

# UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN  
ENERGÍAS RENOVABLES INGENIERÍA EN ENERGÍAS  
RENOVABLES

## TESIS

"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS  
FOTOVOLTAICOS AUTÓNOMOS INDEPENDIENTES EN  
COMUNIDADES MARGINADAS DE CHIAPAS"

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES

PRESENTA

**Mario César Benítez Ruiz**

DIRECTOR DE TESIS

**Dr. Óscar Martínez Aguirre**

CODIRECTOR DE TESIS

**Ing. Luis Uriel Chalé Amores**



TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS

21 DE OCTUBRE DE 2024



**Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas**  
**Dirección de Servicios Escolares**  
**Departamento de Certificación Escolar**  
Autorización de impresión



Lugar: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.  
Fecha: 11 de octubre de 2024.

C. Mario César Benítez Ruiz

Pasante del Programa Educativo de: Ingeniería en Energías Renovables

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

Diseño e implementación de sistemas fotovoltaicos autónomos independientes en

comunidades marginadas de Chiapas

En la modalidad de: Tesis Profesional

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

**Revisores**

Dr. Neín Farrera Vázquez

Dra. Aracely López Grijalva

Mtro. Óscar Martínez Aguirre

**Firmas:**

[Firma]

[Firma]

[Firma]

Ccp. Expediente

## DEDICATORIA

A mis padres...

Roberto y Geinar, quienes siempre han creído en mí, me han apoyado tanto y me han brindado su amor incondicional. Han sido mi fortaleza y mi soporte de vida, les dedico con todo mi corazón este título, de quienes son los verdaderos dueños.

A mi hermano...

Gael Benítez, de quien espero ser una persona a admirar. Que mis errores y aciertos puedan ser una guía para forjar tu camino y que te sientas seguro de acudir a mí cuando más lo necesites.

A mis abuelas...

Francisca Castro y Lucelia Valdivieso, en paz descansen. Por ser mis segundas madres y cuidarme con tanto amor. Siempre han estado presentes en cada parte de mi vida y su grato recuerdo me ha reconfortado para afrontar los momentos más difíciles.

A mis abuelos...

Aurelio Ruiz y Roberto Benítez, quienes me han guiado por el camino del bien con sus consejos y su sabiduría. Me han cuidado, querido y enseñado tanto; es por esto, que le doy gracias a Dios por permitirme seguir compartiendo estos logros con ustedes ya que siempre se han enorgullecido de mí por más pequeños que estos sean.

## AGRADECIMIENTOS

A mis padres...

Por su esfuerzo, apoyo y cariño incondicional. Gracias por siempre creer en mí.

A mi director de tesis Mtro. Óscar Martínez Aguirre y codirector el Ing. Luis Uriel Chalé Amores...

Gracias por invitarme a participar en esta valiosa experiencia que ha fortalecido mis conocimientos. Su constante apoyo, paciencia y disposición para compartir su experiencia y conocimiento, ha sido crucial durante todo este proceso. Siempre estaré agradecido por todas sus contribuciones y confianza en mi trabajo.

Al Dr. Joel Moreira y al Dr. Neín Farrera...

Quiero expresarles mis más sinceros agradecimientos por brindarme la oportunidad de participar en el proyecto que hizo posible la realización de esta tesis. La dedicación y pasión por generar un impacto significativo hacia la sociedad mediante su trabajo, han sido una fuente de inspiración para mí.

Al Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Chiapas

Por el apoyo brindado durante la realización de esta tesis financiar este proyecto que tendrá un gran impacto en la vida de los habitantes de la comunidad donde se llevó a cabo el proyecto.

A la UNICACH

Agradezco a la universidad y a sus docentes, por brindarme la formación académica y proporcionarme las herramientas necesarias para crecer profesionalmente. Ha sido un honor ser parte de la comunidad universitaria. Por la cultura de mi raza.

A mis amigos...

Quienes han sido un pilar de apoyo durante esta etapa. Hicieron más amena el paso por la universidad y me llevo recuerdos felices de todos los momentos que pasamos juntos.

## RESUMEN

En la actualidad, las energías renovables nos permiten llevar electricidad para satisfacer las necesidades básicas energéticas de las poblaciones remotas donde la electrificación convencional no ha llegado. Satisfacer dicha necesidad encamina a un desarrollo económico y social, lo cual se traduce en una mejora en la calidad de vida de las personas.

En este trabajo, se desarrolló el dimensionamiento y la implementación de sistemas fotovoltaicos autónomos independientes para la comunidad de Tierra Colorada, Chiapas. Dicho proyecto fue en colaboración y financiado por el Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Chiapas.

Para este proyecto, se realizaron visitas y entrevistas con las personas de la comunidad para conocer sus necesidades energéticas básicas.

Para cada vivienda se instaló un SFV que genera 2.5 KWh por día. Cada sistema está compuesto por un panel de 550 W, una batería de Litio-Fosfato de Hierro de 100 Ah cabe mencionar que este tipo de baterías se están implementando por primera vez en proyectos de este tipo, un controlador MPPT Epever de 40A que mejora la eficiencia al ajustarse de manera constante al punto de máxima potencia y un inversor DeWalt de 1000 W.

Con la implementación de estos SFV se beneficiaron a 46 familias de la comunidad, que ahora cuentan con la energía suficiente para tener iluminación en sus hogares, una televisión, un refrigerador y tener una solvencia de energía para el crecimiento de la demanda energética en el futuro.

## ABSTRACT

Today, renewable energies allow us to bring electricity to meet the basic energy needs of remote populations where conventional electrification has not reached. Satisfying this need leads to economic and social development, which translates into an improvement in people's quality of life.

In this work, we developed the sizing and implementation of autonomous stand-alone photovoltaic systems for the community of Tierra Colorada, Chiapas. This project was in collaboration with and financed by the Institute of Science, Technology and Innovation of the State of Chiapas.

For this project, visits and interviews were conducted with the people of the community to know their basic energy needs.

For each house a PV system was installed that generates 2.5 KWh per day. Each system is composed of a 550 W panel, a 100 Ah Lithium Iron Phosphate battery, it is worth mentioning that this type of battery is being implemented for the first time in projects of this type, a 40A Epever MPPT controller that improves efficiency by constantly adjusting to the maximum power point and a 1000 W DeWalt inverter.

With the implementation of these SFVs, 46 families in the community benefited, who now have enough energy to have lighting in their homes, a television, a refrigerator and have a solvency of energy for the growth of energy demand in the future.

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	1
AGRADECIMIENTOS .....	2
RESUMEN .....	3
ABSTRACT .....	4
ÍNDICE DE IMÁGENES .....	8
ÍNDICE DE TABLAS .....	11
NOMENCLATURA .....	11

### CAPITULO 1 - GENERALIDADES

GENERALIDADES.....	12
1. INTRODUCCIÓN .....	13
1.1. ANTECEDENTES .....	13
1.1.8. Energía Solar Fotovoltaica en Chiapas .....	20
1.2. Planteamiento del problema.....	23
1.3. Justificación.....	23
1.4. Hipótesis .....	24
1.5. Objetivos .....	25
1.5.1. Objetivo general:.....	25
1.5.2. Objetivos específicos:.....	25

### CAPITULO 2 - MARCO TEÓRICO

2. INTRODUCCIÓN .....	26
2.1. Energías renovables .....	26
2.2. Energía solar .....	26

2.3.	Energía solar fotovoltaica .....	27
2.4.	Radiación solar .....	27
2.5.	Horas solar pico (HSP).....	28
2.6.	Efecto fotoeléctrico.....	28
2.7.	Efecto fotovoltaico .....	28
2.8.	Semiconductores .....	29
2.8.1.	Semiconductores intrínsecos.....	30
2.8.2.	Semiconductores extrínsecos.....	30
2.9.	Celdas fotovoltaicas .....	31
2.10.	Sistemas fotovoltaicos .....	32
2.10.1.	Acumuladores .....	34
2.10.2.	Controladores Solares de Carga .....	38
2.10.3.	Inversores.....	40
2.11.	Normatividad.....	41

### **CAPITULO 3 - METODOLOGÍA**

3.	INTRODUCCIÓN .....	43
3.1.	Selección de la comunidad .....	43
3.2.	Análisis y contexto de las necesidades energéticas de la comunidad .....	43
3.3.	Dimensionado del sistema fotovoltaico autónomo independiente .....	44
3.3.1.	Panel fotovoltaico .....	44
3.3.2.	Propuesta de electrificación para cada vivienda.....	44
3.3.3.	Dimensionamiento de la batería .....	45
3.3.4.	Dimensionamiento del controlador de carga solar.....	45
3.3.5.	Dimensionamiento del inversor.....	45
3.3.6.	Selección de cable fotovoltaico y eléctrico .....	46



3.4. Diseño del SFV autónomo independiente .....	47
3.5. Implementación .....	47
3.5.1. Planificación del Transporte .....	47
3.5.2. Instalación de los SFV autónomos independientes e instalación eléctrica de los hogares .....	49

## CAPITULO 4 - RESULTADOS

4. INTRODUCCIÓN .....	50
4.1. Selección de la comunidad .....	50
4.2. Contexto energético de la comunidad .....	51
4.3. Dimensionado de los SFV autónomos independientes .....	52
4.3.1. Panel fotovoltaico .....	52
4.3.2. Propuesta de electrificación para cada vivienda.....	54
4.3.3. Batería .....	54
4.3.4. Controlador de carga solar .....	55
4.3.5. Inversor.....	55
4.3.6. Cableado fotovoltaico y eléctrico .....	56
4.4. Diseño del SFV autónomo independiente .....	57
4.5. Implementación .....	59
4.5.1. Transporte .....	59
4.5.2. Implementación de los SF autónomos independientes e instalación eléctrica.....	66
4.6. Evaluación del funcionamiento inicial de los SFV .....	80
4.6.1. Consumo de la energía .....	80
4.6.3. Estado del banco de baterías .....	81
4.6.4. Temperatura del módulo fotovoltaico.....	82

4.7. Discusión de resultados .....	83
CONCLUSIONES.....	84
BIBLIOGRAFÍA .....	86

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Evolución de la generación renovable total 2019-2023 (SENER 2024). .....	17
Imagen 2. Instalación fotovoltaica en Monte Horeb.....	21
Imagen 3. Bombeo fotovoltaico, el Tuzal. ....	21
Imagen 4. Central fotovoltaica para electrificación de Nuevo Amanecer Tenejapa. .....	22
Imagen 5. Sistema de bombeo autónomo implementado en Nuevo Amanecer Tenejapa, Cintalapa, Chiapas. ....	22
Imagen 6. Rango de luz visible. ....	27
Imagen 7. Esquema del efecto fotovoltaico.....	29
Imagen 8. Estructura de huecos y electrones del Silicio. ....	30
Imagen 9. Flujo de electrones en un material tipo n.....	31
Imagen 10. Flujo de electrones en un material tipo p.....	31
Imagen 11. Curva característica de una celda fotovoltaica sobre la que incide radiación.....	32
Imagen 12. Diagrama sistema fotovoltaico autónomo. Solo cargas en DC.....	33
Imagen 13. Diagrama sistema fotovoltaico autónomo. Cargas en DC y AC. ....	33
Imagen 14. Sistema fotovoltaico conectado a red.....	33
Imagen 15. Esquema interno de una batería Plomo-ácido. ....	36

Imagen 16. Diagrama de composición de una batería de litio.....	37
Imagen 17. Representación gráfica de una señal PWM. ....	39
Imagen 18. Diagrama del circuito de un convertidor Buck. ....	40
Imagen 19. Ruta hacia Tierra Colorada desde Tuxtla Gutiérrez. ....	50
Imagen 20. Atlas de irradiación solar en México. ....	52
Imagen 21. Distribución de las viviendas, parte norte. ....	57
Imagen 22. Distribución de las viviendas, parte central. ....	57
Imagen 23. Distribución de las viviendas, parte sur. ....	57
Imagen 24. Diseño del SFV propuesto, vista aérea. ....	58
Imagen 25. Vista desde abajo del diseño del SFV propuesto. ....	58
Imagen 26. Transporte de PTR de 3 m. ....	62
Imagen 27. Entrega de materiales a las personas de la comunidad. ....	63
Imagen 28. Paneles fotovoltaicos asegurados para ser transportados. ....	63
Imagen 29. Distribución de los paneles solares a las personas de la comunidad. ....	64
Imagen 30. Entrega de los paneles fotovoltaicos a las personas de la comunidad. .....	64
Imagen 31. Descarga de insumos para instalación con ayuda de las personas de la comunidad.....	65
Imagen 32. Entrega de baterías, controladores e inversores. ....	65
Imagen 33. Movilización hacia las viviendas para instalación. ....	67
Imagen 34. Camino hacia las viviendas, Tierra Colorada. ....	67
Imagen 35. Colocación de la estructura en forma de H. ....	68
Imagen 36. Fijado de la estructura en forma de H mediante tornillería. ....	68
Imagen 37. Fijado de las bases traseras mediante tornillería. ....	69
Imagen 38. Fijado de las bases delanteras. ....	69
Imagen 39. Fijado de rieles a las bases traseras y delanteras.....	70

Imagen 40. Ayuda para el montaje del panel fotovoltaico. ....	70
Imagen 41. Montaje del panel fotovoltaico. ....	71
Imagen 42. Sujeción del panel fotovoltaico a los rieles. ....	71
Imagen 43. Fijado del controlador de carga solar a la base. ....	72
Imagen 44. Fijado del controlador de carga solar a la base. ....	72
Imagen 45. Fijado del inversor de corriente a la base. ....	73
Imagen 46. Conexión de la batería al controlador de carga y al inversor de corriente. .....	73
Imagen 47. Conexión positiva y negativa de la batería al controlador de carga. ..	74
Imagen 48. Componentes del SF autónomo conectados. ....	74
Imagen 49. Conexión del panel fotovoltaico al controlador de carga. ....	75
Imagen 50. Instalación de la protección de tierra del SF. ....	75
Imagen 51. Conexión de la protección de tierra del SF. ....	76
Imagen 52. Diagrama de instalación eléctrica, cuarto. ....	76
Imagen 53. Diagrama de instalación eléctrica, cocina. ....	77
Imagen 54. Fijado del centro de carga a la base. ....	77
Imagen 55. Cableado de la instalación eléctrica. ....	78
Imagen 56. Instalación de la caja universal y apagadores. ....	78
Imagen 57. Instalación del tomacorriente. ....	78
Imagen 58. Instalación de sockets y focos. ....	79
Imagen 59. Conexión del interruptor termomagnético en el centro de carga. .	79
Imagen 60. Conexión de la clavija del inversor al centro de carga. ....	79
Imagen 61. Iluminación de viviendas alimentando con el SF autónomo en la noche. .....	80
Imagen 62. Consumo de energía de una vivienda. ....	80
Imagen 63. Piranómetro Energy Radiation Meters SM2006 en operación. ....	81

Imagen 64. Voltaje de carga de la batería.....	82
Imagen 65. Temperatura del panel fotovoltaico. ....	82

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos socioeconómicos y energéticos de la comunidad. ....	51
Tabla 2. Características del panel fotovoltaico. ....	53
Tabla 3. Propuesta de levantamiento por vivienda.....	54
Tabla 4. Inventario de insumos para transportar.....	60
Tabla 5. Inventario de insumos por día para instalación fotovoltaica y eléctrica. ...	66

## NOMENCLATURA

**SFV:** Sistema fotovoltaico.

**FV:** Fotovoltaica.

**HSP:** Horas solar pico

**W:** Watts.

**kW:** Kilo watts.

**Wh:** Watss-hora.

**kWh:** Kilo watts-hora.

**V:** Voltios.

**A:** Amper.

**P:** Potencia.

**PJ:** Penta jules.

**EJ:** Exajules

**SENER:** Secretaría de Energía.

**CRE:** Comisión Reguladora de Energía

**PWM:** Modulaci3n con pulso.

**MPPT:** Maximum Power Point Tracking (Seguidor del punto de m3xima potencia.

## CAPITULO 1 - GENERALIDADES

### GENERALIDADES

La energía es el recurso fundamental para el desarrollo y el bienestar de la sociedad actual. Esta ha sido empleada para el progreso desde la revolución industrial para el desarrollo económico, el descubrimiento y avance tecnológico, así como de satisfacer necesidades básicas que han mejorado la calidad de vida en general.

En un principio, se empleaban combustibles fósiles para la producción de energía, como lo son el carbón, el gas natural y el petróleo. Sin embargo, al día de hoy se conocen los impactos nocivos que estos tienen hacia el ambiente. El efecto invernadero y la contaminación son los impactos más significativos, que, a su vez, contribuyen al llamado cambio climático, el cual se ha comenzado a manifestar con mayor fuerza en estos últimos años.

Es por lo anterior, que las energías renovables surgen como una alternativa sostenible en el tiempo para la producción de energía. Estas se caracterizan por ser inagotables y tener un impacto menos significativo al ambiente. En estas se incluyen la energía eólica, solar, biomasa, hidroeléctrica, geotérmica, entre otras.

La energía solar, una de las más prometedoras, es aquella la cual mediante celdas fotovoltaicas captan la energía proveniente del sol. Esta tiene la ventaja de poder ser empleada casi en cualquier parte del mundo.

La implementación de sistemas fotovoltaicos en comunidades marginadas, las cuales generalmente se encuentran apartadas y en lugares de difícil acceso, presenta una solución para abordar la problemática de falta de energía, así como la reducción del consumo de energías fósiles. Sin embargo, falta de desarrollo (capacitación, tecnología inadecuada, falta de seguimiento).

# 1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se llevó a cabo la recolección bibliográfica de lo referente al contexto energético actual, así como el nivel de electrificación en México y principalmente en Chiapas. Además, del avance en tecnologías renovables, declinando hacia la energía solar fotovoltaica. Así mismo, se estableció el planteamiento del problema, la justificación y los objetivos de este proyecto.

## 1.1. ANTECEDENTES

### 1.1.1. Contexto energético

A mediados de año, muchos indicadores de la demanda de combustibles fósiles estaban volviendo a los niveles anteriores a la pandemia. La demanda de gas natural recuperó los niveles de 2019 en 2021, y ahora se mantiene estable tras un agitado 2022. La demanda mundial de todos los productos petrolíferos tardó un poco más en recuperarse, pero también ha vuelto a los niveles de 2019, siendo los combustibles de aviación los últimos en recuperarse. Y la demanda de carbón cayó durante la pandemia, pero luego alcanzó un nuevo nivel récord en 2022 [1].

Las contribuciones directas de los combustibles fósiles totalizaron unos 600.000 millones de dólares en 2023, todavía por encima de los niveles de 2021, pero por debajo del máximo histórico de más de 1 billón de dólares durante la crisis energética mundial de 2022.

En México, actualmente la producción de energía está basada principalmente en combustibles fósiles, los cuales repercuten significativamente al ambiente debido a las grandes cantidades de gases contaminantes y el alto requerimiento de otros insumos, como el agua.

Las refinerías y despuntadoras fueron las instalaciones que recibieron el mayor

porcentaje de energía primaria destinada a centros de transformación (43.34%), flujo cubierto por 84.21% de petróleo crudo (1,654.42 PJ) y condensados 15.79% (310.28 PJ), reflejando un aumento del 15.37% respecto al 2021, resultado de la mejora en la capacidad de procesamiento en el Sistema Nacional de Refinación. Seguidas por las plantas de gas y fraccionadoras con el 33.19% del total, al colocarse en 1,504.34 PJ (Condensados 252.72 PJ y 1,251.62 PJ) cifra mayor a la presentada en 2021 en 24.20% [2].

