

# Escuelas Comunitarias Sostenibles



## Libro 6

# Libro educativo: manejo de residuos y reciclaje de paneles solares en mi comunidad

## **Autores**

Dr. Jesús Ignacio Castro Salazar

Dra. Amina El Mekaoui

Dra. Inés Riech Méndez

## **Colaboradores**

Mtra. Daniela Hernández López

Dra. Gertrudis Guzmán Noh

Lic. Rebeca Rosado Medina

## **Diseño**

Lic. Rebeca Rosado Medina

## **Revisión pedagógica y didáctica**

Dra. Nohora E. Bayona Ramírez



## Agradecimientos

Agradecemos al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCyT) por el financiamiento brindado para la realización de este libro educativo en el marco de la Convocatoria FOP04-2021-03 perteneciente al Fondo FORDECYT-PRONACES en materia de investigación e incidencia para transitar a un sistema energético social y ambientalmente sustentable.

Agradecemos a los promotores locales y a los habitantes de las comunidades en donde incide el Proyecto por su colaboración y apoyo en la realización del presente libro educativo.

# Presentación

En las comunidades cada vez más comienza a instalarse y utilizarse paneles solares como fuente de energía. Los paneles solares son considerados residuos electrónicos, que de no ser manejados adecuadamente dañan el ambiente y la salud humana. Es importante dar un manejo adecuado a los residuos provenientes de los paneles solares que son desechados a fin de evitar el deterioro ambiental y social en la comunidad. El libro educativo de manejo de residuos provenientes de los paneles solares en mi comunidad es una guía didáctica que describe las maneras el manejo de residuos provenientes de los paneles solares, pueden reciclarse en comunidades rurales de Yucatán. Acciones que aportan a proteger el ambiente y la naturaleza, al ahorra dinero y recursos, y a crear empleos, así como aporta a mejorar la calidad de vida de las personas y fortalece la responsabilidad y el compromiso comunitario.

Este libro educativo fue elaborado a partir de resultados obtenidos en un estudio de Conocimientos, Aptitudes y Prácticas (CAP) realizado en las comunidades que participan en el Proyecto PRONAI 319191 “Comunidades Mayas Sustentables. Hacia el diseño de nuevos modelos energéticos rurales transregionales e integrales para el desarrollo sostenible del estado de Yucatán” y contó con el financiamiento del Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCyT) presentada en la Convocatoria FOP04-2021-03 en el marco del Fondo FORDECYT-PRONACES en materia de investigación e incidencia para transitar a un sistema energético social y ambientalmente sustentable.



# Índice

---

Introducción.....	1
Objetivo del libro educativo.....	2
Prefacio para promotores.....	3
Unidad 1. Paneles solares y sus residuos.....	4
Unidad 2. Manejo de residuos de paneles solares.....	8
Unidad 3. Reciclaje de paneles solares.....	13
Unidad 4. Manejo de residuos de paneles solares en mi comunidad.....	16
Conclusiones.....	18
Bibliografía. ....	19

