

Proyecto de Bien Público:

Generación de Estándares Técnicos y Económicos para la 2da Vida de Módulos Fotovoltaicos

María José Riquelme, Coordinadora Técnica

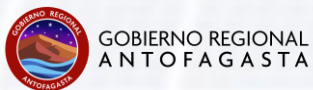
Proyecto ejecutado por:



Apoyado por:



Financiado por:



Patrocinado por:



Diagnóstico

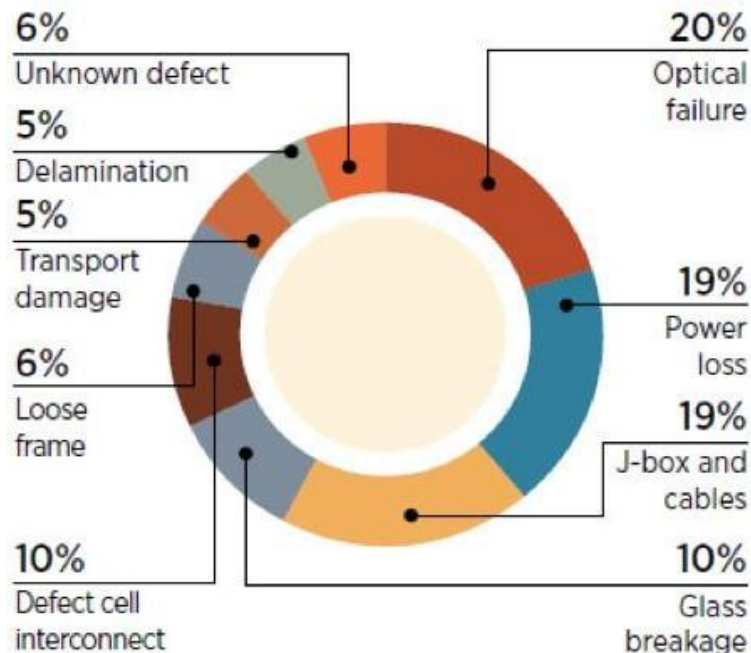


Estudio IN DATA - RIGK

> **120.000 tons al 2046 en Chile**

Vida útil módulo fotovoltaico - 25 años.

Se estima que gran parte de los módulos seguirán teniendo un rendimiento igual o superior al 80%, entendiéndose que estos podrían tener una vida útil real cercana a los 40 y 45 años.



ESCENARIOS

Paneles con vida útil 30 años

Boom final de vida útil - años 2043 y 2046. Para estas fechas será de suma relevancia nacional tener un plan logístico de calidad debido a la demanda que existirá para el reciclaje.

Paneles con vida útil 15 años

Caso en que empresas deciden renovar su parque fotovoltaico por nuevas tecnologías. Módulos en perfecto estado y con garantía corriendo, siendo esta la mejor instancia para darles una segunda vida. Boom de renovación masiva sería el año 2027, teniendo así para el año **2031 un peak de 4 millones. donde para esta fecha los módulos aún tendrán una eficiencia cercana al 87.2%.**

Circusol <https://www.circusol.eu/en/topics/second-life-pv-modules>

CIRCUSOL es un proyecto de innovación financiado por el programa Horizonte 2020 de la Comisión Europea.

Objetivos:

- habilitar todo el potencial de los modelos de negocio circulares, en particular los sistemas producto-servicio (PSS), para ofrecer simultáneamente beneficios reales medioambientales, económicos y para los usuarios.
- establecer la energía solar como un sector punta de lanza en la demostración de un camino impulsado por empresas basadas en servicios hacia una economía circular en Europa.

El reciclaje es la estrategia por defecto para los módulos fotovoltaicos fuera de servicio en Europa. Sin embargo, en los próximos 10-15 años, se estima que hasta el 80% del flujo de "residuos" fotovoltaicos consistirá en productos con fallos prematuros (IRENA/IEA-PVPS, 2016), como defectos de producción o daños derivados del transporte y la instalación, en lugar de productos que llegan al final de su vida esperada.

Los socios de CIRCUSOL estimaron que alrededor de **2/3 de estos módulos fotovoltaicos pueden repararse o reacondicionarse**. Por tanto, **al menos 50% de los "residuos" fotovoltaicos pueden desviarse de la vía del reciclado**.

OBJETIVO

El bien público propone la generación de protocolos, procesos, estándares técnicos y económicos para habilitar el mercado de segunda de vida de módulos tanto funcionales (que aún generan energía) como no funcionales (que ya no tienen utilidad para la generación de energía), trabajando con las entidades públicas y privadas relevantes.