Para el año 2021, se tuvo una participación del carbón mineral y sus derivados, a nivel mundial del 27.30%, mientras que, a nivel nacional, México apenas figuró con el 1.94% [2]. Para el caso del Gas Natural, el porcentaje de participación a nivel mundial fue 23.82%, ligeramente mayor que el registrado en la matriz energética de México (22.26%).

A nivel nacional, el tercer energético con mayor participación corresponde al grupo de las energías renovables, con un 15.40% del total, las cuales crecieron un 10.28%, al pasar de 1,042.97 PJ en 2021 a 1,150.13 PJ en 2022. Al igual que el año pasado, este rubro presenta crecimientos en la energía solar, la hidroenergía, energía eólica, la bioenergía y la geoenergía, con aumentos de 30.91%, 11.74%, 8.73%, 8.33% y 6.47% respectivamente [2].

### **1.1.2. Nivel de electrificación en México**

El Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 estableció una nueva política energética que impulsa el desarrollo sostenible mediante la incorporación de poblaciones y comunidades a la producción de energía con fuentes renovables para dotar de electricidad a las pequeñas comunidades aisladas que aún carecen de ella.

Durante 2022, el 99.29% de la población en México dispuso del servicio de energía eléctrica, con lo que se superó la meta programada del 99.27%, con un incremento de 0.08 puntos porcentuales respecto a la cobertura de 2021 (99.21%) [3].



### 1.1.3. Electrificación en Chiapas

El estado de Chiapas, México, es uno de los estados con mayor índice de necesidad energética en zonas rurales. En 2010, el porcentaje de electrificación en todo el estado era del 95.10% según datos de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), y ha aumentado en un 3.1% hasta el tercer trimestre de 2022.

El número total de viviendas en Chiapas en 2022 según el INEGI es de 1,448,380 por lo que las viviendas electrificadas son 1,422,309 y las no electrificadas son 26,071.

### 1.1.4. Energías Renovables

Entre 2011 y 2021, la demanda total de energía aumentó en 39 exajulios (EJ); los combustibles fósiles y la biomasa tradicional cubrieron el 53% del aumento, mientras que las energías renovables modernas cubrieron solo el 45%.

La cuota de energías renovables en la generación de electricidad mundial aumentó ligeramente del 29,4% en 2022 al 30,3% en 2023, aunque esto cubrió principalmente el aumento de la demanda de electricidad en lugar de sustituir a los combustibles fósiles [4].

La capacidad de energía renovable instalada siguió creciendo, en particular la eólica y la solar, impulsada por el apoyo político y la inversión que alcanzó un récord de 622.500 millones de dólares en 2023.

La mayoría (86%) de las adiciones de capacidad de energía durante el año fueron renovables, con adiciones récord en energía solar fotovoltaica (407 gigavatios, GW) y energía eólica (117 GW), que en conjunto representaron el 98% de las adiciones de capacidad renovable. El crecimiento de la capacidad en 2023 estuvo impulsado en gran medida por China (energía solar fotovoltaica y eólica), así como por Estados

Unidos y la UE (energía solar fotovoltaica), e India y Brasil (energía solar fotovoltaica y eólica) [4].

### 1.1.5. Energías Renovables en México

A finales de 2009, México contaba con una capacidad efectiva instalada para la generación de energía eléctrica de 51, 686 MW, de los cuales 12,433 MW provinieron de fuentes renovables de energía (tecnologías hidroeléctricas, geotérmicas y eolieléctica), lo que representa el 24.1 por ciento del total de capacidad instalada, de acuerdo con datos de la Secretaría de Energía (SENER).

La Comisión Reguladora de Energía (CRE) reporta que se han detonado diversos proyectos de autoabastecimiento de energía con base en fuentes eólicas, los cuales suman en su totalidad 2,727 MW; de ellos 488.7 MW ya se encuentran en operación, 1,928.3 MW están en fase de construcción y los restantes 310 MW se encuentran inactivos [5].

EN el año 2011, la fracción arancelaria 8541.40.01, donde se encuentran catalogas las láminas fotovoltaicas, módulos y paneles, cuya definición es “dispositivos semiconductores fotosensibles, incluidas las células fotovoltaicas, aunque estén ensambladas en módulos o paneles, diodos emisores de luz”, sus exportaciones ascendieron a 931.9 millones de dólares, lo que significó un aumento de 27.3 por ciento respecto al año anterior, cuando se ubicaron en 713.2 millones. A partir del año 2003, cuando se registraron 64.3 millones de dólares, su valor se ha incrementado a una tasa media de 39.7 por ciento anual, siendo el 2009, con 397.6 millones, el que presentó el mayor aumento interanual, casi duplicando el registro del año anterior (98.7 por ciento), motivando entre otras cosas, por la disminución de las exportaciones de 8 por ciento en el año 2007. Durante este periodo 2003-2011 México acumuló un valor total de 3 mil 308.7 millones de dólares en exportaciones, teniendo como principal destino el mercado de Estados Unidos, con 96 por ciento del total; seguido por japon con un valor acumulado de 46.5 millones

de dólares (1.4 por ciento), Alemania con 33.7 millones (1 por ciento), Canadá con 22.5 mdd (0.7 por ciento) y China con 9.8 mdd (0.3 por ciento); el 0.7 por ciento restante se encuentra dividido entre 70 naciones [5].

La generación de electricidad a partir de fuentes renovables ha experimentado un avance significativo en México en los últimos años. En el primer semestre de 2023, la generación neta de energías renovables alcanzó los 36,914.9 GWh. Se puede observar que la generación de energía limpia renovable ha incrementado a través del tiempo, por otro lado, al comparar el primer semestre del año 2019 y del 2023, se tuvo un aumento del 31.8% [6] como se observa en la figura 1.

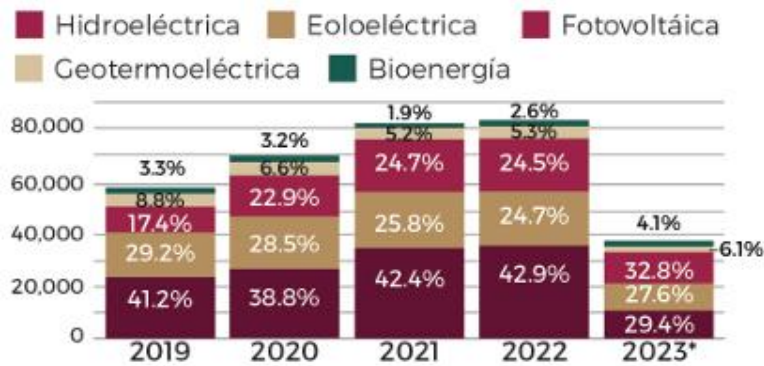


Imagen 1. Evolución de la generación renovable total 2019-2023 (SENER 2024).

### 1.1.6. Energía Solar Fotovoltaica

Alexandre Edmond Becquerel descubrió el efecto fotovoltaico a en el año de (1938), mismo que consistente en la transformación directa de la luz en electricidad utilizando un semiconductor, algunos años más tarde, en (1877), el inglés William Grylls Adams profesor de Filosofía Natural en la King College de Londres, junto con su alumno Richard Evans Day, crearon la primera célula fotovoltaica de selenio. Si bien es cierto, en todos estos descubrimientos la cantidad de electricidad que se obtenía era muy reducida y quedaba descartada cualquier aplicación práctica, ya que se demostraba la posibilidad de transformar la luz solar en electricidad por medio de elementos sólidos sin partes móviles [7].

De este modo, tuvo que transcurrir un siglo más hasta que Gerald Pearson de Laboratorios Bell, patentó la primera célula fotovoltaica en el año de (1953), mientras experimentaba con las aplicaciones en la electrónica del silicio, fabricó casi accidentalmente una célula fotovoltaica basada en este material que resultaba mucho más eficiente que cualquiera hecha de selenio.

La primera célula fotovoltaica de silicio fue descrita por R. S. Ohl en el año 1941. Pero los primeros dispositivos fotovoltaicos no se empezaron a fabricar hasta la década posterior. Fueron otras investigaciones las que hicieron posible que se abandonara el selenio y se empezara a utilizar el silicio como material básico para las células. En los Bell Laboratories, a comienzos de los años 50, Calvin Fuller y Gerald Pearson trabajaban en la materialización de la teoría del transistor construido a base de silicio. A la vez que ellos estaban inmersos en mejorar los transistores, otro científico de Bell, Darryl Chapin, empezó en febrero de 1953 a investigar primero con selenio y luego con silicio, con el que logró eficiencias del 2,3%. Los cálculos teóricos de Chapin concluían que las células de silicio podían llegar a tener una eficiencia del 23%, aunque en la práctica Chapin llegó a desarrollar una célula con un 6% de eficiencia [8].

Este tipo de energía es una tecnología que genera corriente continua, que viene a ser medida en vatios o kilovatios, por medio de semiconductores cuando éstos son iluminados por un haz de fotones. Mientras la luz incide sobre una célula solar, que es el nombre dado al elemento fotovoltaico individual, se genera potencia eléctrica; cuando la luz se extingue, la electricidad desaparece. Las células solares no necesitan ser cargadas como las baterías, pudiéndose mantener algunas células solares en operación terrestre o en el espacio por años. El siglo (XXI) nace con una premisa para el desarrollo sostenible del medio ambiente. El creciente desarrollo industrial y de consumo trae como consecuencia un deterioro del ambiente a través de las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases que además de destruir la capa de Ozono afectan la salud del hombre, por lo que el amparo del medio ambiente es

compromiso de la humanidad, gobiernos, personas e industria [9].

Al día de hoy, en 2023, la energía renovable mundial se encontraba en una senda de recuperación y progreso, en un contexto de persistentes retos y disparidades entre tecnologías y regiones. La crisis energética del año anterior siguió remitiendo, y el mundo asistió a un notable auge de la energía solar fotovoltaica (FV) y a un significativo aumento de las inversiones en energía. Las adiciones mundiales a la capacidad de energía renovable aumentaron un 36% estimado en 2023 para alcanzar alrededor de 473 gigavatios (GW), un nuevo récord por 22º año consecutivo [10].

### **1.1.7. Energía Solar Fotovoltaica en México**

Actualmente el sistema energético mexicano está basado principalmente en combustibles fósiles que generan enormes cantidades de gases contaminantes y consumen muchos otros insumos, como el agua. El uso de fuentes de energía renovables reduce en gran medida los problemas ambientales ocasionados por las formas convencionales de generación de energía. En el caso específico de la energía solar, México es uno de los cinco países con mayor potencial en el mundo.

Por un lado, para 2019, la generación de electricidad FV fue de 6591 GWh, que correspondió al 1.99 % de la generación total de electricidad. Por otro lado, la irradiación solar de México, que en promedio es de 2300 KWh/m<sup>2</sup> al año, está por demás favorecida [11].

La irradiación solar que recibe México es mucho mayor que la de los tres principales países generadores electricidad FV. China es el principal país generador de electricidad FV, con 223 800 GWh, y su irradiación solar es de 1750 KWh/m<sup>2</sup>. En segundo lugar, se encuentra Estados Unidos, con 93 129 GWh de electricidad FV e irradiación solar de 2044 KWh/m<sup>2</sup>. Japón ocupa el tercer lugar, con una generación de electricidad FV de 74 114 GWh e irradiación solar de 1679 KWh/m<sup>2</sup>

[11].

Por el lado de la demanda, los principales consumidores de energía solar son los sectores residenciales (5.29 PJ) y comercial (3.63 PJ). En dichos sectores, los usos finales de la energía solar son en su mayoría para aplicaciones térmicas (generación de calor). El sector industrial consume una fracción menor de energía solar con fines térmicos (0.49 PJ) [10].

### **1.1.8. Energía Solar Fotovoltaica en Chiapas**

#### **1.1.8.1. El Ocote, Chiapas**

Los Laboratorios Nacionales Sandia trabajan en conjunto con instituciones y empresas mexicanas, una institución que ha tenido gran participación es El Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO). En Chiapas se han implementado sistemas fotovoltaicos para electrificar a 30 comunidades de la reserva El Ocote, en 1997, en el Centro Ecoturístico Chajul en 1998, y en los campamentos de las reservas El Triunfo y El Ocote [11].

#### **1.1.8.2. Cintalapa, Chiapas**

En este municipio se desarrolló el proyecto de “Uso de los potenciales energéticos renovables de dos comunidades del municipio de Cintalapa para su desarrollo sustentable” el cual fue financiado por FOMIX: 2009-2011 y dirigido por el Dr. Moreira: 2009-2011. En el proyecto participaron Neín Ferrera Vázquez y Pascual López de Paz, en conjunto con estudiantes de la Ingeniería en Energía para la instalación de 22 plantas solares en Monte Horeb [12].

Éstas consisten en un panel fotovoltaico de 135 watts que se instaló en el techo de las viviendas, con la radiación solar se logra alimentar una batería de 12 volts, la cual es conectada a un inversor que aumenta el voltaje y cambia el tipo de señal de



corriente directa a corriente alterna. Con este sistema se puede alumbrar una casa con cuatro lámparas ahorradoras de 13 watts y usar un televisor o radio pequeño [12].

Además, se instaló el bombeo fotovoltaico para uso doméstico y aplicaciones agrícolas, el cual fue financiado por INDESOL.



Imagen 2. Instalación fotovoltaica en Monte Horeb.



Imagen 3. Bombeo fotovoltaico, el Tuzal.

### 1.1.8.3. Nuevo Amanecer Tenejapa

Investigadores y alumnos del Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables llevó a cabo el proyecto “Estación de Pruebas de Sistemas Energéticos Renovables e Implementación en Comunidades de Alta Marginación en Chiapas”, financiado por CONAHCYT 2011-2013 y dirigido por el DR. Moreira, en el cual se instalaron 3 centrales Solares FV de 2.5 KW, 2 Sistemas de Bombeo de agua, 14 luminarias de Exteriores, 1 Refrigerador Solar Comunitario, 22 Estufas Ecológicas y se capacitó 2 Técnicos de la Comunidad Preparados [13].



Imagen 4. Central fotovoltaica para electrificación de Nuevo Amanecer Tenejapa.



Imagen 5. Sistema de bombeo autónomo implementado en Nuevo Amanecer Tenejapa, Cintalapa, Chiapas.



## 1.2. Planteamiento del problema

La falta de acceso a la energía eléctrica en comunidades rurales es uno de los desafíos a los que se afronta México, en especial en el estado de Chiapas. Tierra Colorada, es una comunidad que se encuentra en esta situación, lo que ha significado una limitante en el desarrollo económico, educativo y a la calidad de vida de los habitantes de dicha comunidad. La ausencia de un suministro eléctrico impide que las personas tengan acceso a servicios básicos como lo son la iluminación, refrigeración de alimentos, bombeo de agua y la posibilidad de implementar tecnologías que puedan impulsar sus actividades productivas.

Desde una perspectiva energética y ambiental, la falta de electrificación, ha generado que en Tierra Colorada y en otras comunidades en la misma situación, exista una dependencia de combustibles fósiles para la obtención de energía mediante generadores eléctricos, los cuales no son eficientes, tienen altos costos y emiten contaminantes al ambiente. En este contexto, las energías renovables, especialmente la solar fotovoltaica, representan una alternativa viable y sostenible para satisfacer la demanda energética de estas zonas rurales de manera limpia y sostenible.

Sin embargo, el principal problema que tienen los SFV autónomos es el almacenamiento de la energía. En proyectos previos, el uso de baterías de plomo-ácido ha provocado el fracaso debido a su corto periodo de vida, baja eficiencia y constante necesidad de mantenimiento. Hasta la fecha, los SFV autónomos instalados solo garantizaban la iluminación y no tenían la capacidad para garantizar un suministro eléctrico de mayor demanda.

## 1.3. Justificación

La electrificación de las comunidades rurales, en especial en Tierra Colorada, es una necesidad urgente para promover el desarrollo económico y social de sus

habitantes. Contar con un suministro de energía eléctrica permitirá mejorar la calidad de vida al proporcionar acceso a los servicios básicos que no están disponibles, como la iluminación doméstica y refrigeración de alimentos, etc. También, se hace posible el uso de nuevas tecnologías educativas que fortalecen el desarrollo en la formación integral de los niños y jóvenes. En este contexto, la electrificación ayudará a romper ciclos de pobreza y desigualdad social.

Considerando lo anterior, la implementación de SFV autónomos es una solución que permite satisfacer la demanda energética de estas comunidades sin la necesidad de recurrir a combustibles fósiles, que son costosos y perjudiciales para el medio ambiente lo que disminuye las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes que contribuyen al cambio climático. Además, con la adecuada evaluación del impacto ambiental y la integración de tecnologías eficientes, este tipo de proyectos no solo beneficiará a la comunidad de forma inmediata, sino que también contribuirá a la creación de un modelo de desarrollo energético sostenible y replicable en otras localidades rurales del estado.

Por otro lado, la selección de baterías para almacenar la energía ha sido uno de los principales desafíos para la implementación de este tipo de proyectos. Es por ello, que para este proyecto se propuso la implementación de baterías de litio-fosfato de hierro que, aunque representan un mayor costo inicial, presentan ventajas significativas en cuanto a eficiencia, durabilidad y seguridad. Esto permitirá que el proyecto sea sostenible a lo largo del tiempo.

#### **1.4. Hipótesis**

La implementación de sistemas fotovoltaicos autónomos correctamente dimensionados e integrados con baterías de litio-fosfato de hierro en la comunidad de Tierra Colorada, Chiapas, permitirá cubrir de manera eficiente y sostenible la demanda energética de sus habitantes, mejorando su calidad de vida al proporcionar un suministro eléctrico continuo y confiable para satisfacer sus

necesidades básicas y facilitar el desarrollo de actividades educativas y productivas. La utilización de esta tecnología de almacenamiento, a pesar de su mayor costo inicial, garantizará una mayor durabilidad, eficiencia y menor necesidad de mantenimiento en comparación con las baterías de plomo-ácido, lo que hará que el proyecto sea más rentable y sustentable a largo plazo, asegurando la estabilidad energética de la comunidad y reduciendo el impacto ambiental por emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al uso de fuentes de energía convencionales.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general:**

Diseñar e implementar sistemas fotovoltaicos autónomos independientes integrados con baterías de litio-fosfato de hierro para satisfacer las necesidades energéticas de la comunidad de Tierra Colorada, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

### **1.5.2. Objetivos específicos:**

#### **1.5.2.1. Diseñar sistemas fotovoltaicos autónomos independientes.**

- Revisión bibliográfica
- Evaluación de las necesidades energéticas de la comunidad.
- Cálculo de la demanda energética.
- Dimensionado del SFV autónomo.

#### **1.5.2.2. Implementar sistemas fotovoltaicos autónomos independientes.**

- Selección del lugar adecuado para la instalación del SFV.
- Instalación de los SFV autónomos independientes.
- Instalación de la red eléctrica de los hogares.

## CAPITULO 2 – MARCO TEÓRICO

### 2. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se encuentran los conceptos teóricos para la comprensión esencial de los sistemas fotovoltaicos autónomos y su funcionamiento. Empezando desde lo más básico como las energías renovables y, en específico, la energía solar y los fenómenos que ocurren para la transformación de esta en energía eléctrica. Además, se describen los principales componentes de los sistemas fotovoltaicos y su funcionamiento.

#### 2.1. Energías renovables

Las energías renovables son aquellas que se obtienen a partir de recursos naturales que se regeneran de manera continua o en ciclos cortos de tiempo, por lo cual se consideran inagotables en el tiempo.

Dentro de estas energías encontramos la energía eólica, biomasa, geotérmica, hidroeléctrica, y la relevante para este trabajo, la solar.

Estas, a diferencia de las energías fósiles, generan un impacto considerablemente menor al ambiente, ya que estas no producen una emisión significativa de gases de efecto invernadero ni otros contaminantes residuales durante su producción.

