</sub> reacciona con gas natural para producir gas de síntesis, el cual es una mezcla de hidrógeno (H<sub>2</sub>) y monóxido de carbono (CO). El proceso es ideal para producir hidrógeno, ya que el gas sintético es rico en hidrógeno. También es adecuado para producir amoniaco.

Gasificación solar, en el cual el vapor reacciona con compuestos ricos en carbono, como el carbón o la biomasa. La reacción produce un gas sintético con una razón de H<sub>2</sub>/CO más baja que el reformado a vapor de metano. Además, es más conveniente para la producción de combustibles líquidos. La gasificación solar tiene mayor producción de gas sintético que el método convencional de gasificación autotérmica, ya que ninguno de los insumos debe ser combustionado internamente para proveer de calor al proceso.

Procesos de reducción solar, el cual incluye el proceso en 2 pasos de ciclos de oxidación/reducción de un metal para dividir el agua y/o el CO<sub>2</sub>. En el proceso, el óxido de metal es parcialmente reducido por el efecto de altas temperaturas, utilizando concentración solar. Luego, a temperaturas más bajas, el metal es reoxidado al reaccionar con H<sub>2</sub>O y/o CO<sub>2</sub> para producir H<sub>2</sub>/gas sintético y regenerar el óxido de metal. El óxido de metal es nuevamente sometido al paso de reducción para completar el ciclo. También se

tienen procesos de reducción basados en sulfuros, donde el ácido sulfúrico es descompuesto por el efecto de altas temperaturas utilizando concentración solar. El ácido sulfúrico se descompone en dióxido de sulfuro y oxígeno. Dependiendo del tipo de ciclo, el dióxido de sulfuro reacciona nuevamente con agua para producir H<sub>2</sub> y ácido sulfúrico, el cual es descompuesto nuevamente en el reactor para completar el ciclo.

## 5. Oportunidades para la industria nacional

Con el fin de identificar sectores de interés dentro de la cadena de valor para proyectos de concentración solar de potencia y fotovoltaicos, se realizó una evaluación con cada uno de los componentes de la cadena de valor descritos en la Figura 7 y Figura 8, de manera de hacer un mapa de relevancia versus factibilidad de motivar la inversión focalizada en sectores con mayor potencial de crecimiento y favorecer la articulación en sectores con mayor experiencia.

Para cada uno de los elementos de la cadena de valor descritos por tecnología se identificó la factibilidad y la relevancia para la industria nacional. La primera, entendida como la experiencia (en proyectos de gran escala y de industrias similares), disponibilidad (equipos y capital humano), inversión requerida, competencia internacional y potencial de innovación. La relevancia fue evaluada de acuerdo a la participación en la cadena de valor y mano de obra, potencial de exportación del bien o servicio, demanda potencial, y utilidad para otros sectores. La evaluación de cada factor fue realizada de acuerdo a las sistematización de los documentos de Hoja de Ruta del Comité Solar (Fundación Chile, 2015), del documento Potencial de la Industria en Chile para el Desarrollo de CSP (GIZ, 2018), de la sistematización de documentos internacionales (Anexo1) y de las entrevistas realizadas a desarrolladores y empresas EPC<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> Acrónimo del inglés Engineering, Procurement and Construction.



En la Figura 23 se muestra que existe una oportunidad considerable para el desarrollo de iniciativas industriales dentro de la cadena de valor de los proyectos solares, especialmente en las áreas de desarrollo de proyectos; ingeniería y construcción; operación y mantenimiento, tanto para plantas fotovoltaicas como para concentración solar. En el caso de materias primas para proyectos CSP también presenta una gran relevancia, principalmente traccionada por elementos tales como, vidrio, sales solares, cobre, y materiales para aislación térmica entre otros.

En la Figura 23 se pueden diferenciar, no sólo los eslabones de la cadena de valor central por tecnología (desarrollo de proyectos, materia prima, componentes, ingeniería y construcción, y operación y mantenimiento) sino que también algunos ejemplos de los elementos específicos de la cadena de valor central. El resultado de este análisis, como se puede ver en la Figura 23, se infieren 4 cuadrantes que dan como resultado distintos tipos de zonas de mejora para cada elemento de la cadena de valor:

*Zona de I+D* (cuadrante inferior-izquierdo, baja factibilidad y baja relevancia), el potencial de los elementos de la cadena de valor que se encuentren en esta área consiste en desarrollar actividades de investigación y desarrollo, ligadas principalmente a mejorar performance y tecnología, pero que difícilmente se transformarán en un sector industrial relevante de producción de bienes o servicios. En esta zona se espera que producto del trabajo en I+D se licencie para su producción masiva en otra economía con ventajas comparativas a nivel productivo. Se requiere de altos niveles de inversión y transferencia tecnológica para su desarrollo adecuado.

*Zona de Nicho* (cuadrante superior-izquierdo, alta factibilidad y baja relevancia) el potencial de los elementos de la cadena de valor que se encuentran en esta zona es para actividades o productos de nicho, principalmente por tecnología o por zona geográfica, que permitirán el desarrollo de actividades empresariales propias de proyectos solares, con factibilidad de ser ejecutadas por industria local, pero que no representarán el desarrollo de un sector

industrial en particular, debido al bajo nivel de demanda esperada y potencial de exportación.