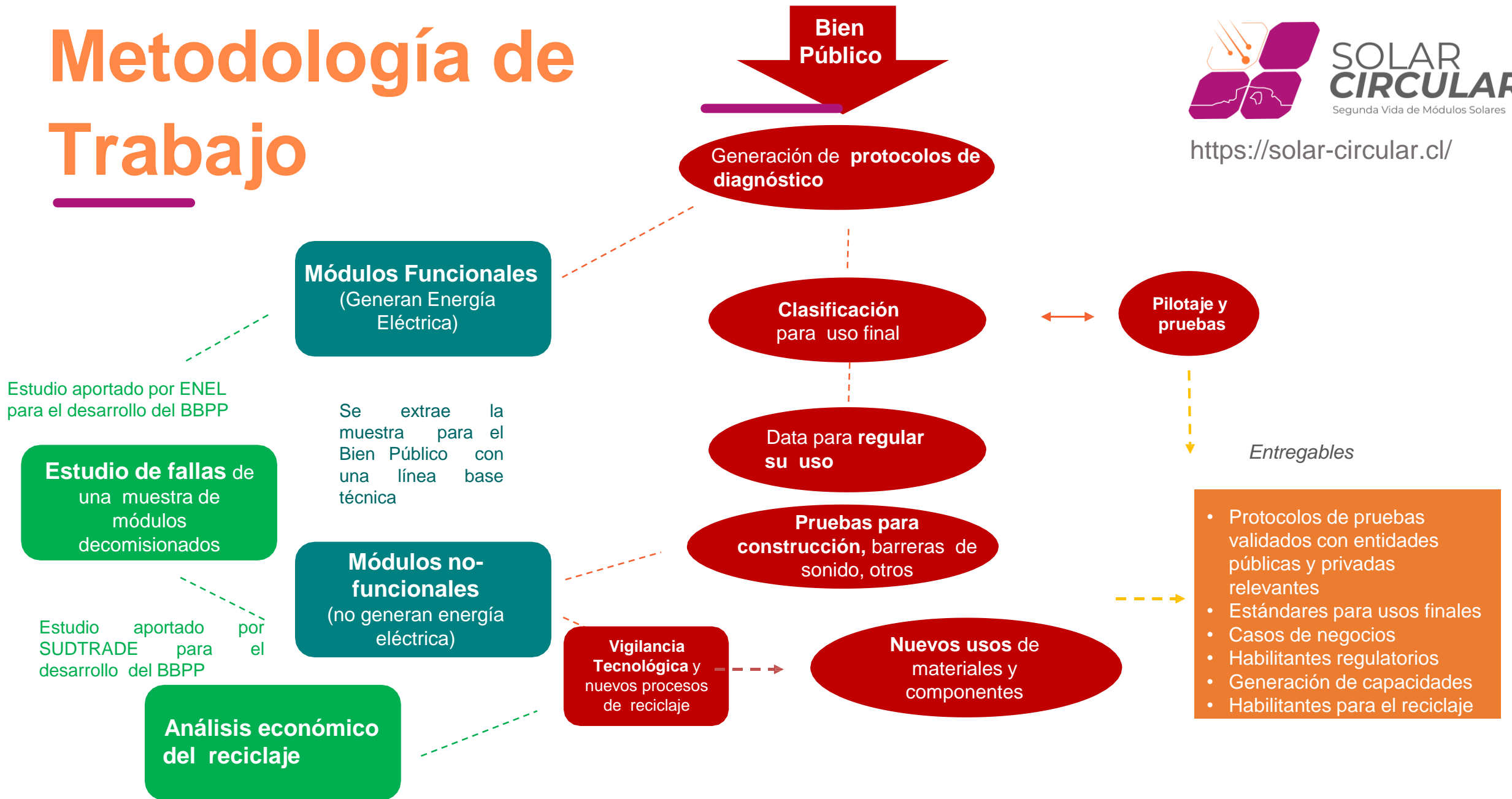
Habilitantes

Línea base de información

- Protocolos de diagnóstico de MFV validados con entidades públicas y privadas
- Estándares para aplicaciones de MFV 2da vida
- Casos de negocios
- Habilitantes regulatorios
- Generación de capacidades
- Habilitantes para el reciclaje parcial