#### 2.2. Energía solar

Es la energía radiante producida en el Sol, como resultado de reacciones nucleares de fusión que llegan a la Tierra a través del espacio en paquetes de energía llamados fotones (luz), que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestres [14].

La energía solar se puede aprovechar en sistemas solares térmicos y en sistemas solares fotovoltaicos.

### 2.3. Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es aquella en la que obtenemos la conversión de la energía de la radiación solar en energía eléctrica de manera directa. Esto, mediante dispositivos llamados celdas fotovoltaicas, las cuales aprovechan el efecto fotovoltaico propiciando un flujo de electrones que generan una corriente eléctrica. Dichas celdas están fabricadas con materiales semiconductores, como el Silicio.

### 2.4. Radiación solar

La luz del Sol está compuesta por un rango de longitudes de ondas que van desde los rayos ultravioleta, pasando por el espectro visible hasta la luz infrarroja. Este espectro solar varía si se mide por fuera de la atmósfera terrestre o después de atravesarla.

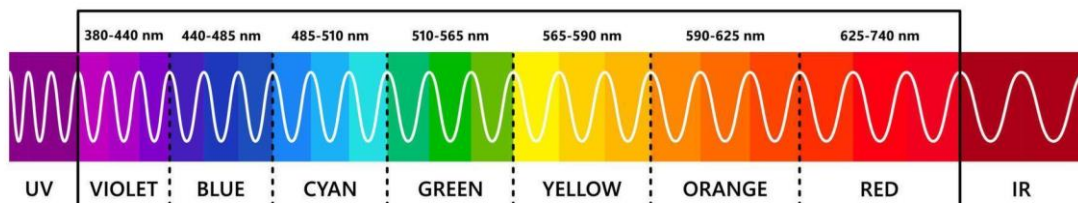


Imagen 6. Rango de luz visible.

La radiación extraterrestre se ha determinado matemáticamente, dando como resultado la siguiente ecuación, y para tener la referencia visual se ha graficado esta variación en la gráfica de Radiación solar afuera de la atmósfera terrestre.

$$G_{on} = G_{sc} \left( 1 + 0.033 \cos \frac{360n}{365} \right)$$

Donde:

$G_{on}$  = Radiación extraterrestre, medida sobre el plano normal de la radiación.

$G_{sc}$  = 1367 W/m<sup>2</sup>.

$n$  = Día del año.

La radiación solar que llega a la tierra se ve disminuida por el paso a través de la atmósfera terrestre, aun así, la energía que llega a todo el globo terráqueo, si se lograra captar tan solo una hora de esta energía, podría suministrar la energía del consumo mundial de un año.

## 2.5. Horas solar pico (HSP)

La energía aprovechable en la tierra, solo es captada en un periodo de tiempo determinado, el cual se indica en horas y es denominado Horas Solar Pico (HSP). Es de suma importancia para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico pues con esto se calcula el aprovechamiento de los paneles fotovoltaico diario.

## 2.6. Efecto fotoeléctrico

El efecto fotovoltaico es un fenómeno que se produce en ciertos materiales cuando absorben los fotones provenientes en la radiación solar. Al entrar en interacción los fotones de la luz con los electrones del material, estos absorben su energía hasta superar la energía de ruptura de enlace, provocando que puedan escapar de la superficie del material.

## 2.7. Efecto fotovoltaico

Cuando la luz incide sobre un semiconductor, el bombardeo de los fotones libera electrones de los átomos de silicio creando dos cargas libres, una positiva y otra negativa. El equilibrio eléctrico de la unión p-n se ve alterado por la presencia de estas nuevas cargas libres. Si en el semiconductor se conectan dos cables (uno por cada zona), se verifica la existencia de un voltaje entre los mismos [12].

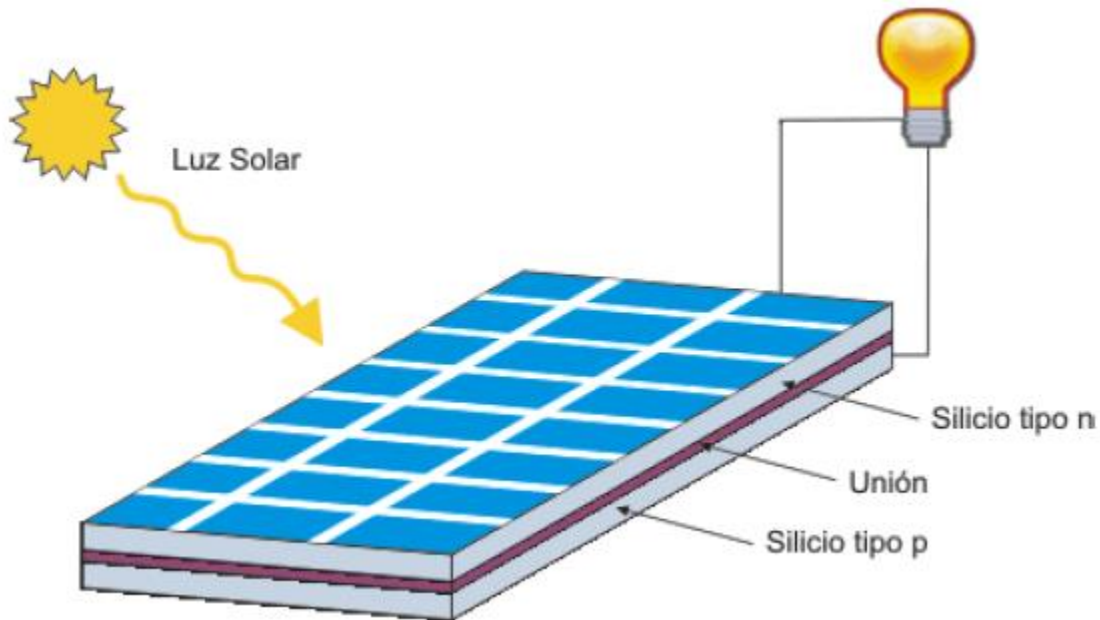


Imagen 7. Esquema del efecto fotovoltaico.

## 2.8. Semiconductores

Los semiconductores son elementos que se encuentran en la naturaleza cuya característica principal es la de tener un comportamiento de aislante bajo ciertas condiciones ambientales, a temperaturas menores a los 25°C, pero al ir aumentándolos valores de la temperatura su comportamiento es el de un conductor eléctrico. Se define a los semiconductores como materiales cuya conductividad eléctrica esta intermedia entre los conductores (metales) o aisladores (materiales cerámicos) [15].

La capacidad de transmitir electrones a través de sí mismos es una característica de los semiconductores. Las bandas de energía pueden explicar esta propiedad. Las bandas son grupos de niveles de energía en estructuras cristalinas.

### 2.8.1. Semiconductores intrínsecos

En los semiconductores intrínsecos, el número de electrones disponibles para la conducción y los correspondientes huecos formados, se encuentran en igual número y los materiales de este tipo son de poca utilidad para la electrónica. Sin embargo, cuando se agregan ciertos átomos (impurezas) a estos materiales, sus propiedades eléctricas cambian notablemente [16].

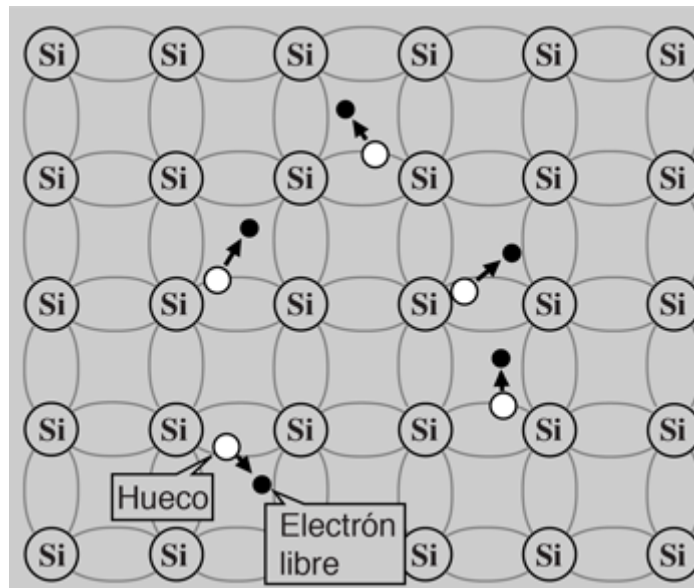


Imagen 8. Estructura de huecos y electrones del Silicio.

### 2.8.2. Semiconductores extrínsecos

En un espécimen puro de material semiconductor, hay el mismo número de portadores de carga de ambos tipos (huecos y electrones), por lo que el material es en esencia neutro. Sin embargo, cuando un semiconductor intrínseco es dopado, aunque siempre exista la presencia de ambos tipos de conducción, el tipo de impureza determinará la predominancia de una clase de conducción u otra. Si el material es dopado con la impureza donadora de electrones, la conducción será predominantemente electrónica (material tipo n), pero si el material ha sido dopado con una impureza aceptora de electrones, la conducción será predominantemente por huecos (material tipo p) [16].



En un material tipo p, por otro lado, la conducción se da por transportadores de carga positiva (huecos), que se "mueven" hacia la terminal negativa del circuito (flujo de corriente por huecos). En la terminal negativa los huecos que llegan son neutralizados por los electrones emitidos por la terminal, mientras que en la terminal positiva los electrones, provenientes de los enlaces covalentes debilitados, son removidos para dar lugar a la formación de nuevos huecos. Los nuevos huecos se mueven otra vez hacia la terminal negativa, y son anulados por los electrones emitidos en esa terminal [17].

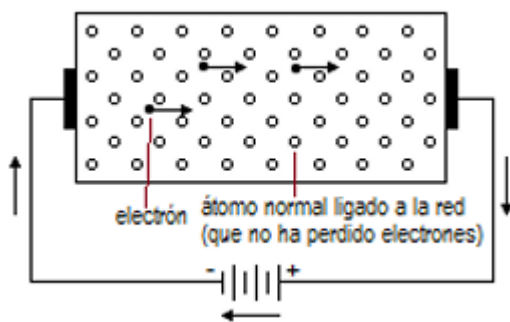


Imagen 9. Flujo de electrones en un material tipo n.

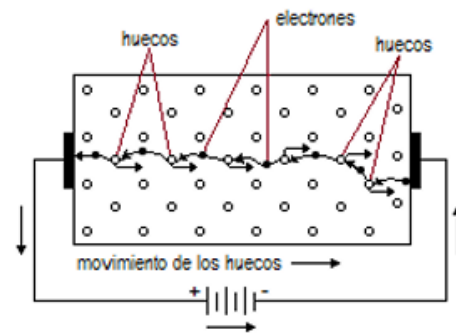


Imagen 10. Flujo de electrones en un material tipo p.

## 2.9. Celdas fotovoltaicas

La transformación directa de la radiación solar en energía eléctrica se realiza mediante un dispositivo denominado celda solar o celda fotovoltaica. Al proceso por el cual se produce esta transformación se le denomina efecto fotovoltaico.

Una celda solar es un dispositivo que convierte la luz solar en electricidad a nivel atómico. Las celdas solares están compuestas esencialmente de materiales llamados semiconductores, los cuales exhiben una propiedad conocida como el efecto fotoeléctrico, el cual causa que absorban fotones de luz y liberen electrones. Cuando estos electrones libres son capturados, se tiene como resultado una corriente eléctrica la cual puede ser usada como electricidad [18].

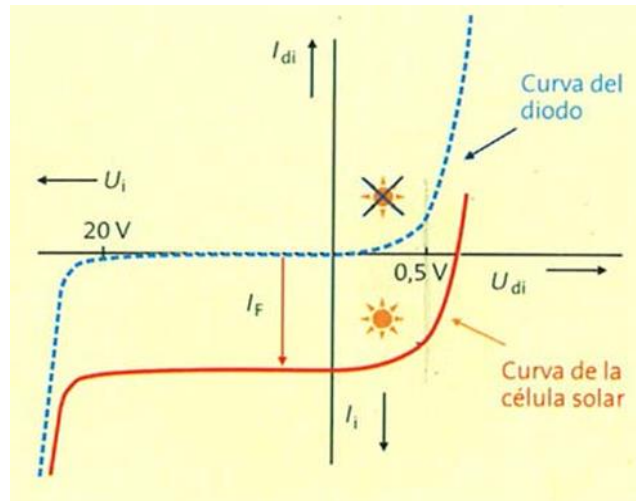


Imagen 11. Curva característica de una celda fotovoltaica sobre la que incide radiación.

## 2.10. Sistemas fotovoltaicos

Según su funcionamiento con relación a una red eléctrica convencional existen dos tipos fundamentales de sistemas fotovoltaicos: están los denominados sistemas fotovoltaicos conectados a red, que, como se puede deducir por su nombre, necesitan de la conexión a una red eléctrica para realizar su función generadora de electricidad. Por otra parte, están los sistemas fotovoltaicos autónomos, que, al contrario de los anteriores, no necesitan de una conexión con una red eléctrica, y su funcionamiento es independiente o autónomo de dicha red. Los SFV autónomos fueron anteriores en el tiempo a los SFV conectados a red, y, aunque si bien estos últimos están consiguiendo un crecimiento muy importante, sobre todo en los países que cuentan con un amplio desarrollo de redes eléctricas en todo su territorio, los SFA siguen siendo los más empleados en países con poco desarrollo industrial, en zonas rurales, lugares remotos y poco accesibles, etc [19].

En las siguientes imágenes de 7, 8 y 9 se encuentran los SFV más representativos existentes en el mercado.

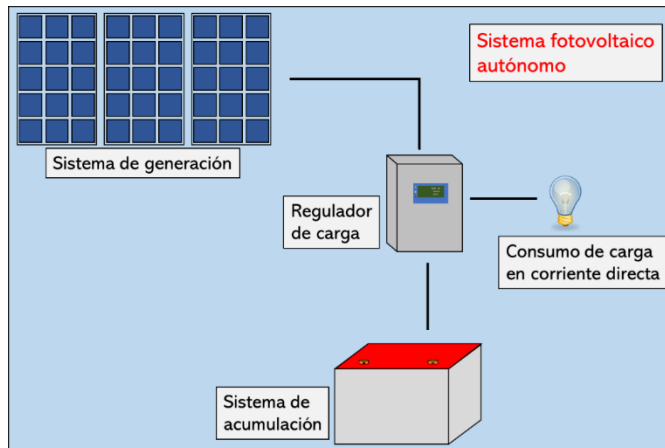


Imagen 12. Diagrama sistema fotovoltaico autónomo. Solo cargas en DC. Imagen por: Mario Benitez.

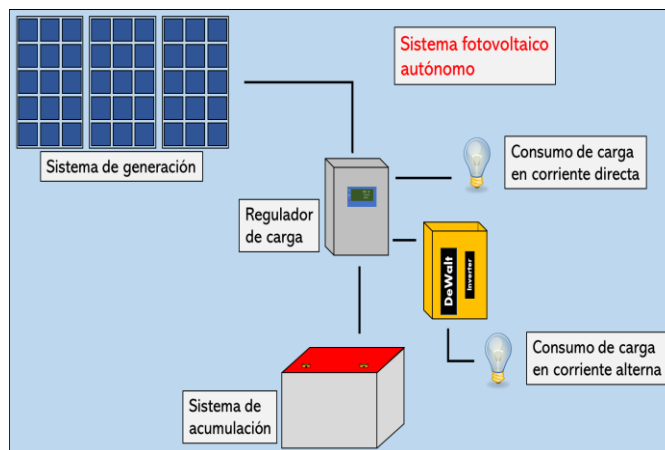


Imagen 13. Diagrama sistema fotovoltaico autónomo. Cargas en DC y AC. Imagen por: Mario Benitez.

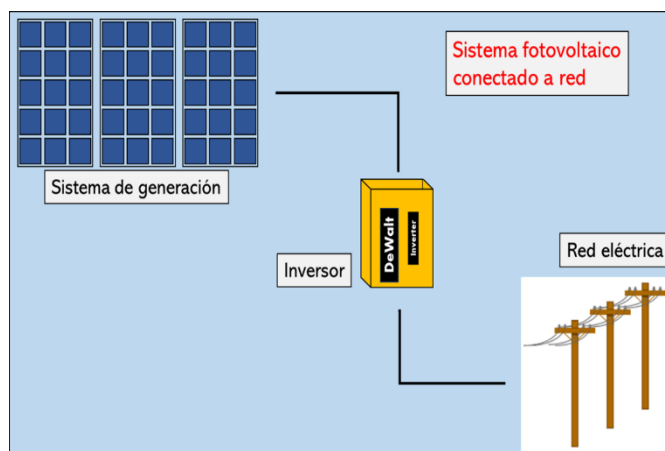


Imagen 14. Sistema fotovoltaico conectado a red. Imagen por: Mario Benitez.

### **2.10.1. Acumuladores**

Los acumuladores o baterías son empleados en los SFV para el almacenamiento de la energía debido al desplazamiento existente entre los periodos de generación de energía y el consumo de esta.

La gran mayoría de las baterías del mercado son de Plomo-ácido (Pb-a), las cuales se adaptan bien a la operación en sistemas FV siempre y cuando se pueda realizar un mantenimiento adecuado. Se pueden encontrar baterías de Plomo-Calcio (Pb-Ca) y Plomo-Antimonio (Pb-Sb). Las primeras necesitan menor mantenimiento y tienen menor autodescarga, mientras que las segundas se deterioran menos en el ciclado diario y presentan mejores prestaciones para niveles bajos de carga [18].

Habitualmente se suelen utilizar dos tipos de baterías para aplicaciones fotovoltaicas: Plomo-ácido y Níquel-Cadmio. Debido a motivos de coste es más habitual la utilización de baterías de plomo-ácido, aunque las de Níquel-Cadmio se utilizan en ocasiones en aplicaciones profesionales en las que el coste no es un parámetro definitivo. Las baterías de Níquel-Cadmio presentan ventajas respecto de las de Plomo-ácido como son la posibilidad de sufrir descargas profundas o permanecer largos periodos en baja carga sin sufrir deterioro. También cabe destacar una menor autodescarga y un menor mantenimiento [20].

Recientemente, se comenzaron a implementar baterías de litio-fosfato de hierro, las cuales son reconocidas por su larga vida útil y seguridad. Estas tienen una alta densidad energética y son ideales para implementarse en aplicaciones residenciales.

#### **2.10.1.1. Baterías de Plomo-acido**

La batería de plomo fundamenta su funcionamiento en los fenómenos químicos de electrólisis. Las placas de una batería de plomo nueva están formadas por unas

rejillas metálicas en cuyos huecos hay óxido de plomo prensado. Si se aplica una corriente eléctrica a las placas con óxido de plomo sumergidas en el electrolito, formado por ácido sulfúrico y agua destilada, debido a la ionización del electrolito, circula una corriente de una placa a otra. Al final del proceso, en una placa no habrá más que plomo poroso sólido, y en la otra, dióxido de plomo. Por tener estos materiales diferente tensión de disolución, existe entre ellos una diferencia de potencial, siendo la placa de dióxido de plomo la de mayor potencial eléctrico. Por tanto, tras la fabricación de una batería de plomo, esta debe ser cargada eléctricamente para alcanzar la composición inicial de funcionamiento [21].

En esta situación puede comenzar un primer proceso de descarga de la batería de plomo. Si con el acumulador en estas condiciones unimos las dos placas se producirá una corriente eléctrica que irá desde la placa positiva de dióxido de plomo (cátodo) a la negativa de plomo poroso (ánodo). El paso de corriente a través del electrolito provoca que los cationes  $H^+$  de éste se unan al oxígeno del dióxido de plomo para formar agua ( $H_2O$ ). Los iones sulfato  $SO_4^{2-}$  quedan libres y a continuación, reaccionan con el plomo de ambas placas para formar sulfato de plomo ( $PbSO_4$ ). Al cabo de cierto tiempo, las dos placas quedarán cubiertas por el mismo compuesto ( $PbSO_4$ ), por lo que, al tener la misma tensión de disolución, dejará de haber diferencia de potencial entre ellas y cesa la corriente. Se dice entonces que la batería de plomo se ha descargado por completo. Al mismo tiempo, la concentración en ácido sulfúrico del electrolito disminuye por la formación de agua [22].

