

A black and white photograph of a water splash, showing a stream of water falling from the top and splashing into a pool of water at the bottom. The splash is captured in a high-speed, slow-motion style, with individual droplets and ripples clearly visible. The background is a light, neutral color.

# DESARROLLO DE CASOS DE NEGOCIOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS REUTILIZADOS

*Proyecto Solar Circular*

---

## Informe de Investigación

phibrand

## Tabla de contenido

|  |    |
|--|----|
| Respecto a Phibrand .....  | 3  |
| 1. Resumen Ejecutivo.....  | 4  |
| 2. Antecedentes.....   | 6  |
| 3. Objetivos.....  | 8  |
| 3.1 Objetivo General.....  | 8  |
| 3.2 Objetivo Específico.....   | 8  |
| 3.3 Métodos de recolección y Procesamiento de Información.....   | 8  |
| 4. Criterios técnicos de paneles y nichos.....   | 10 |
| 4.1 Definición de los criterios técnicos del uso de paneles solares de segunda vida:.....  | 10 |
| 4.2 Condiciones de atractividad de los posibles casos de uso de paneles solares de segunda vida y los criterios de selección ..... | 15 |
| 4.2.1 Carports .....   | 16 |
| 4.2.2 Cubierta.....  | 16 |
| 4.2.3 Barrera Acústica.....  | 16 |
| 4.2.4 Vivienda.....  | 17 |
| 5. Metodología de cuantificación de los casos de uso.....  | 18 |
| 5.1 Modelo de Costos.....  | 18 |
| 5.1.1 Estimación de costos de transporte .....   | 19 |
| 5.1.2 Estimación del precio de venta del Módulo Fotovoltaico (MFV) .....   | 19 |
| 5.2 Modelos de Beneficios .....  | 20 |
| 5.2.1 Beneficios Sociales.....   | 20 |
| 5.2.2 Beneficios Medioambientales .....  | 20 |
| 5.2.3 Beneficios Económicos .....  | 21 |
| 5.1 Frontera de posibilidades de costos.....   | 22 |
| 6. Casos de Negocio para el uso de paneles fotovoltaicos de segunda vida .....   | 24 |
| 6.1 Nicho Cubierta Solar .....   | 24 |
| 6.2 Caso de negocio Carport Solar .....  | 26 |
| 6.3 Caso de negocio Vivienda.....  | 29 |
| 6.4 Caso de negocios Barrera Acústica.....   | 33 |
| 7. Comparación con la compra de MFV nuevo.....   | 38 |
| 8. Modelos de negocio para cada aplicación .....   | 39 |
| 8.1 Empresas que venden sistemas fotovoltaicos.....  | 39 |
| 8.2 Tipos de Modelos de negocios .....   | 39 |
| 8.3 Modelos de negocios para cubierta solar y carport.....   | 40 |
| 8.4 Modelos de negocios para vivienda.....   | 41 |
| 8.5 Modelos de negocios para barrera acústica .....  | 41 |
| 9. Conclusión y Recomendaciones .....  | 42 |

## Respecto a Phibrand

Phibrand es una consultora exclusivamente dedicada a combinar investigación socioeconómica de mercados industriales, innovación, inteligencia de mercados B2B, emprendimiento y aceleramiento comercial. Nuestro objetivo principal es mejorar la eficiencia y la competitividad de los diferentes sectores industriales, eliminando sus asimetrías de información y mejorando la relación entre los distintos actores de cada industria.

Lo anterior permite generar una base de conocimiento indispensable para el desarrollo de estrategias eficaces que nuestros clientes pueden implementar en sus organizaciones, obteniendo resultados en el corto plazo.

A lo largo de los últimos 12 años, hemos adquirido experiencia en las industrias de minería, energía y agro alimentos. Trabajando con más de 450 empresas entre las cuales se encuentran empresas mineras como BHP, AMSA, instituciones como Universidad de Antofagasta, Universidad Católica del Norte, AMTC; y proveedores de diversos rubros como Sandvik, Tega, Tagler, Sovos, entre otros.

Por otra parte, Phibrand ha desarrollado diversas investigaciones que buscan contribuir al desarrollo del entorno emprendedor e innovador en el sector, generando estrechas alianzas con entidades públicas, centros de investigación y actores importantes en el sector, tales como Programa Nacional de Minería Alta Ley, InvestChile, Fundación Chile, Solar Energy Research Center (U de Chile), Fundación Copec-UC, Universidad de Chile, Universidad de Antofagasta, SONAMI, EDITEC, Ministerio de Minería, entre otras.

Nuestro enfoque se basa en combinar metodologías y aproximaciones sociológicas con las teorías económicas para entender los procesos de toma de decisión y comportamientos de las organizaciones empresariales y grupos objetivo. De esta manera, logramos establecer tipologías que entregan información mucho más enriquecida respecto de las empresas, dado que podemos predecir comportamientos de inversión, decisiones de compra, decisiones de innovación, desarrollo de productos, etc.

Bajo esta perspectiva entendemos la realidad de una manera más dinámica y, por ende, podemos construir junto a nuestros clientes y aliados, planes de acción futuros más acotados, priorizados y factibles.

## 1. Resumen Ejecutivo

Solar Circular es un bien público (BBPP) que tiene como objetivo proponer la generación de protocolos, procesos, estándares técnicos y económicos para habilitar el mercado de segunda vida de módulos tanto funcionales (que aun producen energía) como no funcionales (que ya no tiene la utilidad de la generación de energía) trabajando con entidades públicas y privadas relevantes.

En este documento Phibrand presentará la etapa de desarrollo de casos de negocio, la cual consiste en un análisis de nichos de mercado y casos de uso y finalmente, la construcción de casos de negocios en los cuales se detalla la viabilidad de la utilización de paneles solares reutilizados. El criterio de selección de estos nichos obedece a variables que presentaremos más adelante. Dentro de los nichos de mercado donde los paneles fotovoltaicos de segunda vida pueden ser utilizados, se seleccionaron para este estudio, los siguientes:

1. Vivienda: edificación que tiene como objetivo ofrecer un refugio y habitación para personas.
2. Carport: Es una estructura que permite ofrecer protección a vehículos, principalmente automóviles, contra la nieve, lluvia y sol.
3. Cubierta: Es una estructura que tiene como función proteger a los edificios o distintas construcciones en la parte superior.
4. Barrera Acústica: Estructura exterior que está diseñada para reducir la contaminación acústica.

Por su parte, los casos de uso corresponderán distintas posibilidades de uso que tendrán los paneles dentro del nicho de mercado. Finalmente, los casos de negocios se construirán a partir de los casos factibles técnicamente y al mismo tiempo, económicamente viables, es decir, a partir de aquellos casos de uso donde los beneficios son mayores a los costos.

Este último, corresponde al entregable final de este proyecto y es allí donde se presentan las condiciones que hacen viable técnicamente y atractivo, no solo desde el punto de vista económico, sino también social y ambiental, desarrollar negocios en esta nueva industria con perspectiva de economía circular.

La metodología para realizar esta investigación contempló:

- a) La **recopilación de información y su procesamiento** para el cumplimiento de diferentes etapas, las cuales son las siguientes:
  - i) definición de la factibilidad técnica de la reutilización de paneles fotovoltaicos;
  - ii) Definición de los criterios para la selección de módulos fotovoltaicos funcionales; las características que deben poseer en función de las pruebas técnicas a las cuales tienen que ser sometidos; y
  - iii) Determinación de universo total de módulos solares de segunda vida que son factibles de usar en los nichos de mercado investigados.

- b) Identificación de los criterios de selección de módulos que habilitarían económicamente determinados casos de uso en cada nicho de mercado a analizar. Para esta etapa, se tomó como base el informe realizado por el Centro Tecnológico para la Construcción (CTEC).
- c) Como tercer paso, se realizó la **caracterización y cuantificación de cada uno de los nichos de mercados seleccionados para transformarlos en casos de negocios específicos** en función a un modelo de costos y beneficios. De esta manera, se verificaron las condiciones, escalas y características que debían darse para un determinado nicho de mercado o caso de uso en particular dentro de él, para que se transformara en un caso de negocio técnica y económicamente viable.
- d) A partir de los casos de negocios construidos, se añadió una última etapa, la cual consistió en aproximar algunos **modelos de negocios** y recomendaciones en base a las características del mercado y las características del caso de uso.

En resumen, se validó que, independiente de la factibilidad técnica, el menor impacto al medioambiente y el aporte que podría generar el uso de módulos de segunda vida, con capacidad o no de generación eléctrica, no siempre son un negocio o al menos un negocio atractivo. En este sentido, se ve que el beneficio económico de los nichos estudiados, depende principalmente de dos variables: precio de compra del panel fotovoltaico de segunda vida y el costo de disponerlo en el lugar de uso, dentro del cual, el costo de transporte es el más representativo.

Naturalmente, al desconocer el precio de compra del panel, siempre será más conveniente instalar los módulos fotovoltaicos en lugares cercanos a la planta solar desde donde se extraen los paneles de segunda vida, reduciendo así el costo de transporte y maximizando el beneficio económico derivado del nuevo uso. Sin embargo, nuestro estudio considera en cada caso de negocios desarrollado, distintos escenarios construidos en función del precio de compra de los módulos y el lugar (en kms) de la disposición final, todo con el fin de identificar el punto límite (C\*) donde el costo de disposición y uso de estos paneles se iguala a su beneficio, dado un determinado uso, un valor de compra y un lugar de disposición final.

Por último, es importante resaltar que, a riesgo de una obviedad, la naturaleza de los casos de negocio obliga a definir una viabilidad económica, dado una factibilidad técnica e independiente de su impacto sustentable, para habilitarlo como tal. No obstante, y a partir de estos importantes beneficios, se estableció en cada caso de negocio desarrollado la posibilidad de hacer menos estricto la ubicación de este punto límite y de esta manera, viabilizar mayores espacios de uso en cada nicho de mercado, ya sea a través de subsidios estatales u otros mecanismos en esta línea.

El reporte presenta una estructura por capítulos los que contemplan: un capítulo introductorio sobre el bien público, descripción de la metodología utilizada en la investigación, la presentación de los casos de negocios, modelos de negocios del bien público y conclusiones y recomendaciones finales.

## 2. Antecedentes

Solar Circular es un bien público (BBPP) que tiene como objetivo proponer la generación de protocolos, procesos, estándares técnicos y económicos para habilitar el mercado de segunda vida de módulos tanto funcionales (que aun producen energía) como no funcionales (que ya no tiene la utilidad de la generación de energía) trabajando con entidades públicas y privadas relevantes.

Para lo anterior, diversas instituciones públicas y privadas han desarrollado las siguientes etapas del proyecto:

- a. Protocolos de diagnóstico de Módulo Fotovoltaicos (MFV) validados con entidades públicas y privadas
- b. Estándares para usos finales
- c. Casos de negocio
- d. Habilitantes regulatorios
- e. Generación de capacidades
- f. Habilitantes para el reciclaje parcial

Previamente a nuestra investigación de mercado y análisis de nichos llamativos para la reutilización de módulos fotovoltaicos, se realizaron dos etapas de avance.

La primera etapa se realizó con el apoyo del CDEA (Centro de Desarrollo Energético de la Universidad de Antofagasta) y el objetivo era desarrollar una propuesta de procesos de diagnóstico validados con los actores público-privado relevante. En esta etapa participaron adicionalmente ENEL y CEA INES<sup>1</sup>. De esta etapa se obtuvieron las diferentes pruebas que se le tiene que realizar al FV para conocer el estado en que se encuentra.

En la segunda etapa el coejecutor CTEC (Centro para la Innovación en la Construcción) realizó un estado del arte sobre usos de módulos fotovoltaico-funcionales y no funcionales, con la finalidad de identificar potenciales usos a nivel nacional, así como la viabilidad técnica y comercial de posibles modelos de economía circular. En esta etapa participo el Ministerio de Medio Ambiente, Ministerios de Vivienda y Urbanismo y la Agencia de Sostenibilidad Energética.

En base al trabajo anterior realizado, Phibrand desarrolló el levantamiento de información que permitirá determinar las condiciones que hacen viable e interesante desarrollar un potencial negocio para las aplicaciones o usos finales desarrollados.

Posterior a una revisión entre los actores involucrados, Phibrand, Solar Circular, CTEC, CDEA y otros, se seleccionaron 3 nichos de mercado para paneles fotovoltaicos reutilizados con fines de generación (vivienda, carport y cubierta); y un caso para módulos no funcionales, utilizados como barrera acústica.

---

<sup>1</sup> Instituto Solar del Centro de Energía de Francia.

Existen varios casos de uso y muchas variaciones dentro de cada nicho de mercado seleccionado, para cada uno de los nichos de mercado. Por lo tanto, se decidió plantear un caso de uso genérico, donde determinaremos los beneficios y costos. Luego, luego “estresaremos” las variables y condiciones más determinantes de los beneficios y costos para de esta manera identificar el punto límite desde donde se hace viable económicamente el caso de uso. Por último, determinamos las condiciones económicas, medioambientales y sociales que están presentes el caso de uso límite y entregaremos las condiciones que harían más atractivo dicho caso.

En otras palabras, la estrategia de establecer un caso de uso estándar y límite busca plantear un escenario donde los principales costos, estos son costos de compra y costos de disposición, tales como instalación, transporte y mantenimiento del módulo, puedan equipararse armónicamente con los beneficios que traería la reutilización del módulo. Asimismo, esta estrategia permite identificar las condiciones económicas, medioambientales y sociales inherentes a ese caso límite y por tanto, también permite vislumbrar las características potenciales de mejores escenarios.

A lo largo de este informe se dibujan los posibles casos de negocio a partir del análisis de casos de uso en los nichos de mercado elegidos para los paneles fotovoltaicos de segunda vida.

## 3. Objetivos

### 3.1 Objetivo General

Caracterizar y cuantificar los casos de uso económicamente viables que se pueden materializar en los nichos definidos anteriormente por CTEC, a partir de paneles solares de segunda vida.

### 3.2 Objetivo Específico

- Establecer los parámetros mínimos de factibilidad económica que serán aplicados a los distintos usos en los distintos nichos.
- Aproximar modelos de negocios para los casos uso económicamente factible determinado en el punto 1.
- Apoyar a los beneficiarios de este BBPP en la planificación de la implementación de los casos de negocio establecidos.

### 3.3 Métodos de recolección y Procesamiento de Información

Para el cumplimiento de los objetivos, se realizó un proceso de recolección de información mediante entrevistas en profundidad y revisión de fuentes secundarias.

A continuación se presenta un detalle de las entrevistas realizadas

| Entrevistado   | Objetivo entrevista   |
|--|---|
| Centro Tecnológico para la Innovación en la Construcción | Se sostuvieron varias entrevistas donde se precisó sobre la información de los posibles casos de uso de los paneles de segunda vida.                        |
| Agencia de Sostenibilidad Energética.                    | Se recopiló información sobre proyectos financiados con subsidios del Estado, por ejemplo Casa Solar, además de ver la factibilidad del nicho de viviendas. |
| Centro de Desarrollo Energético de Antofagasta.          | Se sostuvieron varias entrevistas donde se abordaron criterios técnicos energéticos sobre los paneles fotovoltaicos.  |
| ENEL X   | Obtener información comercial sobre la venta de sistemas fotovoltaico y la instalación de estos sistemas.   |
| SunRoof  | Se realizaron dos entrevistas, donde se discutió y recopiló información sobre factibilidad de instalación de los nichos de carport, cubierta y viviendas.   |

Por su parte, el análisis y estudio de fuentes secundarias buscó complementar y potenciar supuestos e hipótesis levantadas en el proceso de entrevistas. A saber, se consideraron los siguientes documentos revisión de reportes, publicaciones, informes, entre otros.

| Referencia  | Enlace               |
|---|----------------------|
| Solcor. (2023). Net Billing.  | <a href="#">Link</a> |
| Fajardo, E. Et al. (2011). Impacto Acústico de Autopistas. Análisis de Cuatro Casos en Chile. Repositorio Académico, Universidad de Chile.  | <a href="#">Link</a> |
| BNC. (2019). Clientes libres y clientes regulados en el sistema eléctrico. Asesoría Técnica Parlamentaria   | <a href="#">Link</a> |
| GlobalPetrolPrice. (2023). Chile precios de la electricidad.  | <a href="#">Link</a> |
| Sendeco2. (2023). Precios CO2.  | <a href="#">Link</a> |
| Ministerio de Energía. (2019). Vulnerabilidad Eléctrica Regiones de Chile al 2019. División de Acceso y Desarrollo Social   | <a href="#">Link</a> |
| Ministerio de Energía. (2018). Reporte de Costos de Adjudicación Programa Techos Solares Públicos. Programa Techos Solares Público, División Energías Renovables. Gobierno de Chile | <a href="#">Link</a> |
| MMA. (2019). Mapa De Ruido De Ruta 5 Norte/Sur, Tramo Concesionado  | <a href="#">Link</a> |
| Odepa. (2019). Chilean Agriculture Overview   | <a href="#">Link</a> |
| Transporte Intirayami S.A. (2023). Tarifas.   | <a href="#">Link</a> |
| Generador de Precios, Chile   | <a href="#">Link</a> |
| CERO CO2  | <a href="#">Link</a> |

## 4. Criterios técnicos de paneles y nichos

### 4.1 Definición de los criterios técnicos del uso de paneles solares de segunda vida:

El objetivo de esta etapa es identificar y describir la factibilidad técnica del nicho de mercado. Principalmente, se definirán los criterios para la selección de módulos fotovoltaicos, las características que deben poseer, las pruebas técnicas a las cuales tienen que ser sometidos y delimitar el tipo y la cantidad de módulos solares que podrían ser reutilizados para la generación de energía o como módulos no funcionales.

Para esto, se recurrió a entrevistas con las entidades participantes en el desarrollo del Bien Público, empresas y organizaciones afines y además, se levantó información sobre la investigación realizada en Europa en el marco del proyecto CIRCUSOL<sup>2</sup>

El BBPP SolarCircular usa algunos criterios para la selección de paneles ya usados por el proyecto europeo CIRCUSOL. Este proyecto es muy similar a lo realizado por SolarCircular en Chile pero CIRCUSOL se acota a leyes y regulaciones europeas. Este último, es un proyecto de acción de innovación financiado por el programa Horizonte 2020 de la Comisión Europea y busca obtener u optimizar el potencial de los modelos de negocios circulares.

Uno de los aspectos de este proyecto de interés para el estudio, es que busca obtener el máximo de provecho a los paneles fotovoltaicos, analizando su posible reutilización en distintos nichos de mercados en Europa. Este proyecto permitió establecer que la generación solar fotovoltaica es un negocio de economía circular atractiva en el mercado europeo.

CIRCUSOL se utilizaron ciertas decisiones técnicas, económicas y de base, que hicieron factible la investigación. Estas decisiones permitieron determinar el uso de paneles solares de segunda vida, ya que no todos los paneles son viables para reutilizar.

En primer lugar, CIRCUSOL tomó como supuesto a lo largo de esta investigación que los módulos reutilizados tendrían un costo de compra a precio \$0. En lo siguiente presentaremos tres tipos de criterios determinantes: **las decisiones de base, decisiones técnicas y por último decisiones económicas.**

---

<sup>2</sup> Ver <https://www.circusol.eu/en>

## I. DECISIONES DE BASE

En cuanto a los paneles solares, CIRCUSOL determinó acotar o especificar los módulos FV a ser reutilizados para la generación de energía. Dada la gran cantidad de tipos de módulos y sistemas fotovoltaicos en uso y desuso, se excluyeron los paneles solares que son poco usuales o en otras palabras, no se tomaron en cuenta aquellos módulos que representaron un grupo minoritario del universo de paneles. Por lo tanto, la investigación se limitó a los siguientes módulos fotovoltaicos:

1. Módulos de Silicio Monocristalino y/o Silicio Multicristalino
2. Módulos de grandes sistemas
3. Módulos intactos o con defectos reparables limitados
4. No se utilizarán "módulos extraños asociados a tarifas de alimentación"
5. No se utilizarán módulos BIPV (Building Integrated PV)

Estas decisiones apuntan principalmente a poder obtener un **universo de paneles fotovoltaicos similares y disponibles en un gran número**, con la finalidad de realizar instalaciones de sistemas fotovoltaicos con iguales características.

Otra variable de interés para la reutilización de módulos es la cantidad de años que lleve instalado. Este factor es de gran interés para los segundos usos debido a la inversión que se realizará y poder estimar un valor actual neto del sistema fotovoltaico a un horizonte de la cantidad de años que tenga como garantía. De hecho la menor densidad de potencia relativa y las consideraciones en relación con el costo de uso de suelos, reducen la cantidad de módulos de segunda mano disponibles para competir en costo con los módulos nuevos. Un estudio de módulos de segunda vida (Wendzich 2020)<sup>3</sup> determinó que la edad de un módulo es el factor más influyente para determinar su competitividad en costos y concluye que la edad máxima de viabilidad para reutilizar un módulo FV está situada entre los 10 y 12 años en uso (i.e., instalado).

## II. DECISIONES TECNICAS

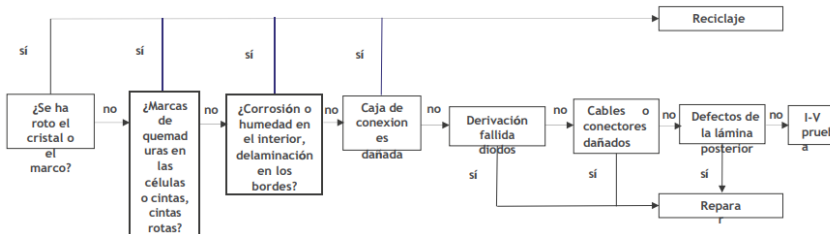
Una vez realizada la primera selección, se procede a la etapa de diagnóstico de los paneles fotovoltaicos. Esta considera dos etapas, la primera corresponde a una etapa de inspección visual, que tiene requerimientos técnicos altos que permiten detectar defectos visibles en el módulo, para luego pasar a tres pruebas técnicas: **test de curva I-V**, **test de electroluminiscencia** y **test de aislamiento**.

Para la primera etapa, se exigió que el módulo no presente los siguientes problemas:

1. Cristal o marco roto.
2. Marcas de quemaduras en las células o cintas.
3. Corrosión o humedad en el interior.
4. Caja de conexiones dañadas.

<sup>3</sup> Wendzich L., "The Value of 2nd life solar PV modules, an economic assessment of the competitiveness of rehabilitated solar modules including an environmental impact indicator", tesis de máster, Berlín (Alemania), 2020.

La etapa visual realizada por CIRCUSOL se puede ver en el siguiente árbol de decisiones:



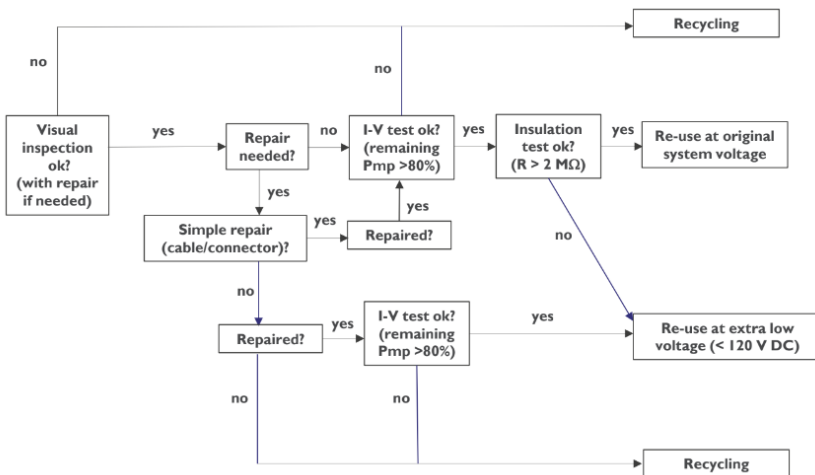
Elaborado a partir de la información extraída de Circusol<sup>4</sup>

Una vez que pasan la etapa visual, sigue el test que mide la curva I-V, el cual busca determinar la potencia o rendimiento del módulo y se determina como valor límite inferior el 80% para la potencia en comparación con la potencia original.

Luego viene el test de electroluminiscencia, el cual mide los defectos internos de un módulo, por ejemplo mide grietas en las células, aumento local de la resistencia en serie o degradación inducida por el potencial (PID) y para esta prueba se necesita que el PID sea menor a 20%.

Y por último, se realiza una prueba de aislamiento, la cual mide que el módulo no tenga filtraciones y resista distintos climas. Se determinó que el módulo necesitaba una resistencia mínima de 2MΩ.

En el siguiente esquema de decisiones se puede observar el proceso de inspección completo realizado por CIRCUSOL:



Extraído del informe de Circusol: D3.2 Labelling and certification protocols for second life PV modules.