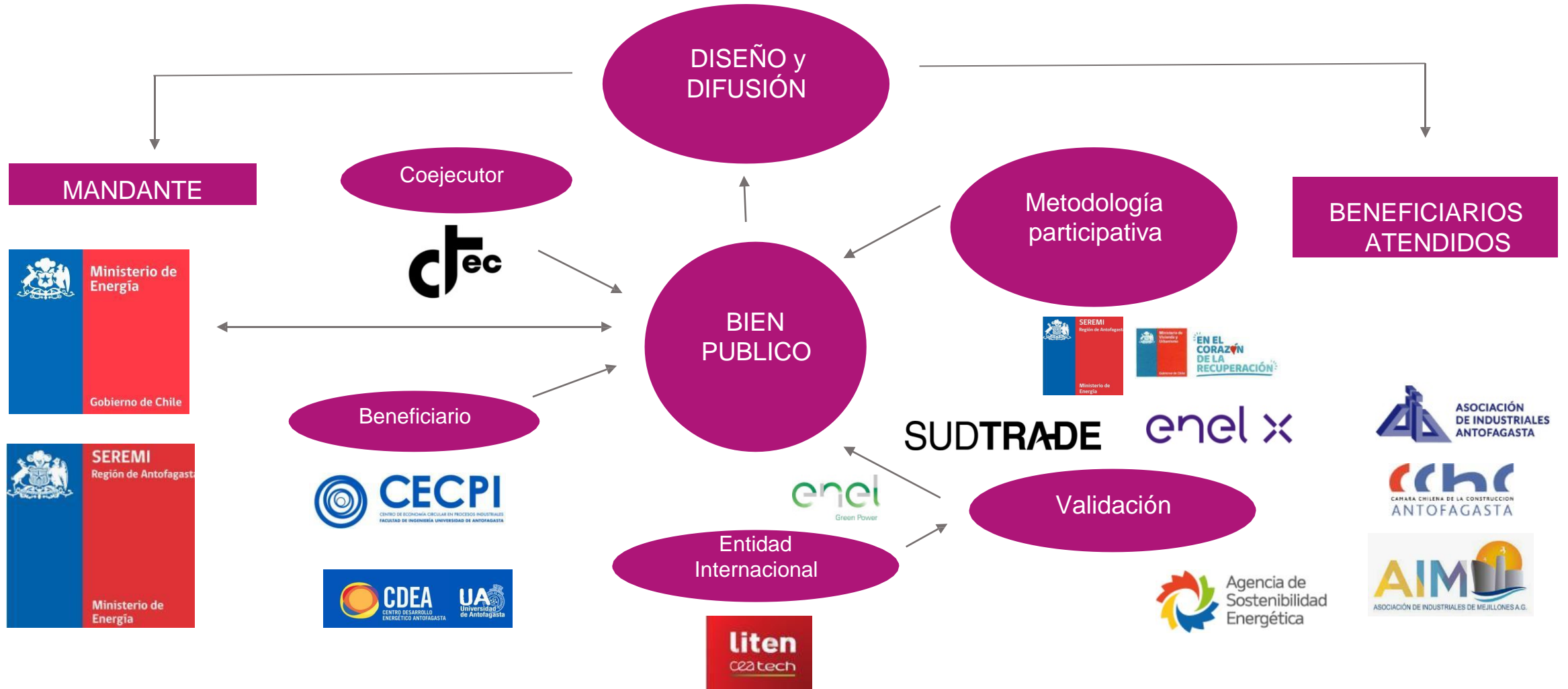


Metodología de Trabajo



Participantes

Asociados en la postulación





Mesa de Trabajo 1
Protocolos de Pruebas

Mesa de Trabajo 2
Segundos usos

Mesa de Trabajo 3
Recuperación de Componentes

Mesa de Trabajo 4
Barreras y Habilitantes

Mesa de Trabajo 5
Desarrollo de Casos de Negocios

Objetivo:
Desarrollar una propuesta de procesos de diagnóstico validados con los actores pub-privados relevantes.

Objetivo:
Estado del Arte de los segundos usos para módulos funcionales y no funcionales y viabilidad en Chile con actores relevantes.

Objetivo:
Estado del Arte y VT de procesos de recuperación de componentes y el desarrollo de pruebas (precomercial)

Objetivo:
Identificar barreras a la 2da vida y desarrollar propuestas habilitantes con actores relevantes.

Objetivo:
Construir los requerimientos técnicos, logísticos, financieros e indicadores de impacto que hagan atractivo una aplicación (segundos usos)



SUDTRADE



Comisión Internacional de Expertos para la generación de recomendaciones para la reutilización de MFVs de la IEC



Energy Transition, Solar PV and Circular Economy: triple helix approach to a Second Life for PV Modules in Chile

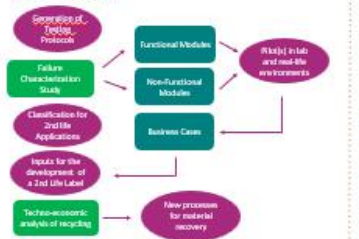
Authors: Maria Jose Riquelme, Despet Soler, PhD Delfina Muñoz, Nouha Garbour, PhD Jorge Rahamal-Arabach, PhD Edward Fuentesalba, PhD Ingrid Jamett, PhD Yero Jimenez, Natalia Reyes.

1. CONTEXT

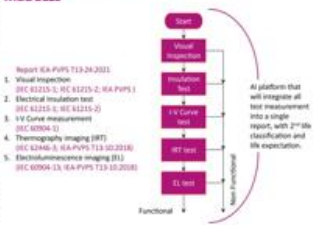
- According to a recent study by IREK and In-Data for the Ministry of Energy, there will be between 161 million and 270 million PVW in the country by 2050. Considering their useful life, the first major end-of-life waste peak will be in 2040, with 120,000 tonnes.
- Most projects will be in the north of Chile, in a desert and high radiation environment.
- Industrial recycling requires a large number of modules, energy-efficient and sustainable technologies.
- According to the study, the most cost-effective method is to collect module modules at the dismantling site, with sorting, visual and electrical testing and documentation performed directly upon removal. Chile lacks the infrastructure to carry out this service.
- PW testing and classification must be standardized so that they can be safely reused.
- The industry does not have data on the number of decommissioned modules, their condition, failure rates, materials and components.



2. METHODOLOGY



3. TESTING PROTOCOLS FOR 2nd LIFE PV MODULES



4. APPLICATIONS OF 2ND LIFE PVM



5. POTENTIAL PUBLIC PROGRAMS



CONTACT: Maria José Riquelme
mariajose.riquelme@unimelb.edu.au
https://doi.org/10.1016/j.ces.2023.103444

BENEFICIOS PARA EL BIEN PÚBLICO:

- Contribución a mejorar nuestras propuestas para el manejo de MFVs en planta, protocolos de diagnóstico de MFVs, reparación y otros estándares técnicos.
- Colaboración con IEC- Chile, para poder avanzar en la incorporación de estos estándares una vez transferido el Bien Público.
- Acercar el proyecto a la discusión internacional e incorporar experiencias.
- Darle relevancia a un desafío que no solo es regional o nacional, sino a nivel global.
- Generar alianzas con entidades y expertos internacionales que puedan apoyarnos en la implementación de los estándares que se desarrollen.

RESULTADOS SOLARCIRCULAR

Entregables disponibles para
todas las entidades, empresas
y personas.