Elementos principales de una batería de Plomo-ácido:

- Depósito: recipiente que contiene a todos los elementos internos de la batería.  
Placas: las placas tienen como objeto aprisionar en los innumerables agujeros que tiene su placa de plomo la materia activa desprendida por la conversión de la energía eléctrica en química. El número de agujeros de las placas es distintivo en las positivas con respecto a las negativas, debido a la diferente naturaleza de

la materia que se adhiere a cada una de ellas. Cuantas más placas tenga una batería, mayor será su capacidad.

- Separadores: elementos aislantes que se interponen entre dos placas para evitar que estas tengan entre si el más leve contacto, lo que ocasionaría el mal funcionamiento de la batería.
- Electrodo: extremo de un conductor en contacto con un medio, al que lleva o del que recibe una corriente eléctrica. Los electrodos positivo y negativo suelen denominarse ánodo y cátodo, a no ser que la batería sea recargable. En ese caso, cuando la celda está siendo cargada, el ánodo se convierte en el electrodo positivo, y el cátodo en el negativo; cuando la celda está siendo descargada, el ánodo es el negativo, y el cátodo el positivo.
- Electrolito: material que se encuentra en los dos electrodos, y permite la transferencia de electrones entre el ánodo y el cátodo.

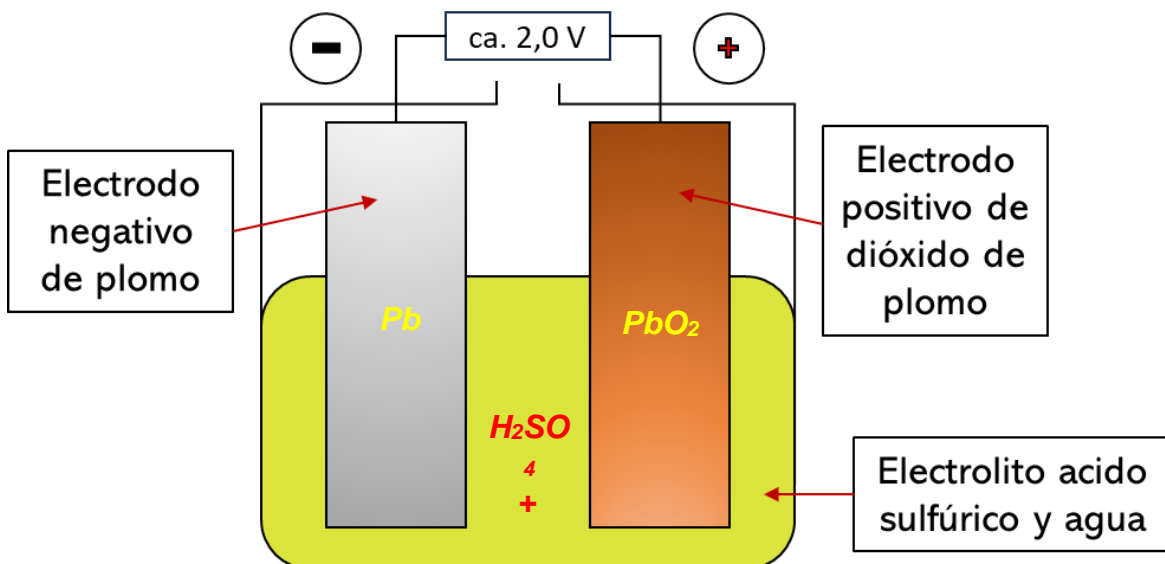
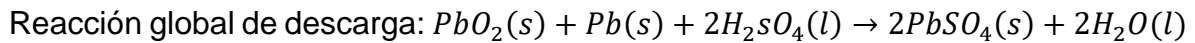
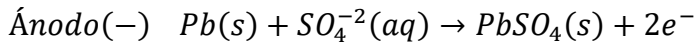
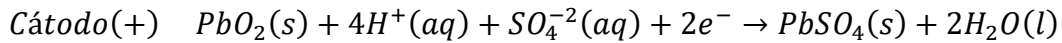


Imagen 15. Esquema interno de una batería Plomo-ácido.

Las reacciones químicas que reflejan la descarga son:



### 2.10.1.2. Baterías Litio-Fosfato de Hierro

Son baterías rígidas, normalmente de aspecto cilíndrico, que usan sales de litio que es donde se almacenan los iones para las reacciones electroquímicas, su efectividad en cuanto al desgaste por los ciclos de descarga y su DoD relativamente bajo, las hace ideales para el uso de acumuladores de carga para la industria electrónica de consumo masivo. El único inconveniente con estas baterías son su sensibilidad a las altas temperaturas, llegando a estropearse o estallar, es por ello que necesitan un circuito de protección para evitar estos inconvenientes, circuitos que encarecen su producción y reducen su desarrollo para el consumo masivo.

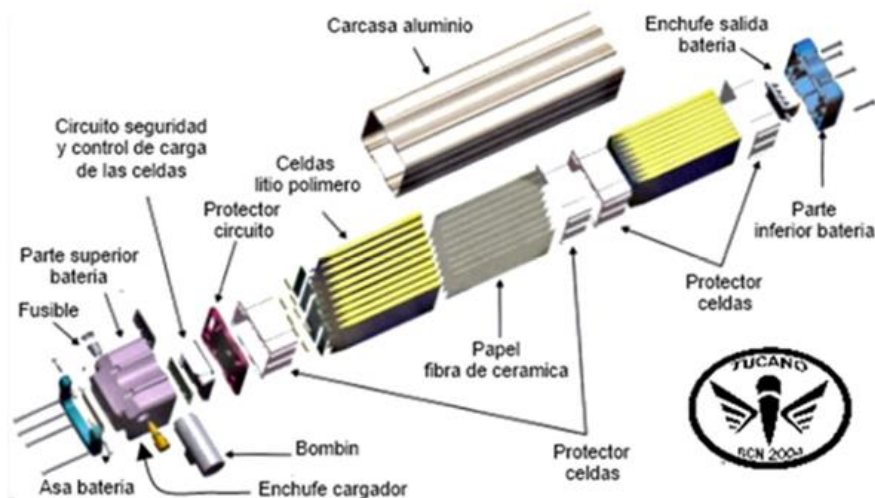


Imagen 16. Diagrama de composición de una batería de litio.

Las principales características de una batería de este tipo son las siguientes:

### 1. Larga vida útil

Este tipo de baterías tienen una vida útil significativamente más prolongada que las de plomo-ácido. Soportan entre 2000 y 6000 ciclos de descarga.

### 2. Rendimiento

Tienen la capacidad de entregar energía de manera constante a lo largo del ciclo de descarga lo que representa una ventaja significativa para aplicaciones estacionarias.

### 3. Descarga profunda

Las baterías de LFP pueden descargarse hasta un 80-90% de su capacidad sin sufrir daños significativos, lo que permite aprovechar mejor la capacidad disponible de la batería.

### 4. Mantenimiento

A diferencia de las baterías de plomo-ácido, estas no requieren mantenimiento constante, lo que reduce los costos operativos a largo plazo.

## **2.10.2. Controladores Solares de Carga**

En los sistemas fotovoltaicos, encontramos un dispositivo llamado controlador solar de carga. Este se encarga principalmente de graduar la energía que le entrega el panel a la batería.

En general, es el punto intermedio que existe entre el panel solar y la batería, este componente es fundamental para la vida útil de la batería, ya que este la protege de sobrecargas y sobredescargas, ejerciendo un control de carga en ella manteniéndola siempre entre unos porcentajes máximos y mínimos de recarga y descarga.



### 2.10.2.1. Regulador PWM

Este regulador usa la técnica de modulación por ancho de pulso (Pulse With Modulation) para transferir la potencia generada por el panel para la recarga de las baterías, la transmisión de la corriente decrece naturalmente a medida que se recargan, mientras que el voltaje irá variando a medida que se detecta la recarga de la batería, este proceso se hace mediante una propiedad de la modulación a la que se llama “ciclo de trabajo” (duty cycle) en donde la señal cuadrada varía su ciclo útil, estos cambios se miden en porcentajes, es decir, si el ciclo de trabajo de la señal PWM está al 50%, quiere decir que está transfiriendo la mitad del voltaje que produce el panel, si está al 25% se entregando  $\frac{1}{4}$  de la potencia suministrada a la batería [23].

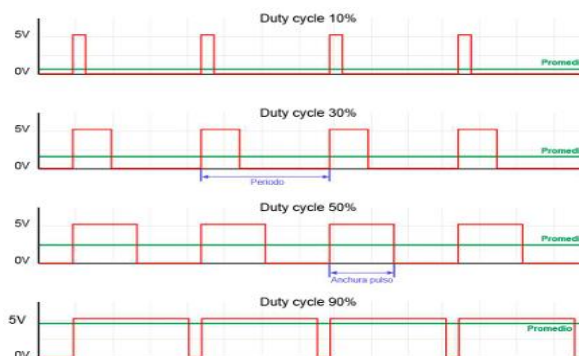


Imagen 17. Representación gráfica de una señal PWM.

### 2.10.2.2. Regulador MPPT

Este regulador es técnicamente una variación del regulador PWM, su única diferencia es que integra un circuito electrónico de manejo de potencia, un reductor DC-DC, en el ámbito de la ingeniería llamado “convertidor buck”; un convertidor buck tiene como función reducir una potencia entrante relativamente alta, a una de salida relativamente baja (así como funciona un transformador de potencia en voltajes AC) [23].

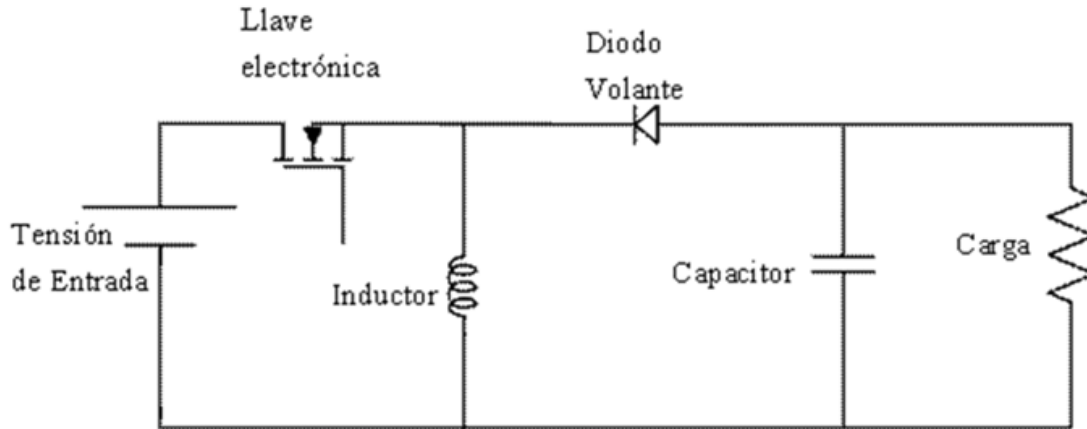


Imagen 18. Diagrama del circuito de un convertidor Buck.

En este caso, en un regulador MPPT, la potencia de salida, irá variando a medida que el sistema del regulador detecte que la carga de la batería aumente o disminuya, esta variación se da por un transistor que funciona como interruptor que se activa y desactiva a altas frecuencias, variando así la carga y descarga del condensador y de la bobina, variación que hace que los valores de voltajes y corriente se modifiquen en función de la velocidad de interrupción del transistor.

### 2.10.3. Inversores

Principales características:

- Conversión de Corriente: Transforma la corriente continua (CC) de los paneles solares y baterías en corriente alterna (CA) para uso doméstico o industrial.
- Regulación de Voltaje y Frecuencia: Mantiene el voltaje y la frecuencia de salida dentro de los rangos establecidos (120V, 60Hz), asegurando la estabilidad del suministro eléctrico.
- Protección del Sistema: Desconecta la salida en caso de sobrecarga, cortocircuito, sobretemperatura, baja o alta tensión para evitar daños.

Su función es adecuar las características de la energía generada a las demandadas por las aplicaciones de la instalación. Un sistema de conmutación electrónico,

llamado inversor, transforma la corriente continua de las baterías (12V) en corriente alterna que es utilizada en los hogares (120V-60Hz).

Los inversores de onda sinusoidal modificada (MSW) pueden alimentar a la mayoría de electrodomésticos actuales, sin embargo, pueden ocasionar problemas a aparatos con cargas inductivas, como son los motores. Los inversores de onda sinusoidal pura (PWM), imitan la forma de onda que provee la red eléctrica y en consecuencia es la mejor opción al alimentar.

## 2.11. Normatividad

NOM-001-SEDE-2012 – Capítulo 690: Determina el cálculo de la corriente máxima en sistemas fotovoltaicos para dimensionar conductores y protecciones.

NOM-001-SEDE-2012 – Capítulo 210: Requisitos para circuitos derivados en viviendas.

NOM-001-SEDE-2012 – Capítulo 310: Requisitos de capacidad de corriente, caída de tensión y selección de conductores.

NOM-001-SEDE-2012 – Capítulo 310: Requisitos de capacidad de corriente y selección de conductores en corriente alterna.

NOM-001-SEDE-2012 – Capítulo 210: Requisitos para circuitos de iluminación.

NOM-001-SEDE-2012 – Capítulo 240: Protección contra sobrecorriente.

NOM-002-SEDE-2010: Regulaciones de protección contra sobrecarga y sobrecorriente en instalaciones de baja tensión.

NEC (NFPA 70) – Sección 690.8: Factor de seguridad y cálculo de corriente

máxima.

NEC (NFPA 70) – Sección 310.15: Especifica la capacidad de corriente de los conductores según calibre y condiciones ambientales.

NEC (NFPA 70) – Capítulo 210: Especificaciones para circuitos de uso general, tomacorrientes y luminarias.

NEC (NFPA 70) – Capítulo 210: Normas específicas para iluminación y baja potencia.

NEC (NFPA 70) – Capítulo 240: Requisitos de selección y uso de dispositivos de protección.

IEC 60364-7-712: Definición de requisitos para dimensionar conductores en sistemas solares.

IEC 62930: Requisitos de aislamiento y características de cables para aplicaciones fotovoltaicas.

IEC 62446: Requisitos mínimos de seguridad en cableado y aislamiento de sistemas fotovoltaicos.

## CAPÍTULO 3 - METODOLOGÍA

### 3. INTRODUCCIÓN

En este capítulo, se aborda la metodología aplicada para llevar a cabo cada uno de los pasos para el desarrollo del proyecto. Se describe aquí todos los procedimientos empleados para su realización, así como las fórmulas de los cálculos necesarios para el dimensionamiento de los sistemas.

#### 3.1. Selección de la comunidad

Para seleccionar la comunidad, se realizó una investigación acerca de comunidades en Chiapas que cumplan con una serie de criterios que se alineen con las características del proyecto, los cuales son:

- Dificil o nulo acceso a la red eléctrica.
- Condiciones económicas de la comunidad.
- Factores geográficos y climáticos de la zona.
- Interés comunitario y participación social.

Como base de datos, se tomaron los existentes en la página de Coneval, la cual recopila información de las comunidades marginadas de todo México. Aquí se encuentra una base de datos donde encontramos información de comunidades no muy alejadas a Tuxtla Gutiérrez, ya que la situación en cuestión a seguridad es algo delicada en el estado por el momento para acceder a lugares más remotos.

#### 3.2. Análisis y contexto de las necesidades energéticas de la comunidad

Para conocer la situación energética de la comunidad se propuso llevar a cabo visitas y aplicación de encuestas a las familias. Con esto, se establecen las carencias y necesidades que se satisfarán con los SFV.

### 3.3. Dimensionado del sistema fotovoltaico autónomo independiente

Para el dimensionamiento, se propuso un panel fotovoltaico de la máxima capacidad disponible, ya que la diferencia en los costos no es significativa en comparación de otros de diferente capacidad disponibles en el mercado.

#### 3.3.1. Panel fotovoltaico

En este proyecto, el SFV contará con un panel fotovoltaico ya propuesto y, a partir de este, se realizaron los cálculos correspondientes para determinar las características necesarias de los demás elementos que lo conforman.

##### 3.3.1.1. Energía total producida

Considerando la radiación solar disponible y la potencia del panel, se estimó la energía producida por el panel. Además, para la energía útil final, se tomó en cuenta los porcentajes de pérdidas debido al inversor a la hora de la conversión de corriente, la temperatura, la distancia recorrida por la corriente en los cables.

La fórmula para la energía útil es la siguiente:

$$\text{Energía útil} = \frac{\text{Energía diaria generada (Wh)}}{\text{Factor de eficiencia}}$$

#### 3.3.2. Propuesta de electrificación para cada vivienda

Con base a los datos del apartado 3.2, se formuló una propuesta para satisfacer la demanda energética de cada vivienda con la energía útil producida por el SFV propuesto. Se analizaron las necesidades básicas y los posibles usos a futuro.

### 3.3.3. Dimensionamiento de la batería

Para el cálculo de la batería, son necesarios los siguientes datos:

- Consumo diario.
- Días de autonomía del sistema.
- Profundidad de descarga (recomendada promedio).
- Eficiencia de carga (promedio).
- Eficiencia de descarga (promedio).
- Eficiencia combinada.

Para determinar la batería empleamos la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad de batería (Wh)} = \frac{(\text{Consumo diario (Wh)})(\text{Días de autonomía})}{(\text{Profundidad de descarga})(\text{Eficiencia combinada})}$$

### 3.3.4. Dimensionamiento del controlador de carga solar

Para determinar el controlador de carga se emplea la relación entre capacidad del panel solar y el voltaje del sistema. La fórmula que se emplea es la siguiente:

$$\text{Controlador} = \frac{\text{Capacidad del panel (W)}}{\text{Voltaje del sistema (V)}}$$

### 3.3.5. Dimensionamiento del inversor

Para determinar la capacidad del inversor a elegir, debemos tomar en cuenta la sumatoria total en watts de los dispositivos que estarán en funcionamiento de manera simultánea durante todo el día.

### 3.3.6. Selección de cable fotovoltaico y eléctrico

Se revisó la normativa aplicable para determinar el calibre de los cables en función de la capacidad que estos tienen y las distancias requeridas.

#### 3.3.6.1. Cable fotovoltaico

Para determinar el calibre del cable, se tomó en cuenta la corriente máxima del panel y la norma NOM-001-SEDE-2012.

#### 3.3.6.2. Cable eléctrico para las viviendas

Para seleccionar el calibre del cable eléctrico se emplea la siguiente fórmula:

$$I_{CA} = \frac{W_{consumo}}{V_{sistema}}$$

Donde:

$W_{consumo}$  = Consumo simultaneo de la vivienda.

$V_{sistema}$  = Voltaje a la salida del inversor.

#### 3.3.6.3. Cable eléctrico para circuitos de iluminación

Para determinar el calibre del cable de iluminación se considera el consumo total de luminarias por vivienda y empleamos las siguientes formulas.

$$P_{tf} = n_{focos} * W_{foco} = 36 W$$

Donde:

$P_{tf}$  = Potencia total de los focos.

$n_{focos}$  = Número de focos.

$W_{foco}$  = Potencia de cada foco.



$$I_{focos} = \frac{P_{tf}}{V_{sistema}} = 0.3 A$$

Donde:

$I_{focos}$  = Corriente total de los focos.

### 3.4. Diseño del SFV autónomo independiente

Una vez realizado el dimensionamiento fotovoltaico, se procedió al diseño, tomando en cuenta la topografía de la comunidad, el entorno (árboles, rocas) y la orientación en la que estas se encuentran, con la finalidad de que el SFV maximice el aprovechamiento de la radiación solar disponible en la zona y la optimización de materiales.

Sobre todo, se consideró la distancia entre cada una de las viviendas, para así, proponer un diseño que optimice los materiales necesarios y ser viable económicamente. Por lo anterior, se identificaron la ubicación de las viviendas a través de un mapa satelital.

### 3.5. Implementación

Para la implementación se realizó un plan de logística y técnica de transporte de cada uno de los elementos que conforman los sistemas tomando en cuenta las condiciones de suelo del camino hacia la comunidad. Así, como la logística para la implementación de cada SFV considerando las distancias entre cada vivienda. También el tiempo de estancia semanal en la comunidad.

#### 3.5.1. Planificación del Transporte

Para la planificación del transporte se estudió el camino y la distancia total para llegar a la comunidad, que incluyen la distancia total, puntos de acceso, condiciones de terreno y posibles adversidades. Se tomaron los siguientes puntos para la

planeación:

### **3.5.1.1. Descripción del terreno y acceso**

- Distancia del taller a la comunidad
- Condiciones del camino
- Medio de transporte
- Tiempo estimado de viaje

### **3.5.1.2. Organización de materiales, equipos y herramientas para la instalación**

Para optimizar el proceso de transporte y minimizar los viajes, se planificó el transporte de materiales, equipos y herramientas de la instalación por lotes. Estos lotes se organizaron por orden de prioridad en el proceso de ejecución y la delicadeza de los diferentes dispositivos. Además, se dividió la organización en el material del sistema fotovoltaico y el material de instalación eléctrica.

### **3.5.1.3. Transporte de los materiales**

Debido al medio de transporte, se llevaron lotes del material de mayor tonelaje sin superar la capacidad máxima de la camioneta para la seguridad del transporte y las personas. Se acomodaron en el medio de transporte de manera que los componentes más delicados estuvieran lo más seguro posibles para no ser maltratados debido a las condiciones del terreno del camino.

Además, algunos materiales se entregaron inmediatamente a los pobladores para su transporte a cada uno de sus viviendas.

### **3.5.2. Instalación de los SFV autónomos independientes e instalación eléctrica de los hogares**

Para llevar a cabo la instalación de los sistemas fotovoltaicos se estableció un plan de trabajo semanal. Se tomó en cuenta la distancia entre las viviendas y el lugar de nuestra estancia, así como la distancia entre una vivienda y otra, esto; con la finalidad de optimizar la movilidad de los diferentes equipos y materiales de la instalación, así como el regreso seguro al lugar de estancia. Se elaboró un inventario de los dispositivos, materiales y herramientas necesarias por día.

Pasos para la instalación de los SFV y la instalación eléctrica:

1. Inventario y transporte de los materiales a las viviendas.
2. Armado de estructuras de soporte.
3. Montaje del panel.
4. Instalación de los elementos que integran el SFV autónomo.
5. Instalación eléctrica de las viviendas.

Para llevar a cabo el paso número 5, fue necesario diseñar un diagrama general de instalación.

## CAPITULO 4 - RESULTADOS

### 4. INTRODUCCIÓN

En este capítulo, se muestran los resultados obtenidos del dimensionamiento y la implementación de los SFV autónomos individuales que se instalaron en la comunidad de Tierra Colorada, Chiapas.

#### 4.1. Selección de la comunidad

Dentro de la base de datos, la comunidad que más se alineaba a las características para la selección y que se encuentra próxima a la capital, fue la de Tierra Colorada Chiapas. Se encuentra a 9.6 kilómetros, en dirección norte, de la localidad de Tuxtla Gutiérrez. El camino hacia la comunidad cuenta con una parte pavimentada pero también cuenta con una terracería complicada.

La comunidad consta de 340 habitantes, de los cuales 173 son mujeres y 167 son hombres. Todos ellos pertenecientes a población indígena que se encuentran en alto grado de marginación y olvido por parte del estado.

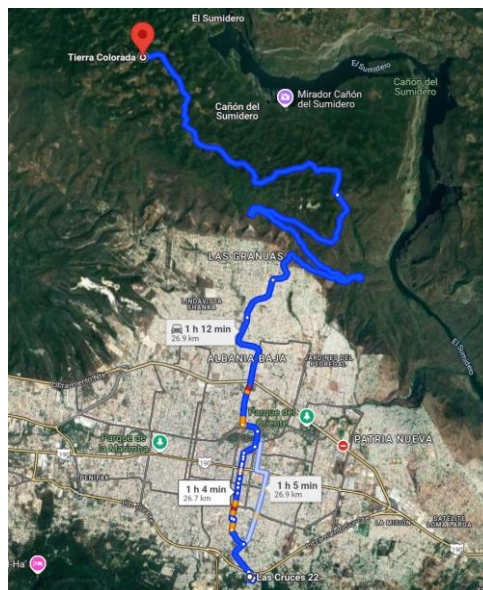


Imagen 19. Ruta hacia Tierra Colorada desde Tuxtla Gutiérrez.

Fuente: Google Maps.

## 4.2. Contexto energético de la comunidad

Los datos más significativos obtenidos después de realizar las encuestas se presentan en la tabla que se muestra a continuación:

Tabla 1. Datos socioeconómicos y energéticos de la comunidad.

INDICADORES	Año 2024
Población ocupada laboralmente mayor de 12 años	50%
Número de viviendas particulares habitadas	63
Viviendas con electricidad	10.2%
Viviendas con radio	20.63%
Viviendas con televisión	6.35%
Viviendas con refrigerador	1.59%
Viviendas con lavadora	0%
Viviendas con automóvil	1.59%
Viviendas con teléfono celular	23.81%
Viviendas con internet	0%

Una vez realizadas las encuestas, se concluyó que el acceso a la energía eléctrica era casi nulo. Esto, debido a que no existe una red de distribución de energía y difícilmente las familias podían acceder a un sistema de generación por los altos costos que estos representan.

En cuanto al recurso energético de la zona, Tuxtla Gutiérrez, recibe una radiación solar promedio de 4.7 KWh/m<sup>2</sup> al día (ver imagen 20).

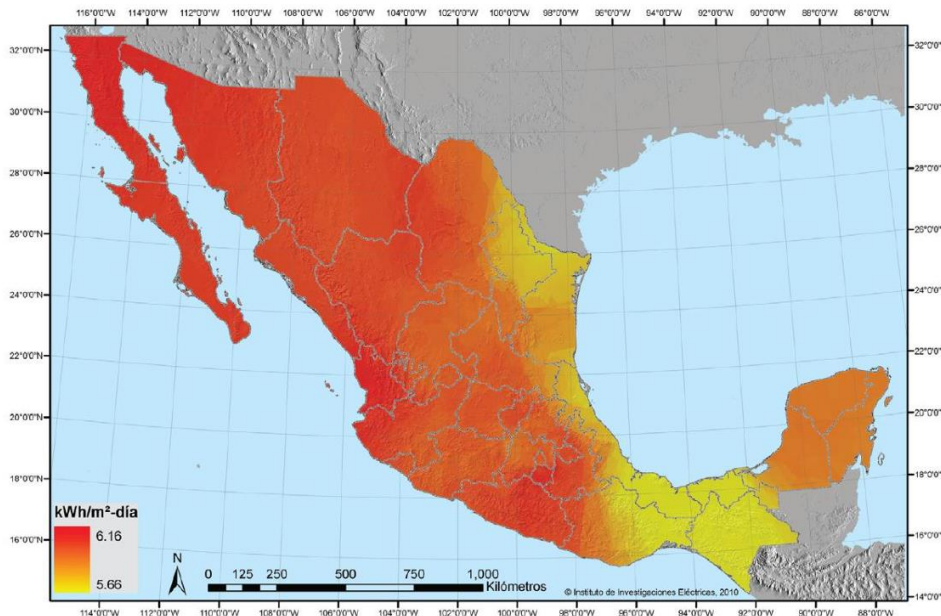


Imagen 20. Atlas de irradiación solar en México.

Fuente: Secretaría de Energía. SENER. Instituto de investigaciones eléctricas.

### 4.3. Dimensionado de los SFV autónomos independientes

A continuación, se presentan los resultados de los cálculos para el dimensionamiento de los SFV autónomos independientes para la electrificación de la comunidad de Tierra Colorada, Chiapas.

#### 4.3.1. Panel fotovoltaico

Se eligió un módulo fotovoltaico comercial LONGI 550W Solar Panel 144 cell LR5-72HPH-550M monocristalino, debido a la relación costo-beneficio en comparación con otras tecnologías y capacidades, el cual tiene las siguientes características:

Tabla 2. Características del panel fotovoltaico.

Características	Descripción
Corriente de potencia máxima ( $I_{mp}$ )	13.12 A
Corriente de corto circuito ( $I_{sc}$ )	13.98 A
Voltaje máximo ( $V_{mp}$ )	41.95 V
Voltaje de circuito abierto ( $V_{oc}$ )	49.8 $V_{oc}$
Dimensiones	88.81 x 44.6 x 1.3 in
Peso	59.5 lb

#### 4.3.1.1. Energía total producida y Energía Útil

Para calcular la energía generada por el módulo empleamos los siguientes datos:

- Radiación solar disponible: 4.7 KWh/m<sup>2</sup>.
- La potencia máxima del panel: 550 W.

$$\text{Energía diaria generada} = 550 \text{ W} * 4.7 \text{ KWh}$$

Resultado:

$$\text{Energía diaria generada} = 2.585 \text{ KWh}$$

Después, utilizamos la energía generada y el factor de eficiencia para determinar la energía que nos es útil después de considerar las pérdidas por conversión:

- Factor de eficiencia: 80%.

$$\text{Energía útil} = 2.585 \text{ KWh} * 0.8 = 2060 \text{ KWh}$$

Resultado:

$$\text{Energía útil} = 2060 \text{ KWh}$$

### 4.3.2. Propuesta de electrificación para cada vivienda

Como se estableció en el apartado 4.2, casi en su totalidad, las viviendas de la comunidad no cuentan con una instalación eléctrica ni con dispositivos que funcionen con esta. Es por esto que, considerando la energía útil (2060 KWh), se propuso un levantamiento a alimentar con dicha energía. En la siguiente tabla, se muestra el levantamiento propuesto por vivienda.

Tabla 3. Propuesta de levantamiento por vivienda.

Concepto	Cantidad	Potencia (W)	Horas de uso diario (hrs)	Consumo de electricidad (Wh)
Focos interiores	3	9	5	135
Focos exteriores	1	9	12	108
Televisión 32"	1	80	4	320
Frigobar	1	100	8	800
<b>TOTAL</b>				1363

### 4.3.3. Batería

Para el cálculo de las baterías se ocuparon los siguientes datos:

- Consumo diario: 1363 Wh.
- Días de autonomía del sistema: 1 día.
- Profundidad de descarga (recomendada): 80%.
- Eficiencia de carga: 100%.
- Eficiencia de descarga: 97%.
- Eficiencia combinada: 97%,



Capacidad de la batería:

$$\text{Capacidad de la batería} = \frac{(1363 \text{ Wh})(1 \text{ día})}{(0.8)(0.97)} = 1756.44 \text{ Wh}$$

Después, convertimos los Wh a Ah:

$$\text{Ah} = \frac{1756.44 \text{ Wh}}{12.8 \text{ V}} = 137.22 \text{ Ah}$$

A pesar de que el cálculo nos resulta en una batería de 137.22 Ah, se optó por una batería Epcom de 100 Ah debido a que la energía que se usará inicialmente se abastece perfectamente con una de esta capacidad.

#### 4.3.4. Controlador de carga solar

Para calcular el controlador, empleamos los siguientes datos:

Capacidad del panel: 550 W.

Voltaje del sistema: 13.98 V.

Sustituyendo en la fórmula:

$$\text{Controlador} = \frac{550 \text{ W}}{13.98 \text{ V}} = 39.34 \text{ A}$$

Por lo tanto, el controlador seleccionado fue un Mppt Epever de 40 A.

#### 4.3.5. Inversor

Para la selección del inversor, se tomó en cuenta la potencia total de los aparatos propuesto en la tabla 3, que es de 216 W. Con la finalidad de permitir una holgura significativa para futuros dispositivos electrodomésticos que las personas alimentaran con el sistema, se seleccionó uno de 1000 W, de la marca DeWalt.

### 4.3.6. Cableado fotovoltaico y eléctrico

#### 4.3.6.1. Cable fotovoltaico

Para determinar el calibre del cable, se tomó en cuenta la corriente máxima del panel que es de 13.98 A y basado norma NOM-001-SEDE-2012 se escogió el cable calibre 12 AWG FV, que soporta hasta 25 A con temperaturas de operación desde -40°C hasta 120°C.

#### 4.3.6.2. Cable eléctrico para las viviendas

Para seleccionar el calibre del cable eléctrico para la distribución de corriente en las viviendas se tomó en cuenta que el consumo máximo simultáneo por vivienda es de 1000 W y empleamos la formula:

$$I_{CA} = \frac{1000 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 8.33 \text{ A}$$

Debido a las longitudes de instalación que en algunos casos es de casi 10 m, se empleó cable de calibre 12 AWG para las líneas de electrificación, como se indica en la NOM-001-SEDE-2012 capítulo 310. Además, hay capacidad de sobra por si en el futuro se requiere la ampliación de la instalación eléctrica.

#### 4.3.6.3. Cable eléctrico para circuitos de iluminación

Para determinar el calibre del cable de iluminación se considera el consumo total por vivienda es de 4 focos de 9 W y la corriente que es de 120 V. A continuación, se presentan los resultados de la potencia y corriente de los focos.

$$P_{focos} = 4 \text{ focos} * 9 \text{ W} = 36 \text{ W}$$

$$I_{focos} = \frac{36 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 0.3 \text{ A}$$

Por lo tanto, se empleó cable calibre 14 AWG según lo especifican las normas NOM-001-SEDE-2012 y la NEC (NFPA 70).

#### 4.4. Diseño del SFV autónomo independiente

A continuación, en las imágenes se muestra la distribución de las viviendas de la comunidad de Tierra Colorada, Chiapas mediante un mapa satelital.



Imagen 21. Distribución de las viviendas, parte norte.  
Imagen por: Google Maps.

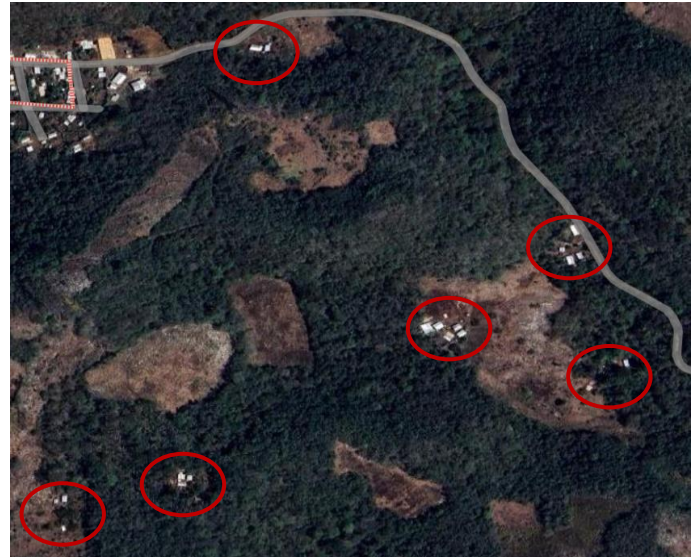


Imagen 22. Distribución de las viviendas, parte central.  
Imagen por: Google Maps.



Imagen 23. Distribución de las viviendas, parte sur.  
Imagen por: Google Maps.

Tras realizar el análisis de distribución de las viviendas de la comunidad que se observó en el mapa satelital, se determinó que lo óptimo era instalar SFV independientes para cada una de las viviendas, debido a que las distancias entre cada una de ellas son significativas y no era viable optar por un SFV centralizado ya que los costos aumentarían considerablemente por dichas distancias de cableado de la central a cada vivienda.

Para el diseño de nuestros sistemas fotovoltaicos autónomos también se tomó en consideración las sombras que genera la vegetación, puesto que este es un factor que generara pérdidas en los sistemas, por tanto, se diseñó una estructura de 3 m de altura para el montaje del panel y así evitar este problema.



Imagen 24. Diseño del SFV propuesto, vista aérea.

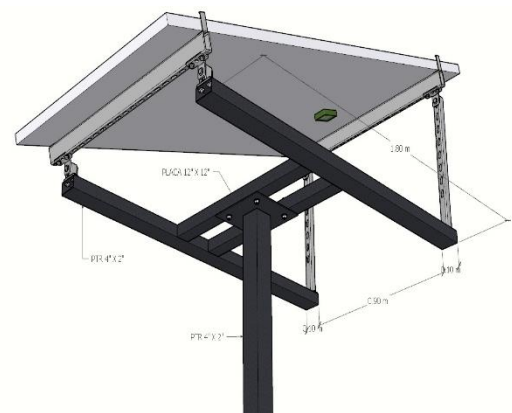


Imagen 25. Vista desde abajo del diseño del SFV propuesto.

## 4.5. Implementación

Una vez diseñado el SFV se procedió a la implementación, donde en primer lugar se la logística para el traslado de los materiales, posteriormente la instalación de los SFV y, por último, la instalación eléctrica de las viviendas. Dichos resultados se presentan a continuación.

### 4.5.1. Transporte

Para el transporte de materiales se tomaron en cuenta las condiciones del camino y los accesos a la comunidad de Tierra Colorada, Chiapas.

#### 4.5.1.1. Descripción del terreno y accesos

- Distancia del taller a la comunidad: 26.9 km.
- Condiciones del camino: La mitad del camino se encuentra pavimentado. En la segunda mitad de este nos encontramos con terracería, lo que afecta la velocidad y la maniobra del transporte.
- Medio de transporte: Debido a las condiciones del terreno y el peso de los insumos, se optó por utilizar una camioneta de carga de 3 toneladas.
- Acceso: Para llegar a la comunidad se accede por la reserva ecológica del cañón del sumidero.
- Tiempo estimado de viaje: 1 hora 30 minutos.

#### 4.5.1.2. Organización de materiales, equipos y herramientas para la instalación

Inventario de los insumos para la instalación de los sistemas 46 sistemas:

Tabla 4. Inventario de insumos para transportar.

Insumo	Cantidades necesarias		Cantidad total
<b>SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÓNOMOS</b>			
Panel	1	46	46
Controlador de carga	1		46
Batería Litio-Fosfato de hierro	1		46
Inversor	1		46
<b>ESTRUCTURAS DE SOPORTE</b>			
Bases frontales	2	46	92
Bases traseras	2		92
Rieles 1.2 m	2		92
Clamps	4		184
PTR 3 m	1		46
Estructura en forma de H	1		46
<b>TORNILLERÍA</b>			
Tornillos 3/8" x 2.5" largo	12	46	552
Rondanas planas 3/8"	12		552
Rondanas de presión 3/8"	12		552
<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b>			
Centro de carga	1	46	46



Interruptor termomagnético	1		46
Clavija	1		46
Cajas universales	2		92
Apagadores dobles	2		92
Sockets interiores	2		92
Sockets exteriores	2		92
Focos	4		184
Tomacorrientes	2		92
Rollos de cable fotovoltaico calibre 12 color rojo			
Rollos de cable fotovoltaico calibre 12 color negro			
Rollos de cable eléctrico calibre 12 color rojo			
Rollos de cable eléctrico calibre 12 color negro			
Rollos de cable eléctrico calibre 14 color rojo			
Rollos de cable eléctrico calibre 14 color negro			
Rollos de cable eléctrico calibre 14 color blanco			
Rollos de cable eléctrico calibre 14 color verde			
<b>SISTEMAS DE PROTECCIÓN</b>			
Varilla de tierra	1	46	46
Terminal de tierra en panel	1		46
<b>HERRAMIENTAS PERSONALES</b>			
Juego de llaves	Llave 7/16, llave 10, llave 13.	Imágenes	
Desarmadores	Phillips #0, desarmador de cruz, desarmador plano, desarmador probador de corriente.		

Pinzas	Pinza de electricista, pinza de punta, pinza de corte diagonal, pinza pelacables automática.	
Taladro	Taladro compacto inalámbrico 12 V, broca 3/8, adaptador de desarmador de cruz.	
Martillo	Martillo	
<b>OTROS</b>		
Cinchos plásticos largos		
Cinchos plásticos cortos		
Grapas para cables		
Pijas de 3/4 de pulgada.		

#### 4.5.1.3. Transporte de los insumos

Para el transporte, se realizó la carga de los materiales distribuidos de manera equilibrada en una camioneta de 3 toneladas, para asegurar el transporte tanto de los materiales y dispositivos, como de las personas que viajaban en ella.

Lo primero en transportarse fueron los los PTRs de 3 m, las estructuras metálicas en forma de H, así como también el cemento, grava y arena. Estos materiales fueron entregados a la comunidad inmediatamente para que realizaran el proceso de cimentación de los PTR.



Imagen 26. Transporte de PTR de 3 m. Imagen por: Mario Benitez.





Imagen 27. Entrega de materiales a las personas de la comunidad.  
Imagen por: Mario Benitez.

Después, fueron asegurados los paneles fotovoltaicos en la camioneta en cargas de 20 paneles en 20, para ser trasladados de manera segura a la comunidad como se observa en la imagen 28.



Imagen 28. Paneles fotovoltaicos asegurados para ser transportados.  
Imagen por: Mario Benitez.

Una vez en la comunidad, se llevó a cabo la entrega de los paneles a los pobladores como se muestra en la imagen 29 y 30. Esto, con la finalidad de facilitar el traslado de estos a cada una de las viviendas.



Imagen 29. Distribución de los paneles solares a las personas de la comunidad.  
Imagen por: Mario Benitez.



Imagen 30. Entrega de los paneles fotovoltaicos a las personas de la comunidad.  
Imagen por: Mario Benitez.

En los siguientes viajes se llevaron los dispositivos que integran los SFV autónomos (baterías, controladores de carga, inversor) y los materiales para las instalaciones eléctricas. La ayuda de la comunidad se hizo presente para descargar todos los materiales como se aprecia en la imagen 31.





Imagen 31. Descarga de insumos para instalación con ayuda de las personas de la comunidad. Imagen por: Mario Benitez.

Una vez transportados los componentes del SFV autónomo a la comunidad, se convocó a los representantes de cada vivienda para hacerles entrega de dichos dispositivos y ser trasladados a sus hogares por ellos.



Imagen 32. Entrega de baterías, controladores e inversores. Imagen por: Mario Benitez.

#### 4.5.2. Implementación de los SF autónomos independientes e instalación eléctrica

1. Inventario y transporte de los materiales a las viviendas.

Como se menciona en el punto anterior, los componentes de los SFV autónomos fueron trasladados por las personas de la comunidad a sus hogares, por lo que solo se realizó el inventariado del material para la instalación eléctrica. La carga de trabajo se determinó en la instalación de 6 SFV por día con su respectiva instalación eléctrica en cada vivienda, esto debido a las distancias a recorrer y los tiempos de instalación.

Tabla 5. Inventario de insumos por día para instalación fotovoltaica y eléctrica.

Concepto		Cantidad por casa	Casas por día	Total	
Centro de carga	1	6	6		
Interruptor termomagnético	1		6		
Caja universal	2		12		
Apagadores dobles	2		12		
Sockets	Interiores		2	12	
	Exteriores		2	12	
Focos	Interiores		2	12	
	Exteriores		2	12	
Tomacorrientes	2		6	12	
Rollo de cable fotovoltaico calibre 12 rojo					
Rollo de cable fotovoltaico calibre 12 negro					
Rollo de cable eléctrico calibre 12 rojo					
Rollo de cable eléctrico calibre 12 negro					
Rollo de cable eléctrico calibre 14 rojo					
Rollo de cable eléctrico calibre 14 negro					
Rollo de cable eléctrico calibre 14 blanco					



Una vez realizado el inventariado de cada uno de los elementos como se muestra en la tabla 6, la colaboración de la comunidad se hizo presente nuevamente; en primer lugar, para guiarnos por las rutas más apropiadas y también para llevar a cabo del traslado de los materiales a cada una de las viviendas. Esto lo podemos observar a continuación en las imágenes 33 y 34.



Imagen 33. Movilización hacia las viviendas para instalación.  
Imagen por: Mario Benitez.

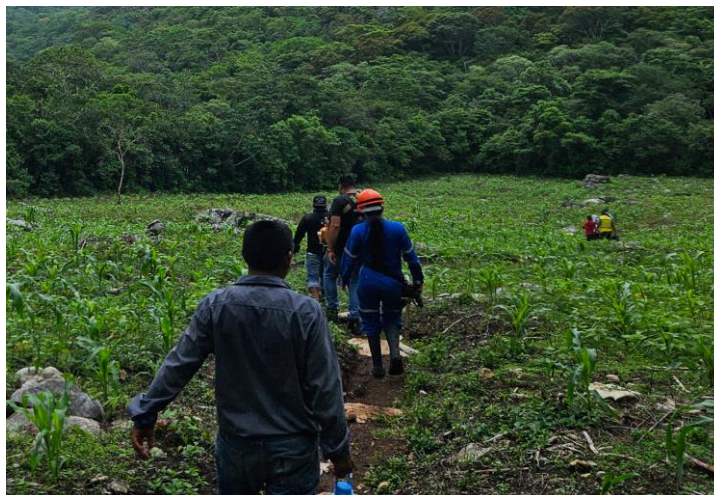


Imagen 34. Camino hacia las viviendas, Tierra Colorada.  
Imagen por: Mario Benitez.

## 2. Armado de estructuras de soporte.

Primero, se comenzó colocando la estructura en forma de H sobre la base superior del PTR como lo podemos observar en la imagen 35 y se le colocaron los tornillos de 3/8”.



Imagen 35. Colocación de la estructura en forma de H.  
Imagen por: Óscar Martínez.

Después de ser colocados los tornillos, fueron asegurados con su respectivo juego de arandelas planas, arandelas de presión y su tuerca, las cuales fueron apretadas con una llave de medida 13.



Imagen 36. Fijado de la estructura en forma de H mediante tornillería.  
Imagen por: Óscar Martínez.



En seguida a esto, fueron colocadas bases delanteras y traseras del panel, la cuales se aseguraron con la misma tornillería mencionada anteriormente.



Imagen 37. Fijado de las bases traseras mediante tornillería.

Imagen por: Darina Ramos.

El interés de los pobladores por aprender y participar lo podemos ver en la imagen 38, donde se observa que uno de los pobladores colocó las bases delanteras del panel.



Imagen 38. Fijado de las bases delanteras. Imagen por: Mario Benitez.

En estas bases, fueron asegurados los rieles donde posteriormente descansaron los paneles solares.



Imagen 39. Fijado de rieles a las bases traseras y delanteras.  
Imagen por: Darina Ramos.

Posteriormente, fueron montados los paneles fotovoltaicos sobre los rieles y, debido al peso de estos, fue necesaria la intervención de más de una persona como se aprecia en la imagen 40.



Imagen 40. Ayuda para el montaje del panel fotovoltaico.  
Imagen por: Darina Ramos.





Imagen 41. Montaje del panel fotovoltaico.  
Imagen por: Darina Ramos.

Luego, para asegurar los paneles a los rieles se usaron clamps o abrazaderas de paneles, los cuales fueron apretados con una llave 13.



Imagen 42. Sujeción del panel fotovoltaico a los rieles.  
Imagen por: Darina Ramos.

Después del montaje estructural y del panel fotovoltaico, se realizaron las instalaciones de los componentes del SFV autónomo.

El lugar de instalación de dichos componentes dentro de la vivienda (controlador de carga, batería e inversor) se eligió basándose en la cercanía con el panel (no más de 6 m) y en un lugar seguro donde no sean afectados por condiciones climatológicas como la lluvia y el sol.

### 3. Instalación de los componentes del SFV autónomo:

Primero, se fijó el controlador de carga solar Epever, el cual fue fijado mediante 2 pijas de 3/4" por lado y empleando un taladro inalámbrico trupper con su adaptador de cruz.



Imagen 43. Fijado del controlador de carga solar a la base. Imagen por: Williams Morgan.



Imagen 44. Fijado del controlador de carga solar a la base. Imagen por: Williams Morgan.



Después de colocar el controlador, se llevó a cabo el fijado del inversor de corriente el cual, debido a la base y salidas de uso, fue colocado de manera horizontal.



Imagen 45. Fijado del inversor de corriente a la base. Imagen por: Williams Morgan.

Posteriormente, se montó la batería, la cual fue colocada sobre la base y se realizó la conexión de esta, tanto al inversor como al controlador de carga como se aprecia en la imagen 46 y 47.

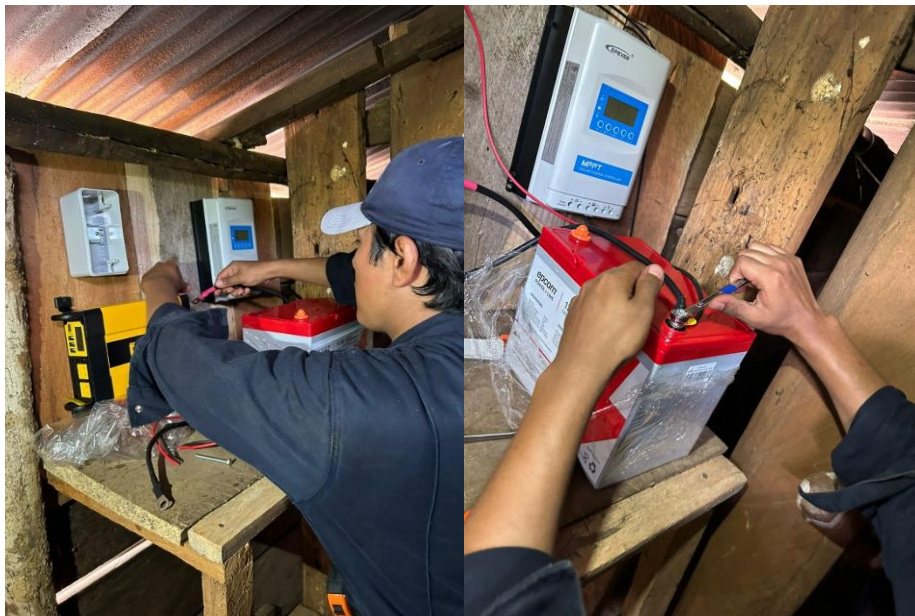


Imagen 46. Conexión de la batería al controlador de carga y al inversor de corriente. Imagen por: Williams Morgan.



Imagen 47. Conexión positiva y negativa de la batería al controlador de carga.  
Imagen por: Williams Morgan.

Por último, se muestra una imagen donde se puede apreciar a los componentes del SFV autónomo una vez todos fijados y conectados.



Imagen 48. Componentes del SF autónomo conectados.  
Imagen por: Williams Morgan.



Después de conectar los componentes se realizó la conexión del panel hacia el controlador de carga, así como la protección de tierra del sistema.



Imagen 49. Conexión del panel fotovoltaico al controlador de carga.  
Imagen por: Darina Ramos.

Luego, en la imagen 50, se puede observar el proceso para colocar la varilla de la puesta a tierra del SFV mediante el empleo de un marro.



Imagen 50. Instalación de la protección de tierra del SF.  
Imagen por: Uriel Chalé.

Después de ser enterrada la varilla, se realizó la conexión de esta al panel solar usando las terminales de puesta a tierra, las cuales se encuentran una en el panel y otra en la varilla, mediante cable calibre 14.



Imagen 51. Conexión de la protección de tierra del SF.  
Imagen por: Mario Benitez.

#### 4. Instalación eléctrica:

Tan pronto como fue finalizada la instalación del sistema fotovoltaico, se procedió a realizar la instalación eléctrica de la vivienda. A continuación, en la imagen 52 y 53 se muestra el diagrama eléctrico de instalación general, donde se aprecia que los cuartos y sus cocinas se encuentran por separado.

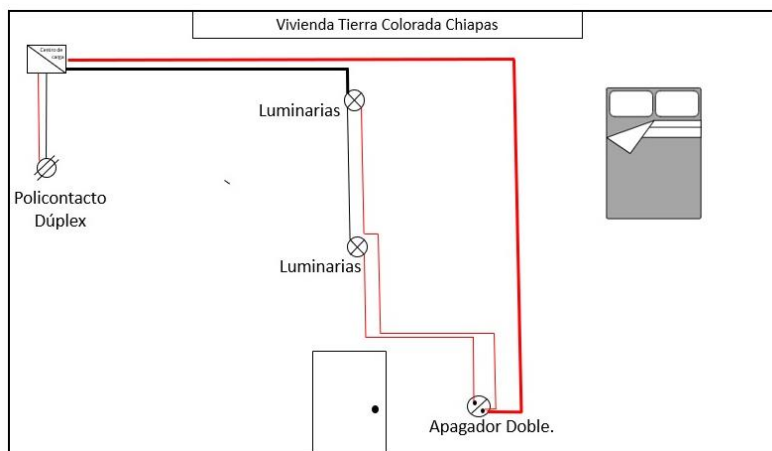


Imagen 52. Diagrama de instalación eléctrica, cuarto.

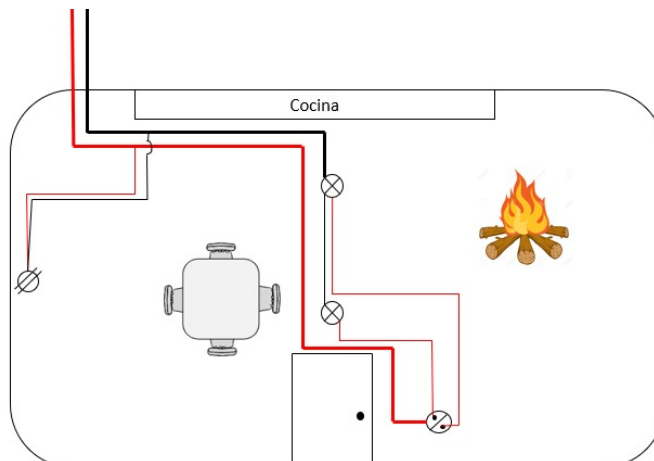


Imagen 53. Diagrama de instalación eléctrica, cocina.

Se comenzó realizando la instalación del centro de carga, el cual se fijó mediante pijas de 3/4" y empleando un taladro inalámbrico.



Imagen 54. Fijado del centro de carga a la base.  
Imagen por: Mario Benitez.

La ubicación de este se determinó en función de la cercanía del inversor de corriente, como se observa en la imagen 54.

Una vez colocados los centros de carga, se comenzó a realizar el cableado. Esto lo



podemos apreciar en la imagen 55.



Imagen 55. Cableado de la instalación eléctrica.  
Imagen por: Mario Benitez.

El cableado se realizó del centro de carga hacia las cajas universales donde se hizo la conexión de los apagadores y los toma corrientes. En la imagen 56 y 57 se puede observar la instalación de los apagadores y el tomacorriente.



Imagen 56. Instalación de la caja universal y apagadores. Imagen por: Óscar Martínez.



Imagen 57. Instalación del tomacorriente.  
Imagen por: Óscar Martínez.



Para las líneas de distancias largas y tomacorrientes se empleó cableado calibre 12. Además, de los apagadores se tomó la línea que se conectó a los sockets, la cual se realizó con cable calibre 14 para después ser fijados al techo y colocar el foco.



Imagen 58. Instalación de sockets y focos.  
 Imagen por: Mario Benitez.

Una vez realizado lo anterior, se realizó las conexiones entre las líneas de distribución de la casa y la línea de distribución que proviene de la clavija que es conectada al inversor de corriente. También, se unen los cables neutros mediante la placa de neutros dedicada que está integrada al interior del centro de carga.

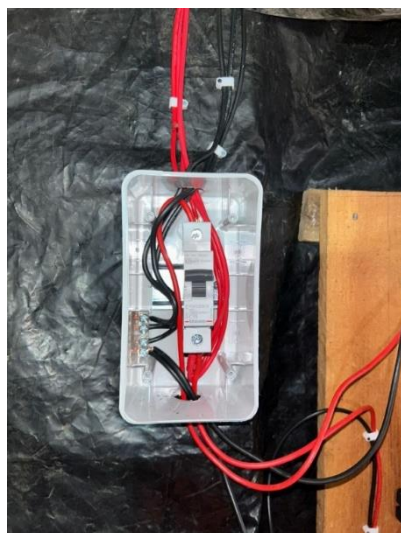


Imagen 59. Conexionado del interruptor termomagnético en el centro de carga.  
 Imagen por: Mario Benitez.



Imagen 60. Conexión de la clavija del inversor al centro de carga.  
 Imagen por: Mario Benitez.

Después de realizar la conexión entre el SFV autónomo y la instalación eléctrica, se probaron los tomacorrientes y se realizó el encendido de las luminarias por la noche para observar el funcionamiento.



Imagen 61. Iluminación de viviendas alimentando con el SF autónomo en la noche.  
Imagen por: Mario Benitez.

#### 4.6. Evaluación del funcionamiento inicial de los SFV

Para finalizar, aunque no se estipuló en el proyecto, se llevó a cabo una evaluación preliminar de los sistemas fotovoltaicos, para determinar su buen funcionamiento. A continuación, se muestran las mediciones realizadas.

##### 4.6.1. Consumo de la energía

Se tomó en cuenta la medición del controlador de carga para determinar la cantidad de energía que se estaba utilizando en la vivienda.



Imagen 62. Consumo de energía de una vivienda.  
Imagen por: Mario Benitez.

La lectura de la imagen 63, nos indica que solo el 23% de la energía total ha sido utilizada por las personas de dicha vivienda.

#### 4.6.2. Medición de la radiación solar

Para realizar el monitoreo de la radiación solar se empleó un piranómetro ENERGY RADIATION METERS SM206, donde se obtuvo una radiación de  $271.6 \text{ W/m}^2$  debido a que el día estaba nublado. En la imagen 64 podemos observar el dispositivo y la medición realizada.



Imagen 63. Piranómetro Energy Radiation Meters SM2006 en operación. Imagen por: Mario Benitez.

#### 4.6.3. Estado del banco de baterías

Se observó desde la pantalla del controlador para determinar el voltaje de carga de la batería, con la finalidad de verificar la autonomía del sistema. El equipo indicó que era de 13.4 V lo cual indica que está dentro del rango estimado del voltaje de carga de las baterías Epcon.





Imagen 64. Voltaje de carga de la batería.  
Imagen por: Mario Benitez.

#### 4.6.4. Temperatura del módulo fotovoltaico

La evaluación de la temperatura de los módulos se determinó empleando un termopar (sensor de temperatura), este fue colocado directamente en la superficie del módulo como se muestra en la siguiente imagen 65.



Imagen 65. Temperatura del panel fotovoltaico.  
Imagen por: Mario Benitez.

Un módulo fotovoltaico funcionando al 100% de capacidad, debe operar en una temperatura de entre los 20 y 25 grados Celsius. En la medición realizada, se obtuvo que la temperatura en la superficie del panel era de 35 °C, por lo que se determina que el rendimiento del módulo se reduce ligeramente, para obtener mediciones más precisas estas se deben realizar durante tiempos más prolongados.