<sup>4</sup> Circusol, (2021). D3.2 Labelling and certification protocols for second life PV modules. [https://www.circusol.eu/files/Deliverables/D3-2\\_Labelling\\_and\\_certification\\_protocols\\_for\\_second\\_life\\_PV\\_modules.pdf](https://www.circusol.eu/files/Deliverables/D3-2_Labelling_and_certification_protocols_for_second_life_PV_modules.pdf)

### III. DESICIONES ECONOMICAS

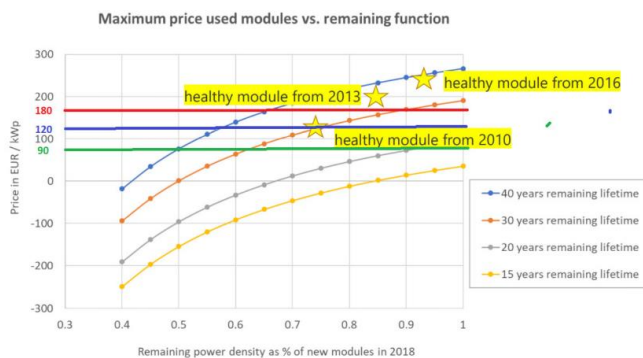
El diagnóstico de módulos tiene costos importantes. Por ello, se recomienda automatizar el proceso lo más posible y/o realizarlos en línea, de esta manera se optimiza el costo de reutilización. CIRCUSOL estima que el costo de estas pruebas ronda en \$21 por cada módulo.

| Peak Power (Wp) | Re-use cost x Wp |          |
|-----------------|------------------|----------|
|                 | Euro/Wp          | Euro/KWp |
| 120             | 0,18             | 180      |
| 180             | 0,12             | 120      |
| 240             | 0,09             | 90       |
| 300             | 0,072            | 72       |
| 360             | 0,06             | 60       |

Según lo que plantea CIRCUSOL, los módulos de segunda vida que cumplen con las condiciones de base y condiciones técnicas pueden venderse al **50% del precio de los módulos nuevos, lo que significaría vender los módulos aproximadamente a 0,09 euro/Wp.**

Teniendo el costo de reutilización del panel y el posible precio de venta, se determina que solo se tomaran en cuenta los **módulos con una potencia superior o igual a 240 Wp, esto se debe a que el precio de venta de aquel panel correspondería aproximadamente a \$21,6 (240 Wp X 0,09 euro) y permitiría cubrir su costo de reutilización.**

El costo de reutilización por kWp de un módulo fotovoltaico de 120 Wp, 180 Wp y 240 Wp (eje Y) de segunda vida se compara con el precio máximo de los módulos usados en función de su potencia restante (eje X).



En este gráfico observamos que el precio de reutilizar el módulo de 240 kWp (línea verde), es solo conveniente cuando el módulo tiene una vida **restante mínima de 20 años y una potencia cerca de un 90% de la inicial.**

Dado esto, llegamos a la conclusión que solo se tomaran en cuenta aquellos módulos que presenten una vida útil mayor a 20 años, debido a que los otros no permiten obtener beneficios o no son llamativos para los inversores.

Luego de un análisis inicial de los criterios de CIRCUSOL y posterior revisión con los actores involucrados, Phibrand, Solar Circular, CTEC, CDEA y otros, se determinaron usar los siguientes criterios para la investigación realizada para Solar Circular:

| CRITERIOS  | CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS   | ARGUMENTO  |
|------------|--|--|
| DE BASE    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Módulos de silicio monocristalino y multicristalino.</li> <li>Módulos de sistemas de gran tamaño.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Puesto que son mayoritariamente disponibles</li> <li>Dado que no conlleva un costo alto de recolección y por ende logística y transporte</li> </ul> |
| TECNICOS   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Que apruebe la revisión visual que corresponde a revisar el cristal y el marco, analizar posibles quemaduras de células y cintas, analizar la corrosión y humedad en el interior y ver el estado de la caja de conexiones.</li> <li>Que apruebe la revisión técnica, consiste en realizar tres pruebas, la primera es la prueba de curva I-V, la segunda es la prueba de electroluminiscencia y por último la prueba de aislamiento.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Para asegurar la seguridad de su reutilización y costos de reparación.</li> </ul>   |
| ECONOMICOS | <ul style="list-style-type: none"> <li>Se utilizarán paneles que tengan una potencia mayor o igual a 240 Wp</li> <li>Paneles fotovoltaicos con una vida útil mayor o igual a 20 años.</li> <li>Potencia de 90% de la potencia inicial.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Los 240Wp se debe a que el valor del proyecto a 20 años tiene que ser positivo y cubrir el costo asociado a las pruebas de diagnóstico.</li> </ul>  |

Estos criterios le permitieron a CIRCUSOL obtener un universo de paneles fotovoltaicos de segunda vida que permitirían hacer factible el uso de ellos en los distintos nichos seleccionados.

## 4.2 Condiciones de atractividad de los posibles casos de uso de paneles solares de segunda vida y los criterios de selección

Determinadas las decisiones técnicas para la selección de los módulos fotovoltaicos, se procede a realizar un **levantamiento de información para poder determinar las condiciones de atractividad de los posibles nichos de mercado para** los paneles solares de segunda vida. Para lo anterior, se realizan varias entrevistas que serán mencionadas y explicadas más adelante. Para esta etapa, se tomó como base el informe realizado por el Centro Tecnológico para la Construcción (CTEC).

Con aquellos casos de usos se realizó una comparativa entre ellos y sumando otros casos de uso que surgieron en entrevistas y reuniones con terceros asociados al rubro de la instalación de paneles fotovoltaicos, se determinaron cuáles serían los cuatro casos de negocio que Phibrand presentaría.

La elección del nicho proveniente de módulos fotovoltaicos de segunda vida responde a una serie de criterios previamente definidos por Phibrand en conjunto con las organizaciones que participaron en esta etapa. Estos criterios son la diversificación de uso, impacto positivo en la población y la disposición de la información. En la siguiente tabla se definen cada una de las variables que utilizamos para la selección de los nichos:

| Criterio                         | Definición del criterio  |
|----------------------------------|--|
| Diversificación                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Que los diferentes nichos de mercado se diferencien entre sí y que busquen solucionar diferentes problemas de la comunidad.</li> <li>• Que el nicho pueda adaptarse a distintas aplicaciones y lugares.</li> </ul>                        |
| Impacto positivo en la población | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Que el nicho seleccionado permita la posibilidad de impactar positivamente al mayor número de personas con su instalación, donde se puede enfocar en la utilización de espacios como colegios, hospitales, municipios y otros.</li> </ul> |
| Disponibilidad de la información | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se seleccionan nichos que ya están estudiados y avanzados en cuanto a la información que hay sobre ellos, así como la factibilidad de instalación y beneficios.</li> </ul>  |

Dado lo anterior y según la información recopilada, se seleccionaron los siguientes nichos:

#### 4.2.1 Carports

Se considera utilizar los paneles fotovoltaicos (FV) de segunda mano, con el fin de producir sistemas fotovoltaicos en estacionamientos con estructura metálica. Principalmente se pretende reutilizar los paneles solares descartados, considerando un sistema de generación de energía utilizando la luz como fuente. Con este uso, se obtiene un doble beneficio, en primer lugar, la generación de energía eléctrica y en segundo lugar, la generación de sombra y protección para los vehículos.

Se pueden implementar en estacionamientos de supermercados, centros comerciales, empresas de renta de vehículos, aparcamientos, entre otros... De esta manera se optimiza el uso del lugar, ocupando una estructura metálica ya instalada.

Hay que destacar el aumento de la importancia de la electromovilidad a nivel mundial, se observa que ha tomado fuerza y se han desarrollado distintas soluciones para poder hacer más accesible a la población el uso de la electricidad como sustituto a los combustibles fósiles.

#### 4.2.2 Cubierta

Se considera utilizar los paneles fotovoltaicos (FV) de segunda mano con el fin de producir sistemas fotovoltaicos en cubiertas. En esta aplicación, se obtiene un doble beneficio, en primer lugar, la generación de energía eléctrica y en segundo lugar, la generación de sombra y protección para realizar actividades deportivas, agrícolas u otras bajo cubierta.

Se implementan en recintos deportivos, recintos educativos, hospitales, comunidades agrícolas y estacionamientos. De esta manera se optimiza el uso del espacio, ocupando estructuras ya instaladas o estructuras nuevas pero con un aumento del costo de instalación en aquel caso.

#### 4.2.3 Barrera Acústica

Se considera utilizar los paneles fotovoltaicos (FV) de segunda mano, con el fin de producir sistemas aislantes de ruido por medio de barreras verticales (PVNBs). Principalmente se pretende reutilizar las láminas de PVB como barrera acústica, sin considerar, en el corto plazo, un sistema de recolección de energía fotovoltaica. Países como Corea de Sur han implementado este tipo de reutilización en los paneles FV y según las estimaciones, las barreras pueden aislar el ruido acústico de 37 dB a un nivel de 1.000 Hz<sup>5</sup> y presenta una mejora en comparación con las barreras tradicionales que permiten aislar el ruido acústico de 30 dB a un nivel de 1000 Hz.

<sup>5</sup> EcoInventos, (2022). <https://ecoinventos.com/nueva-barrera-acustica-solar-que-genera-calor-y-electricidad-limpia/>

Se recomiendan dos usos, según el grado de tratamiento fonoabsorbente:

- A. Con alto grado de tratamiento (mayor CAPEX), la barrera está en condiciones de trabajar en ambientes con mayor cantidad de vibración, a saber: carreteras, autopistas, ciudades, etc.
- B. Con un menor grado de tratamiento, se recomienda utilizar la barrera en sectores: rurales, zonas agrícolas o sin tanto tránsito vehicular.

#### 4.2.4 Vivienda

Se considera reutilizar los paneles con el propósito de ser instalados en viviendas para el autoconsumo de sus habitantes.

Para este nicho, se recomiendan instalar los paneles FV considerando una ubicación estratégica. Se considera el norte de Chile una ubicación tentativa, debido a que la proporción de viviendas sin accesos a la corriente energética es mayor. Los datos serán presentados en el desarrollo del caso de negocio correspondiente.

En conclusión, a lo largo de esta investigación se establecieron criterios para la selección de módulos reutilizables funcionales y no funcionales y se decidieron criterios para selección de los casos de uso, los cuales serán **carport, vivienda, cubierta y barrera acústica**.

## 5. Metodología de cuantificación de los casos de uso

Ya establecidos los criterios y requerimientos técnicos mínimos, los costos asociados y los beneficios que implicarían la reutilización de módulos en distintos nichos, es importante definir un **modelo de costos y beneficios** para los nichos de mercado que desarrollaremos, de esta manera podremos obtener una estimación del valor que tendría la instalación de paneles fotovoltaicos reutilizables en el caso de negocio.

Para ello (a) se realiza un análisis de costo que considera la instalación y transporte del módulo; y (b) una evaluación de los diferentes tipos de beneficios sociales, medioambientales y económicos, donde destacan aspectos asociados a la ubicación del módulo y población objetivo a ser beneficiada.

### 5.1 Modelo de Costos

El costo de cada caso de uso depende de la potencia y el número de paneles requeridos para la aplicación, asumiendo que el valor de compra es por panel y no por unidades de potencia. Las variables que se utilizan para determinar el modelo de costos de los sistemas fotovoltaicos serán los siguientes:

- a. **Costos de Instalación:** Considera todos los materiales necesarios para llevar a cabo la instalación del sistema fotovoltaico, el tiempo que demora, la mano de obra y otros.
- b. **Costos de Inversores:** Necesarios para transformar la tensión de entrada de corriente continua a una tensión simétrica de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada.
- c. **Costos de Mantenimiento:** Costo de limpieza y corrección de desajustes que presente el sistema fotovoltaico. Se estima como 2% anual del CAPEX de la instalación del sistema fotovoltaico.
- d. **Costo de Paneles:** Precio que cobrará el generador por el panel en desuso
- e. **Costo de Transporte:** Gasto en que se incurre en la movilización de los paneles solares de la zona de donde se retiran a donde se instalan o guardan.
- f. **Costo de Pruebas Técnicas:** Aquellas necesarias para conocer el estado del MFV.

Los costos usados para instalación, inversores, mantenimiento, se determinaron en conjunto con empresas que participan en el negocio de generación e instalación y/o son socias de SolarCircular, y en conjunto con empresas instaladores de sistemas fotovoltaicos.

Por otro lado, el costo del panel (precio al que lo vende generador) y el costo del transporte no están definidos ya que dependen del lugar donde se adquieran los módulos<sup>6</sup> y el valor que determine el propietario de estos módulos reutilizados.

---

<sup>6</sup> En relación con los costos de transporte, es algo variable que depende principalmente de la distancia entre el punto de donde se recogen los paneles solares de segunda vida al lugar de instalación.

### 5.1.1 Estimación de costos de transporte

Los costos de transporte dependen de la distancia a la que deban ser movilizados. Como estos no pueden ser definidos, serán considerados como variables. Para estimarlos, se realizaron cotizaciones con empresas de transporte que arrojan los siguientes costos

| Origen       | Destino  | Distancia km | Costo Traslado |
|--------------|----------|--------------|----------------|
| Vallenar     | Santiago | 665          | \$ 26.600      |
| Vallenar     | Coquimbo | 472          | \$ 18.880      |
| Sierra gorda | Santiago | 1461         | \$ 58.440      |
| Sierra gorda | Coquimbo | 1005         | \$ 40.200      |

Fuente: Elaboración propia, en base a cotización realizada.

Considerando esto, el costo de traslado que tendría un panel entre la planta "El Romeral" y Santiago es de aproximadamente 26,600 CLP/kg de panel<sup>7</sup>.

### 5.1.2 Estimación del precio de venta del Módulo Fotovoltaico (MFV)

Para habilitar la reutilización de MFV, se requiere tener una referencia para establecer un precio mínimo y un precio máximo.

El precio mínimo que se puede cobrar es de hecho negativo y corresponde al valor que paga el generador por disponer de un panel, que es USD 0,25+IVA por kilogramo. De este modo, si un panel pesa 24 kilogramos, el costo solo de disposición (sin el transporte) es de Ch\$5.712.