Estado del Arte para la Recuperación de Materiales

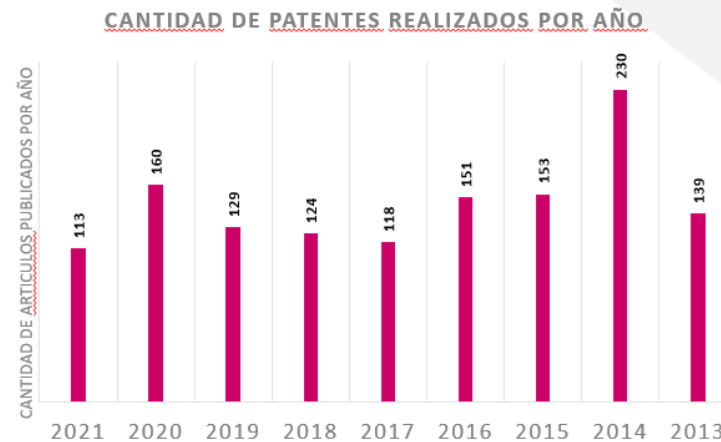
RESULTADOS

ESTUDIO BIBLIOMETRICO (Patentes)

Busqueda realiza en WIPO (Organización Mundial de Propiedad Intelectual)

Keywords: recycling, photovoltaic panels, modules, method, process y solar cells

País	Recuento	Porcentaje
 USA	1096	52,0%
PCT (Tratado de Cooperación en materia de Patentes)	556	26,4%
EUROPEAN PATENT OFFICE	151	7,2%
AUSTRALIA	111	5,3%
INDIA	97	4,6%
CANADA	70	3,3%
UNITED KINGDOM	15	0,7%
SINGAPORE	4	0,2%
SOUTH AFRICA	4	0,2%
NEW ZEALAND	2	0,1%



RESULTADOS DE PIROLISIS

	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	Perdida de peso (gr)	Perdida de peso (%)	Temperatura (°C)
Muestra 1	20,411	17,631	2,78	13,62%	600
Muestra 2	14,246	12,354	1,892	13,28%	600



Protocolos de diagnóstico validados

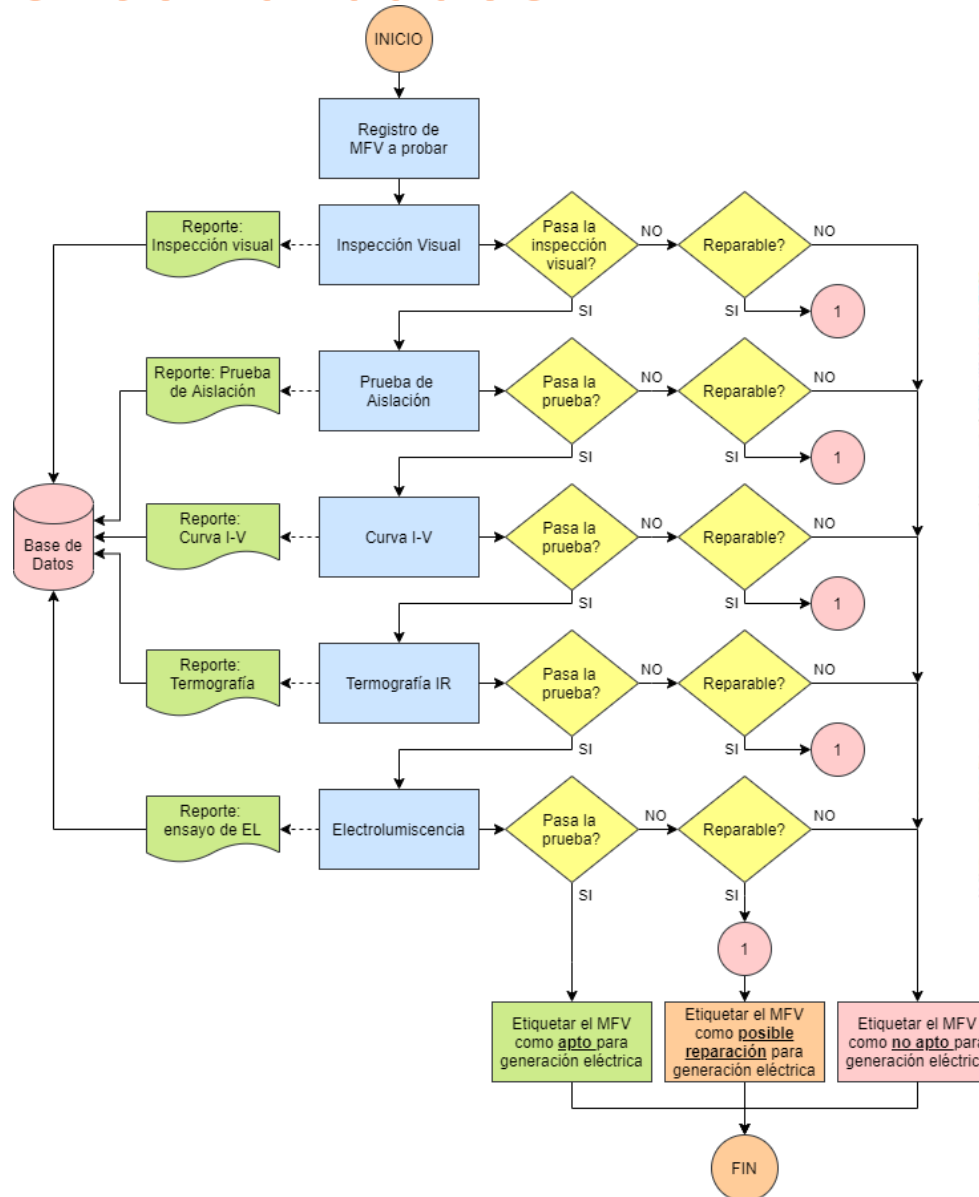
¿POR QUÉ?

Porque si bien existen recomendaciones de distintas organizaciones a nivel internacional para el diagnóstico de MFVs, estas no aplican directamente al diagnóstico y clasificación de módulos que han estado instalados y tendrían el potencial de ser reutilizados en la generación de energía.



ADEMAS...