*Zona de Innovación* (cuadrante inferior-derecho, baja factibilidad y alta relevancia) el potencial de los elementos que se encuentran en esta zona corresponde a la implementación de iniciativas de innovación. Es muy probable que el alto nivel de relevancia de los procesos de innovación exitosos comercialmente puedan fomentar el desarrollo de una industria para el sector. No obstante, este tipo de procesos requiere inversiones de riesgo y elevados montos.

*Zona de Desarrollo Industrial* (cuadrante superior-derecho, alta factibilidad y alta relevancia) el potencial de este cuadrante se subdividió en tres áreas:

*Área de Escala:* en esta área, para alcanzar un mejor estado de desarrollo productivo a nivel nacional, es necesario que se den economías de escala, que gatillen una demanda incremental de esos bienes o servicios.

*Área de Sinergias:* en esta área destacan principalmente sectores de producción de insumos, para crear mayor experiencia y conocimiento técnico es recomendable fortalecer las sinergias entre varias empresas que cuenten con las capacidades, pero no con el suficiente stock para hacer frente a una mayor demanda.

*Área de Inversión:* esta área requiere de mayor inversión privada para su desarrollo, de manera tal de poder enfrentar la demanda futura de esos bienes o servicios. La decisión de inversiones será gatillada por el atractivo del mercado (tanto nacional como internacional).



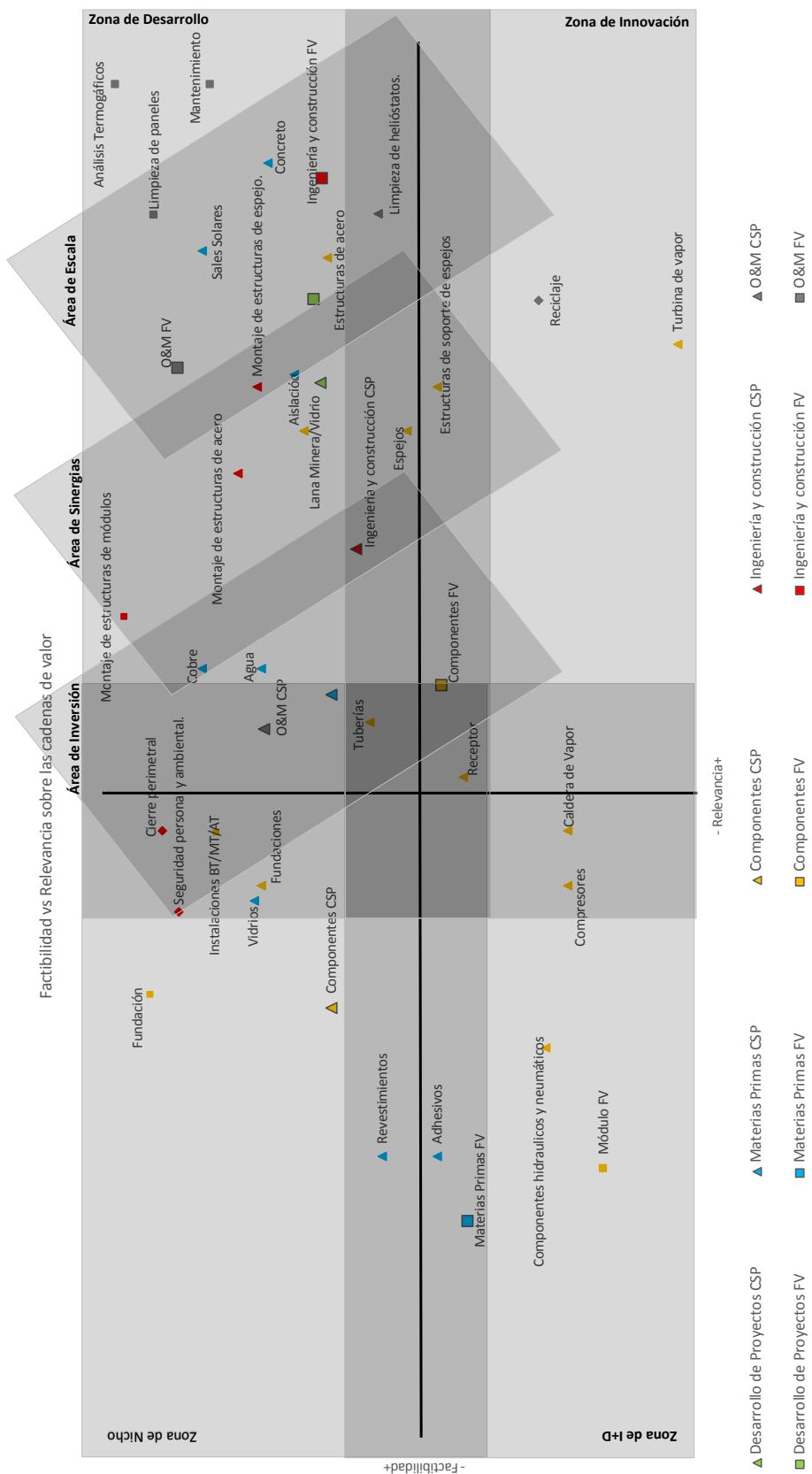


Figura 23. Factibilidad vs Relevancia sobre las cadenas de valor solar para la industria local. Elaboración propia.

Basado en el análisis de la cadena de valor y los elementos específicos, para desarrollar una industria local dinámica para proyectos solares, la síntesis de la evaluación realizada se puede graficar en la Figura 24 (proyectos FV) y la Figura 25 (proyectos CSP).

Para el caso de la cadena de valor del sector fotovoltaico, el potencial de desarrollo de la industria en la actualidad está dominado por ingeniería, construcción y desarrollo de proyectos, debido al crecimiento que han presentado este tipo de proyectos en los últimos años, se ha producido una transferencia de conocimiento y formación de equipos especializados en el país para estas etapas. En los últimos años, los proveedores para servicios especializados de operación y mantenimiento se han incrementado, mejorando la oferta de valor y la tecnología para estos casos. Se espera que con el aumento de proyectos fotovoltaicos y con los desafíos que plantea la operación de estas plantas en condiciones desérticas, este eslabón de la cadena se fortalezca como la especialización de sectores emergentes (Zona Sinergias y Zona de Escala). En general, no se identifica un potencial latente para la provisión de materias primas y componentes, dado el nivel de desarrollo tecnológico necesario y las condiciones de otros mercados para satisfacer esos insumos, no obstante, lo anterior, existen ciertas materias primas que son clave en este tipo de proyectos (cobre, hormigón, acero, entre otras).

Ingeniería y construcción		Desarrollo de Proyectos		O&M			
Estructura de soporte	Fundación, obras civiles	Maquinaria					
Montaje de estructuras.	Infraestructura.	Cierre perimetral.					
Armarios eléctricos.	Logística.	Sistemas informáticos.					
Seguridad personal y ambiental.	Camiones	Conexión a la red eléctrica	Fundación				
Dispositivos de medición.			Inversor	Tracker	Módulo FV	Aero	Cobre
						Dispositivos	
Potencial de la industria para proyectos FV							

Figura 24. Potencial de la industria para participar de la cadena de valor de proyectos fotovoltaicos. Elaboración propia

Para el caso de la cadena de valor del sector de concentración solar de potencia, se identifican ciertas diferencias, al no existir un desarrollo de este tipo de proyectos en el país como lo han sido los proyectos fotovoltaicos, la mayor oportunidad a la fecha se presenta en el desarrollo del sector de proveedores de componentes (estructuras de acero, aislación, cables, estanques de almacenamiento, etc.), el potencial de materias primas para el país está gatillado principalmente por la relevancia dentro de la cadena de valor de las sales solares, el concreto y otras materias primas, debido al nivel de intensidad de esta tecnología en demandar este tipo de bienes y servicios. Se espera que en la medida que el sector se dinamice, los eslabones de ingeniería, construcción, desarrollo, operación y mantenimiento tomen relevancia y mayor peso en el potencial para la economía nacional, debido al proceso natural de transferencia de conocimiento y tecnológica.



Potencial de la industria para proyectos CSP									
Componentes	Materias Primas			Ingeniería y construcción			Infraestructura		
	Estructuras de acero	Aislación	Cables	Sales	Concreto	Lana Minera/Vidrio	Montaje de estructuras de espejo.	Montaje de estructuras de acero	Seguridad personal y ambiental.
Recipientes de almacenamiento	Bombas	Fundaciones	Vidrios	Acetos Minerales y Sintéticos	Fundición, obras civiles				Camiones, coches, grúas, ascensores,
Espejos	Valvulas	Fluido calotransportado	Cobre	Revestimientos	Maquinaria				Sistemas informáticos
	Líneas de evacuación eléctrica	Transformadores	Estructura de soporte	Aero	Plata				Logística
Cajas de conexión	Seguidores	Sistema de Control	Interruptores eléctricos	Químicos	Arena bajas en hierro	Adhesivos	Cierre perimetral	Armarios eléctricos.	Dispositivos de medición
Tuberías	Receptor	Juntas de bola	Caldera de Vapor	Evaluación Ambiental.	Tramitación ambiental	Ingeniería básica y detalle			O&M
Intercambiador de Calor	Rodamientos	Generador	Compresores						Analisis de fallas
			Motor						Limpieza de helostatos.
			Turbina	Selección del Lugar	Datos Meteo	Estudios de factibilidad económica	Mantenimiento	Optimización Bloque de Potencia	Reciclaje

Figura 25. Potencial de la industria para participar de la cadena de valor de proyectos de concentración solar de potencia. Elaboración propia

### *Desarrollo de proyectos*

Al igual que la ingeniería y construcción, este eslabón central de la cadena de valor es mucho más relevante el día de hoy para proyectos fotovoltaicos que para proyectos CSP, no obstante, también podría aumentar en la medida en que se desarrollen más proyectos de esta tecnología.

El desarrollo de proyectos y las actividades de soporte también pueden ser cubiertos con contenido local, especialmente con empresas nacionales de ingeniería.

### *Ingeniería y Construcción*

El potencial de la ingeniería y construcción es muy relevante para proyectos solares, dado el alto nivel de transferencia de conocimiento y experticia necesaria para su ejecución. La mayor representación de este eslabón de la cadena de valor para proyectos fotovoltaicos es generada por el desarrollo y la experiencia adquirida durante los últimos años en este tipo de tecnología. Se espera que con el desarrollo de proyectos de concentración solar, este elemento central de la cadena de valor para la tecnología CSP tome mayor relevancia. Ingeniería de detalle para proyectos CSP es una actividad que requiere una curva de aprendizaje mayor, en este sentido, los primeros proyectos CSP permitirán ganar experiencia, para que en el mediano plazo esta actividad sea cubierta localmente.

### *Industria nacional*

Para el fortalecimiento del sector industrial, los proyectos CSP tomarán principal relevancia como traccionantes de una nueva industria que puede abastecer gran parte de sus necesidades con contenido local, dado que esta tecnología se encuentra en una etapa inicial de desarrollo en el país, los primeros sectores industriales que tomarán relevancia para ser parte de la cadena de valor son los de metalmecánica, aislaciones, estructuras, materiales eléctricos, entre otros. El aumento de demanda por el desarrollo de nuevos proyectos de CSP permitirá habilitar a la industria para realizar nuevas inversiones y crear sinergias (nacionales e internacionales), para integrarse al aprovisionamiento de estos componentes



y materias primas, incluso con el potencial de beneficiarse de subcontratistas locales para mejorar la estrategia de penetración del mercado nacional.

#### *Vidrios y Espejos*

Existen en Chile las capacidades para desarrollar una industria entorno a los vidrios y espejos para proyectos CSP, dado el alto volumen de demanda que este tipo de proyectos requieren, es un componente que se encuentra en la zona de inversión (Figura 23). Para que se aumente la participación de empresas locales en este eslabón es necesario que las empresas del sector inicien proyectos de inversión para su desarrollo y producción.

#### *Cables y Trabajos Eléctricos*

Los trabajos eléctricos en proyectos solares FV y CSP (y los cables como componente clave) pueden ser realizados por empresas locales. Existen empresas con experiencia en subestaciones eléctricas y trabajos eléctricos para la minería que cuentan con certificaciones para alcanzar los estándares requeridos por la industria.

Si bien los resultados observados son tendencias y consideraciones a tener en cuenta, estos dependen de muchos factores, los cuales pueden modificar la situación considerablemente. Por ello, esta herramienta debe utilizarse como referencia para identificar oportunidades de desarrollo de contenido local.

Se espera que etapas tales como: preparación del sitio, construcción de las plantas, instalación, operación y mantenimiento, sean materias cubiertas con alta factibilidad por compañías locales. Dada la importancia de estas tareas, se requiere de programas de entrenamiento para cubrir la necesidad de los proyectos futuros.

## VIII. Estrategia de Desarrollo de la Industria Local Solar 2018-2020

Una *Estrategia* apunta a resolver preguntas críticas - los porqués - tiene un alcance amplio y busca conseguir objetivos al final de su implementación, como también los distintos caminos o alternativas al resultado esperado. Una estrategia analiza la mayor cantidad de factores de influencia posibles, tanto previstos como imprevistos, y llega a ser concordante con la situación de manera sistémica, no sólo con el resultado final (Konetes, 2011).

En términos conceptuales una estrategia es un diseño o idea para lograr una meta específica. Es flexible, abierta y adaptativa al cambio cuando sea necesario. La elaboración de una estrategia se ve maximizada cuando la creatividad, colaboración e innovación son los ejes centrales en su elaboración y adaptación. Una estrategia favorece la apertura y el debate desde todos los actores involucrados, acogiendo preguntas y respuestas efectivas, innovadoras y fuera de lo establecido (*out-of-the-box*). La estrategia habilita el flujo natural de pensamiento y un “momentum” continuo que se acumula más allá del logro del objetivo, sino que se superan las expectativas. De esta manera, se espera que una estrategia cause impresión y marque la pauta para la transformación en potencia productiva (Newton, 2018).

La estructura o bloques de construcción de una estrategia debieran seguir las siguientes acciones:

- ✓ Enmarcar la pregunta correcta (*framing*)
- ✓ Aprender del pasado
- ✓ Diagnóstico de los porqués
- ✓ Pronosticando el futuro (*forecasting*)
- ✓ Buscando caminos potenciales
- ✓ Eligiendo cómo integrar
- ✓ Comprometerse con los cambios



- ✓ Evolucionando cuando sea necesario

Para identificar la estructura de la estrategia, se sistematizaron 15 documentos que buscan desarrollar la industria y fortalecer las cadenas de valor productivas nacionales, para una tecnología renovable particular (Anexo 1 Documentos analizados) principalmente concentración solar de potencia (CSP), así como también algunos análisis en el ámbito fotovoltaico (FV).

De dicha sistematización se identificaron patrones que siguen las estrategias a nivel internacional en temas de desarrollo de cadenas de valor para tecnologías de energía sustentable. De manera sistemática, las estrategias analizadas identifican 6 ejes clave comunes.



Figura 26. Modelo conceptual de una Estrategia de Desarrollo Industrial Elaboración Propia, Comité Solar (2018).

## 1. Objetivo

Contribuir a aumentar la participación de empresas nacionales en la industria de la energía solar, de modo de mejorar los beneficios económicos y sociales del desarrollo de esta industria en el país.

### i. Objetivos estratégicos

#### *Incentivar y activar sinergias entre actividades económicas existentes*

Este objetivo busca aprovechar las oportunidades que surgen de la relación, interacción y colaboración entre empresas con competencias específicas dentro de algún eslabón de la cadena de valor de la industria solar. Esto implica determinar el tipo de sinergia (por competencia, por volumen, por mercado, etc) y potenciarlo de manera de maximizar los beneficios para la economía nacional.

#### *Promover la creación de nuevas actividades industriales a lo largo de las distintas etapas de la cadena de valor*

Esto supone mejorar la información disponible en cuanto a las oportunidades de negocios por nicho productivo o por estimación de aumento de la demanda de bienes o servicios. Dando señales claras y fundamentadas para que las empresas con potencial de transformarse en proveedores puedan adelantar la decisión de inversión.

#### *Mejorar la empleabilidad a nivel local*

Esto implica identificar las necesidades de mano de obra (actuales y proyectadas) conectando a los potenciales especialistas formados con las empresas que estén con la necesidad de mejorar su capital humano. También se requiere priorizar las necesidades de capital humano, en conjunto con la industria, para planificar adecuadamente la formación especializada y no especializada.



## 2. Metas

Para alcanzar los objetivos estratégicos se plantean metas que responden a cuatro pilares de intervención: Ciencia Tecnología e innovación, Información de Valor, Fomento Comercial y Conexión entre Oferta y Demanda.

Las metas que se plantean para esta estrategia son las siguientes:

- Pilar 1: Ciencia, Tecnología e Innovación
  - Aumentar en un 20%, al 2020, las empresas que realizan actividades de innovación relacionadas a la industria sola en Chile.
- Pilar 2: Información de Valor
  - Crear un reporte anual sobre el desarrollo del mercado en la industria solar chilena y mundial.
- Pilar 3: Fomento Comercial
  - Aumentar al menos a un 30% el contenido local de proyectos solares en Chile.
- Pilar 4: Conexión entre Oferta y Demanda
  - Contar con un catastro de empresas proveedoras de la industria solar en todas las etapas de la cadena de valor, de manera sistematizada y actualizada anualmente.
  - Contar con un catastro actualizado de mano de obra calificada para proyectos solares.

## 3. Plan de Acción

En base a la información recopilada y a las brechas y oportunidades detectadas, se han priorizado las siguientes acciones, en línea con los objetivos estratégicos y las metas del presente documento. Dicho plan de acción es una etapa inicial para generar consenso en la industria, por lo que se trabajara en mesas representativas de la industria de manera de validar y priorizar sistemáticamente las acciones a ser trabajadas.

El plan de acción se basará en cuatro pilares de acción, individualizados en actividades específicas para cada uno de ellos, como se ilustra en la siguiente figura:

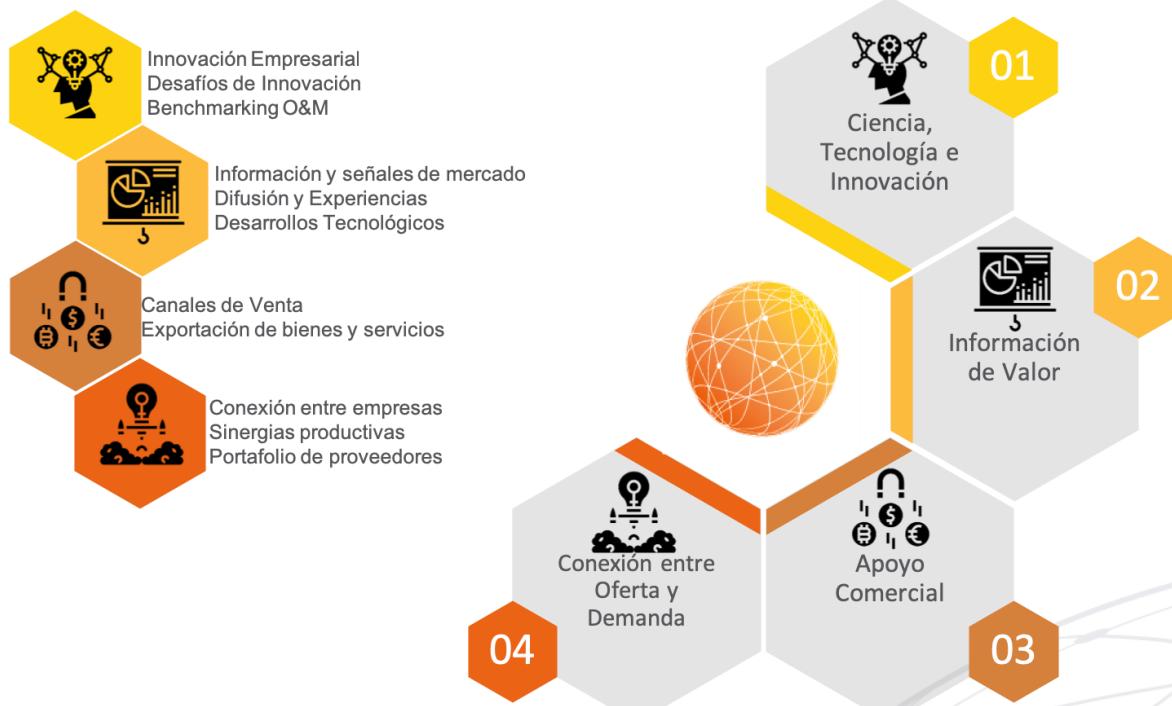


Figura 27. Pilares de acción de la Estrategia de Desarrollo de la Industria Local Solar. Elaboración propia Comité Solar 2018<sup>11</sup>

#### Pilar I: Ciencia, Tecnología e innovación

- Innovación empresarial. Identificación de los parámetros y pilares que posicionan a los países en temáticas de innovación y creación de valor para fortalecer aquellas características que pueden ser abarcadas desde la institucionalidad de CORFO.
- Desafíos de innovación. Definir con la industria grandes desafíos de innovación para las empresas involucradas en desarrollo de proyectos solares, en colaboración con la Plataforma de Innovación Abierta BRILLA.
- Benchmarking O&M. Realizar un levantamiento de información (estudio de benchmarking) de O&M de plantas solares FV para mejorar la oferta de proveedores

<sup>11</sup> Los íconos para representar gráficamente cada uno de los pilares fueron obtenidos de “The Noun Project” elaborados por paisurangkana <https://thenounproject.com/paisurangkana> Bajo licencia CreativeCommons

mediante desafíos de innovación, estandarizando procedimientos y poner a disposición información clave para incentivar la participación de actores locales.

### *Pilar II: Información de valor*

- Información y señales de mercado. Levantar y actualizar información del mercado solar, evolución de la participación de empresas nacionales, proyección de crecimiento, proyectos en ejecución, inversiones y estimación de demanda. De forma de incentivar las decisiones de inversión y capital humano de los organismos correspondientes.
  - Realizar estudios con relación a costos de insumos y servicios, de manera de transparentar los costos de mercado y fomentar la competencia, para enfrentar la distorsión de costos que provoca en algunas ocasiones la actividad minera.
  - Centralizar información relativa a las plantas solares conectadas al Sistema Eléctrico Nacional (SEN) mediante una plataforma online, de manera de visualizar características de las plantas y métricas de funcionamiento. Además se pondrá a disposición información generada desde otras fuentes, como Bienes Públicos de CORFO u otras instituciones, como la Dirección Meteorológica de Chile, con el fin de centralizar información relativa a recurso solar, a la generación de las plantas solares, y todo lo relativo a información relevante para desarrollo de una industria solar.
- Difusión y experiencias. Desarrollar medios de transmisión de información efectivos, realizar actividades para aumentar la información y comprensión disponible en relación a nuevos desarrollos tecnológicos, oportunidades de negocio, tendencias de la industria, entre otros, para funcionarios públicos, proveedores, empresas EPC y desarrolladores.

- Actividades y material de difusión tales como: reuniones bilaterales, seminarios, desarrollo de infografías, reportes. Junto con mejorar la información técnica de proyectos solares para tomadores de decisión (público y privado).
- Mejorar la información disponible de las empresas nacionales con experiencia en cada etapa de la cadena de valor de proyectos solares, mediante diagramas de flujo dinámico (online) que permitan identificar la experiencia de proveedores en los proyectos solares desarrollados y construidos en Chile.
- Desarrollos tecnológicos. Realizar un levantamiento de información sobre desarrollos tecnológicos a nivel mundial, para poner a disposición parámetros técnicos de equipos de proveedores, de modo de simplificar la evaluación técnica y factibilidad de implementar una tecnología dada. Esta información es clave tanto para posibles instalaciones industriales como para empresas manufactureras.

### *Pilar III: Fomento Comercial*

- Canales de venta.
  - Nuevos canales: Generar canales de venta mediante plataformas virtuales para proveedores nacionales que sean vías efectivas para la comunicación entre necesidad y oferta de bienes o servicios.
  - Sensibilización: a las empresas proveedoras de bienes y servicios sobre la importancia de mantener buenos canales de venta y con sus compradores, respondiendo oportunamente y estableciendo protocolos.
- Exportación de bienes y servicios: Internacionalizar empresas nacionales, en colaboración y coordinación con ProChile, establecer un plan de trabajo para escalar empresas nacionales del sector solar y emprendimientos que han desarrollado productos exitosos y cuentan con capacidades, experiencia y escala para internacionalizar su proyecto o empresa a mercados emergentes.

*Pilar IV: Conexión entre oferta y demanda*

- Conexión entre empresas. Realizar actividades de matchmaking con potenciales proveedores y desarrolladores de proyectos y empresas EPC, de manera virtual y a través de ferias, para impulsar la interacción y concreción de negocios, no necesariamente relacionados con proyectos solares (sector financiero, logística, ingeniería, entre otros). Implementar o mejorar una plataforma que permita optimizar la conexión entre oferta y demanda.
- Sinergias productivas. Potenciar la sinergia entre empresas, de modo que puedan diversificar su oferta de valor y abarcar mayor variedad de servicios/materiales, para así lograr una mayor colaboración, conexión e interacción entre éstas y responder de mejor manera frente a los requerimientos de la industria.
- Portafolio de proveedores. Levantar información de las capacidades y experiencia de las empresas nacionales, para que sean fácilmente identificadas por los desarrolladores de proyectos y empresas EPC internacionales, facilitando la creación de consorcios y asociaciones para satisfacer la demanda de la cartera de proyectos en ejecución.
- Mesas de trabajo de capital humano. Continuar el trabajo desarrollado regionalmente en mesas de trabajo de capital humano para definir y priorizar actividades de impacto significativo.

Los plazos considerados para ejecutar las acciones propuestas se detallan en la siguiente tabla:

Actividad	2018 <sup>12</sup>		2019		2020	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2
<b>Ciencia, Tecnología e Innovación</b>						
Innovación Empresarial			X			
Desafíos de Innovación	X		X		X	
Benchmarking O&M				X		X
<b>Información de Valor</b>						
Información y señales de Mercado			X		X	
Estudios de Costos			X		X	
Plataforma del mercado solar	X	X	X			
Difusión y experiencias			X	X	X	X
Actividades y material de difusión	X		X		X	
Resaltar experiencias				X		X
Desarrollos tecnológicos						X
<b>Fomento Comercial</b>						
Canales de Venta				X	X	
Nuevos canales				X	X	
Sensibilización				X	X	X
Exportación de bienes y servicios			X	X	X	X
<b>Conexión entre oferta y demanda</b>						
Conexión entre empresas			X	X	X	X
Sinergias productivas			X		X	
Portafolio de proveedores			X		X	
Mesas de trabajo de capital humano	X	X	X	X	X	X

Tabla 4. Plazos estimados para la implementación de la estrategia, Elaboración propia.

<sup>12</sup> Existen actividades que han sido implementadas durante el 2018 por el Comité Solar, que se mantendrán durante los siguientes años como parte de la presente estrategia.

## I. Bibliografía

Aparicio Cabrera, A., 2013. Historia económica mundial siglos XVII-XIX: revoluciones burguesas y procesos de industrialización. *Economía Informa*, Issue 378, pp. 60-73.

Aquino Rodriguez, C., 2000. *Introducción a la Economía Asiática: El Desarrollo Económico del Asia Oriental y lecciones para el Perú*. Primera ed. Lima: AUKI E.I.R.L..

Arrobas, D. L. P. y otros, 2017. *The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future*. Washington, D.C.: World Bank Group and EGPS.

Banco Interamericano de Desarrollo, 2017. *Oportunidades en la cadena de valor de las energías renovables*. [En línea]  
Available at:  
<http://conexionintial.iadb.org/2017/02/01/oportunidades-en-la-cadena-de-valor-de-las-energias-renovables/>  
[Último acceso: 23 noviembre 2018].

CNE, 2018. *Estadísticas: Electricidad*. [En línea]  
Available at:  
<https://www.cne.cl/estadisticas/electricidad/>  
[Último acceso: 12 11 2018].

Comité Solar, 2018. *Fortalecimiento de la Infraestructura de la Calidad - Estudios*. [En línea]  
Available at:  
<http://www.comitesolar.cl/hoja-de->

[ruta/fortalecimiento-infraestructura-calidad/estudios/](#)  
[Último acceso: 27 12 2018].

Crafts, N. F., 1996. The First Industrial Revolution: A Guided Tour for Growth Economists. *The American Economic Review. Papers and Proceedings of the Hundredth and Eighth Annual Meeting of the American Economic Association*, 86(2), pp. 197-201.

Di Maio, M., 2009. Industrial Policies in Developing Countries: History and Perspectives. En: M. C. a. J. E. S. Giovanni Dosi, ed. *Industrial Policy and Development*. Oxford: Oxford University Press, p. 464.

European Investment Bank EIB, International Renewable Energy Agency IRENA, 2015. *Evaluating renewable energy manufacturing potential in the Mediterranean Partner Countries*, Luxemburgo: Unión Europea.

Fraunhofer ISE, 2012. *Support for Moroccan Solar Plan: Solar Technologies in Morocco - Industry and Value Chain Assessment*, Freiburg, Germany: Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems.

Fundación Chile, 2015. *Levantamiento de Brechas y Hoja de Ruta. Programa Estratégico Nacional en Industria Solar (PES)*, Santiago: Comité Solar.

GIZ, 2014. *Análisis de las capacidades y concepto para el desarrollo de un centro de formación de energía solar en Chile*, Santiago: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit.

GIZ, 2014. *Energías Renovables en Chile, El Potencial eólico, solar e hidroeléctrico de Arica a Chiloé*, Santiago de Chile: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit.

GIZ, 2018a. *Potencial de la Industria de Chile para el Desarrollo de una Industria de Concentración Solar de Potencia*, Santiago: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit.

GIZ, 2018b. *Tecnologías del hidrógeno y perspectivas para Chile*, Santiago: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit.

GTM Research, 2016. *Latin America PV Playbook, Executive Summary, Q2 2016 Market Update*, London: GTM Research.  
Hinkley J, H. J. M. R. E. J. a. L. K., 2016. *Concentrating Solar Fuels Roadmap – Final Report*, Canberra: CSIRO.

Honghang Sun, Q. Z. Y. W. Q. Y. J. S., 2014. China's solar photovoltaic industry development: The status quo, problems and approaches. *Applied Energy*, Volume 118, pp. 221-230.

IEA, 2017. *Renewable Energy for Industry. From green energy to green materials and fuels*, Paris: OECD/IEA.  
IEA-PVPS, 2015. *Life Cycle Inventories and Life Cycle Assessments of Photovoltaic Systems*, Paris: IEA.

IPCC, 2018. *Summary for Policymakers in Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways*, Geneva: World Meteorological Organization.

IRENA, 2014. *The Socio-economic Benefits of Solar and Wind Energy*, Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.

IRENA, 2017. *Renewable energy benefits: Leveraging local capacity for solar PV*, Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.

IRENA, 2018a. *Opportunities to accelerate national energy transitions through enhanced deployment of renewables (Report to the G20 Energy Transitions Working Group)*, Abu Dhabi: International Renewable Energy.

IRENA, 2018b. *Solar Energy Data*. [En línea]  
Available at: <https://www.irena.org/solar> [Último acceso: 05 12 2018].

IRENA, 2018c. *Transformación energética mundial: hoja de ruta hasta 2050*, Abu Dhabi: Agencia Internacional de Energías Renovables.

Konetes, G., 2011. *Infinity Concepts*. [Online]  
Available at:  
<https://www.infinityconcepts.net/2011/09/the-difference-between-a-plan-and-a-strategy/>



Marsh, G., 2009. *Renewable Energy Focus Journal*. [En línea]

Available at:

<http://www.renewableenergyfocus.com/view/3187/pv-manufacture-synergy-without-dependance/>

Mazzucato, M., 2018. *The Value of Everything Making and Taking in the Global Economy*, Great Britain: Allen Lane.

Ministerio de Energía, 2018. *Anuario Estadístico de Energía 2017*, Santiago de Chile: Comisión Nacional de Energía.

Ministerio de Energía, 2018. *Planificación Energética de Largo Plazo*. [En línea]  
Available at: <http://pelp.minenergia.cl/>  
[Último acceso: 15 11 2018].

Ministerio de Medio Ambiente, 2017. *Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022*. [En línea]  
Available at:  
[http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/07/plan\\_nacional\\_climatico\\_2017\\_2.pdf](http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/07/plan_nacional_climatico_2017_2.pdf)  
[Último acceso: 15 12 2018].

Naciones Unidas, 2014. *Fortalecimiento de las cadenas de valor como instrumento de la política industrial Metodología y experiencia de la CEPAL en Centroamérica*. Ramon Padilla Pérez ed. Santiago de Chile: CEPAL.

Newton, C., 2018. *Center for Management & Organization Effectiveness*. [Online]

Available at: <https://cmoe.com/blog/a-plan-versus-a-strategy-is-there-a-difference/>

P.Heller, et al., 2011. *Strategic Energy Technology Plan. Scientific Assessment in support of the Materials Roadmap Enabling Low Carbon Energy Technologies: Concentrating Solar Power Technology*. Primera ed. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Porter, M. E., 2008. *On Competition - Updated and Expanded Edition*. Undécima ed. Cambridge(Massachusetts): Harvard Business Review.

Tractebel, 2017. *Oportunidades para el desarrollo de una industria de hidrógeno solar en las regiones de Antofagasta y Atacama: Innovación para un sistema energético 100% renovable*, Santiago: Comité Solar.

UNU-WIDER, 2010. *Industrial Policy Old and New Issues*, Helsinki: Wim Naudé. World Bank, 2011. *Middle East and North Africa Region Assessment of the Local Manufacturing Potential for Concentrated Solar Power (CSP) Projects*, Washington, DC: World Bank.

Zhao Xin-gang, Z. Y., 2018. Technological progress and industrial performance: A case study of solar photovoltaic industry. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81(1), pp. 929-936.

## II. Anexos



## 1. Anexo 1 Documentos de estrategia de desarrollo Industrial en energía solar

Nombre	Lugar	Referencia	
Development of Local Supply Chain. A Critical Link for Concentrated Solar Power in India	India	The World Bank Energy Sector Management Assistance Program	2013
Development of Local Supply Chain: The Missing Link for Concentrated Solar Power Projects in India	India	The World Bank Energy Sector Management Assistance Program	n/i
Middle East and North Africa Region Assessment of the Local Manufacturing Potential for Concentrated Solar Power (CSP) Projects	Región de Mena	The World Bank Energy Sector Management Assistance Program	2011
Assessment of the localization, industrialization and job creation potential of CSP infrastructure projects in South Africa – A 2030 vision for CSP	Sudáfrica	Deutche Gessellshaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH South African – German Energy Programme (SAGEN) Southern Africa solar Thermal And Electricity Association (SASTELA) The Department of Trade and Industry (The dti)	2013
Strategic Energy Technology Plan Scientific Assessment in support of the Materials Roadmap Enabling Low Carbon Energy Technologies: Concentrating Solar Power Technology	Análisis tecnológico	Peter Heller (DLR) Andreas Häberle (PSE) Philippe Malbranche (CEA-INES) Olivier Mal (AGC Solar) Luisa F. Cabeza (Universitat de Lleida)	2011
Regulatory and Financial Incentives for Scaling Up Concentrating Solar Power in Developing Countries	Países en vías de desarrollo (India, Marruecos, Sudáfrica)	Natalia Kulichenko Jens Wirth The World Bank	2011
Concentrating Solar Power Gen3 Demonstration Roadmap	USA	Mark Mehos (NREL) Craig Turchi (NREL) Judith Vidal (NREL) Michael Wagner (NREL) Zhiwen Ma (NREL) Clifford Ho (SANDIA) William Kolb (SANDIA) Charles Andraka (SANDIA) Alan Kruizenga (SANDIA)	2017



Assessment of Technology Options for Development of Concentrating Solar Power in South Africa for The World Bank	Sudáfrica	The World Bank Energy Sector Management Assistance Program	2010
Report on Barriers for Solar Power Development in India	India	South Asia Energy Unit Sustainable Development Department The World	2010
Technology Roadmap Solar Thermal electricity	Global	International Energy Agency	2014
China's solar photovoltaic industry development: The status quo, problems and approaches	China	(Honghang Sun, 2014)	2014
Technological progress and industrial performance: A case study of solar photovoltaic industry	China	(Zhao Xin-gang, 2018)	2018
Solar technologies in North Africa: Potentials and targets of local manufacturing	Noráfrica	Chrisof Kost Fraunhofer ISE	2013
Support for Moroccan Solar Plan Solar Technologies in Morocco – Industry and Value Chain Assessment	Marruecos	Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE Moroccan Agency for Solar Energy MASEN Deutche Gessellshaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH	2012
Evaluating Renewable Energy Manufacturing Potential in the Mediterranean Partner Countries	Egipto Túnez Marruecos	European Investment Bank EIB International Renewable energy Agency IRENA	2015





COMITÉ SOLAR