Por otro lado, el precio máximo que se puede cobrar dependerá de los excedentes monetarios que obtenga el cliente de la generadora, los que dependen también de la distancia. Para efectos de este estudio, se realiza una estimación considerando el valor que tendrá cada caso de negocios y una distancia de transporte de 250 km, la que se presenta a continuación.

|                                 | Panel Nuevo       | Carport           | Cubierta          | Vivienda          | Barrera Ac       |
|---------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Precio de panel c/IVA           | \$ 118.700        | \$ 100.844        | \$ 55.213         | \$ 73.394         | \$ 3.976         |
| Pruebas (20usd)                 | \$ -              | \$ 16.000         | \$ 16.000         | \$ 16.000         | \$ -             |
| Transporte (\$40/km) (250km)    | \$ 10.000         | \$ 10.000         | \$ 10.000         | \$ 10.000         | \$ 10.000        |
| Ganancia (30%)                  | \$ 35.610         | \$ 54.362         | \$ 34.805         | \$ 42.597         | \$ 5.990         |
| <b>Valor Disponible (total)</b> | <b>\$ 164.310</b> | <b>\$ 181.205</b> | <b>\$ 116.018</b> | <b>\$ 141.991</b> | <b>\$ 19.965</b> |

Como se observa, el precio máximo está en aprox 100 mil pesos para CARPORT, y depende de los costos de transporte y de un margen de ganancias, que en este caso se estima como de 30%.

<sup>7</sup> Esta estimación se realiza considerando un precio de \$40 CLP por kilómetro, obtenido en base a cotizaciones con empresas de la región de Coquimbo.

## 5.2 Modelos de Beneficios

El modelo de beneficio para cada uno de los casos de uso de los paneles solares reutilizables se calculará considerando la potencia que se requiere instalar y tres tipos de beneficios, social, ambiental y económico.

Considerando estos beneficios se presentará cada caso de negocios, y se analizarán las variables que se pueden variar para determinar los puntos críticos del caso de uso y de esta manera poder determinar en qué momento el nicho pasa a ser rentable y/o llamativo como caso de uso.

### 5.2.1 Beneficios Sociales

La reutilización de paneles genera beneficios a nivel general en la población como también para comunidades específicas. Estos pueden ser transversales a todos los nichos o específicos. Estos últimos se verán en el análisis de cada caso de uso.

Los beneficios sociales transversales son

1. Acceso a sistemas de energías renovables no convencionales para la población más vulnerable: disminuir los costos de los paneles fotovoltaicos permite que mayor parte de la población pueda acceder a la instalación de sistemas fotovoltaicos
2. Generación de empleo: se requerirá de personal y mano de obra para la instalación y mantención de los paneles, incentivando el empleo local. Se puede considerar también una mayor demanda de servicios de traslado, instalación y mantención.
3. Impacto favorable para la salud: la reutilización de paneles solares reduce el uso de la energía contaminante y busca obtener un espacio/ciudad más limpia, mejorando la salud de la sociedad.

### 5.2.2 Beneficios Medioambientales

El beneficio medioambiental es calculado considerando la cantidad de CO<sub>2</sub> que se ahorraría una cubierta al producir energía fotovoltaica en lugar de otro tipo de energía que podría ser contaminante.

Por otro lado, no se tomará en cuenta el beneficio del costo de ahorro de la empresa de botar o reciclar el panel fotovoltaico, debido a que al final del ciclo de vida del panel (utilizando segunda, tercera o cuarta vida) terminará incurriendo en el costo de botar o reciclar el panel de todas maneras, por lo que no se considera un beneficio medioambiental finalmente.

Las variables que utilizaremos para calcular este beneficio son las siguientes:

1. CO<sub>2</sub>/W: Cantidad de CO<sub>2</sub> que se emite al producir un W en la industria de energía convencional.

- Wh: Cantidad de Wh que produce el sistema fotovoltaico instalado.

$$\text{Beneficio Medioambiental} = \sum_{t=0}^T (CO2_t \times Wh_t)$$

Para presentar un ejemplo, para el nicho de cubierta, se asume una capacidad de generación de energía de 50 kWp de potencia, con una vida útil de 20 años. Asimismo, se estimó que al año una cubierta podría producir 75.000 kWh con una tasa de depreciación del 2% anualmente. Esto significa un beneficio medioambiental promedio de \$142.000 por panel durante la vida útil de 20 años, dando como resultado un total de 18.750 kg de CO2 ahorrados anualmente, o bien, 18,75 CO2/ton.

Los valores para cada caso se presentarán en la sección siguiente de casos de negocio

### 5.2.3 Beneficios Económicos

Los beneficios económicos provienen del ahorro debido a la generación de energía que reemplaza el consumo desde el sistema interconectado, lo que genera un flujo de caja según los años de vida útil de los paneles solares de segunda vida.

Las variables que utilizaremos para calcular este beneficio son las siguientes:

- Años de vida útil (T): Años de vida útil que tendrá en sistema de paneles solares instalado.
- Inversión ( $I_0$ ): Costo total de tener instalado el sistema fotovoltaico.
- Costos de mantención ( $C_t$ ): Costos de mantenciones anuales para los sistemas fotovoltaicos.
- Generación Eléctrica (W): Cantidad de W que es capaz de generar al año el sistema fotovoltaico.
- Precio del Wh ( $P_t$ ): Precio que tiene el consumo de Wh en el sistema de electricidad normal.
- Tasa de interés (r): Tasa de descuento al coste de capital que se aplica para determinar el valor presente de los pagos futuros.

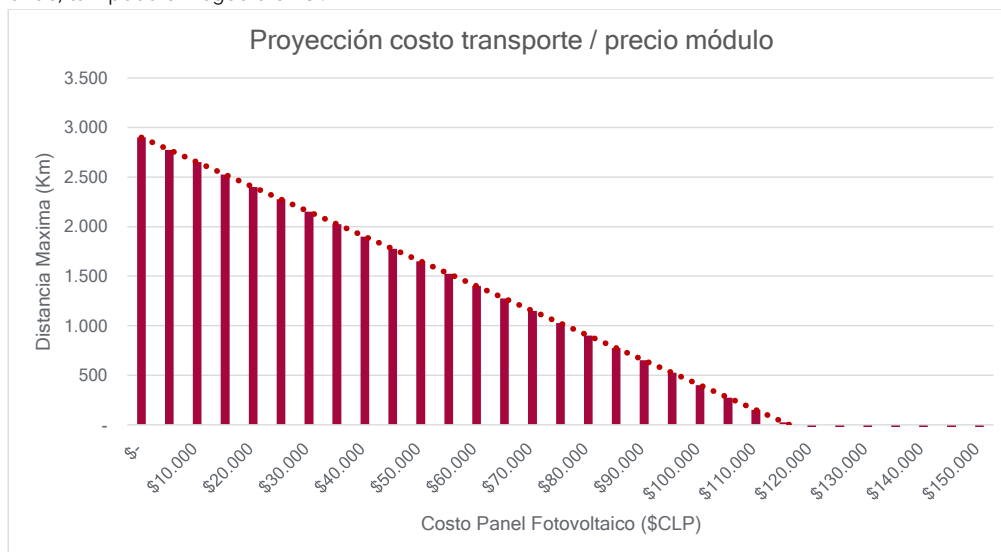
$$\text{Beneficio Economico} = -I_0 + \sum_{t=0}^T \frac{(P_t \times Wh_t) - C_t}{(1 + r_j)^t}$$

Como se puede ver en la formula, el beneficio económico consiste en determinar los flujos económicos que se obtendrían de la producción energética solar del sistema fotovoltaico, restándoles los costos de mantención a aquellos flujos y restándoles la inversión inicial, todo lo anterior permitirá generar **un valor actual neto** de la instalación del sistema fotovoltaico.

### 5.1 Frontera de posibilidades de costos.

Considerando los modelos de coste y beneficio, se observa un VAN neto positivo, que corresponde al valor que tendrá para la empresa que hace el negocio. Este valor se puede separar, como señalamos, en beneficios para el desarrollador (utilidad), para el generador (precio de venta del panel) o para transporte (dependiendo de la distancia). Esto se puede presentar como un gráfico que entrega una frontera de posibilidad de costo precio-transporte, debido a que todos los puntos que se encuentre por debajo de la línea roja generaran un beneficio económico positivo al instalar el sistema fotovoltaico, generando un caso de uso viable, llamativo y beneficioso para realizar un modelo de negocio.

A continuación se presenta un ejemplo, para el caso de cubiertas solares, donde existe un excedente por panel cercano a los 120 mil pesos. Este excedente puede ser usado en transportar panel, o en pagar por el MFV o en beneficios para el desarrollador. Como se ve en el extremo izquierdo, si el costo del panel fuera 0\$, se puede transportar hasta 3000 kms desde la ubicación de origen (planta). De este modo, si el panel tuviera un valor mayor a 120.000 pesos, ya no es rentable su transporte y por ende, tampoco el negocio en sí.



Es importante recalcar que los beneficios económicos aumentan entre mayor sea el tamaño o potencia del sistema fotovoltaico. Lo anterior genera una mayor capacidad de movilización de los paneles que se instalaran, por la tanto y en conclusión, entre mayor sea la potencia del sistema fotovoltaico que se instala, mayor será la distancia máxima a la que se puede instalar la cubierta, debido al mayor beneficio económico que retribuirá el sistema.

Esta estimación se hace considerando como ejemplo que los paneles de segunda vida se recogen en el parque fotovoltaico El Romero (Vallenar). Este parque tiene un sistema fotovoltaico de compuesto

por 776.000 módulos fotovoltaicos de silicio policristalino y tiene una potencia de 196MW. Representa la planta fotovoltaica más grande del país y la más grande de Latinoamérica.

Al estimar un caso donde el precio del panel fotovoltaico es 0 y que en esta situación los dueños del parque El Romero donan el panel, se podrá movilizar el panel fotovoltaico en una distancia máxima de 3.065 kilómetros. Esto permitiría tener la factibilidad de mover el panel fotovoltaico a prácticamente cualquier parte de Chile pero es importante aclarar, que entre más sea la distancia entre el punto de recogida y el punto de instalación, menor será el beneficio económico.

Por otro lado, si el costo cobrado por los desarrolladores del parque El Romero es superior a 120 mil, cualquier costo que se incurra en transporte, generaría beneficios económicos negativos. Este caso limite podría ser resuelto con un posible subsidio al precio por parte del Estado y se instale en lugar que generen un gran beneficio social. Por ejemplo instalar en lugares que no poseen sistemas lumínicos y la generación de un carport o paradero de micro con cubierta solar permitiría tener luz en ciertos lugares.

## 6. Casos de Negocio para el uso de paneles fotovoltaicos de segunda vida

En esta sección se presentan los casos de negocio desarrollados por Phibrand y los beneficios asociados a cada nicho. Luego, se analizarán las variables que podrían variar según los supuestos que anteriormente mencionamos, como por ejemplo el precio del panel funcional y no funcional, el costo de transporte, la mantención que se le realiza y otras variables que son interesantes de discutir.

### 6.1 Nicho Cubierta Solar

Se presenta un escenario de una cubierta con una capacidad de generación de 50 kW de potencia con una vida útil de 20 años y una capacidad productiva anual de 75.000 kW. Este escenario inicial entrega los beneficios que se podrían obtener con la instalación del sistema y luego se hace con un análisis precio-transporte para tener el panorama del caso más crítico para la utilización de la cubierta solar.

| PANEL DE 240 W CON 20 AÑOS DE VIDA UTIL |            |
|---|------------|
| Potencia (kWp)                          | 50         |
| Vida útil (t)                           | 20         |
| Inversión (USD)                         | USD 53.137 |
| Capacidad Productiva (kW/año)           | 75.000     |
| Cantidad de Paneles                     | 208        |

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes recabados en la investigación

Considerando los valores expuestos, se estima que la instalación de un sistema de cubierta solar con una potencia de 50 kWp tendría un costo total de \$53.137 USD. Por su parte, los costos de mantención asociados a la limpieza del sistema fotovoltaico y al arreglo de imperfecciones que puedan surgir con el paso del tiempo, según varias fuentes de información y validando con entrevistas a expertos de la industria<sup>8</sup>, ronda cerca del 2% anual del CAPEX de la instalación del sistema fotovoltaico.

Para evaluar el impacto positivo que tendría el nicho de cubiertas en la población, se realizó un análisis que considera los factores sociales, ambientales y económicos, en la producción de energía con sistemas fotovoltaicos.

- **Beneficios sociales**

Uno de los grandes beneficios sociales que podría generar la instalación de sistemas fotovoltaicos como cubiertas, son los nichos de uso que mencionamos anteriormente. El usar cubiertas solares en recintos deportivos, como en el Polideportivo Municipal Vallenar, permite en primer lugar abastecer de un sistema de iluminación a canchas y espacios comunes de esparcimiento social y en segundo lugar, establecer un espacio seguro para la realización del deporte nocturno. Esto podría

<sup>8</sup> Empresas como Enel y Sunroof dedicadas a la producción de energía e instalado de módulos fotovoltaicos.

llegar a ser una excelente política pública con el fin de fomentar en ciertos lugares los deportes y la vida sana. La instalación de un sistema fotovoltaico en el CESFAM de Vallenar también permitiría aumentar la calidad de atención en los cuidados básicos en salud para las familias aledañas.

Dado lo anterior, se observa que el beneficio social se diferencia de acuerdo con el lugar de instalación en que se realiza la cubierta. Por ejemplo, instalar la cubierta en un CESFAM no será igual de valioso socialmente que instalar el mismo sistema fotovoltaico en una empresa privada. Así mismo existen diferentes ejemplos que presentan comparaciones en cuanto al beneficio social. Esto podría implicar que tanto políticas públicas como subsidios, permitan reducir en parte el beneficio económico pero aumentando considerablemente el beneficio social en alguna de las instalaciones de cubiertas solares.

- **Beneficios medioambientales**

Se estimó la cantidad de CO2 que evitaría producir una cubierta considerando la utilización de un sistema fotovoltaico, con una producción anual de 75.000 kW, dando como resultado un total de 18.750 kg de CO2 ahorrados anualmente, o bien, 18,75 CO2/ton. A continuación se presentan los resultados<sup>9</sup> considerando el ahorro en la emisión de CO2 a diferentes plazos:

| TIPO DE VAN        | Ahorro CO2    |
|--------------------|---------------|
| <b>VAN 20 años</b> | \$ 11.990.299 |
| <b>VAN 15 años</b> | \$ 19.467.214 |
| <b>VAN 10 años</b> | \$ 8.592.371  |
| <b>VAN 5 años</b>  | \$ 25.295.266 |

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes recabados en la investigación

NECESITAMOS UNA TABLA RESUMEN PARA TODOS LOS CASOS:

Comentado [APC1]: asdf

- **Beneficios Económicos**

Para instalar un sistema de cubierta solar de kWp se debe invertir en \$53.137 USD. Sin embargo, para los años siguientes el único gasto que incurre en el uso de los módulos es la mantención que corresponde al 2% del CAPEX inicial. Siguiendo este factor, para el primer año de mantención el costo tendría un valor de \$864.180 CLP, asimismo, para estimar el costo de mantención de los siguientes años se integra el 3% de tasa de inflación anual.

Por su parte, el ahorro que se obtendría producto de no consumir energía de la corriente eléctrica al optar por energía fotovoltaica fue estimado, utilizando la cantidad de producción anual que tendrían los módulos de la cubierta (75.000kW) por el precio de la energía eléctrica en kW/h. Para ello, se consultó respecto al cobro global<sup>10</sup> que registra Chile por la energía eléctrica, destacando un cobro

<sup>9</sup> Finalmente, cabe destacar que los valores mencionados no corresponden a un ahorro monetario que tendrían las cubiertas, sino más bien es el ahorro que se obtendría al evitar producir CO2 mediante otros sistemas de generación de energía, es por aquello que se considera un beneficio medioambiental.

<sup>10</sup> Ver: precio global electricidad chilena: [https://es.globalpetrolprices.com/Chile/electricity\\_prices/](https://es.globalpetrolprices.com/Chile/electricity_prices/)

de 120 CLP por kw/h. Dicho esto, el ahorro en gasto eléctrico que tendría una cubierta solar que produce 75.000 kw al año sería de \$9.000.000.

Dicho esto, el cálculo de beneficio económico corresponde al valor actual neto entre los gastos de instalación y mantención, menos el ahorro energético conseguido por utilizar un sistema fotovoltaico anualmente. En este sentido, para el primer año de producción del sistema fotovoltaico los beneficios económicos serían de \$8.135.820 CLP.

De manera similar a los análisis anteriores, se presenta la proyección realizada al beneficio económico y social

| TIPO DE VAN        | VAN económico  | Ahorro CO2    | VAN social    |
|--------------------|----------------|---------------|---------------|
| <b>VAN 20 años</b> | \$ 24.170.481  | \$ 11.990.299 | \$ 36.160.780 |
| <b>VAN 15 años</b> | \$ 15.130.978  | \$ 19.467.214 | \$ 34.598.192 |
| <b>VAN 10 años</b> | \$ 4.374.681   | \$ 8.592.371  | \$ 12.967.052 |
| <b>VAN 5 años</b>  | \$ -15.715.164 | \$ 25.295.266 | \$ 9.580.101  |

## 6.2 Caso de negocio Carport Solar

Se presenta un escenario de un carport con una capacidad de generación de 50 kW de potencia con una vida útil de 20 años y una capacidad productiva anual de 75.000 kW. Este escenario inicial entrega los beneficios que se podrían obtener con la instalación del sistema y luego se hace con un análisis precio-transporte para tener el panorama del caso más crítico para la utilización de la cubierta solar.

Para el nicho de carport, estos fueron los costos determinados para las potencias más utilizadas. Para este nicho en particular, la instalación posiblemente sea más costosa que otros nichos al tener que construir una estructura que permite instalar los paneles y luego realizar la instalación correspondiente para instalar el mecanismo de carga de automóvil si se requiere.

| Variable de Interés  | 30 kW             | 50 kW             | 100 kW            | 200 kW             |
|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| Costo Instalación    | USD 30.015        | USD 39.100        | USD 60.950        | USD 110.400        |
| Inversores           | USD 3.000         | USD 5.000         | USD 10.000        | USD 20.000         |
| Costo de Mantención  | USD 660           | USD 882           | USD 1.419         | USD 2.608          |
| Costo P. Técnica     | USD 2.500         | USD 4.167         | USD 8.333         | USD 16.667         |
| <b>COSTO INICIAL</b> | <b>USD 33.015</b> | <b>USD 44.100</b> | <b>USD 70.950</b> | <b>USD 130.400</b> |
| <b>COSTO TOTAL</b>   | <b>USD 36.175</b> | <b>USD 49.149</b> | <b>USD 80.702</b> | <b>USD 149.675</b> |

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes recabados en la investigación

Se presenta como escenario base aquel con una capacidad de generación de 100 kW de potencia con una vida útil de 20 años y una capacidad productiva anual de 150.000 kW. Este escenario inicial entregara los beneficios que se podrían obtener con la instalación del sistema y luego comenzaremos con un análisis precio-transporte que permitirá tener el panorama del caso más crítico para la utilización del carport solar.

| PANEL DE 240 W CON 20 AÑOS DE VIDA UTIL |            |
|---|------------|
| Potencia del sistema (kWp)              | 100        |
| Vida útil (t)                           | 20         |
| Inversión (USD)                         | USD 80.702 |
| Capacidad Productiva (kW/año)           | 150.000    |
| Cantidad de Paneles                     | 417        |

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes recabados en la investigación

Considerando los valores expuestos, se estima que la instalación de un sistema de carport solar con una potencia de 100 kWp tendría un costo total de \$80.702 USD. Por su parte, los costos de mantención asociados a la limpieza del sistema fotovoltaico y al arreglo de imperfecciones que puedan surgir con el paso del tiempo, según varias fuentes de información y validando con entrevistas a expertos de la industria<sup>11</sup>, ronda cerca del 2% anual del CAPEX de la instalación del sistema fotovoltaico.

Para evaluar el impacto positivo que tendría el nicho de cubiertas en la población, se realizó un análisis que considera los factores sociales, ambientales y económicos, en la producción de energía con sistemas fotovoltaicos.

- **Beneficios sociales**

Uno de los grandes beneficios sociales que podría generar la instalación de sistemas fotovoltaicos como carports, sería la generación de redes y sistemas que permitan avanzar en la adaptación de la sociedad a la electromovilidad, disminuyendo el consumo de combustibles fósiles, impactando positivamente en varios aspectos sociales.

Aparte del gran interés en la electromovilidad y su gran impacto en todo sentido, el beneficio social se diferencia de acuerdo con el lugar de instalación en que se realiza el carport. Por ejemplo, instalar un carport en una playa será más valioso socialmente que instalar el mismo sistema fotovoltaico en una empresa privada. Así mismo existen diferentes ejemplos que presentan comparaciones en cuanto al beneficio social.

Una diferencia en el beneficio social de los posibles nichos de uso del carport, significaría que el Estado u otra empresa, tenga incentivos a entregar subsidios para la instalación de carport en aquellos nichos que el beneficio social es mayor que otros tipos de nichos.

- **Beneficios medioambientales**

El valor de la reducción en CO2 se traduce en un beneficio medioambiental promedio de \$142.000 por panel durante la vida útil de 20 años<sup>12</sup>, calculado considerando la cantidad de CO2 que se

<sup>11</sup> Empresas como Enel y Sunroof dedicadas a la producción de energía e instalado de módulos fotovoltaicos.

<sup>12</sup> Para ello, considerando el caso tipo empleado para el nicho de carport, se asume una capacidad de generación de energía de 100 kWp de potencia, con una vida útil de 20 años. Asimismo, se estimó que al año un carport podría producir 150.000 kWh con una tasa de depreciación del 2% anual.

ahorraría un carport al producir energía fotovoltaica en lugar de otro tipo de energía que podría ser contaminante. Esto considera un ahorro de 37,5 CO2/ton. anuales para un sistema con producción anual de 150.000 kw; a precio de mercado<sup>13</sup>, que corresponde a aprox \$2.700.000 CLP por año,

A continuación, se destaca la proyección realizara considerando el ahorro en la emisión de CO2:

| TIPO DE VAN        | Ahorro CO2    |
|--------------------|---------------|
| <b>VAN 20 años</b> | \$ 23.980.597 |
| <b>VAN 15 años</b> | \$ 39.653.865 |
| <b>VAN 10 años</b> | \$ 17.184.742 |
| <b>VAN 5 años</b>  | \$ 51.890.676 |

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes recabados en la investigación

- **Beneficios Económicos**

Para instalar un sistema de carport solar de 100 kWp se debe invertir en \$80.702 USD. Sin embargo, para los años siguientes el único gasto que incurre en el uso de los módulos es u mantención que corresponde al 2% del CAPEX inicial. Siguiendo este factor, para el primer año de mantención el costo tendría un valor de \$1.277.100 CLP, asimismo, para estimar el costo de mantención de los siguientes años se integra el 3% de tasa de inflación anual.

Por su parte, el ahorro que se obtendría producto de no consumir energía de la corriente eléctrica al optar por energía fotovoltaica fue estimado, utilizando la cantidad de producción anual que tendrían los módulos del carport (150.000kw) por el precio de la energía eléctrica en kW/h. Para ello, se consultó respecto al cobro global<sup>14</sup> que registra Chile por la energía eléctrica, destacando un cobro de 120 CLP por kw/h. Dicho esto, el ahorro en gasto eléctrico que tendría un carport solar que produce 150.000 kw al año sería de \$18.000.000.

Dicho esto, el cálculo de beneficio económico corresponde al valor actual neto entre los gastos de instalación y mantención, menos el ahorro energético conseguido por utilizar un sistema fotovoltaico anualmente. En este sentido, para el primer año de producción del sistema fotovoltaico los beneficios económicos serían de \$16.722.900 CLP.

De manera similar a los análisis anteriores, se presenta la proyección realizada al beneficio económico y social

| TIPO DE VAN        | VAN economico | Ahorro CO2    | VAN social    |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>VAN 20 años</b> | \$ 75.502.222 | \$ 23.980.597 | \$ 99.482.819 |
| <b>VAN 15 años</b> | \$ 56.703.779 | \$ 39.653.865 | \$ 96.357.644 |
| <b>VAN 10 años</b> | \$ 34.418.720 | \$ 17.184.742 | \$ 51.603.463 |
| <b>VAN 5 años</b>  | \$ -7.061.115 | \$ 51.890.676 | \$ 44.829.561 |

Fuente: Elaboración propia, en base a los valores levantados.

<sup>13</sup> Empresa Sondeco2. Ver: <https://www.sendeco2.com/es/precios-co2>

<sup>14</sup> Ver: precio global electricidad chilena: [https://es.globalpetrolprices.com/Chile/electricity\\_prices/](https://es.globalpetrolprices.com/Chile/electricity_prices/)

### 6.3 Caso de negocio Vivienda

Para la realización del análisis de costos se establecieron parámetros que consideraron aspectos necesarios para la construcción del caso tipo del nicho de viviendas. Entre los parámetros, primeramente, se estableció una capacidad de generación de 1kW de potencia con una vida útil de 20 años y una capacidad productiva anual de 1.500 kW, esta capacidad se debe a que los sistemas fotovoltaicos instalados en viviendas tienen casi siempre 1kW o 2kW máximo de potencia, de hecho el programa estatal Casa Solar instala solo aquellas dos potencias. Paralelamente, se definió un costo inicial de inversión considerando un total de cuatro paneles por vivienda, la cantidad de paneles por vivienda fue estimada según la información rescatada del proyecto CasaSolar.

A continuación, se presentan los parámetros utilizados para la elaboración del caso tipo:

| PARAMETROS ESTABLECIDOS PARA EL NICHO |       |
|---------------------------------------|-------|
| Potencia del sistema (kWp)            | 1     |
| Vida útil (t)                         | 20    |
| Capacidad Productiva (kW/año)         | 1.500 |
| Cantidad de Paneles                   | 4     |

Fuente: Elaboración propia, en base a entrevistas realizadas.