- Vimos que la reutilización requiere de protocolos para el acopio de los MFVs en planta para evitar que se dañen.
- Que se requieren tecnologías para viabilizar económicamente el diagnóstico y clasificación de MFVs.
- Se requiere certificar estos procesos y las empresas que lo realicen.



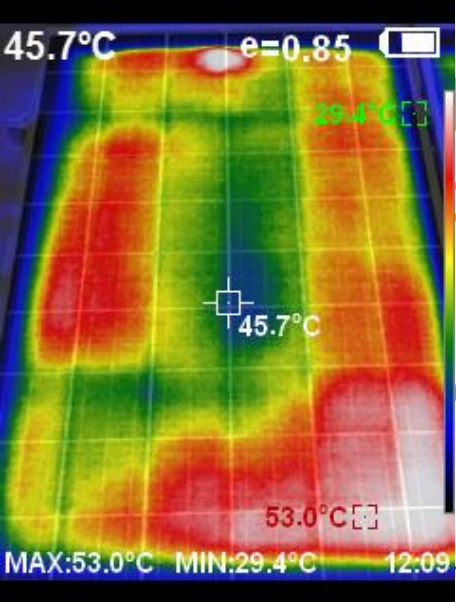
Pruebas en laboratorio y ambiente real



Fotos: piloto en fachada del CDEA en la Universidad de Antofagasta

Fotos: Banca de Pruebas instalada en la Plataforma Solar Desierto de Atacama (UA)

- estructura de módulos fotovoltaicos configurados en un string de 10 módulos
 - un inversor HUAWEI SUN 2000
 - sistema de baterías HUAWEI LUNA 2000
 - sistema de control con un Dongle y SmartLogger
 - varios sensores como viento, irradiancia y temperatura del módulo.
 - Apoyo de un software de simulación para entender el desempeño con distintos niveles de producción/demanda
-
- 6 MFVs de características eléctricas diversas
 - conectados eléctricamente a través de micro-inversores
 - instalados en una fachada de la Universidad de Antofagasta



La banca de pruebas y validaciones de clasificación



Fecha	06-14	06-16	06-18	06-20	06-22	06-24	06-26	06-28	06-30	07-02	07-04	07-06	07-08	07-10	07-12	07-14	07-17
MFV																	
M04			■		■						■						■
M05				■							■						■
M06										■	■						
M07											■						■
M08										■	■	■					
M09			■	■							■	■					■
M10			■							■	■	■					

...lar y probar un grupo de MFV de segunda vida, los cuales fueron...
...austivamente.

...inspeccionado periódicamente usando las técnicas de termografía...
...azado de curvas I-V. Los resultados de estas inspecciones indican

que, si bien las fallas de los MFV afectan en la producción de energía, está dentro de lo esperado por ser módulos reusados, mas la seguridad de operación del sistema no se ha visto comprometida.

3

Los resultados de las curvas I-V muestran una evolución positiva, pues tanto la curva de corriente como la de voltaje se mantienen dentro de rangos relativamente constantes, y como es de esperar para un sistema fotovoltaico sin grandes fallas.

4

Lo anterior indica que el procedimiento para detección de fallas y categorización de MFV descartados es efectivo. No obstante, es necesario mantener sistemas de este tipo en observación. Se recomienda continuar con campañas de medición e inspección de los módulos.

Denominación	MFV	Descripción
M09		Este es el mismo MFV, pero en diferente fecha y el <i>string</i> de la derecha tiene una temperatura que se emplaza a lo largo de esa área, lo cual podría deber su origen en un fenómeno de enscumamiento, temperaturas más altas registradas ese día o

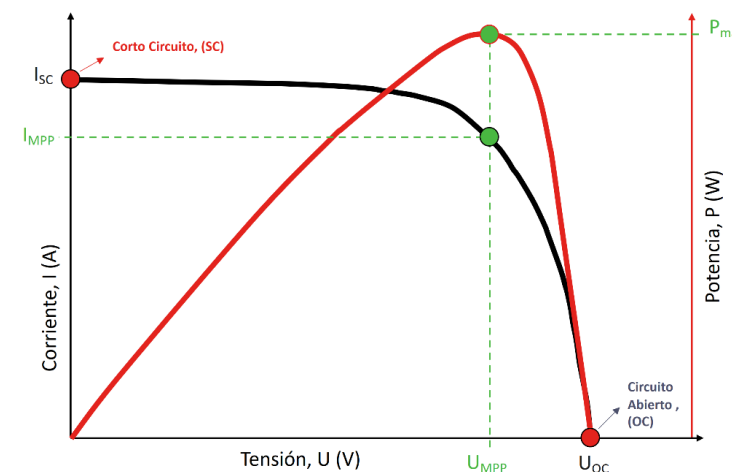


Figura IV.4: Ejemplo de curva I-V sin anomalías.

En negro se traza la curva I-V, mientras que en rojo se traza la curva P-V.