#### 4.7. Discusión de resultados

La electrificación de la comunidad tiene diversos impactos positivos, uno de ellos se puede identificar en el ámbito educativo. La disponibilidad de electricidad permitirá que las actividades escolares de los niños y jóvenes se desarrollen de manera más eficiente y durante más tiempo, facilitando la implementación de métodos educativos más completos a través del uso de audiolibros y presentaciones en video. Así mismo, podrán llevar a cabo actividades recreativas que favorezcan a su desarrollo integral mediante actividades que fomenten la cultura y las artes.

En el sector salud, la disponibilidad de energía eléctrica habilitará el almacenamiento seguro de antídotos y medicamentos necesarios para tratar emergencias médicas ocasionadas por mordeduras de serpientes y picaduras de arañas venenosas, que son comunes en la región, así como enfermedades de bajo riesgo como gripes, resfriados, infecciones, etc.

Por último, es importante mencionar que, durante el periodo de implementación, los SFV comenzaron a generar un impacto significativo en la calidad de vida de las personas. Las primeras familias beneficiadas comenzaron a utilizar la energía durante las noches para iluminar sus viviendas durante la cena y los niños para realizar sus actividades extraescolares.

## CONCLUSIONES

En la comunidad de Tierra Colorada, Chiapas, se implementaron 46 sistemas fotovoltaicos (SFV) autónomos independientes con el objetivo de cubrir la demanda energética de las viviendas y garantizar el acceso universal a la electricidad. Con esta instalación, se asegura que el 100% de las viviendas cuenten con un suministro eléctrico para satisfacer sus necesidades esenciales. Cada sistema tiene la capacidad de generar 2.5 kWh al día, lo que se traduce en una capacidad total instalada de los 46 SFV de 115 kWh/día. Anualmente, se estima una generación de 41,975 kWh, lo cual representa una reducción aproximada de 18,385 kg de emisiones de CO<sub>2</sub>, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático y a la promoción de un entorno más sostenible.

A diferencia de otros proyectos similares, en este se utilizaron baterías de litio-fosfato de hierro, una tecnología avanzada que, aunque implica un mayor costo inicial, resulta más rentable a largo plazo debido a su alta eficiencia energética, mayor vida útil y la ausencia de requerimientos de mantenimiento. Estas características aseguran una mayor durabilidad y confiabilidad del sistema, mejorando la relación costo-beneficio a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Además, el uso de estas baterías representa una ventaja significativa en términos ambientales, ya que su diseño es más seguro y menos contaminante en comparación con otras tecnologías de almacenamiento.

Con estos SFV, se logró no solo satisfacer las necesidades básicas de iluminación de las viviendas, sino también proporcionar energía suficiente para pequeños electrodomésticos como refrigeradores de baja capacidad, televisores, ventiladores y otros dispositivos que no contengan resistencias eléctricas, tales como planchas u hornos, ampliando así las posibilidades de uso y mejorando la calidad de vida de los habitantes.

Con lo antes mencionado, se considera que hasta el momento el proyecto cumplió con su objetivo y ha tenido un gran éxito e impacto positivo en todos los aspectos de la comunidad.

### **Trabajos a futuro:**

1. Realizar el monitoreo a largo plazo del consumo de energía eléctrica de las viviendas.
2. Monitoreo remoto del consumo de energía eléctrica de las viviendas y su crecimiento en el tiempo.
3. Estudiar el desempeño real del nuevo tipo de batería implementado.
4. Replicación del proyecto en otras comunidades marginadas del estado.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] IEA. (octubre de 2023). World Energy Outlook 2023. Recuperado el 03 de septiembre de 2024, de <https://iea.blob.core.windows.net/assets/86ede39e-4436-42d7-ba2a-edf61467e070/WorldEnergyOutlook2023.pdf>
- [2] SENER. (27 de noviembre de 2023). BALANCE NACIONAL DE ENERGÍA 2022. Recuperado el 03 de septiembre de 2024, de <https://base.energia.gob.mx/BNE/BalanceNacionalDeEnerg%C3%ADa2022.pdf>
- [3] SENER. (29 de diciembre de 2023). INFORME PORMENORIZADO SOBRE EL DESEMPEÑO Y LAS TENDENCIAS DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA NACIONAL 2022. Recuperado el 03 de septiembre de 2024, de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/912513/Informe\\_Pormenorizado\\_2022.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/912513/Informe_Pormenorizado_2022.pdf)
- [4] REN21 - Renewables Now. (2024). Renewables 2024 GLOBAL STATUS REPORT – RENEWABLES IN ENERGY SUPPLY. Recuperado el 03 de septiembre de 2024, de [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2024\\_Supply.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2024_Supply.pdf)
- [5] AUTREN. (20 de diciembre de 2012). Insumos Energía Renovable Fotovoltaica en México y su proyección al 2020. Recuperado el 23 de septiembre de 2024 de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/58849/INSUMOS\\_DE\\_ENERGIA\\_RENOVABLE\\_FOTOVOLTAICA\\_Y\\_SU\\_PROYECCION\\_AL\\_2020\\_SEC.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/58849/INSUMOS_DE_ENERGIA_RENOVABLE_FOTOVOLTAICA_Y_SU_PROYECCION_AL_2020_SEC.pdf)
- [6] SENER. (31 de mayo de 2024). REPORTE DE AVANCE DE ENERGÍAS LIMPIAS 2024. Recuperado el 09 de septiembre de 2024 de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/927403/RAEL.pdf>



- [7] Oviedo Salazar, J. L., Badii, M. H., Guillen, A., & Lugo Serrato, O. (18 de abril de 2015). Historia y Uso de Energías Renovables. Recuperado el 04 de septiembre de 2024, de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56725235/A1.1011-18-libre.pdf?1528135563=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DHistoria\\_y\\_Uso\\_de\\_Energias\\_Renovables\\_Hi.pdf&Expires=1725492795&Signature=Y7RPpIBB-JOZAmQ4Uw8BJZt~a965~bh8MaXmHU2mNuv1hVvEI0i](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56725235/A1.1011-18-libre.pdf?1528135563=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DHistoria_y_Uso_de_Energias_Renovables_Hi.pdf&Expires=1725492795&Signature=Y7RPpIBB-JOZAmQ4Uw8BJZt~a965~bh8MaXmHU2mNuv1hVvEI0i)
- [8] IBERDROLA. (12 de diciembre de 2008). Energías renovables para todos Solar Fotovoltaica. Recuperado el 04 de septiembre de 2024, de [http://www.enginyeria-classea.cat/pdf-formativos/Cuaderno\\_FOTOVOLTAICA.pdf](http://www.enginyeria-classea.cat/pdf-formativos/Cuaderno_FOTOVOLTAICA.pdf)
- [9] REN21 - Renewable Now. (2024). RENEWABLES 2024 GLOBAL STATUS REPORT – GLOBAL OVERVIEW. Recuperado el 04 de septiembre de 2024, de [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2024\\_GlobalOverview\\_Full\\_Report\\_with\\_endnotes\\_web.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2024_GlobalOverview_Full_Report_with_endnotes_web.pdf)
- [10] ProMéxico, GIZ, & IER. (2017). La industria solar fotovoltaica y fototérmica en México. Recuperado el 9 de septiembre de 2024 de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/428621/La\\_industria\\_solar\\_fv\\_y\\_ft\\_en\\_Mexico-compressed.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/428621/La_industria_solar_fv_y_ft_en_Mexico-compressed.pdf)
- [11] Farrera Vázquez, N., Rivas Damián, M. J., & Gómez López, D. (11 de abril de 2018). Desarrollo local a través del Turismo Comunitario: el caso de Boca de Chajul, Marqués de Comillas, Chiapas. Recuperado el 28 de septiembre de 2024, de [https://www.academia.edu/36381805/Desarrollo\\_local\\_a\\_trav%3%A9s\\_del\\_Turismo\\_Comunitario\\_el\\_caso\\_de\\_Boca\\_de\\_Chajul\\_Marqu%3%A9s\\_de\\_Comillas\\_Chiapas](https://www.academia.edu/36381805/Desarrollo_local_a_trav%3%A9s_del_Turismo_Comunitario_el_caso_de_Boca_de_Chajul_Marqu%3%A9s_de_Comillas_Chiapas)

[12] GACETA UP. (01 de febrero de 2017). Alumbrado Solar en comunidades indígenas de Chiapas. Recuperado el 28 de octubre de 2024, de <https://www.upchiapas.edu.mx/media/855/files/GACETA%2016.pdf>

[13] UNICACH. (13 de marzo de 2016). INNOVACIÓN EDUCATIVA A TRAVES DE IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGIAS DE SISTEMAS ENERGÉTICOS RENOVABLES. Recuperado el 28 de septiembre de 2024, de [http://www.pides.mx/pides\\_conferencias\\_2016/sep\\_unicach\\_2016.pdf](http://www.pides.mx/pides_conferencias_2016/sep_unicach_2016.pdf)

[14] Orbezo, C., & Arivilca, R. (16 de octubre de 2017). *Energía Solar Fotovoltaica Manual técnico para instalaciones domiciliarias*. Recuperado el 16 de septiembre de 2024, de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54732175/libro\\_de\\_Energia-Solar-Fotovoltaica-Carlos-Orbezo-Roberto-Arivilca-libre.pdf?1508172804=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLIBROS\\_UNIVERISTARIOS\\_Y\\_SOLUCIONARIOS\\_DE.pdf&Expires=1726577160&Sig](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54732175/libro_de_Energia-Solar-Fotovoltaica-Carlos-Orbezo-Roberto-Arivilca-libre.pdf?1508172804=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLIBROS_UNIVERISTARIOS_Y_SOLUCIONARIOS_DE.pdf&Expires=1726577160&Sig)

[15] Benítez Baltazar, V. H. (14 de noviembre de 2013). SISTEMA FOTOVOLTAICODE ILUMINACIÓN SOLAR. Recuperado el 27 de septiembre de 2024, de [https://www.researchgate.net/publication/352843167\\_SISTEMA\\_FOTOVOLTAICO\\_DE\\_ILUMINACION\\_SOLAR](https://www.researchgate.net/publication/352843167_SISTEMA_FOTOVOLTAICO_DE_ILUMINACION_SOLAR)

[16] Rocha Hoyos , J. C., & Llanes Cedeño , E. A. (2020). SEMICONDUCTORES. Conceptos y aplicaciones : Una revisión bibliográfica. E-IDEA 4.0 Revista Multidisciplinar, 2(3), 12-26. Recuperado el 16 de septiembre de 2024 de <https://revista.estudioidea.org/ojs/index.php/mj/article/view/118>

[17] Farrera G, L. (16 de mayo de 2016). CONDUCTORES SEMICONDUCTORES Y AISLANTES. Recuperado el 23 de septiembre de 2024, de

[https://www.academia.edu/25375181/CONDUCTORES SEMICONDUCTORES Y  
\\_AISLANTES](https://www.academia.edu/25375181/CONDUCTORES_SEMICONDUCTORES_Y_AISLANTES)

[18] Gonzáles Garza, J. O. (17 de marzo de 2010). PELÍCULAS DELGADAS DE SELENIURO DE PLATA Y ANTIMONIO POR MEDIO DE LA COMBINACIÓN DE BAÑO QUÍMICO Y EVAPORACIÓN TÉRMICA PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS. Recuperado el 27 de septiembre de 2024, de <http://eprints.uanl.mx/3483/1/1080167885.pdf>

[19] Aguilera, J., Hontoria, L., & Muñoz, J. (23 de agosto de 2016). Dimensionado de sistemas fotovoltaicos. Recuperado el 26 de septiembre de 2024, de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48264641/8\\_T\\_Tecnologia\\_fotovoltaica-libre.pdf?1471995878=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDimensionado\\_de\\_sistemas\\_fotovoltaicos\\_a.pdf&Expires=1727394239&Signature=Tzey2iRx7YzWbZO36rLxK0iODb2hP6xXAh](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48264641/8_T_Tecnologia_fotovoltaica-libre.pdf?1471995878=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDimensionado_de_sistemas_fotovoltaicos_a.pdf&Expires=1727394239&Signature=Tzey2iRx7YzWbZO36rLxK0iODb2hP6xXAh)

[20] Abella, A. M. (4 de agosto de 2015). Sistemas Fotovoltaicos. Recuperado el 26 de septiembre de 2024, de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38373658/SISTEMAS\\_FOTOVOLTAICOS-libre.pdf?1438653204=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DSistemas\\_fotovoltaicos\\_Sistemas\\_Fotovolt.pdf&Expires=1727394241&Signature=Y2jaL3RLe4mrK2Fvfdd3xkvWRj3Pchi4kqNBBMvb](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38373658/SISTEMAS_FOTOVOLTAICOS-libre.pdf?1438653204=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DSistemas_fotovoltaicos_Sistemas_Fotovolt.pdf&Expires=1727394241&Signature=Y2jaL3RLe4mrK2Fvfdd3xkvWRj3Pchi4kqNBBMvb)

[21] Limón O'Reilly, C. C. (07 de diciembre de 2021). Optimización del dimensionado de baterías de plomo-ácido en instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo. Recuperado el 26 de septiembre de 2024, de <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/93540/fichero/TFG-3540+Lim%C3%B3n+O%C2%B4Reilly%2C+Christina+C..pdf>

[22] Geoffrey M., Davidson A., Monahov B., “Lead batteries for utility energy storage: a review” Journal of Energy Storage (2018), 15, pp. 145-157

[23] Trejo Betancur, M. (2 de febrero de 2017). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN REGULADOR SOLAR DE POTENCIA DE BAJO PESO PARA CONTROLAR LA CARGA DE LA BATERÍA DE UN VEHÍCULO SOLAR. Recuperado el 26 de septiembre de 2024, de <https://core.ac.uk/download/pdf/92123551.pdf>

## ANEXOS

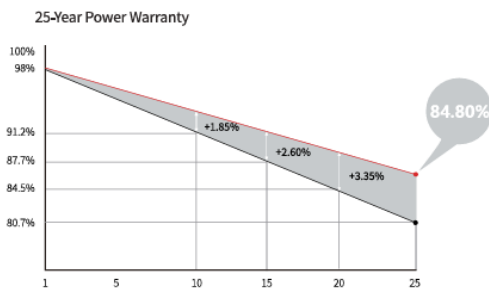
### Ficha técnica del panel fotovoltaico:

# Hi-MO 5<sub>m</sub>

# LR5-72HPH 540~560M

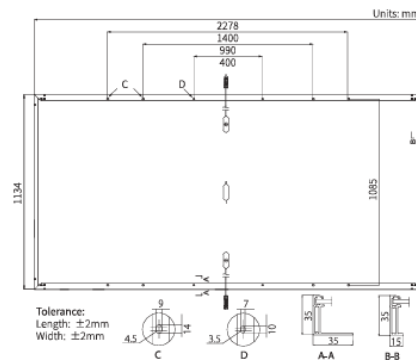
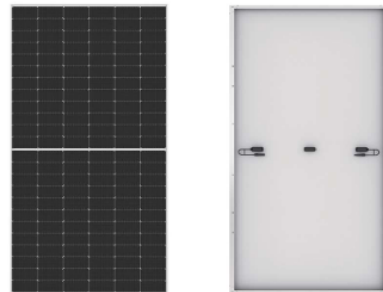
<b>21.7%</b> MAX MODULE EFFICIENCY	<b>0~3%</b> POWER TOLERANCE	<b>&lt;2%</b> FIRST YEAR POWER DEGRADATION	<b>0.55%</b> YEAR 2-25 POWER DEGRADATION	<b>HALF-CELL</b> Lower operating temperature
------------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------------------	------------------------------------------------	-------------------------------------------------

#### Additional Value



#### Mechanical Parameters

Cell Orientation	144 (6×24)
Junction Box	IP68, three diodes
Output Cable	4mm <sup>2</sup> , +400, -200mm length can be customized
Connector	LONGi LR5 or MC4 EVO2
Glass	Single glass, 3.2mm coated tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	27.5kg
Dimension	2278×1134×35mm
Packaging	31pcs per pallet / 155pcs per 20' GP / 620pcs per 40' HC



Electrical Characteristics	STC: AM1.5 1000W/m <sup>2</sup> 25°C		NOCT: AM1.5 800W/m <sup>2</sup> 20°C 1m/s		Test uncertainty for Pmax: ±3%					
	LR5-72HPH-540M		LR5-72HPH-545M		LR5-72HPH-550M		LR5-72HPH-555M		LR5-72HPH-560M	
Module Type	LR5-72HPH-540M	LR5-72HPH-545M	LR5-72HPH-550M	LR5-72HPH-555M	LR5-72HPH-560M					
Testing Condition	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax/W)	540	403.6	545	407.4	550	411.1	555	414.8	560	418.6
Open Circuit Voltage (Voc/V)	49.50	46.54	49.65	46.68	49.80	46.82	49.95	46.97	50.10	47.11
Short Circuit Current (Isc/A)	13.85	11.20	13.92	11.25	13.98	11.31	14.04	11.35	14.10	11.40
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	41.65	38.69	41.80	38.83	41.95	38.97	42.10	39.11	42.25	39.25
Current at Maximum Power (Imp/A)	12.97	10.43	13.04	10.49	13.12	10.56	13.19	10.61	13.26	10.67
Module Efficiency(%)	20.9		21.1		21.3		21.5		21.7	

#### Operating Parameters

Operational Temperature	-40°C ~ +85°C
Power Output Tolerance	0 ~ 3%
Voc and Isc Tolerance	±3%
Maximum System Voltage (IEC/UL)	DC1500V
Maximum Series Fuse Rating	25A
Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C
Protection Class	Class II
Fire Rating	UL type 1 or 2 IEC Class C

#### Mechanical Loading

Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

#### Temperature Ratings (STC)

Temperature Coefficient of Isc	+0.050%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.265%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.340%/°C



Floor 19, Lujiazui Financial Plaza, Century Avenue  
 826, Pudong Shanghai, China  
 Tel: +86-21-80162606  
 Web: www.longi.com

Specifications included in this datasheet are subject to change without notice. LONGI reserves the right of final interpretation. (20220410V15) G2

## Ficha técnica del controlador de carga:

### Especificaciones Técnicas

Descripción	XTRA 1206N	XTRA 2206N	XTRA 1210N	XTRA 2210N	XTRA 3210N	XTRA 4210N	XTRA 3215N	XTRA 4215N	XTRA 3415N	XTRA 4415N
<b>Eléctrica</b>										
Voltaje nominal del sistema	12 / 24 Vcc <sup>①</sup> Auto								12/24/36/48Vcc <sup>②</sup> Auto	
Corriente de carga nominal	10A	20A	10A	20A	30A	40A	30A	40A	30A	40A
Corriente de descarga nominal	10A	20A	10A	20A	30A	40A	30A	40A	30A	40A
Rango de voltaje de entrada de la batería	8 Vcc ~ 32 Vcc								8 Vcc~68 Vcc	
Máximo voltaje, Circuito PV abierto	60 Vcc <sup>②</sup> 46 Vcc <sup>③</sup>		100 Vcc <sup>②</sup> 92 Vcc <sup>③</sup>				150 Vcc <sup>②</sup> 138 Vcc <sup>③</sup>			
Rango del voltaje MPPT	Voltaje de la batería +2 V~36 V			Voltaje de la batería +2 V)~72V			(Volta e de la bater a +2 V)~72 V +2 V)~108 V			
Entrada máxima de Potencia y Voltaje del arreglo FV	130/12 260/24	260/12 520/24	130/12 260/24	260/12 520/24	390/12 780/24	520/12 1040/24	390/12 780/24	520/12 1040/24	390/12 780/24 1170/36 1560/48	520/12 1040/24 1560/36 2080/48
Voltaje de equalización <sup>④</sup>	Sellada: 14.6 V; Inundada: 14.8 V; Reemplazable: 17~9 V									
Voltaje de Impulso <sup>④</sup>	Gel:14.2 Vcc; Sellada:14.4 Vcc; Inundada:14.6 Vcc; Reemplazable: 17-9 Vcc									
Voltaje flotante <sup>④</sup>	Gel/Sellada/Inundada: 13.8 Vcc; Reemplazable: 17~9 Vcc									
Voltaje bajo de Re conexión <sup>④</sup>	Gel/Sellada/Inundada: 12.6 Vcc; Reemplazable: 17~9 Vcc									
Voltaje bajo de Desconexión <sup>④</sup>	Gel/Sellada/Inundada: 11.1 Vcc; Reemplazable: 17~9 Vcc									
Autoconsumo	≤14 mA (12 V) ≤15 mA (24 V)		≤ 35 mA (12 Vcc) ≤ 22 mA (24 Vcc)				≤35mA(12V) ≤16mA(36V) ≤22mA(24V) ≤16mA(48V)			
Caída de voltaje, circuito de descarga	≤ 0.23 V									
Coefficiente de compensación de temperatura <sup>⑤</sup>	-3 mV/ °C /2 Vcc (asignado)									
Sistema a tierra física	Negativo común a tierra física									
Interface RS-485	5 Vcc / 200 mA (RJ-45) 60									
Tiempo de encendido de la luz de fondo de la pantalla LCD	seg. (asignado)									
<b>Medio Ambiente</b>										
Temperatura operacional <sup>⑥</sup> (potencia nominal total sin pérdida de potencia)	-25° C a +50° C(LCD) -30° C a +50° C (No LCD)									
Temperatura de almacenamiento	-20° C a +70° C									
Humedad relativa	≤ 95% , N.C.									
Encapsulado	IP33 <sup>⑦</sup>									
Grado de contaminación	PD2									

Descripción	XTRA 1206N	XTRA 2206N	XTRA 1210N	XTRA 2210N	XTRA 3210N	XTRA 4210N	XTRA 3215N	XTRA 4215N	XTRA 3415N	XTRA 4415N
<b>Certificación</b>										
Seguridad	EN/IEC62109-1									
EMC(Inmunidad emisión)	EN61000-6-3/EN61000-6-1									
FCC	47 CFR Parte 15, Subparte B									
Rendimiento y función	IEC62509									
ROHS	IEC62321-3-1									

Descripción	XTRA 1206N XTRA 1210N	XTRA 2206N XTRA 2210N	XTRA 3210N	XTRA 4210N XTRA 3215N	XTRA 4215N XTRA 3415N	XTRA 4415N
<b>Mecánica</b>						
Dimensiones en general (mm)	175×143×48	217×158×56.5	230×165×63	255×185×67.8	255×187×75.7	255×189×83.2
Dimensiones de instalación	120×134	160×149	173×156	200×176	200×178	200×180
Diám. de orificios para instalar	Φ 5 mm					
Cable recomendado	12AWG(4mm <sup>2</sup> )	6AWG(16mm <sup>2</sup> )	6AWG(16mm <sup>2</sup> )	6AWG(16mm <sup>2</sup> )	6AWG(16mm <sup>2</sup> )	6AWG(16mm <sup>2</sup> )
Peso	12AWG(4mm <sup>2</sup> )	10AWG(6mm <sup>2</sup> )	8AWG(10mm <sup>2</sup> )	6AWG(16mm <sup>2</sup> )	8AWG(16mm <sup>2</sup> )	6AWG(16mm <sup>2</sup> )
	0.57 kg	0.96 kg	1.31 kg	1.70 kg	2.07 kg	2.47 kg

- ① Al seleccionar el tipo de batería de litio, el sistema no podrá identificar el voltaje automáticamente.
- ② A temperatura ambiente mínima.
- ③ A 25° C de temperatura ambiente.
- ④ Al seleccionar el tipo de batería de litio, el coeficiente de compensación de temperatura es 0 y no se puede configurar.
- ⑤ Los parámetros con sistemas de 12 V a 25° C, × 2 en sistemas de 24 V a 25° C, × 4 en sistemas de 48 V a 25° C.
- ⑥ TEI controlador puede trabajar a plena carga en ambientes de temperatura operacional. Rango, cuando la temperatura interna alcanza los 81° C, se activa el modo de la reducción de carga de potencia.
- ⑦ 3 - Caída accidental de objetos: Protección contra objetos más grandes de los 2.5 mm.  
2 - Derrame accidental de fluidos: Protección contra fluidos, incluso si el encapsulado está inclinado 15° de la vertical.

SYSCOM® se reserva todos los derechos de traducciones efectuadas en la sucursal de Leon, Gto. Mx. Mar 2020 X FJGC

Mar 2020 X FJGC

📍 No. 103, Dongxing Rd, Chenjiang Street, Zhongkai High-tech Zone, Huizhou, China  
☎ +86-752-3889706 🌐 www.epever.com 📧 info@epsolarpv.com

## Ficha técnica de la batería:

**epcom**  
POWER ⚡ LINE

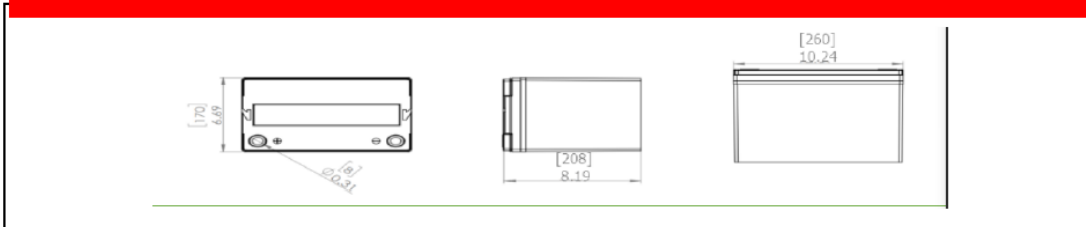
### LI100A12C LiFePO4 Battery Pack VP 12.8V100Ah



#### Features of LiFePO4 Battery

- **Longer Cycle Life:** Offers up to 20 times longer cycle life and five times longer float/calendar life than lead acid battery, helping to minimize replacement cost and reduce total cost of ownership.
- **Lighter Weight:** About 40% of the weight of a comparable lead acid battery. A 'drop in' replacement for lead acid batteries.
- **Higher Power:** Delivers twice power of lead acid battery, even high discharge rate, while maintaining high energy capacity.
- **Wider Temperature Range:** -20°C~60°C.
- **Superior Safety:** Lithium Iron Phosphate chemistry eliminates the risk of explosion or combustion due to high impact, overcharging or short circuit situation.
- **Increased Flexibility:** Modular design enables deployment of up to four batteries in series and up to ten batteries in parallel.

#### Dimensions



#### Specification

Electrical Characteristics	Nominal Voltage	12.8V	
	Rated Capacity (77°F/25°C)	100Ah @0.5C	
	Minimum Capacity (77°F/25°C)	100Ah @0.5C	
	Circuit Protection	Over charge, Over discharge, Over current, Over temp, Short, Balance	
	Cycle Life	3000times Cycles @100%DOD and 6000times @80% DOD	
	Monthly Self Discharge	Less than 3%	
	Efficiency of Charge	100% @0.5C	
Charge	Efficiency of Discharge	96-99% @1C	
	Charge Voltage	14.4±0.2V	
	Standard Charge Current	20A	
Discharge	Max.Charge Current	50A	
	Standard Discharge Current	80A	
	Max. Continuous Current	100A	
	Discharge Cut-off Voltage	10V	
Environmental	Peak Discharge Current	400A(3s)	
	Charge Temperature	0°C-55°C (>0.1C)	-20°C-0°C(≤0.1C)
	Discharge Temperature	-20°C-60°C	@60±25% Relative Humidity
Storage Temperature	-20°C-45°C		
Dimensions	260*170*208mm		
Case / IP class	Plastic case / IP65		
Terminal	M8		
Approx Weight	11.5Kg		



## Ficha técnica del inversor de corriente:

11. El aparato no quedará expuesto a golpes ni a sobrecargas, y no se colocará sobre superficies de baldas, bases como armarios.

**LEA TODAS LAS INSTRUCCIONES**  
**Instrucciones de seguridad específicas para los inversores:**

- **ADVERTENCIA** - Para reducir el riesgo de descarga eléctrica:
  - No conecte el cableado de distribución de CA.
  - No haga ninguna conexión o desconexiones eléctricas en las áreas señaladas como **ÁREAS PROHIBIDAS**. Esto incluye el tipo conexión del administrador del cargador de CC en el enchufe. Esta unidad no es adecuada para las áreas protegidas de la ignición.
  - NUNCA sumerja la unidad en el agua ni en ningún otro líquido, ni la utilice cuando esté húmeda.
  - No introduzca objetos extraños en el tornamonte de CA ni en el puerto USB.
  - No conecte un concentrador USB o más de un dispositivo electrónico personal a cada puerto USB.
  - **Cables de extensión.** Al usar un cable de extensión, asegúrese de que los pines del cable de extensión son el mismo número, tamaño y forma que los del enchufe y esté seguro de usar un producto adecuado. Un cable de extensión provocará una disminución en el voltaje de la línea, lo cual producirá una pérdida de potencia y sobrecalentamiento. La siguiente tabla muestra la medida correcta que debe utilizarse según la longitud del cable y la capacidad nominal en amperios indicada en la placa. En caso de duda, utilice el calibre inmediatamente superior. Cuando menor es el número de calibre, más grueso es el cable.

Longitud del cable en pie	10-50'	50-100'	100-150'	150-200'	200-250'	250-300'
15A	12	12	12	12	12	12
20A	12	12	12	12	12	12
25A	12	12	12	12	12	12
30A	12	12	12	12	12	12
35A	12	12	12	12	12	12
40A	12	12	12	12	12	12
45A	12	12	12	12	12	12
50A	12	12	12	12	12	12
60A	12	12	12	12	12	12
70A	12	12	12	12	12	12
80A	12	12	12	12	12	12
90A	12	12	12	12	12	12
100A	12	12	12	12	12	12

**El uso de cables de extensión al aire libre.** Cuando un artefacto conectado a esta unidad se usa al aire libre, utilice cables de extensión diseñados para ser utilizados al aire libre. **Tenga en cuenta que este inversor no está diseñado a ser utilizado al aire libre.**

- **ADVERTENCIA** - Para reducir el riesgo de incendio:
  - No opere cerca de materiales, vapores o gases inflamables.
  - No lo exponga al calor extremo o a las llamas.
- **ADVERTENCIA** - Para reducir el riesgo de lesiones o daño a la propiedad:
  - Al utilizar esta unidad en un vehículo, revise el manual del usuario del vehículo para ver el máximo rango de potencia y la salida recomendada. No lo instale en el compartimento del motor. Instálelo en un área bien ventilada.
  - Desconecte el enchufe de su aparato del enchufe del inversor antes de trabajar en el aparato.
  - No intente conectar o configurar la unidad o sus componentes mientras maneja su vehículo. El hecho de no prestar atención a la carretera puede tener como consecuencia un accidente grave.
  - Siempre utilice el inversor en lugares adecuadamente ventilados. No bloquee las ranuras de ventilación.

• Da vuelta siempre al inversor apagado desconectándolo de la fuente de energía cuando no se usó.

- Confírmese de que el voltaje que indica nominal sea 12 voltios de CC, conexión de centro positivo (+).
- No utilice con positivo a tierra eléctrica systems, conexión de potencial inversa hará un fusible quemado y puede causar daños permanentes al inversor y anular la garantía.
- La mayoría de los automóviles modernos, vehículos recreativos y camiones en negativo a masa.
- Tenga en cuenta que este inversor no funciona con aparatos de alta potencia o equipos en voltaje que producen calor, como calentadores, secadores de cabello, hornos de microondas y tostadores.
- No abra el inversor: no hay piezas que el usuario pueda reparar en su interior. Apertura del inversor anulará la garantía del fabricante.
- No utilice este inversor con dispositivos médicos. No se ha comprobado su funcionamiento en aplicaciones médicas.
- No utilice este inversor con dispositivos médicos. No se ha comprobado su funcionamiento en aplicaciones médicas.
- Siga estas instrucciones y las publicadas por el fabricante de la batería y de cualquier equipo que tenga la intención de utilizar con esta unidad. Revise las indicaciones de precauciones en estos productos y en el motor.
- Instale y opere la unidad solamente como se describe en este manual de instrucciones.
- **ADVERTENCIA** - Para reducir el riesgo de daño a la propiedad:
  - **El inversor de la energía debe conectarse solo a las baterías con una tensión nominal de 12 voltios. La unidad no funcionará con una batería de 6 voltios y sufrirá daños permanentes si se conecta a una batería de 24 voltios.**
  - Siempre conecte el inversor a la fuente de energía de cc de 12 voltios antes de conectar cualquier dispositivo al inversor.
  - La tornamonte estándar de América del Norte de 120 voltios CA y los puertos USB permiten al usuario operar varios dispositivos simultáneamente. Simplemente enchufe el equipo en la unidad y opere normalmente.
  - Asegúrese de que la potencia en voltios de todos los equipos enchufados simultáneamente en el inversor no exceda los 1000 vatios continuos a la unidad puede sobrecalentarse y apagar.
- **ADVERTENCIA** - Dispositivos recuperables
  - Algunos dispositivos recuperables están diseñados para cargarse al ser enchufados directamente en un tornamonte de CA. Estos dispositivos pueden dañar el inversor o el circuito que se está cargando.
  - Al utilizar un dispositivo recuperable, supervise la temperatura durante los primeros 10 minutos de uso para determinar si genera calor en exceso.
  - Si produce calor en exceso, esto indica que el dispositivo no debe utilizarse con este inversor.
  - Este problema no se presenta con la mayoría de los equipos operados con batería. La mayoría de estos dispositivos utiliza un cargador o transformador por separado que está enchufado en un tornamonte de CA.
  - El inversor puede funcionar con la mayoría de los cargadores y transformadores.
- **ADVERTENCIA** - Productos incompatibles: Certos productos contienen fuentes de energía o circuitos que no son compatibles con los inversores que utilizan una salida de onda senoidal modificada (como este inversor), que pueden dañarse al utilizar este inversor. Si su producto requiere una alimentación de entrada de CA de onda senoidal pura para funcionar correctamente, es posible que lo indique el manual de instrucciones de su producto. En caso de duda, debe comunicarse con el fabricante de su producto ANTES DE UTILIZARLO.

12. Instale un soporte para cables o interruptor cerca del terminal positivo (+) de la batería de energía (batería de celda).

13. Presione el botón de encendido para encender el inversor. Se entra en modo de arranque y el LCD iluminado y los indicadores de alimentación / fallo USB se activan para indicar que el inversor está funcionando correctamente y los de tornamonte de CA de 120 voltios están listos para alimentar aparatos que están haciendo 1000W de salida continua y USB hasta 3.1A. Consulte "Indicadores de alimentación y de fallo en la pantalla LCD" para obtener una explicación de los iconos de funcionamiento y de fallo.

14. Pruebe el inversor apagado en un enchufe de una lámpara o equipo de 100 vatios. Si el inversor no funciona correctamente, consulte la sección de características de protección y la sección de solución de problemas de este manual.

**ADVERTENCIAS**

- En general, se recomienda utilizar un cable y un fusible del tamaño indicado. Consulte siempre el Código de Electricidad Nacional competente antes de empezar cada instalación.
- Los conectores sueltos pueden hacer que los cables se sobrecalienten y que el aislamiento se dañe.
- Compruebe para asegurarse de que no hay ningún cable suelto.
- Los daños ocasionados por potencia inversa no están cubiertos por nuestra garantía.

**Información importante sobre los cables**

El inversor se recomienda utilizar un cable y un fusible del tamaño indicado. Consulte siempre el Código de Electricidad Nacional competente antes de empezar cada instalación.

Los conectores sueltos pueden hacer que los cables se sobrecalienten y que el aislamiento se dañe.

Compruebe para asegurarse de que no hay ningún cable suelto.

Los daños ocasionados por potencia inversa no están cubiertos por nuestra garantía.

**Información importante sobre los cables**

La pérdida considerable de potencia y el menor tiempo de operación de la batería se debe a conexiones hechas con cables que no pueden suministrar una potencia plena. Los síntomas de potencia baja o la batería pueden deberse a que los cables son excesivamente largos o a un cable sueltito.

15. Este indicador indica una condición de avería de terminal de alta de voltaje de entrada. El icono de fallo y el icono de batería leña se iluminarán sólidos y la unidad emitirá tres pitidos cada cinco segundos. Refiera a la sección siguiente para una explicación.

16. Este indicador indica una condición de avería de terminal de alta de voltaje de entrada. El icono de fallo y el icono de batería leña se iluminarán sólidos y la unidad emitirá tres pitidos cada cinco segundos. Refiera a la sección siguiente para una explicación.

17. Este indicador indica una condición de avería de terminal de alta de voltaje de entrada. El icono de fallo y el icono de batería leña se iluminarán sólidos y la unidad emitirá tres pitidos cada cinco segundos. Refiera a la sección siguiente para una explicación.

18. Este indicador indica una condición de avería de terminal de alta de voltaje de entrada. El icono de fallo y el icono de batería leña se iluminarán sólidos y la unidad emitirá tres pitidos cada cinco segundos. Refiera a la sección siguiente para una explicación.

19. Este indicador indica una condición de avería de terminal de alta de voltaje de entrada. El icono de fallo y el icono de batería leña se iluminarán sólidos y la unidad emitirá tres pitidos cada cinco segundos. Refiera a la sección siguiente para una explicación.

20. Este indicador indica una condición de avería de terminal de alta de voltaje de entrada. El icono de fallo y el icono de batería leña se iluminarán sólidos y la unidad emitirá tres pitidos cada cinco segundos. Refiera a la sección siguiente para una explicación.

21. Este indicador indica una condición de avería de terminal de alta de voltaje de entrada. El icono de fallo y el icono de batería leña se iluminarán sólidos y la unidad emitirá tres pitidos cada cinco segundos. Refiera a la sección siguiente para una explicación.

22. Este indicador indica una condición de avería de terminal de alta de voltaje de entrada. El icono de fallo y el icono de batería leña se iluminarán sólidos y la unidad emitirá tres pitidos cada cinco segundos. Refiera a la sección siguiente para una explicación.

23. Este indicador indica una condición de avería de terminal de alta de voltaje de entrada. El icono de fallo y el icono de batería leña se iluminarán sólidos y la unidad emitirá tres pitidos cada cinco segundos. Refiera a la sección siguiente para una explicación.

24. Este indicador indica una condición de avería de terminal de alta de voltaje de entrada. El icono de fallo y el icono de batería leña se iluminarán sólidos y la unidad emitirá tres pitidos cada cinco segundos. Refiera a la sección siguiente para una explicación.

25. Este indicador indica una condición de avería de terminal de alta de voltaje de entrada. El icono de fallo y el icono de batería leña se iluminarán sólidos y la unidad emitirá tres pitidos cada cinco segundos. Refiera a la sección siguiente para una explicación.

26. Este indicador indica una condición de avería de terminal de alta de voltaje de entrada. El icono de fallo y el icono de batería leña se iluminarán sólidos y la unidad emitirá tres pitidos cada cinco segundos. Refiera a la sección siguiente para una explicación.

27. Este indicador indica una condición de avería de terminal de alta de voltaje de entrada. El icono de fallo y el icono de batería leña se iluminarán sólidos y la unidad emitirá tres pitidos cada cinco segundos. Refiera a la sección siguiente para una explicación.