Considerando los parámetros establecidos, se dio paso a determinar los valores iniciales del nicho de viviendas, considerando costos de: instalación, inversores, mano de obra, mantenimiento e inversión inicial, los valores son estimados con relación a la proporción de gastos que detalla el programa Techos Solares Públicos<sup>15</sup>. Dicho esto, se presenta los costos iniciales para el nicho de viviendas considerando los parámetros establecidos:

| Costos iniciales         | Valor (clp)       |
|--------------------------|-------------------|
| Instalación              | \$ 135.872        |
| Módulos                  | Por Definir       |
| Inversores               | \$ 160.897        |
| Mano de Obra             | \$ 133.152        |
| Gastos Administrativos   | \$ 39.442         |
| Ing. Detalle             | \$ 33.322         |
| <b>Inversión inicial</b> | <b>\$ 502.686</b> |

Elaboración propia, en base a programa Techo Solares Públicos.

Considerando los valores expuestos, se estima que la instalación de los cuatro paneles necesarios para producir el 1kw para una vivienda tendría un costo total de \$502.686clp. Por su parte, los costos de mantenimiento asociados a la limpieza del sistema fotovoltaico y al arreglo de imperfecciones que puedan surgir con el paso del tiempo, según varias fuentes de información y validando con

<sup>15</sup> Ministerio de Energía. (2018). Reporte de Costos de Adjudicación Programa Techos Solares Públicos. Programa Techos Solares Público, División Energías Renovables. Gobierno de Chile. Disponible en: <https://techosolares.minenergia.cl/wp-content/uploads/2017/04/Reporte-de-Costos-de-Adjudicacion-marzo2018.pdf>

entrevistas a expertos de la industria<sup>16</sup>, ronda cerca del 2% anual del CAPEX de la instalación del sistema fotovoltaico.

Para evaluar el impacto positivo que tendría el nicho de viviendas en la población, se realizó un análisis que considera los factores sociales, ambientales y económicos, en la producción de energía con sistemas fotovoltaicos. En efecto, los beneficios, consideran la característica funcional del nicho para evaluar su impacto, asimismo, la capacidad de entregar beneficios transversales descritos anteriormente, donde se considera el acceso a sistemas de energías renovables no convencionales para la población más vulnerable, generación de empleo y finalmente, el Impacto favorable para la salud.

- **Beneficios Sociales**

Para establecer los beneficios sociales particulares que podrían entregar los módulos fotovoltaicos en viviendas, se definieron poblaciones objetivo que podrían beneficiarse de la instalación del módulo. Para ello, se utilizó como referencia el mapa de vulnerabilidad eléctrica desarrollado por el Ministerio de Energía<sup>17</sup>, definiendo las poblaciones del norte de Chile como zona tentativa a beneficiarse con la instalación del módulo, debido a que entre las regiones de Antofagasta, Atacama y Coquimbo se concentra el 24% del total de viviendas en vulnerabilidad energética del país.

A continuación, se destaca el mapa de viviendas sin energía realizado por el Ministerios de Energía:

| Región             | Viviendas sin energía total | % sobre total de viviendas rurales a nivel regional |
|--------------------|-----------------------------|---|
| Arica y Parinacota | 873                         | 15,20%  |
| Tarapacá           | 384                         | 8,20%   |
| <b>Antofagasta</b> | <b>1.016</b>                | <b>21,80%</b>                                       |
| <b>Atacama</b>     | <b>1.687</b>                | <b>16,60%</b>                                       |
| <b>Coquimbo</b>    | <b>3.181</b>                | <b>6,30%</b>  |
| Valparaíso         | 735                         | 1,30%   |
| Metropolitana      | 814                         | 1,00%   |
| O'Higgins          | 147                         | 0,20%   |
| Maule              | 920                         | 0,90%   |
| Ñuble              | 394                         | 0,70%   |
| Biobío             | 2.901                       | 4,70%   |
| La Araucanía       | 3.225                       | 3,30%   |
| Los Ríos           | 1.819                       | 4,60%   |
| Los Lagos          | 4.383                       | 5,40%   |
| Aysén              | 1.058                       | 11,80%  |
| Magallanes         | 1.019                       | 26,80%  |
| <b>TOTAL</b>       | <b>24.556</b>               |   |

Fuente: Ministerio de Energía, 2019.

<sup>16</sup> Empresas como Enel y Sunroof dedicadas a la producción de energía e instalado de módulos fotovoltaicos.

<sup>17</sup> Ministerios de Energía. (2019). Vulnerabilidad Eléctrica Regiones de Chile al 2019. División de Acceso y Desarrollo Social. Disponible en: [https://energia.gob.cl/sites/default/files/documento\\_de\\_metodologia\\_y\\_resultados\\_0.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/documento_de_metodologia_y_resultados_0.pdf)

Siguiendo la información expuesta, se considera que las regiones mencionadas serían positivamente beneficiadas debido a que reutilizar los módulos fotovoltaicos y en viviendas con vulnerabilidad eléctrica, permitiría afrontar los porcentajes de hogares que actualmente no cuentan con sistema energético. Asimismo, se destaca que en las regiones de Antofagasta y Atacama están ubicados los parques fotovoltaicos El Romero y Sierra Gorda (los más grandes del país), en este sentido, la instalación y traslado de los paneles podría ser más rápida si los módulos a reutilizar son retirados de estos parques. De esta forma, el costo de traslado, el tiempo de instalación y los beneficios sociales, son agilizados si se consideran las localizaciones mencionadas como zonas estratégicas.

Asimismo, se destacan el porcentaje de viviendas rurales que podría estar afectadas por este tipo de vulnerabilidad eléctrica, de manera que la zona norte de Chile es un considerado nuevamente un sector objetivo para el nicho de viviendas, ya que tentativamente se podrían beneficiar viviendas urbanas como también rurales. De igual forma, se destaca el gran porcentaje de viviendas sin acceso a sistemas de energía en regiones que producen la mayor cantidad de energía fotovoltaica en Chile, de manera que apuntar la reutilizar los módulos en medidas que ayuden a reducir esta brecha puede ser considerando un beneficio social directo para los hogares.

- **Beneficios medioambientales**

El beneficio medioambiental es calculado considerando la cantidad de CO2 que se ahorraría una vivienda al producir energía fotovoltaica en lugar de otro tipo de energía que podría ser contaminante. Para ello, considerando el caso tipo empleado para el nicho de viviendas, se asume una capacidad de generación de energía de 1kw de potencia, utilizando 4 módulos y con una vida útil de 20 años. Asimismo, se estimó que al año una vivienda podría producir 1.500kwh con una tasa de depreciación del 2% anualmente, dando como resultado un total de 375kg de CO2 ahorrados anualmente, o bien, 0.375 CO2/ton.

Dicho esto, al considerar la vida útil de los módulos a reutilizar, se realizaron proyecciones respecto a la cantidad de CO2 que se ahorraría una vivienda al producir energía fotovoltaica

| TIPO DE VAN        | Ahorro CO2 |
|--------------------|------------|
| <b>VAN 20 años</b> | \$ 239.806 |
| <b>VAN 15 años</b> | \$ 390.224 |
| <b>VAN 10 años</b> | \$ 171.847 |
| <b>VAN 5 años</b>  | \$ 507.495 |

Fuente: Elaboración propia, en base a los valores levantados.

- **Beneficios Económicos**

Como fue comentando anteriormente, en cálculo del beneficio económico considera dos factores: el costo de la inversión inicial utilizado para la instalación de los módulos, y el ahorro que tendría una vivienda al consumir energía fotovoltaica en vez de utilizar la corriente eléctrica.

De esta forma, siguiendo el caso tipo, para instalar los 4 módulos necesarios para una vivienda se debe invertir en \$502.686clp. Sin embargo, para los años siguientes el único gasto que incurre en el uso de los módulos es u mantención que corresponde al 2% del CAPEX inicial. Siguiendo este factor, para el primer año de mantención el costo tendría un valor de \$10.054clp, asimismo, para estimar el costo de mantención de los siguientes años se integra el 3% de tasa de inflación anual.

Por su parte, el ahorro que se obtendría producto de no consumir energía de la corriente eléctrica al optar por energía fotovoltaica fue estimado, utilizando la cantidad de producción anual que tendrían los módulos en una vivienda (1.500kw) por el precio de la energía eléctrica en kW/h. Para ello, se consultó respecto al cobro global<sup>18</sup> que registra Chile por la energía eléctrica, destacando un cobro de 0.146USD por kw/h, es decir, \$120clp aproximadamente. Dicho esto, el ahorro en gasto eléctrico que tendría una vivienda que produce 1.500kw al año sería de \$180.000<sup>19</sup>.

Dicho esto, el cálculo de beneficio económico corresponde al valor actual neto entre los gastos de instalación y mantención, menos el ahorro energético conseguido por utilizar un sistema fotovoltaico anualmente.

De manera similar a los análisis anteriores, se presenta la proyección realizada al beneficio

| TIPO DE VAN        | VAN economico | Ahorro CO2 | VAN social |
|--------------------|---------------|------------|------------|
| <b>VAN 20 años</b> | \$ 591.628    | \$ 239.806 | \$ 831.434 |
| <b>VAN 15 años</b> | \$ 409.958    | \$ 390.224 | \$ 800.182 |
| <b>VAN 10 años</b> | \$ 193.888    | \$ 171.847 | \$ 365.735 |
| <b>VAN 5 años</b>  | \$ -209.499   | \$ 507.495 | \$ 297.996 |

Fuente: Elaboración propia, en base a los valores levantados.

<sup>18</sup> Ver: precio global electricidad chilena: [https://es.globalpetrolprices.com/Chile/electricity\\_prices/](https://es.globalpetrolprices.com/Chile/electricity_prices/)

<sup>19</sup> Corresponda al producto en la producción anual 1.500kw por el cobro del kw/h \$120clp.

## 6.4 Caso de negocios Barrera Acústica

Una vez establecidos los criterios y requerimientos técnicos mínimos, los costos asociados y los beneficios que implicarían la reutilización de módulos como barreras acústicas, se dio paso a la realización del caso tipo. Para ello, se realiza un análisis de costo que considera la instalación y transporte del módulo, por su parte, se realiza una evaluación de beneficios sociales y económicos, donde destacan aspectos asociados a la ubicación del módulo y población objetivo a ser beneficiada.

Además, para la construcción del caso tipo, se asume que los módulos a reutilizar cumplen satisfactoriamente con los criterios técnicos antes señalados, asimismo, no se considera la realización del tratamiento fonoabsorbente. Para la realización del caso tipo, se estableció una barrera de 1.000m<sup>2</sup> para la instalación de las barreras acústicas, la que requiere 667 módulos.

En relación con los costos, se utilizó una referencia los precios de una cotización para una barrera acústica convencional<sup>20</sup>, donde igualmente, se destacan los costos que tendría la realización del tratamiento fonoabsorbente estimado en un 15% del CAPEX. Con relación a la superficie, los costos asumen todos los gastos que conlleva el instalado convencional de una barrera acústicas, es decir, estructuras, materiales y equipamiento necesarios para el soporte y protección.

A continuación, se presentan los parámetros utilizados para la elaboración del caso tipo:

| PARAMETROS ESTABLECIDOS PARA EL NICHOS                             |                      |
|--|----------------------|
| Distancia (m <sup>2</sup> )  | 1.000 m <sup>2</sup> |
| Costo Barrera Acústica (\$/m <sup>2</sup> )                        | \$ 19.965 CLP        |
| Altura Panel Solar (m)   | 2,0 m                |
| Ancho Panel Solar (m)  | 1,0 m                |
| Tratamiento fonoabsorbente (15%)                                   | \$ 22.960 CLP        |
| Cantidad total de módulos necesario según tamaño (m <sup>2</sup> ) | 667                  |
| Costos totales de módulos según distancia (\$/m <sup>2</sup> )     | \$ 13.310.000 CLP    |

Fuente: Elaboración propia, en base a cotización realizada.

Una vez establecidos los parámetros necesarios se dio paso a la cuantificación de los costos de instalación del nicho, para ello, se consideraron costos unitarios asociados a la mano de obra, equipamiento y estructuras necesarias para una adecuada instalación de la barrera acústica. En otras palabras, la cuantificación presenta los costos que tomaría la instalación de solo una barrera acústica.

<sup>20</sup> Ver: [http://www.chile.generadordeprecios.info/obra\\_nueva/Urbanizacion\\_interior\\_del\\_lote/Protecciones\\_y\\_senaletica/Barreras\\_acusticas/Barrera\\_acustica\\_ACH.html](http://www.chile.generadordeprecios.info/obra_nueva/Urbanizacion_interior_del_lote/Protecciones_y_senaletica/Barreras_acusticas/Barrera_acustica_ACH.html)

| Costo de instalación - Mano de obra (CLP)              |                  |
|--|------------------|
| Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica | \$ 1.753         |
| Maestro 1º concretero                                  | \$ 5.062         |
| Ayudante concretero                                    | \$ 3.728         |
| Maestro 1º enfierrador                                 | \$ 5.062         |
| Ayudante enfierrador                                   | \$ 3.728         |
| Maestro 1º montador de estructura metálica             | \$ 5.062         |
| Ayudante montador de estructura metálica               | \$ 3.728         |
| Maestro 1º construcción de obra civil                  | \$ 4.822         |
| Ayudante construcción de obra civil                    | \$ 3.550         |
| <b>Total Costos mano de obra</b>                       | <b>\$ 36.495</b> |

| Costo de instalación - Estructuras (CLP)               |                  |
|--|------------------|
| Acero en barras con resaltes, A63-42H                  | \$ 572           |
| Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro  | \$ 620           |
| Hormigón H25 <sup>21</sup>                             | \$ 58.019        |
| Pletina de acero laminado A 572 Grado 42 <sup>22</sup> | \$ 767           |
| Acero laminado A 572 Grado 42 <sup>23</sup>            | \$ 565           |
| <b>Total Estructuras</b>                               | <b>\$ 60.543</b> |

Elaboración propia, en base a cotización realizada.

De acuerdo con la información expuesta, los costos estimados de la mano de obra (considerando maestro, ayudante y elementos de trabajo) necesaria para la instalación de una barrera acústica refleja un total de \$36.495clp, mientras que el costo considerando estructuras y equipamiento necesario asciende a \$60.543clp.

Al considerar ambos costos, se estima que el instalado de una barrera acústica considera un total de \$97.038clp. Por su parte, al calcular el costo que incumbe en el instalado de las 667 barreras acústicas necesaria para abarcar 1.000m<sup>2</sup> la cifra haciende a \$64.692.147clp. De esta forma, considerando los costos del instalado (estructuras y mano de obra<sup>24</sup>) y el precio tentativo a pagar por la compra de los 667 paneles convencionales (\$13.310.000clp), los costos totales incumben un total de \$78.002.147 clp. Esto permite generar un excedente de \$19.965 clp por módulo unitario, lo que permitiría costear un total de 499 kilómetros de transporte.

El análisis de beneficios se concentra en los beneficios sociales que las barreras acústicas pueden entregar a la población, ya que no habrá generación de energía. No obstante, se realizó un análisis acerca del beneficio económico que se obtendría al comprar módulos con un precio unitario menor el costo de una barrera acústica convencional.

<sup>21</sup> No expuesto a ciclos hielo-deshielo, exposición a sulfatos despreciable, sin requerimiento de permeabilidad, no expuesto a ambientes salinos, docilidad blanda, preparado en central, con cemento grado normal, según NCh 170.0f85 y ACI 318-08.

<sup>22</sup> ASTM A 572, para aplicaciones estructurales.

<sup>23</sup> en perfiles laminados en caliente, según ASTM A 572, piezas simples, para aplicaciones estructurales.

<sup>24</sup> Cabe destacar, que los costos son estimados en superficies que no cuentan la estructura necesaria para el instalado de una barrera, en el caso que la reutilización de módulos estuviera destinada al reemplazo de barreras acústicas convencionales los costos estimados serían menores. De manera similar, ocurre en el caso de la mano de obra que considera maestro y ayudante concretero, enfierrador, montador y constructor.

- **Beneficios Sociales**

En específico, para establecer los beneficios particulares que podrían entregar los módulos fotovoltaicos como barreras acústicas, se definieron dos tipos de poblaciones objetivos que podrían beneficiarse de la instalación del nicho. La primera de ellas considera la utilización del módulo como una barrera capaz de aislar el ruido acústico en zonas urbanas, mientras que la segunda población objetiva a beneficiarse considera la utilización de barreras como defensa de las condiciones climáticas. A continuación, se describen ambos tipos de beneficios según población objetivo:

#### Protección del ruido acústico en zonas urbanas

El beneficio considera la mitigación del ruido generado por fuentes fijas y móviles que afectan principalmente a poblaciones urbanas, para ello, primeramente, se indagó en las ciudades que actualmente sufren una mayor cantidad de ruido acústico<sup>25</sup>, ya sea generado por fuentes fijas como construcciones, empresas y comercio, al igual que fuentes móviles como el transporte público y autos particulares. Ambas emisiones de ruidos están reguladas por el Decreto Supremo N°38/2011 del Ministerio del Medio Ambiente y el inicio de resolución de inicio N°587, donde se destaca principalmente que los ruidos superiores a 50dbz son dañinos para la salud humano, y, por ende, requiere de alguna medida asociada a su mitigación.

Seguendo la información levantada, se determinó que las regiones Metropolitana (RM) y Libertador Bernardo O'Higgins (VI) son las ubicaciones con mayor cantidad de ruido acústico diurno y nocturno<sup>26</sup>, siendo los sectores educacionales y centros de salud los más afectados durante el 2022. Considerado este factor, en la región RM el 49% de los establecimientos educacionales es perjudicado por ruidos sobre los 50dbz generados por fuente fijas y móviles, mientras que el 77% de los centros de salud son afectados. Por su parte, en la región del Libertador Bernardo O'Higgins (VI), el 89% de los centros educacionales sufre de contaminación acústica, mientras que el 88% de los centros de salud son igualmente perjudicados por el exceso de ruido.

Dicho esto, la utilización de los módulos fotovoltaicos como barreras acústicas en sectores urbanos como los centros educacionales y de salud, al igual que otros sectores como parques y centros deportivos en las regiones RM y VI, son consideradas ubicaciones estratégicas que se verían beneficiadas con la aislación del ruido. Respecto a la instalación de las barreras, al considerar los 1.000m<sup>2</sup> utilizados para el caso tipo, se recomienda ser instalados alrededor de los centros mencionados como un sistema de aislación interno. Por su parte, si bien, existe la posibilidad de utilizar las barreras para la aislación de autopistas y carreteras con gran flujo de tránsito, se debe tener presente el tratamiento fonoabsorbente.

#### Protección de las condiciones climáticas en zonas rurales

<sup>25</sup> MMA. (2019). Mapa De Ruido De Ruta 5 Norte/Sur, Tramo Concesionado. Disponible en: <http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuiid=332b93e7-ec1b-42bd-9e53-1bebf7fd9e9e&fname=AA18078-IF-VF.pdf&access=public>

<sup>26</sup> Idem.

El segundo beneficio considera principalmente aprovechar las características aislantes de los módulos a reciclar, con el fin de proteger cultivos agrarios de las condiciones climáticas. En específico, el beneficio considera utilizar los módulos como protección, refuerzo o reemplazo de sistemas de aislación y cubierta para predios utilizados para el cultivo silvoagropecuario. De manera similar al ejercicio anteriormente realizado, se definieron ubicaciones estratégicas para la instalación de los módulos como barreras, en este caso la selección de localizaciones considera: número de predios instalados en las regiones del norte de Chile, la cantidad de hectáreas (ha) disponibles para el sector silvoagropecuario<sup>27</sup> y cercanía con los parques fotovoltaicos el Romero y Bolero, ubicados en las regiones de Atacama y Antofagasta. A continuación, se destaca el mapa de predios considerando las regiones del norte del Chile:

| Región             | Cantidad de predios | Superficie silvoagropecuaria utilizada (ha) |
|--------------------|---------------------|---|
| Arica y Parinacota | 2.497               | 175.111                                     |
| Tarapacá           | 1.979               | 501.476                                     |
| Antofagasta        | 2.000               | 668.335                                     |
| Atacama            | 2.925               | 109.273                                     |
| Coquimbo           | 15.777              | 3.259.519                                   |
| Valparaíso         | 17.734              | 506.860                                     |

Fuente: Odepa, 2019.

Siguiendo la información expresada en la tabla, la región de Coquimbo es considerada una localización estratégica debido a la gran cantidad de predios destinados para el cultivo en la región, asimismo, se destaca como la ubicación en el norte de Chile con la mayor cantidad de hectáreas (ha) disponibles para el cultivo silvoagropecuario, lo que en efecto considera tentativamente un mayor mercado a futuro.

Finalmente, se considera una distancia relativamente cercana de la ubicación de grandes parques fotovoltaicos instalados en el norte de Chile. De esta forma, el reutilizar los módulos como barreras de las condiciones climáticas podría generar beneficios hacia el sector agricultor, permitiendo proteger los cultivos o bien reforzando a los predios que actualmente necesiten un sistema de aislamiento.

- **Beneficios económicos**

Para realizar un análisis del beneficio económico, se consideró nuevamente el precio tentativo que podrían incurrir en la compra de los módulos a reutilizar y comparados con los precios de una barrera acústica convencional. De esta forma, se destacan los precios unitarios máximos en donde la compra de los módulos a reciclar genera excedentes monetarios que pueden ser reutilizados o distribuidos para para costear otros gastos del nicho. Para realizar el análisis, se presenta la tabla utilizada anteriormente:

| Precio compra del Módulo (CLP) | Posibilidad de ahorro (CLP) |
|--------------------------------|-----------------------------|
|--------------------------------|-----------------------------|

<sup>27</sup> Odepa. (2019). Chilean Agriculture Overview. Disponible en: <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2019/09/panorama2019Final.pdf>

|           |           |
|-----------|-----------|
| \$ 0      | \$ 19.965 |
| \$ 5.000  | \$ 14.965 |
| \$ 10.000 | \$ 9.965  |
| \$ 15.000 | \$ 4.965  |
| \$ 20.000 | \$ -35    |
| \$ 25.000 | \$ -5.035 |

Fuente: Elaboración propia.

Dicho esto, como fue mencionado anteriormente, si se asume que el precio unitario de una barrera acústica convencional es de \$19.965clp, para que exista un beneficio económico el módulo a reutilizar debería tener un valor menor a \$20.000, ya que al superar este monto el análisis de costo realizado anteriormente se vería incrementado.

Con relación a este último argumento, si se asume, por ejemplo, que la compra de los 667 módulos necesarios para abarcar los 1.000m<sup>2</sup> es de CH\$25.000 unitarios, existiría un exceso de \$5.035 por módulo a utilizar, lo que genera un aumento de CH\$3.358.345 en los costos totales del nicho. De caso contrario, si la compra unitaria de los módulos es de CH\$10.000 existiría un excedente total de CH\$6.663.345 que podrían ser utilizados para financiar otros aspectos del nicho.

Considerando cualesquiera de los contextos de compra de los módulos a reutilizar, lo que busca el análisis es reportar los casos donde existiría un beneficio económico, al igual que los casos donde incurre un aumento de costos. Asimismo, al considerar una estructura de costos, se debe tener presente variables como los beneficios sociales y medioambientales que incumben en la recuperación del módulo, al igual que la posibilidad de que estos sean donados o financiados por alguna institución.

## 7. Comparación con la compra de MFV nuevo

En los capítulos anteriores se presentó el análisis de casos de uso de paneles fotovoltaicos (PV) de segunda vida. Sin embargo, es fundamental evaluar su viabilidad en comparación con la alternativa de comprar un panel PV nuevo. Esto contempla una serie de dificultades. Una de las principales es que los paneles utilizados en el pasado ya no están disponibles en el mercado. Por lo tanto, se toma como referencia para los paneles nuevos el modelo MFV multi-cristal de 340W y 72 celdas. Este modelo se considera como el "panel nuevo" con el cual se hará la comparación con los paneles de segunda vida.

Por otro lado, los modelos presentados en el documento dejan como variables abiertas los costos de pruebas, transporte y el valor del panel usado. Estas variables deben ser estimadas para determinar el valor al que el panel de segunda vida podría ser adquirido del generador actual. Para lograrlo, se realiza una estimación del monto asociado a cada una de estas variables, como los costos de pruebas y transporte. Entonces, el valor del panel se estima como el valor residual descontando los costos del beneficio económico que cada caso de uso específico puede proporcionar. En otras palabras, el valor residual refleja el retorno económico que se espera obtener a través del uso del panel de segunda vida.

Para esto se considera que los costos de transporte son variables que dependen de la distancia y pueden variar significativamente. Por otro lado, en cuanto a la ganancia, se establece que es estándar, pero puede variar según el negocio y las condiciones del mercado. Esto implica que la rentabilidad asociada al uso de paneles de segunda vida puede verse afectada por factores específicos de cada negocio y por las fluctuaciones del mercado.

Finalmente, es importante mencionar que el modelo presentado en el documento no considera potenciales recuperaciones de impuestos relacionadas con los paneles de segunda vida. Esto significa que el análisis económico no tiene en cuenta posibles beneficios fiscales que podrían influir en la rentabilidad general de utilizar paneles usados. Esta omisión es relevante y debe ser tenida en cuenta al evaluar la viabilidad financiera de los paneles de segunda vida.

Los resultados del análisis se presentan en la siguiente tabla

|                                 | Panel Nuevo       | Carport           | Cubierta          | Vivienda          | Barrera Ac       |
|---------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Precio de panel c/IVA           | \$ 118.700        | \$ 100.844        | \$ 55.213         | \$ 73.394         | \$ 3.976         |
| Pruebas (20usd)                 | \$ -              | \$ 16.000         | \$ 16.000         | \$ 16.000         | \$ -             |
| Transporte (\$40/km) (250km)    | \$ 10.000         | \$ 10.000         | \$ 10.000         | \$ 10.000         | \$ 10.000        |
| Ganancia (30%)                  | \$ 35.610         | \$ 54.362         | \$ 34.805         | \$ 42.597         | \$ 5.990         |
| <b>Valor Disponible (total)</b> | <b>\$ 164.310</b> | <b>\$ 181.205</b> | <b>\$ 116.018</b> | <b>\$ 141.991</b> | <b>\$ 19.965</b> |

En resumen, el análisis de los casos de uso de paneles PV de segunda vida debe ser realizado en comparación con la opción de comprar paneles nuevos.

## 8. Modelos de negocio para cada aplicación

### 8.1 Empresas que venden sistemas fotovoltaicos

Existen varias empresas en Chile que realizan diferentes tipos de instalaciones de sistemas fotovoltaicos, hay algunas que se dedican exclusivamente a instalar en nichos de tamaño pequeño, principalmente a particulares y ofrecen un servicio completo, tanto de instalación como de mantención y optimización del sistema. Mientras que otras empresas se enfocan solamente en grandes instalaciones de sistemas fotovoltaicos debido a ciertos riesgos que presenta hacer instalaciones a particulares.

Una de las empresas que instala sistemas de paneles fotovoltaicos es la empresa SUNROOF, esta firma ofrece la instalación y construcción del sistema fotovoltaico, operación y mantención de la planta y operación de la planta de forma eficiente para que se mitigue al máximo de CO<sub>2</sub> y se cumplan las metas ESG. Esta empresa ofrece distintos tipos de instalaciones solares, las más llamativas para nuestro caso es la instalación de planta solar en techo, estacionamiento solar (carports), planta solar en suelo y planta solar en tanque.

Otra de las empresas que instala sistemas de paneles fotovoltaicos es la empresa FLUX SOLAR COPEC, esta firma ofrece la instalación y construcción del sistema fotovoltaico, operación y mantención. Esta empresa ofrece la instalación de estos sistemas a viviendas, inmobiliarias, empresas y pequeños medios de generación distribuida.

### 8.2 Tipos de Modelos de negocios

Un modelo de negocios es el plan que determina una empresa u organización para obtener o maximizar sus beneficios en el mercado. Para este caso presentaremos diferentes modelos de negocios que podrían utilizarse en el mercado de venta e instalación de sistemas fotovoltaicos. Definiremos los beneficios y desventajas que puede tener cada alternativa de plan, que pueda tomar la organización en cuestión.

El modelo de negocios óptimo depende de las características del producto o servicio que se quiera comercializar. Estos planes al mismo tiempo se deben ajustar a la realidad del mercado y a la realidad del caso de uso según nicho. Los modelos de negocios que analizaremos son los siguientes:

- **Compra directa:** Este tipo de negocio es vender el proyecto entero de inmediato y se realiza un pago según etapas de avance del proyecto, por ejemplo se paga una cuota previa a la instalación, una vez instalado y luego cuando está conectado y certificado por la SEC. Este tipo de modelo de negocio se utiliza para clientes residencial, inmobiliarias y empresas.
- **Leasing:** Este tipo de negocio es vender el proyecto a una cierta cantidad de cuotas, por ejemplo en algunas empresas se utiliza un sistema de 240 cuotas y sin pie inicial. Todo depende de las condiciones de venta que se determinan entre el comprador y vendedor. Este tipo de negocio es una alternativa para la adquisición de activos, a través de un contrato de

arrendamiento con opción de compra, a un plazo previamente definido. Este tipo de modelo de negocio se utiliza para clientes residencial, inmobiliarias y empresas.

- Pago contra venta: Este es un modelo de negocio que está enfocado principalmente en las inmobiliarias, consiste en instalar sistemas fotovoltaicos a varias casas de la inmobiliaria, por ejemplo en un condominio, para luego cobrar cuando la inmobiliaria vaya vendiendo las diferentes casas en las que se instalaron los paneles.
- Venta de energía: Este es un modelo de negocio que está enfocado principalmente en las inmobiliarias, consiste en instalar sistemas fotovoltaicos a varias casas de la inmobiliaria, por ejemplo en un condominio, para luego cobrar mensualmente por contrato según la generación de energía.
- Modelo ESCO: Este es un modelo de negocio que consiste en instalar sistemas fotovoltaicos sin un costo de inversión, permitiendo generar un ahorro desde el primer día, donde la empresa instaladora del sistema se hace cargo de la operación y mantenimiento del sistema. Para luego venderle la energía solar generada al cliente.

### 8.3 Modelos de negocios para cubierta solar y carport

En cuanto al modelo de negocio óptimo para la cubierta solar depende mucho de quien lo instale, donde lo instale y para quien lo instale, aun así, hay modelos que se amoldan mejor para que empresas u organizaciones interesadas en este negocio, entren en este mercado utilizando paneles de segunda vida para instalar cubiertas.

En primer lugar es importante hacer la diferencia entre instalar y ofrecer una cubierta para una empresa privada y un particular.

1. Empresa Privada: Para la empresa que instala sistemas fotovoltaicos y utiliza paneles de segunda vida, se recomienda ofrecer un modelo de leasing o modelo ESCO a la empresa privada, debido a que aquella empresa tiene ingresos constantes y se reduce el riesgo de no pago.
2. Particular/Público: Para la empresa que instala sistemas fotovoltaicos y utiliza paneles de segunda vida, se recomienda ofrecer un modelo de compra directa a particulares o empresa pública, debido a que tienen más sensibilidad en sus ingresos y problemas en cuanto a su gobernabilidad debido a que las instituciones públicas como municipalidades cambian cada 4 años a su alcalde. Aquello genera que exista un riesgo de no pago y no sea recomendado hacer negocios con pagos periódicos con particulares o empresas públicas.

En conclusión y debido al tamaño de mercado que se puede abarcar, el modelo de negocio que recomendamos para la cubierta es el leasing y modelo ESCO. Debido a que permite reducir el riesgo de no pago pero se recomienda enfocarse en el segmento de mercado de empresas o entidades públicas de gran tamaño, estas últimas con un poco más de cuidado debido a su inestabilidad política.

## 8.4 Modelos de negocios para vivienda

Considerando la información presentada, para el caso de vivienda se destacan dos modelos de negocios según los usos tentativos que se decida otorgar a los módulos a reutilizar, en ese sentido, primeramente y siguiendo las necesidades del caso tipo empleado para este nicho, se destaca la necesidad de un modelo que permita la instalación de módulos de manera particular en las viviendas, es decir, un modelo de baja generación de energía. No obstante, de igual manera, existe la posibilidad de instalar un parque fotovoltaico comunitario para un sector de casas. Esto significa que los hogares no tendrían un panel particular para la generación de energía, sino que los paneles se instalan en un sector específico brindando energía a una serie de viviendas. De esta forma, se asume un modelo de negocio de alta generación de energía, debido a que debe alimentar a diversos hogares.

Dicho esto, al considerar la instalación de manera particular para las viviendas, se destacan los modelos de compra directa y de pago contra venta al ser modelos dedicados a la producción de energía fotovoltaica a nivel inmobiliario. Por su parte, el modelo de compra directa permite instalar los módulos en viviendas ya construidas, lo que permite una capacidad de instalación más rápida, atendiendo, por ejemplo, sectores en vulnerabilidad eléctrica. Por su parte, el modelo de pago contra venta permite el establecimiento de contratos a proyectos habitaciones en construcción, esto implicaría que las nuevas viviendas ya contarían con un sistema fotovoltaico.

Respecto al modelo de negocio adecuado para el parque comunitario, se destaca el modelo ESCO, la elección de este modelo responde a la posibilidad de funcionar mediante subsidios, una ventaja que permitirá su establecimiento en las viviendas considerando que los costos de instalación (inversores, baterías y equipamiento), sean asumidos por la empresa y no por el sector de viviendas. Asimismo, el modelo ESCO, permite una mayor generación de energía, sin la necesidad de una inversión inicial elevada que podría costear una industria privada, por lo que es adecuada para proyectos públicos.

## 8.5 Modelos de negocios para barrera acústica

Considerando la característica no funcional de las barreras acústicas, es decir, que no contempla la generación de energía, el modelo de implementación más adecuado sería mediante una empresa contratista. En este sentido, la instalación de las barreras acústicas no considera protocolos o equipamiento necesarios para un sistema fotovoltaico, sin embargo, si a futuro la implementación del este nicho asumiera la necesidad de producir energía, el modelo de negocio más adecuado para las barreras acústicas es un modelo ESCO. La elección de este modelo responde a la posibilidad de funcionar mediante subsidios, una ventaja que permitirá su conversión sin considerar costos de instalación (inversores, baterías y equipamiento), sean asumidos por la empresa y no por el mandate.

## 9. Conclusión y Recomendaciones

Para concluir este informe, vemos que los beneficios varían según el lugar de instalación, la potencia del sistema, calidad de estructura, beneficiarios, cliente final y otras variables que modifican tanto beneficios sociales, medioambientales como económicos.

En cuanto a los beneficios sociales, si bien existen beneficios transversales al lugar donde se instala, que serían los beneficios de generación de empleo e impacto favorable para la salud, vemos también que existen casos de uso donde se obtendrá mayores beneficios sociales debido que permite mejorar ciertas condiciones de la sociedad, por ejemplo mejor alumbrado público, incentivos para la actividad deportiva, mejora en infraestructura de salud y otros.

Lo anterior, implica que en ciertos casos de uso, los subsidios por parte del Estado u otras organizaciones se justifiquen debido al gran beneficio social que podría generar en la población, la instalación de estos sistemas fotovoltaicos. Por ejemplo, existen instalaciones de paneles fotovoltaicos en el CESFAM de Vallenar, lo que permite mejorar la calidad de salud que entrega y ofrecer un espacio sostenible. También existe el caso de uso del Polideportivo Municipal de Vallenar, el cual permite a través de la instalación de estos paneles la actividad deportiva nocturna, abastecer de un sistema de iluminación a la población y entregar espacios de esparcimiento social. Esto plantea que existe un mercado potencial donde el beneficio social juega un rol tan importante, que es razonable y se recomienda que instituciones como el Estado, fundaciones u otras, inviertan en la instalación de estos sistemas fotovoltaicos de segunda vida debido al gran beneficio social que presentan.

En cuanto a los beneficios medioambientales, se pudo observar a lo largo de este informe que los beneficios medioambientales del sistema fotovoltaico no se ven influido por muchas variables debido a que se mide en función de la energía eléctrica. Pero existe un punto muy relevante en cuanto al beneficio medioambiental, este es que al presentar un negocio que genera un beneficio medioambiental, muchas empresa que hoy tienen una imagen social-medioambiental negativa, tendrían incentivos a utilizar e instalar sistemas fotovoltaicos con la finalidad de demostrar su compromiso y responsabilidad con el medioambiente, respondiendo positivamente a la tendencia mundial del cuidado del entorno. Esto genera un segmento de mercado bien interesante en cuanto a la disposición a pagar por la instalación de sistemas fotovoltaicos. El cual sería empresas que necesiten certificaciones internacionales como las normas ISO y normas ESG, o simplemente empresas que busquen mejorar su imagen social-medioambiental, por lo que podría ser interesante enfocarse en este segmento del mercado.

En cuanto a los beneficios económicos, se pudo observar a lo largo de este informe que estos beneficios dependen principalmente de dos variables, la primera es el precio de recompra del panel fotovoltaico y la segunda corresponde a la distancia del lugar de recogida y el lugar de instalación del sistema fotovoltaico.

En cuanto a los modelos de negocio que son más llamativos y sujeto a los beneficios antes mencionado, recomendamos para la cubierta y carports solar el modelo de negocio de leasing y modelo ESCO. Debido a que permite reducir el riesgo de no pago pero se recomienda enfocarse en el segmento de mercado de empresas o entidades públicas de gran tamaño, estas últimas con un poco más de cuidado debido a su inestabilidad política.

Al considerar la instalación de manera particular para las viviendas, se destacan los modelos de compra directa y de pago contra venta, al ser modelos dedicados a la producción de energía fotovoltaica a nivel inmobiliario. Por su parte, el modelo de compra directa permite instalar los módulos en viviendas ya construidas, lo que permite una capacidad de instalación más rápida, atendiendo, por ejemplo, sectores en vulnerabilidad eléctrica. Por su parte, el modelo de pago contra venta permite el establecimiento de contratos a proyectos habitaciones en construcción, esto implicaría que las nuevas viviendas ya contarían con un sistema fotovoltaico.

Respecto al modelo de negocio adecuado para el parque comunitario, se destaca el modelo ESCO, la elección de este modelo responde a la posibilidad de funcionar mediante subsidios, una ventaja que permitirá su establecimiento en las viviendas considerando que los costos de instalación (inversores, baterías y equipamiento), sean asumidos por la empresa y no por el sector de viviendas. Asimismo, el modelo ESCO, permite una mayor generación de energía, sin la necesidad de una inversión inicial elevada que podría costear una industria privada, por lo que es adecuada para proyectos públicos.

Considerando la característica no funcional de las barreras acústicas, es decir, que no contempla la generación de energía, el modelo de implementación más adecuado sería mediante una empresa contratista. En este sentido, la instalación de las barreras acústicas no considera protocolos o equipamiento necesarios para un sistema fotovoltaico, sin embargo, si a futuro la implementación del este nicho asumiera la necesidad de producir energía, el modelo de negocio más adecuado para las barreras acústicas es un modelo ESCO. . La elección de este modelo responde a la posibilidad de funcionar mediante subsidios, una ventaja que permitirá su conversión sin considerar costos de instalación (inversores, baterías y equipamiento), sean asumidos por la empresa y no por el mandate.