Informe de Buenas Prácticas para habilitar la reutilización de MFVs

Retiro de MFVs

Manipulación de MFV

Acopio

Transporte

Reutilización y O&M

Inspección visual en terreno

Recomendaciones para el montaje

Uso de microinversores y optimizadores

Diseño y conexionado del campo solar

Seguridad en la conexión

Operación y mantenimiento



Aplicaciones de reutilización: estado del arte y casos de negocios



(*) Factibilidad Aplicación de Módulos No Funcionales

	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
Valor Disponible (total)	\$ 164.310	\$ 181.205	\$ 116.018	\$ 141.991	\$ 19.965

RECOMENDACIONES

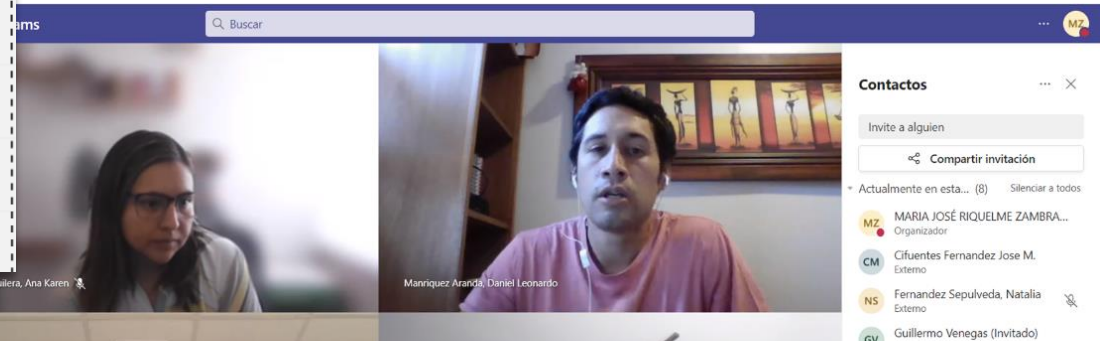
- Costos de transporte altos. Considerar 2das aplicaciones en el territorio.
- El sector vivienda es altamente atractivo, en particular en zonas de menores recursos
- El sector de pequeña generación es altamente atractivo, en particular para zonas remotas.
- Se debe estudiar en profundidad los usos sin generación eléctrica y electromovilidad.
- Se recomienda altamente dar el servicio completo desde la inspección, reparación y clasificación, hasta la venta.
- Se recomienda realizar más pilotos para ajustar los costos y ganancias según cada nicho dentro de los territorios.

Trabajo realizado

- 4 mesas de trabajo 2022
- 2 talleres abiertos 2023
- Recopilación de información
- Entrevistas

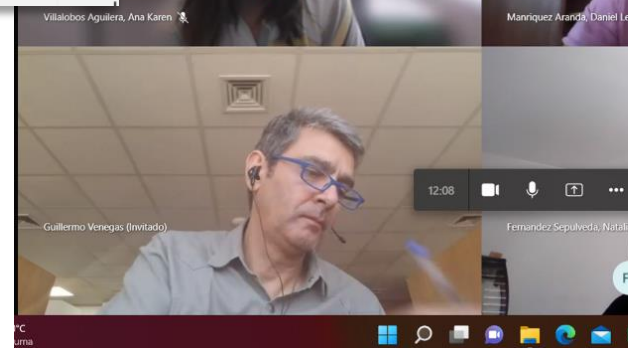
Propuestas para habilitar la reutilización de MFVs

- Falta de una etiqueta para los módulos de 2da vida.
- Búsqueda de organismos internacionales que puedan homologar sus estándares de segunda vida a nuestro país.
- Generar un etiquetado de %generación para módulos FV de segunda vida certificado por SEC que otorgue confianza al consumidor. RBR
- La autoridad genera la etiqueta.
- Levantar la información que se requiera en la etiqueta con las autoridades.
- Integrar el concepto de circularidad en instituciones públicas, como una propuesta de desarrollo.
- Revisión con MEN y SEC para el desarrollo de un etiquetado de módulos segunda vida. RBR
- Entregar esta información como parte del BBPP.
- Generar alianzas de redes de colaboración internacionales para implementación de sellos de segunda vida.
- Revisión de la división entre tecnologías catalogadas y peligrosas y dispositivos a las I+D+i.



Número	Nombre	Carga	Entidad
1	Bianca Moreno Gutiérrez	Analista Depto Planes y Programas de vivienda y equipamiento, Antofagasta	Analista Departamento Planes y Programas de Vivienda y Equipamiento Comisión de Vivienda y Urbanismo Región Antofagasta
2	Aura Roa	Ejecutiva de Negocios	ACCEND
3	Carla Quiroga	Especialista en Medio Ambiente	COMUN - Antofagasta
4	Carolina Cortés	Especialista en Medio Ambiente	Colchán
5	Claudia Calderón Álvarez	Cambo Lanata	Ministerio del Medio Ambiente
6	Claudio Rivas	PMI Innovation Global Power Generation	Mineru
7	Daniela Mandujano	Head of Sustainability	Enel Green Power
8	Natalia Reyes Barbero	Head of Sustainability	Centro para la innovación en Construcción - CCE
9	Daniela Martínez	Servicio de Asesoría - Antofagasta	SEDA - Universidad de Antofagasta
10	Diana Solís Brito	Directora	SEDA - Universidad de Antofagasta
11	Elvira Fuentes	Responsable Ambiental Senior	Enel Green Power
12	Fernando Lagos	Responsable Ambiental Senior	Enel Green Power
13	Fernando Sepúlveda	Asesor	Enel Green Power
14	Gustavo Venegas	Gerente General	QUOTRAC
15	Ingrid Jaramel Aranda	Directora	Centro de Economía Circular en Procesos Industriales - CECPI
16	Julio Clavijo	Head of Unidad de Energías Renovables y Eficiencia Energética	Superintendencia de Electricidad y Combustibles
17	Javier Hernández Venegas	Profesional de Energías Renovables y Eficiencia Energética. División Ingeniería de Electricidad	Superintendencia de Electricidad y Combustibles
18	José Latorre	Académico	Ministerio de Minería
19	Jorge Robledo	Subdirector Regional COBFO	COBFO - Antofagasta
20	Juan Ignacio Zamora	Subdirector Regional COBFO	COBFO - Antofagasta
21	Karen Cavallero	Head of Gestión Ambiental Solar y Edifica	Colchán
22	Lucía Vilches	Head of Gestión Ambiental Solar y Edifica	Colchán
23	María José Riquelme Zambra	Coordinadora Técnica del Proyecto de BBPP	Asesora U.A. - CEA Liten
24	Martín Lagos	Gerente General	Enel Green Power
25	Marcos Pardo	Gerente General	ACCEND
26	Marcos Soto	Analista Regional de Eficiencia Energética	Secretaría Regional Ministerial de Energía Región de Antofagasta
27	Orlinda Heuser	Analista Regional de Eficiencia Energética	Ministerio de Salud
28	Rafael Canales	Analista Regional de Eficiencia Energética	ASE
29	Rodrigo Alvarca	Analista Regional de Eficiencia Energética	ASE
30	Rodrigo Barrera Rojas	Head of Línea Comuna Energética	Agencia de Sustentabilidad Energética
31	Rodrigo Guerra	Analista Regional de Eficiencia Energética	Sonnedo
32	Rodrigo Mendez	Business Unit Manager, Antofagasta	Enel Green Power
33	Rodrigo Morales	Head of the Office of Economic Circular	Ministerio del Medio Ambiente
34	Sandra Sanguinetti	Directora	SEC Chile
35	Valentina Amador	Académico-Investigador	CECPI, ODS/UNN, Universidad de Antofagasta
36	Victor Balbayan	Director	SEC Chile
37	Yessid Jiménez	Académico-Investigador	CECPI, ODS/UNN, Universidad de Antofagasta