# Introducción

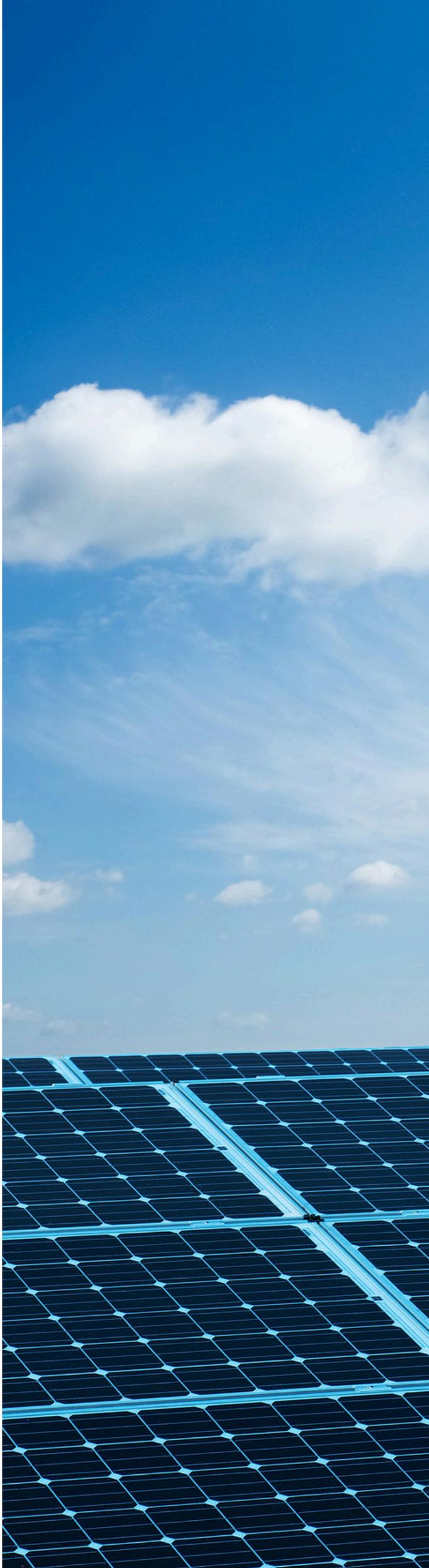
---



La energía solar es una de las fuentes de energía menos contaminantes y más abundantes disponibles en la actualidad. Sin embargo, el problema surge cuando estos paneles concluyen su vida útil y sus residuos no se manejan de manera adecuada, contribuyendo al daño ambiental y la salud humana. Conforme crece la cantidad de residuos de paneles solares en las comunidades, es crucial abordar su eliminación de forma responsable. Es imprescindible asesorar a las comunidades en aprovechamiento más eficiente de los recursos y obtener mejores ingresos.

En este sentido, este libro educativo pretende informar a la comunidad sobre la importancia del reciclaje de los residuos electrónicos y su impacto positivo en el ambiente, la economía y la sociedad.

Este libro educativo ofrece una guía sobre cómo clasificar, separar, limpiar y disponer los residuos de los paneles solares y para ayudar a los habitantes de las comunidades a cumplir con las regulaciones relacionadas con el reciclaje de paneles solares. Si bien el libro educativo puede servir a la población en general, está principalmente pensado para personas que viven en comunidades y surge a partir del análisis de necesidades entre humano-naturaleza-economía de comunidades Mayas en el estado de Yucatán. El libro educativo es consciente de que ninguna comunidad es igual a otra en cuanto a sus elementos naturales y necesidades económicas, pero presenta una estructura teórico-práctica relacionada con cuatro ejes generales.



## Objetivo

Proporcionar una guía para informar, sensibilizar y promover la importancia de la sostenibilidad en el reciclaje de residuos fotovoltaicos, específicamente sobre las prácticas adecuadas para el manejo de los residuos provenientes de paneles solares al finalizar su vida útil en las comunidades mayas.

# Prefacio para promotores

## *Perfil de promotor*

El promotor local es una persona líder con vocación de servicio comprometido con el desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente en su comunidad. Posee habilidades de comunicación efectiva, empatía y trabajo en equipo. Su labor incluye: sensibilizar y orientar a los miembros de la comunidad sobre la importancia del reciclaje de paneles solares y otros residuos electrónicos, difundir buenas prácticas de manejo de residuos, organización de actividades educativas y apoyar el fortalecimiento de la cultura ambiental en su comunidad.

## *Objetivos de los promotores*

Difundir el contenido del libro educativo en las comunidades y acompañar a las personas en la comprensión y aplicación de sus recomendaciones para el manejo adecuado de los residuos provenientes de los paneles solares.

## *Roles del promotor:*

- 1) Proporcionar los materiales requeridos para desarrollar las actividades (hojas de papel, plumas o lápices y colores -opcional-),
- 2) Presentar y desarrollar los temas contenidos en el presente libro educativo,
- 3) Realizar junto con los miembros de la comunidad las actividades propuestas en el presente libro educativo,
- 4) Asesorar, en todo momento, a las personas con los temas y con los ejercicios,
- 5) Fomentar la participación ciudadana y la organización comunitaria en iniciativas relacionadas con los temas tratados en el libro educativo, y
- 6) Desarrollar procesos de sensibilización, educación y capacitación comunitaria promoviendo el compromiso colectivo con la gestión adecuada de residuos y el desarrollo sostenible.





Unidad 1.

Paneles solares y sus residuos

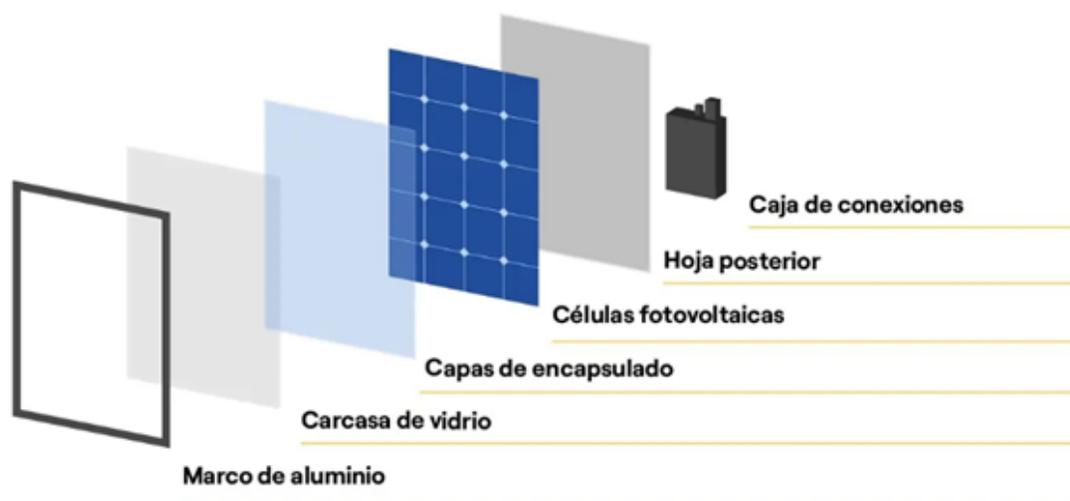
# 1.1. Paneles solares: sus partes y componentes

La energía solar fotovoltaica (FV) es una de las tecnologías más limpias y prometedoras para la generación de energía renovable. Los paneles solares son los componentes principales de este sistema, convierten la luz solar en electricidad de manera directa. Sin embargo, el creciente uso de esta tecnología también plantea desafíos relacionados con la gestión adecuada de los paneles solares al final de su vida útil.

1. Marco de aluminio.
2. Carcasas de vidrio templado (por lo general tiene un espesor de 3 a 4 milímetros).
3. Capa encapsulante hecha por lo general de polímero (como el plástico).
4. Celdas solares cuyo principal componente es el silicio.
5. Capa posterior hecha de un polímero o combinación de polímeros (como el plástico).
6. Caja de conexiones conformada de plástico y latón.

El primer paso para determinar el tratamiento o manejo de los paneles solares es conocer los componentes y la estructura de estos. Los principales componentes y recursos con los que están hechos los paneles solares son (Plúa, Dolores y Durán, 2016; Romero-Larrea y Álvarez-Vera, 2020; Sierra-Céspedes, Vásquez-Stanescu y Ramírez-Pisco, 2021):

Figura 1. Principales componentes de los paneles solares



Fuente: Sotysolar (2023)

Videos complementarios:

1. <https://www.youtube.com/shorts/OBv2vbjjYA8>

2. <https://www.youtube.com/watch?v=G3NqJM4bqNg>



## Actividad 1.

# Identifiquemos las partes y componentes de los paneles solares

**Objetivo:**

Identificar las principales partes y componentes de los paneles solares que están en mi comunidad.

**Duración:**

10 minutos.

**Materiales:**

Hojas de papel, pluma y/o lápices.

**Descripción:**

**Inicio:** Una vez que presentamos el concepto de panel solar y que mostramos y definimos cuáles son sus principales componentes, es hora de identificar los componentes en los paneles que están en nuestra comunidad, para lo cual haremos el siguiente ejercicio.

**Desarrollo:** De la imagen que se presenta en el ejercicio 1, solicitar a los asistentes que de manera individual coloquen el número que acompaña a las partes de un panel solar y colocar ese número en la imagen del panel solar que se muestra en el mismo ejercicio 1.

**Cierre:** Del ejercicio 1, pida a las personas que relacionen los componentes de los cuales están hechos los paneles solares, y que aparecen en la primera columna, con la imagen mostrada. Pueden poner el número del componente en la parte del panel solar que corresponda o pueden unir el componente con una línea. Además, pida a dos voluntarios que señalen de que este hecho al menos un componente, por ejemplo, el marco de aluminio está hecho de aluminio.

## Ejercicio 1.

### Paneles solares, sus partes y componentes

Componentes del panel solar	Imagen* de un panel solar
1. Capa encapsulante	
2. Caja de conexiones	
3. Marco de aluminio.	
4. Capa posterior	
5. Celdas solares	
6. Carcasa de vidrio	

Otra opción para representar la actividad es dividir cada una de las partes y poner una foto de cada parte, ello para que las personas pongan su nombre debajo de cada foto e identificar la parte.

Imagen obtenida de EDP Energía (2024)

## 1.2. Residuos provenientes de los paneles solares

Los paneles solares tienen una vida útil de aproximadamente 25-30 años, tecnologías en su creación y al final de su vida útil pueden causar impactos negativos al ambiente y los recursos naturales (Romero-Larrea y Álvarez-Vera, 2020).



El mal manejo de los residuos provenientes de los paneles solares puede generar consecuencias negativas como:

El mal manejo de los residuos provenientes de los paneles solares puede generar consecuencias negativas como:

### Daño ambiental:

Muchos componentes de los paneles, como el plomo y el cadmio, son tóxicos y pueden contaminar el suelo y el agua si no se manejan correctamente.

### Pérdida de recursos naturales valiosos:

Los paneles contienen recursos no renovables como el silicio, plata y cobre, que no se reciclan o disminuir su consumo pueden agotarse.

### Costos sociales:

Los paneles contienen recursos no renovables como el silicio, plata y cobre, que no se reciclan o disminuir su consumo pueden agotarse.

### Impacto económico:

Los paneles contienen recursos no renovables como el silicio, plata y cobre, que no se reciclan o disminuir su consumo pueden agotarse.

Videos complementarios:

1. <https://www.youtube.com/watch?v=WnQ4aaKqdgY>

2. <https://www.youtube.com/watch?v=6Wghjfl10gY>



Unidad 2.

Manejo de residuos de paneles solares

El adecuado manejo de los residuos de los paneles solares es importante para proteger el ambiente, la naturaleza y la salud pública.

El manejo de residuos provenientes de los paneles solares es un proceso que incluye diversas etapas, siendo las principales: 1) separar, 2) almacenar, 3) recolectar, 4) transportar y 5) tratar o reciclar los residuos para eliminarlos o aprovecharlos.

1) separar

2) almacenar

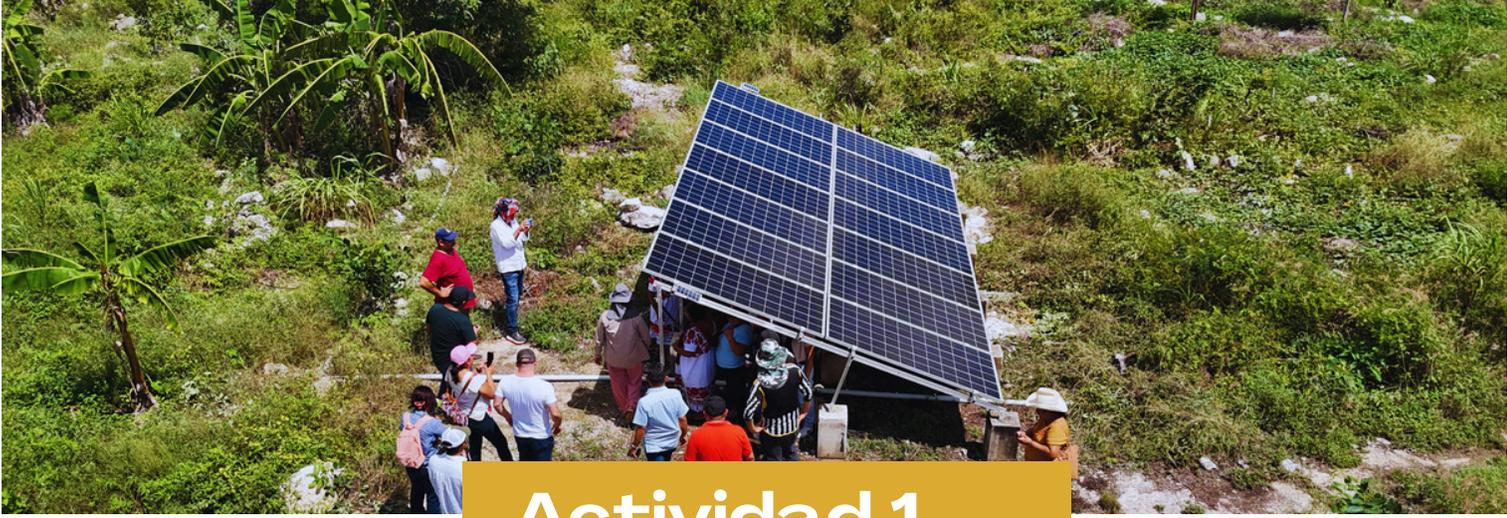
3) recolectar

4) transportar

5) tratar o reciclar los residuos para eliminarlos o aprovecharlos

Figura 1. Manejo de residuos fotovoltaicos

<p><b>Separación:</b> los residuos provenientes de los paneles solares deben separarse de cualquier otro tipo de residuos, como los provenientes de la comida, plásticos, metales, madera, papel y cartón. No deben mezclarse con otros residuos.</p>	
<p><b>Almacenaje:</b> los residuos deben almacenarse en lugares adecuados, resistentes a la lluvia, la humedad y con suelo firme. Los residuos de los paneles no deben dejarse en la intemperie, cerca de cuerpos de agua ni de cultivos.</p>	
<p><b>Recolección:</b> las personas pueden entregar al gestor autorizado o llevarlos a los centros de acopio y reciclaje autorizados (para ello, deben estar capacitados para su adecuado manejo y conocer los riesgos que implica su traslado). En caso de existir una persona o empresa autorizada por la autoridad, ella será la responsable de recolectar el panel solar.</p>	
<p><b>Transporte:</b> es el traslado de los residuos de los paneles solares de un lugar a otro, se deben tomar precauciones como transportarlos en vehículos adecuados, contar con capacitación y saber qué hacer en caso de algún accidente.</p>	
<p><b>Reciclaje o disposición final:</b> esta etapa está relacionada con eliminar los residuos definitivamente o con reciclarlos para aprovecharlos por completo o algunos de sus componentes. La disposición final o el reciclaje de debe realizarse por empresas y personal debidamente capacitado y autorizado por alguna autoridad.</p>	



## Actividad 1.

# Paneles solares en mi comunidad

### Objetivo:

Identificar en dónde están ubicados los paneles solares en mi comunidad e identificar un área para almacenar temporalmente los residuos de los paneles solares.

### Duración:

10 minutos.

### Materiales:

Hojas de papel, pluma y/o lápices

### Descripción:

**Inicio:** Es momento de identificar la cantidad y localización de los paneles solares que hay en mi comunidad y que en un futuro pueden generar residuos, así como es importante considerar un lugar apropiado para acopiar los residuos generados

**Desarrollo:** De manera individual o en equipos de 2 a máximo 3 personas, hagan una lista de la cantidad de paneles solares que identifican en su comunidad, debe señalar el lugar en dónde se encuentran los paneles y la cantidad por lugar (ver ejercicio 1). También deben proponer un lugar apropiado para llevar y almacenar temporalmente los residuos de los paneles solares, considerando las características adecuadas para el almacenar esos residuos (como ser lugares techado y con suelo firme).

**Cierre:** Una vez terminada la lista, pedir a 3 personas que compartan sus respuestas y reflexionar sobre las mimas.

## Ejercicio 1.

Lista de la cantidad y ubicación de los paneles solares en mi comunidad

Cantidad de paneles solares	Localización del panel o paneles solares	Lugar para acopiarlo.
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		



## 2.1 Responsables manejo de residuos fotovoltaicos en mi comunidad

La responsabilidad de adecuado manejo de residuos fotovoltaicos, sobre todo su disposición y almacenamiento temporal, comienza con los generadores de estos residuos. Los residuos de paneles solares pueden provenir de los utilizados en la comunidad, pero también de los megaproyectos de energías renovables y de las empresas que utilizan paneles solares. La cantidad de residuos fotovoltaicos provenientes de los megaproyectos y empresas que los utilizan suelen ser mayores que los que generadores en las comunidades. Por lo que es importante que vigilar que los megaproyectos y empresas los dispongan de manera adecuada para evitar daños ambientales y a la salud en la comunidad.



## Actividad 2.

# Paneles solares en mi comunidad por externos

### Objetivo:

Identificar las empresas, los negocios y los megaproyectos que utilizan paneles solares cercanos a mi comunidad.

### Duración:

10 minutos.

### Materiales:

Hojas de papel, pluma y/o lápices.

### Descripción:

**Inicio:** Como se comentó, las empresas y megaproyectos que utilizan paneles solares son responsables del adecuado manejo de sus residuos, de disponerlos en los lugares autorizados y evitar que representen un daño para el ambiente y las personas. Es momento de identificar y localizar las empresas y megaproyectos que utilizan paneles solares cerca de mi comunidad.

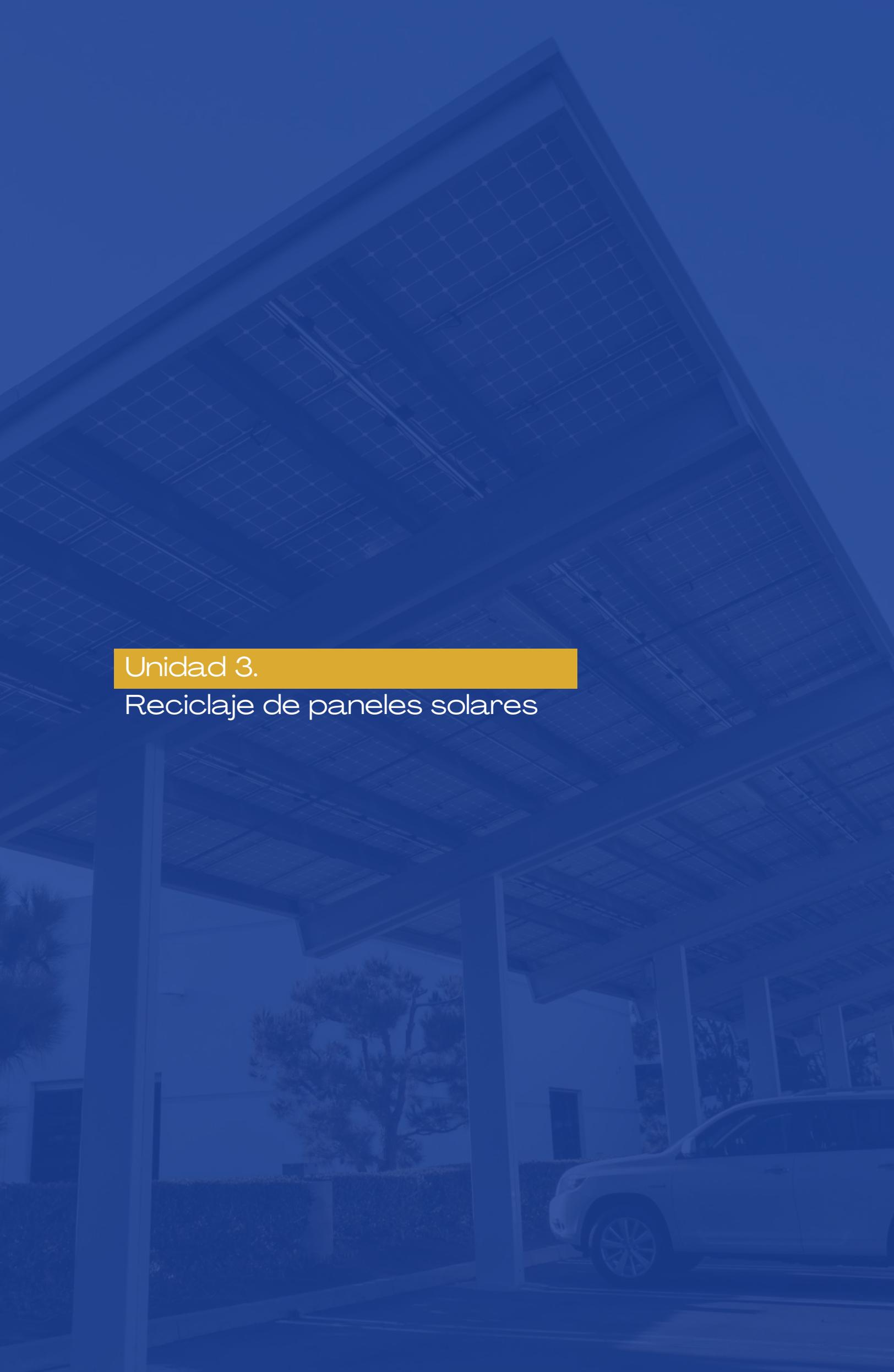
**Desarrollo:** De manera individual o en equipos de 2 a máximo 3 personas, hagan una lista de las empresas y megaproyectos que utilizan paneles solares cercanos a la comunidad. Deben indicar el lugar en dónde se encuentra la empresa o megaproyecto y de ser posible anotar el nombre del establecimiento (ver ejercicio 1).

**Cierre:** Una vez terminada la lista, pedir a 3 personas que compartan sus respuestas y reflexionar sobre las mismas. Identificar las empresas y megaproyectos nos ayuda a monitorear cómo estos lugares manejan sus residuos fotovoltaicos y exigirles que se hagan responsables de estos residuos.

### Ejercicio 1.

Ubicación empresas y proyectos que utilizan paneles solares cerca de mi comunidad

Nombre y localización de la empresa o megaproyecto del panel o paneles solares



Unidad 3.

Reciclaje de paneles solares

El reciclaje de paneles solares implica la recuperación de materiales y componentes valiosos al final de su vida útil, con el propósito de reutilizarlos en la fabricación de nuevos productos o disponer de ellos de manera adecuada. Los paneles solares contienen recursos críticos no renovables como el vidrio, aluminio, silicio, plata y cobre que pueden ser reciclados e integrados en la producción de nuevos paneles o productos tecnológicos (Romero-Larrea y Álvarez-Vera, 2020; Sierra-Céspedes, Vásquez-Stanescu y Ramírez-Pisco, 2021).

El proceso de reciclaje comprende varias etapas relacionadas con el manejo de residuos, y varía de acuerdo con el tipo, cantidad y lugar de los residuos. De manera general, la primera etapa del reciclaje de residuos en los hogares esta relacionada con la identificación del tipo de residuos de acuerdo con sus características y valor. Una vez identificados, se debe hacer la separación de los residuos, para posteriormente almacenarlos temporalmente y después llevarlos a centros autorizados de acopio o de reciclaje.



### 3.1. Centros autorizados para el reciclaje de residuos fotovoltaicos

Los centros autorizados son los responsables de amanecer, transportar o transformar esos residuos en nuevos productos. Los centros autorizados de acopio o de reciclaje son lugares designados para depositar materiales reciclables, como papel, plástico, vidrio, metal y equipos electrónicos con el fin de facilitar su posterior procesamiento y reutilización.



Videos complementarios:

1. <https://www.youtube.com/watch?v=diCkzIPsfdS>



## Actividad 1.

# Identifiquemos los centros autorizados de acopio o de reciclaje en mi comunidad

### Objetivo:

Identificar centros autorizados de acopio o de reciclaje cercanos a mi comunidad.

### Duración:

15 minutos.

### Materiales:

hojas de papel, pluma y/o lápices

### Descripción:

**Inicio:** Es importante conocer en dónde se ubican los centros de acopio o de reciclaje más cercanos a nuestra comunidad, eso nos permite realizar una mejor y más rápida disposición de nuestros residuos para que sean reciclados.

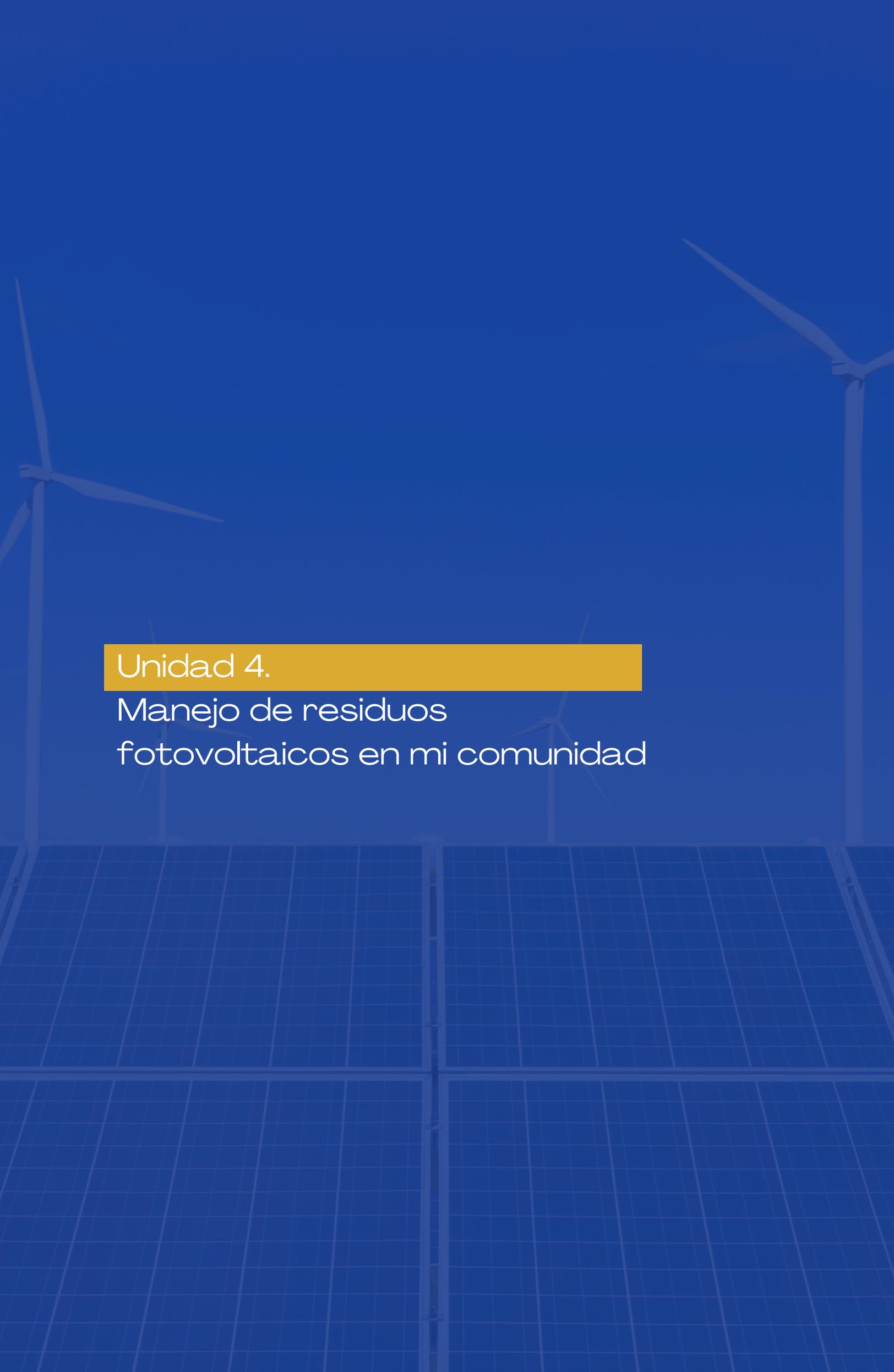
#### **Desarrollo:**

Preguntar a los asistentes lo siguiente:

1. ¿Quién sabe a dónde podemos llevar nuestros residuos susceptibles a ser reciclados (papel, cartón, vidrio, metal y equipos electrónicos)?
2. ¿Saben o han escuchado de alguna campaña relacionada con llevar nuestros residuos a un punto específico?, ¿En dónde la escucharon y cuál es el punto para llevar los residuos?

**Cierre:** Solicitar que de manera voluntaria los asistentes compartan sus respuestas con todos los asistentes, después de compartir reflexionar las respuestas.

En caso de no identificar centros autorizados de acopio o de reciclaje cercanos a la comunidad, es recomendable que la comunidad se organice para solicitar a alguna autoridad, sobre todo ambiental o local, información sobre la ubicación de los centros de acopio más cercanos e incluso se podría solicitar a la autoridad que gestione la instalación de algún punto de acopio cerca de la comunidad.



## Unidad 4.

# Manejo de residuos fotovoltaicos en mi comunidad



A continuación, se presentan buenas prácticas o recomendaciones que los habitantes de las comunidades pueden implementar para minimizar la cantidad de residuos provenientes de los paneles solares (Romero-Larrea y Álvarez-Vera, 2020):

### **Al comprar**

- Comprar sólo los paneles y repuestos necesarios para evitar generar residuos.
- Comprar en lugares autorizados/oficiales, para evitar comprar productos de mala calidad.
- No aceptar empaques y bolsas innecesarias.

### **En general**

- Separar los residuos de los paneles solares de otro tipo de residuos como los orgánicos, inorgánicos, sanitarios y peligrosos.
- No abrir, quebrar o dañar a propósito los paneles solares, esto para no alterar sus componentes aprovechables.
- Disponer los residuos en los contenedores y lugares adecuados.
- No tirar los residuos en las calles, montes o en cuerpos de agua.
- No tirar los residuos en los botes de basura ni permitir que se los lleve el camión recolector.
- No quemar los residuos provenientes de los paneles solares.

### **Educación y sensibilización**

- Usar paneles dañados como material didáctico para talleres sobre energía renovable y reciclaje.
- Donar partes funcionales a laboratorios o universidades para investigación.

## Conclusiones

El presente libro educativo busca orientar a promotores y a las personas u organizaciones interesadas en aportar a la difusión temas relacionados con el manejo de residuos de los paneles solares de una forma didáctica y sencilla, sobre todo en comunidades Mayas en Yucatán. El libro educativo fue desarrollado considerando los contextos de las personas que habitan en las comunidades, pretendiendo incorporar los hábitos cotidianos de las personas de las comunidades.

Los autores del libro educativo reconocen la importancia de promover y replicar el libro educativo en las comunidades y en otros contextos, pero también recomiendan continuar actualizando y profundizando en el contenido del documento siempre considerando y respetando las posturas, conocimientos y costumbres de las personas que habitan en las comunidades. El libro educativo no pretende ser una herramienta única, sino más bien accesible y flexible con el potencial de ser adaptada a diversas comunidades y contextos, abordando de manera general temas relacionados con el manejo de residuos electrónicos provenientes de los paneles solares y con actividades para aportar a la comprensión de esos temas.

Al dar a conocer el libro educativo en las comunidades, los habitantes mostraron interés y aportaron mejoras al documento.



## Bibliografía

EDP Energía (2024). ¿De qué material están hechas las placas solares? <https://www.edpenergia.es/es/blog/energia-fotovoltaica/material-placas-solares/>

Pláa, J., Dolores, M. y Durán, J.C. (2016). “Energía solar fotovoltaica”. En Energía Solar Laborde, M. y Williams, R.J.J. (ed.). Energía Solar (pp. 3-38). Argentina: Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Romero-Larrea, C. A. y Álvarez-Vera, M. (2020). “Propuesta para la gestión integral de residuos sólidos fotovoltaicos en el Ecuador”. Polo del Conocimiento 5(9), pp. 836-858. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i9.1733>

Sierra-Céspedes, M. M., Vásquez-Stanescu, C. L. y Ramírez-Pisco, R. (2021). Disposición final e impacto ambiental de las celdas fotovoltaicas, Publicaciones en Ciencias y Tecnología 14(2), pp. 74-90. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36089.60004/1>

Sotysolar (2023) ¿Qué son las placas solares? Recuperado de <https://sotysolar.es/placas-solares/que-son-y-como-funciona>