37 participantes



- Al retirarse de la planta y reutilizar/vender el panel, la empresa debería pagar el 25%.
- Generar líneas de investigación I+D en fondos concursables asociados a la temática paneles solares.
- Generar estándares para clasificar los tipos de módulos antes de la disposición final, desde el diseño.
- Generar evaluaciones económicas que permitan medir el impacto de la exención de arancel.
- Mantener la exención.
- Establecer condiciones para mantener la exención tributaria, para donaciones por ejemplo, o uso en eficiencia energética.
- Condicionar la exención según el uso propuesta para módulos de segunda vida, sobre todo uso social.
- Mantener la exención en concordancia a la Nueva ley de beneficios tributarios para donaciones a entidades sin fines de lucro (Ley N° 21.440)



Problemática general

1

Protocolos de acopio y trazabilidad

- Se debe aplicar un protocolo para poder dar trazabilidad a los módulos, entregar esa información a quien los vaya a diagnosticar y entregarlos de manera que puedan ser fácilmente diagnosticables y transportables.
- Mediciones realizadas por el operador de planta / o empresas certificadas

2

Diagnóstico de MFVs

- Los módulos fotovoltaicos son tratados como basura en las grandes plantas y no son acopiados para preservar su condición física y facilitar su inspección.
- No se conserva su packaging
- No siempre hay trazabilidad del módulo

3

Peligrosidad y habilitantes financieros

- Los MFVs que son importados para grandes plantas, se acogen a un beneficio de descuento del pago del IVA y también el 6% del valor CIF. Sin embargo, no se pueden revender o reutilizar en otra planta o usos.

4

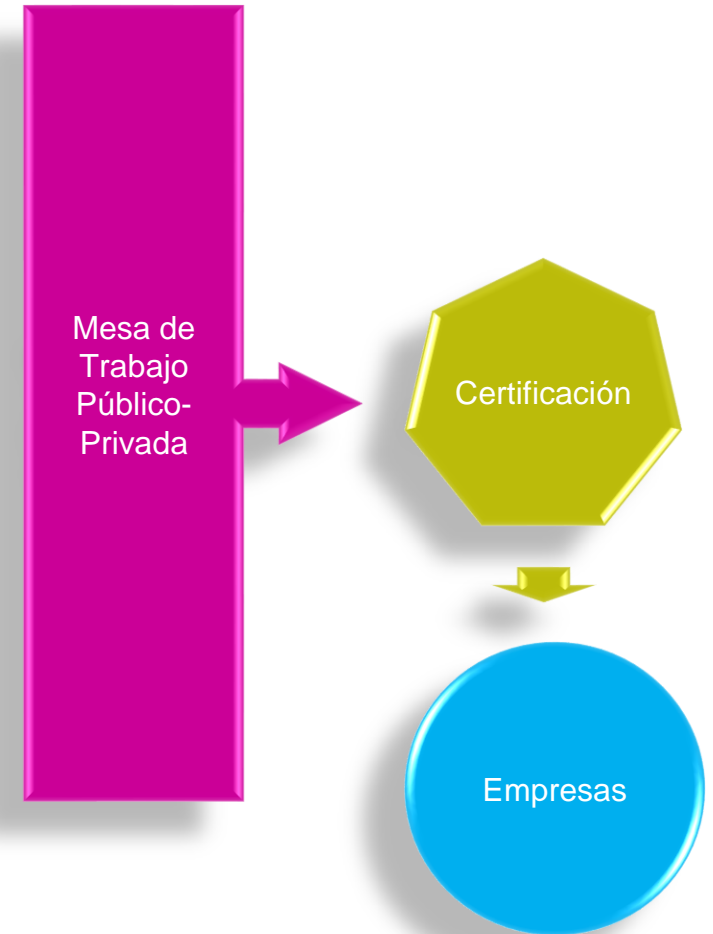
Otras temáticas y preguntas

- ¿Qué pasa con la responsabilidad del productor en el caso del panel reusado?
- ¿Qué sucede cuándo los segundos usuarios dejan de utilizar los paneles? ¿Quiénes se hacen cargo?
- Promover espacios de articulación (público-privada) en los territorios donde confluyen muchas empresas de generación.

Propuestas habilitantes

- 1 Barreras financieras**

Se autoriza a las empresas a revender o donar los MFVs usados sin pagar los beneficios a los que se acogieron al importarlos.
- 2 Peligrosidad del MVF**
 - El MFV reutilizable (genere o no electricidad) no es un “residuo” dado que se va a reusar
 - Tampoco sería “peligroso” dado que se descarta en la sel diagnóstico
- 3 Acopio y trazabilidad de los MFVs**
 - Implementar un protocolo en las grandes plantas que permita su buen estado, su fácil diagnóstico y el reuso.
 - Implementar trazabilidad de los MFV a través de tecnologías como Blockchain
- 4 Protocolo de diagnóstico de MFVs**
 - Laboratorio Móvil
 - Automatización de pruebas
 - Desarrollo de Modelo de negocio
 - Aprobación de un Protocolo de Diagnóstico
- 5 Vivienda social y edificación pública**
 - Realizar más pilotos para demostrar la seguridad de los MFVs reusados
 - Incorporar en las normas y TDRs de vivienda social y edificación.



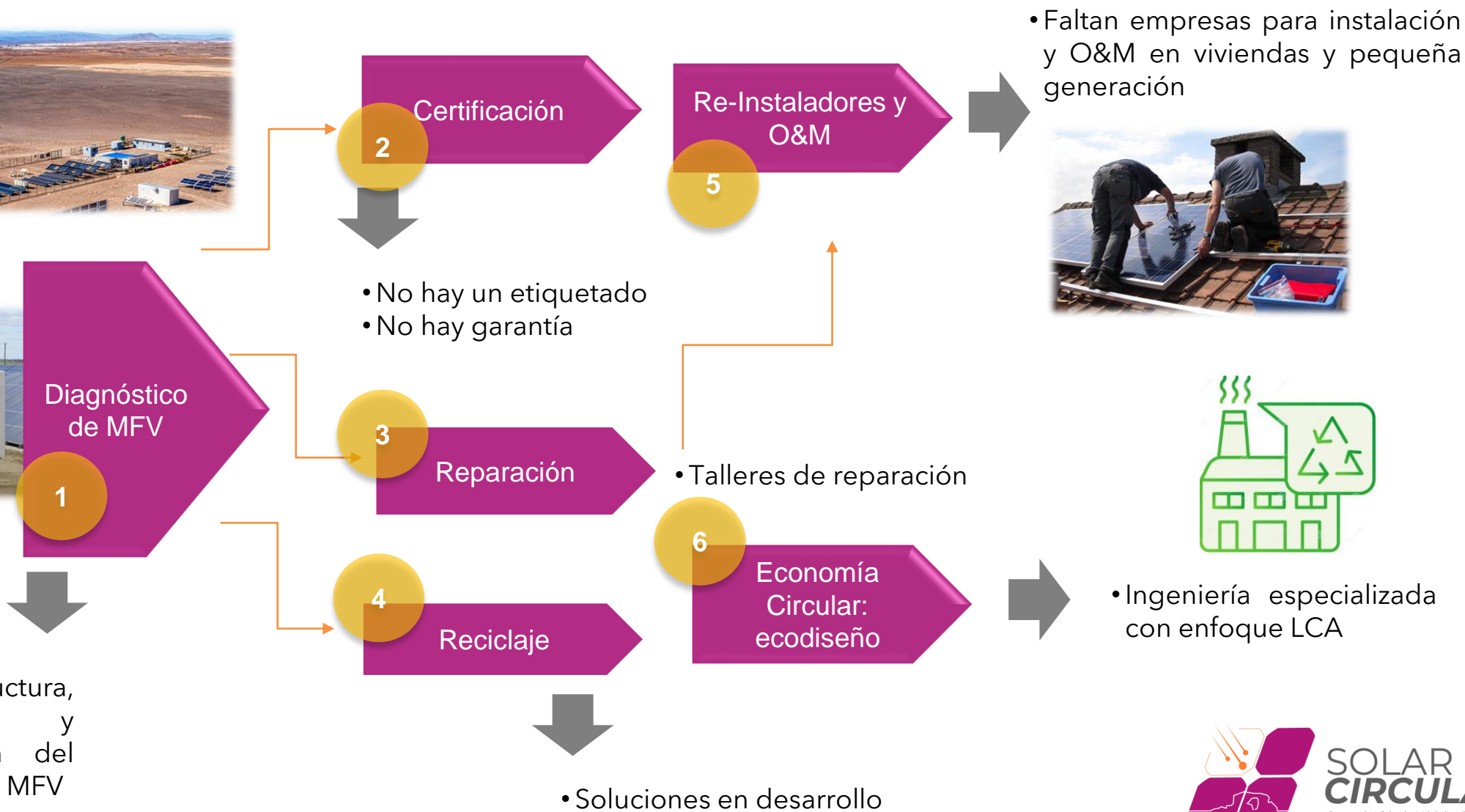
Oportunidades de nuevos negocios y puestos de trabajo



Foto: PSDA



Foto:
<https://www.enertis.com/es/enertis-lanza-nuevo-laboratorio-movil-analisis-plantas-fotovoltaicas-chile/>



Proyecto de Bien Público:

Generación de Estándares Técnicos y Económicos para la 2da Vida de Módulos Fotovoltaicos

María José Riquelme, Coordinadora Técnica



¡MUCHAS GRACIAS!

Proyecto ejecutado por:



Apoyado por:



Financiado por:



Patrocinado por:

