



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS**  
**RENOVABLES**



**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO  
AUTÓNOMO (SFA) PARA EL SUMINISTRO ELÉCTRICO DE UNA  
VIVIENDA DE LA COMUNIDAD NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
CABANILLA - LAMPA - PUNO”**

**Bach. FREDY YENH PARI CENTENO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:  
INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES**

**ASESOR:  
M. Sc. REYNALDO CONDORI YUCRA**



**JULIACA - PERÚ**  
**2024**



---

---

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS  
RENOVABLES**



**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO  
AUTÓNOMO (SFA) PARA EL SUMINISTRO ELÉCTRICO DE UNA  
VIVIENDA DE LA COMUNIDAD NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
CABANILLA - LAMPA - PUNO”**

**Bach. FREDY YENH PARI CENTENO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:  
INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES**

**ASESOR:  
M. Sc. REYNALDO CONDORI YUCRA**



**JULIACA - PERÚ**  
**2024**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS**  
**RENOVABLES**



**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO  
AUTÓNOMO (SFA) PARA EL SUMINISTRO ELÉCTRICO DE UNA  
VIVIENDA DE LA COMUNIDAD NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
CABANILLA-LAMPA-PUNO”**

Bach. Fredy Yenh Pari Centeno

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN ENERGÍAS  
RENOVABLES

Asesor: M.Sc. Reynaldo Condori Yucra

Juliaca, 2024

Pari, C. F. Y. (2024). *Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico autónomo (sfa) para el suministro eléctrico de una vivienda de la comunidad Néstor Cáceres Velásquez Cabanilla-Lampa-Puno*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Juliaca.

**AUTOR:** Fredy Yenh Pari Centeno

**TÍTULO:** Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico autónomo (SFA) para el suministro eléctrico de una vivienda de la comunidad Néstor Cáceres Velásquez Cabanilla-Lampa-Puno.

**PUBLICACIÓN:** Juliaca, 2024

**DESCRIPCIÓN:** Cantidad de páginas (94 pp)

**NOTA:** Tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería Energías Renovables – Universidad Nacional de Juliaca.

**CÓDIGO:** 02-000029-02/C76

**NOTA:** Incluye bibliografía

**ASESOR:** M.Sc. Reynaldo Condori Yucra

**PALABRAS CLAVE:**  
autodesk inventor, energía eléctrica, energías renovables, sistema fotovoltaico autónomo.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ENERGIAS RENOVABLES**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO  
AUTÓNOMO (SFA) PARA EL SUMINISTRO ELÉCTRICO DE UNA  
VIVIENDA DE LA COMUNIDAD NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
CABANILLA-LAMPA-PUNO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN ENERGIAS RENOVABLES**

**Presentado por:**

Bach. Fredy Yenh Pari Centeno

**Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:**

**Dr. WASHINGTON MIGUEL  
SONCCO VILCAPIZA**

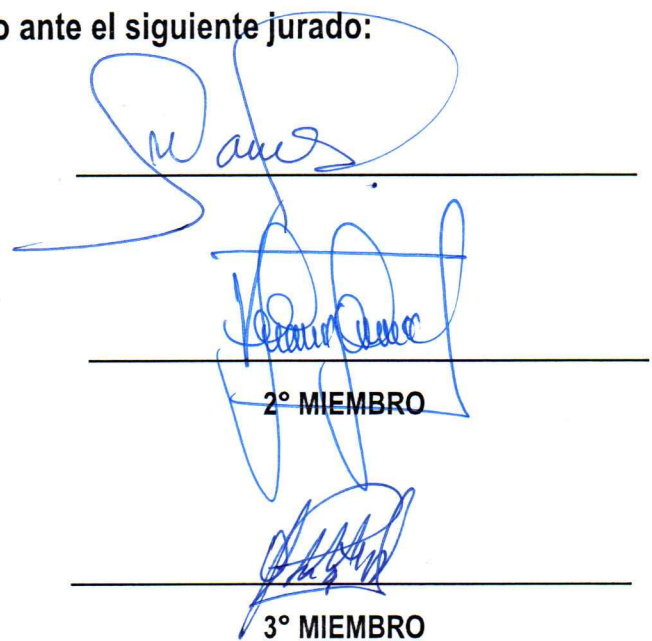
**PRESIDENTE DE JURADO**

**Dr. URIEL QUISPE MAMANI**

**JURADO (secretario)**

**Mg. CESAR ENRIQUE YUPANQUI  
BENDITA**

**JURADO (Vocal)**



2° MIEMBRO

3° MIEMBRO



**Mg. REYNALDO CONDORI YUCRA  
ASESOR DE TESIS**

# Fredy Yenh Pari Centeno

## “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO (SFA) PARA EL SUMINISTRO EL...

Universidad Nacional de Juliaca

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:410492192

Fecha de entrega

29 nov 2024, 10:30 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

3 dic 2024, 12:00 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO (SFA) PARA EL SUMINI....pdf

Tamaño de archivo

5.3 MB

107 Páginas

13,574 Palabras

80,746 Caracteres




## 9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

### Fuentes principales

- 7%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 6%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión



#### Texto oculto

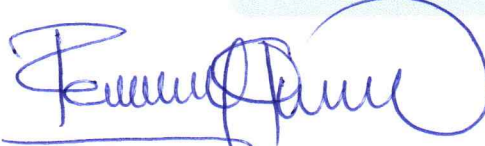
61 caracteres sospechosos en N.º de páginas

El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

iii

  
MG. REYNALDO CONDORI YUCRA  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

*A Dios, por su amor incondicional y la fuerza que me otorgo con ello me permitieron seguir adelante y cumplir mis metas y propósitos.*

*A mis padres, hermanos por su comprensión y apoyo constante que me ofrecen hasta el día de hoy, son un motivo para lograr mis metas.*

*A mi hija Isabel Aracely por ser un componente esencial en mí vida, y por su amor incondicional.*

*A soledad Mary, por su apoyo y comprensión.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mi alma mater “Universidad Nacional de Juliaca”, por formarme para ser una persona capaz ante toda adversidad, que me vio crecer durante mis cinco años.*

*A la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables, a los docentes que me compartieron todo su conocimiento y guiaron en todo mi proceso académico.*

*A la Comunidad Néstor Cáceres Velásquez ubicado en el distrito de Cabanilla por darme la oportunidad de elaborar mi proyecto de tesis.*

*A mi mentor de tesis, M.Sc Reynaldo Condori Yucra, por sus recomendaciones e instrucciones durante todo el desarrollo de mi proyecto de estudio.*

*A mi gran amigo Ing. Peter Nelson Cutimbo Quispe por su apoyo y orientación.*

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
INDICE GENERAL .....	vi
INDICE DE TABLAS .....	x
INDICE DE FIGURAS .....	xi
INDICE DE ANEXOS .....	xiv
SIGLAS Y ABREVIATURAS .....	xv
RESUMEN .....	xvii
ABSTRACT .....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	xix
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>20</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>20</b>
1.1. Descripción del problema.....	20
1.2. Preguntas de la investigación científica .....	21
1.2.1. Problema general.....	21
1.2.2. Problema específico .....	21
1.3. Objetivos de la investigación .....	21
1.3.1. Objetivo general .....	21
1.3.2. Objetivos específicos .....	21
1.4. Justificación de la investigación.....	21
1.4.1. Justificación técnica .....	21
1.4.2. Justificación económica .....	22
1.4.3. Justificación ambiental.....	22
1.4.4. Justificación social .....	22
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>23</b>

<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>23</b>
2.1. Antecedentes de la investigación .....	23
2.2. marco teórico.....	25
2.2.1. Energías renovables .....	25
2.2.2. Energía solar .....	27
2.2.3. Radiación solar.....	28
2.2.4. Radiación de dispersión .....	29
2.2.5. Radiación difusa.....	29
2.2.6. Radiación de albedo .....	29
2.2.7. Hora solar pico .....	30
2.2.8. Energía solar fotovoltaica .....	31
2.2.9. Componentes de los sistemas fotovoltaicos.....	31
2.2.10. Curvas características de los módulos fotovoltaicos.....	33
2.2.11. Eficiencia del módulo .....	33
2.2.12. Factor de forma .....	34
2.2.13. Asociación en serie paralelo .....	34
2.2.14. Acumuladores de carga.....	35
2.2.15. Tipos de acumuladores de carga .....	36
2.2.16. Capacidad.....	36
2.2.17. Profundidad de descarga .....	37
2.2.18. Asociación de las baterías .....	37
2.2.19. Regulador de carga.....	38
2.2.20. Tipos de reguladores de carga.....	39
2.2.21. Inversor de corriente .....	40
2.2.22. Autodesk Inventor.....	40
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>41</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>41</b>
3.1. Ambito de estudio .....	41
3.2. Hipótesis.....	42
3.2.1. Hipótesis general.....	42
3.2.2. Hipótesis específico .....	42

3.3. Materiales y equipos.....	42
3.3.1. Recursos humanos.....	42
3.4. Metodología.....	42
3.5. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico .....	44
3.5.1. Recolección de datos.....	44
3.5.2. Analisis del recurso solar .....	44
3.5.3. Analisis de maxima demanda de consumo electrico .....	46
3.5.4. Cuadro de cargas.....	48
3.5.5. Rendimiento global de la instalacion .....	48
3.5.6. Calculo de paneles solares .....	50
3.5.7. Calculo de baterias .....	53
3.5.8. Calculo del regulador de carga.....	54
3.5.9. Calculo del inversor .....	55
3.6. Implementación del sistema fotovoltaico.....	55
3.6.1. Diseño de la estrucutra.....	55
3.6.2. Módulos fotovoltaicos.....	67
3.6.3. Inversor CC/CA .....	69
3.6.4. Controlador de carga.....	71
3.6.5. Bateria .....	73
3.7. Factibilidad económica del sistema fotovoltaico .....	75
3.7.1. Presupuesto para la implementacion del sistema fotovoltaico.....	75
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>80</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>80</b>
4.1. Resultados del diseño de un sistema fotovoltaico autónomo .....	80
4.2. Resultados de la implementación de un sistema fotovoltaico autónomo .....	82
4.2.1. Producción de energía.....	83
4.2.2. Potencia del generador fotovoltaico.....	84
4.2.3. Tension maxima del generador fotovoltaico.....	85
4.2.4. Consumo de energia.....	85
4.3. Resultados de análisis económico de un sistema fotovoltaico autónomo .....	86
4.3.1. Tiempo de recuperacion.....	86

<b>CAPITULO V</b> .....	<b>88</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>88</b>
5.1. Conclusiones .....	88
5.2. Recomendaciones .....	89
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>90</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>93</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Radiación solar Kwh/m <sup>2</sup> - mes .....	44
<b>Tabla 2.</b> Temperatura máxima y mínima.....	46
<b>Tabla 3.</b> Demanda de consumo eléctrico en Corriente Alterna (AC).....	47
<b>Tabla 5.</b> Tensión nominal del sistema en función de la potencia .....	50
<b>Tabla 6.</b> Especificaciones técnicas Jinko Solar .....	69
<b>Tabla 7.</b> Especificaciones técnicas del Phoenix .....	70
<b>Tabla 8.</b> Regulador de carga .....	73
<b>Tabla 9.</b> Parámetros técnicos de la batería.....	75
<b>Tabla 10.</b> Componentes del sistema fotovoltaico autónomo .....	75
<b>Tabla 11.</b> Componentes eléctricos del sistema fotovoltaico autónomo.....	76
<b>Tabla 12.</b> Tiempo de vida útil de los componentes fotovoltaicos .....	77
<b>Tabla 13.</b> Costo del sistema fotovoltaico autónomo.....	77
<b>Tabla 14.</b> Flujo de caja .....	78
<b>Tabla 15.</b> Sección del cable .....	83
<b>Tabla 16.</b> Registros de Tasa Interna de Retorno (TIR).....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Informe de producción de energía por zona.....	26
<b>Figura 2.</b> Informe mensual de operación RER .....	26
<b>Figura 3.</b> Informe mensual de centrales solares .....	27
<b>Figura 4.</b> Energía solar .....	28
<b>Figura 5.</b> Intensidad media de la radiación solar sobre la superficie terrestre .....	29
<b>Figura 6.</b> Hora solar pico.....	30
<b>Figura 7.</b> Energía solar fotovoltaica .....	31
<b>Figura 8.</b> Características de un módulo fotovoltaico .....	32
<b>Figura 9.</b> Curva característica P-I-V .....	33
<b>Figura 10.</b> Conexión en serie .....	34
<b>Figura 11.</b> Conexión en paralelo .....	35
<b>Figura 12.</b> Curva de profundidad de descarga de una batería .....	37
<b>Figura 13.</b> Conexión de batería en serie .....	38
<b>Figura 14.</b> Conexión de batería en paralelo .....	38
<b>Figura 15.</b> Inversor Victron energy. ....	40
<b>Figura 16.</b> Ubicación de la vivienda.....	41
<b>Figura 17.</b> Diagrama de la metodología. ....	43
<b>Figura 18.</b> Diagrama de carga .....	48
<b>Figura 19.</b> Estructura monoposte.....	56

<b>Figura 20.</b> Asignación de cargas .....	58
<b>Figura 21.</b> Esfuerzo máximo .....	59
<b>Figura 22.</b> Detalle de desplazamiento .....	60
<b>Figura 23.</b> Factor de seguridad .....	61
<b>Figura 24.</b> Valores del factor de longitud efectiva K .....	62
<b>Figura 25.</b> Tubo redondo de 2" .....	63
<b>Figura 26.</b> Características del tubo redondo de 2" .....	65
<b>Figura 27.</b> Instalación de monoposte con panel solar.....	67
<b>Figura 27.</b> Módulo fotovoltaico.....	68
<b>Figura 29.</b> Instalacion de modulo fotovoltaico.....	68
<b>Figura 30.</b> Inversor Phoenix .....	70
<b>Figura 31.</b> Instalación de inversor Phoenix .....	70
<b>Figura 32.</b> Controlador de carga.....	71
<b>Figura 33.</b> Instalacion del regulador de carga en un tablero electrico.....	72
<b>Figura 34.</b> Batería .....	74
<b>Figura 34.</b> Curva característica de descarga.....	74
<b>Figura 36.</b> Curva Radiación de manera mensual.....	80
<b>Figura 37.</b> Curva pico solar .....	81
<b>Figura 38.</b> Radiación Solar diaria vs Temperatura del aire .....	81
<b>Figura 39.</b> Diagrama de cargas de cada equipo.....	82

<b>Figura 40.</b> Producción de Energía .....	83
<b>Figura 41.</b> Potencia máxima .....	84
<b>Figura 42.</b> Voltaje mínimo y máximo de la batería.....	85
<b>Figura 43.</b> Voltaje mínimo y máximo de la batería.....	85
<b>Figura 44.</b> Flujo de caja acumulado .....	87

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Instalación del panel solar y sus componentes .....	93
<b>Anexo 2.</b> Instalación de un tablero de distribución del panel solar.....	94
<b>Anexo 3.</b> Montaje del tablero de distribución e inversor.....	94
<b>Anexo 4.</b> Extracción de datos de la estación meteorológica y RETScreen instalación del panel solar y sus componentes.....	95
<b>Anexo 5.</b> Especificaciones técnicas del Sistema Fotovoltaico Autónomo.....	97
<b>Anexo 6.</b> Diagramas de un sistema fotovoltaico autónomo en AutoCAD .....	105

## SIGLAS Y ABREVIATURAS

MPPT	: Seguimiento del punto de máxima potencia
STC	: Condición estándar de prueba
COES SINAC	: Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional
SFA	: Sistema Fotovoltaico Autónomo
SFCR	: Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red
OSINERGMIN	: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
EM	: Energía y Minas
RER	: Recursos Energéticos Renovables
MINEM	: Ministerio de Energía y Minas
DREM	: Dirección Regional de Energía y Minas
HSP	: Hora Solar Pico
IEEE	: Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
ANSI	: Instituto Nacional Estadounidense de Estándares
IEC	: Comisión Electrotécnica Internacional
ASTM	: Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales
CC	: Corriente Continua
AC	: Corriente Alterna
PMP	: Punto de Máxima Potencia
VPM	: Tensión Máxima de Potencia
IPM	: Corriente de Máxima Potencia
VOC	: Tensión de Circuito Abierto
IOC	: Corriente de Corto Circuito

VAN	: Valor Actual Neto
TIR	: Tasa Interna de Retorno
DLEG	: Decreto Legislativo
FOSE	: Fondo de Compensación Social Eléctrica
AISC	: Instituto Americano de Construcción en Acero
IGV	: Impuesto General a las Ventas

## RESUMEN

La investigación se enfoca en el desarrollo e instalación de un sistema de energía solar independiente (SFA) para resolver la problemática de carencia energética en un domicilio ubicado en la Comunidad de Néstor Cáceres Velásquez. El análisis consideró la demografía local sin acceso a electricidad, enfocándose particularmente en una residencia con demanda energética superior. La metodología incluyó el cálculo técnico mediante una hoja de cálculo especializada y el software Autodesk Inventor para el diseño estructural, determinando un requerimiento energético diario de 2053.56 Wh. La selección de componentes contempló diversos equipos fotovoltaicos, optando finalmente por un panel Jinko Solar JKM410M-72 con capacidad de 410 Watts, un convertidor Phoenix de 800 Watts, un regulador Victron BlueSolar de 20 Amperios y dos acumuladores NVS de 150 Ah. El estudio de factibilidad financiera arrojó indicadores favorables: un VAN positivo de S/ 184.45, una TIR del 8% y un lapso de recuperación de la inversión de 11 años. Esta alternativa energética constituye una respuesta ecológicamente responsable para la electrificación domiciliaria, elevando el bienestar poblacional mientras favorece la conservación ambiental.

**Palabras clave:** autodesk inventor, energía eléctrica, energías renovables, sistema fotovoltaico autónomo.

## ABSTRACT

The research focuses on the development and installation of an independent solar energy system (SFA) to solve the problem of energy deficiency in a home located in the Community of Néstor Cáceres Velásquez. The analysis demonstrated local demographics without access to electricity, focusing particularly on one residence with higher energy demand. The methodology included technical calculation using a specialized spreadsheet and Autodesk Inventor software for structural design, determining a daily energy requirement of 2053.56 Wh. The selection of components included various photovoltaic equipment, finally opting for a Jinko Solar JKM410M-72 panel with a capacity of 410 Watts, an 800-Watt Phoenix converter, a 20 Amp Victron BlueSolar regulator and two 150Ah NVS accumulators. The financial feasibility study showed favorable indicators: a positive NPV of S/ 184.45, an IRR of 8% and an investment recovery period of 11 years. This energy alternative constitutes an ecologically responsible response to home electrification, increasing population well-being while promoting environmental conservation.

**Keywords:** autonomous photovoltaic system, autodesk inventor., electric energy, renewable energy.

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto aborda el Diseño e Implementación de un Sistema Fotovoltaico Autónomo (SFA) destinado al suministro eléctrico de una vivienda ubicada en la Comunidad Néstor Cáceres Velásquez, Distrito de Cabanilla, Provincia de Lampa, Departamento de Puno. la elección de esta localidad responde a la necesidad de proporcionar una solución sostenible y eficiente para el acceso al suministro eléctrico.

En la actualidad, la electricidad representa un recurso vital cuyo consumo aumenta progresivamente, siendo crucial para sistemas de iluminación, refrigeración y equipos motorizados en nuestra sociedad.

La implementación de sistemas fotovoltaicos autónomos emerge como una solución sustentable e innovadora para abastecer las necesidades energéticas de 30 residencias en zonas remotas. Esta tecnología no solo eleva el estándar de vida de los habitantes, sino que aprovecha eficientemente los altos niveles de radiación solar disponibles en la zona, promoviendo así la adopción de energías limpias y renovables.

En este proyecto se analizará la implementación técnica de un Sistema Fotovoltaico Autónomo adaptado a una demanda de 2053.56 Wh/día en AC. La instalación se ubicará en las coordenadas -15.5135 (latitud), -70.3490 (longitud), a 3873 m.s.n.m. El diseño cumple con la normativa NTP 399.103, incorporando un panel solar de 410 W, un controlador de carga de 20 A, un inversor de 800 W y dos unidades de almacenamiento de 150 Ah cada una.

Asimismo, este proyecto tiene el fin de proporcionar una solución energética sostenible que contribuya al desarrollo y bienestar de la Comunidad Néstor Cáceres Velásquez, sirviendo como ejemplo de la viabilidad y beneficios de la energía solar, se pretende no solo iluminar hogares, sino también iluminar vidas y empoderar a comunidades para un futuro más sostenible.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción del problema

En la actualidad la crisis económica está estrechamente vinculada con la crisis energética global, derivada de la dependencia del petróleo. El 90% del consumo energético mundial proviene de fuentes convencionales (petróleo, carbón y gas natural), cuyos precios han alcanzado niveles extraordinariamente elevados. Esta situación resalta la urgencia de transformar la matriz energética peruana hacia fuentes renovables.

Según el INEI (Instituto Nacional de estadística e Informática), hasta el año 2019 el 19.9% de población no cuenta con electrificación por red pública y el 79.1% de la población rural si cuenta con electricidad, dando una mejora significativa a los años anteriores.

De acuerdo con el COES SINAC, para 2019 Perú contaba con 47 centrales de Energías Renovables que generaron 4402.3 GWh, con una potencia instalada de 1131.75 MW. Este desarrollo abarca diversas fuentes renovables: solar, geotérmica, hidráulica, biomasa y mareomotriz, respaldado por políticas de promoción energética.

El gobierno peruano está impulsando el uso de las energías renovables según el Artículo 3° de DLEG-1002-2008. El plan nacional de las energías renovables promueve el desarrollo de programas y proyectos de energías renovables, que tienden ser para el cuidado del medio ambiente y mejorar la calidad de vida de la población.

La zona de estudio comprende 30 viviendas sin acceso a electricidad, limitando su desarrollo socioeconómico. Se propone implementar sistemas fotovoltaicos aislados para lograr independencia energética local. Esta investigación explora el aprovechamiento de energía solar limpia como solución sostenible para la comunidad.

## **1.2. Preguntas de la investigación científica**

### **1.2.1. Problema general**

- ¿Será el diseño e implementación de un sistema fotovoltaico autónomo (SFA) la solución de la falta de suministro de energía eléctrica de una vivienda de la Comunidad de Néstor Cáceres Velásquez?

### **1.2.2. Problema específico**

- ¿En qué medida utilizará el dimensionamiento del sistema fotovoltaico autónomo (SFA) los parámetros de diseño fotovoltaico?
- ¿Será adecuada la implementación del sistema fotovoltaico autónomo (SFA) para una correcta generación fotovoltaica?
- ¿Será el sistema fotovoltaico autónomo (SFA) viable económicamente?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo general**

- Diseñar e implementar un sistema fotovoltaico autónomo (SFA) para solucionar la falta de suministro de energía eléctrica de una vivienda de la Comunidad de Néstor Cáceres Velásquez

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Dimensionar el sistema fotovoltaico autónomo (SFA) considerando los parámetros de diseño fotovoltaico.
- Implementar un sistema fotovoltaico autónomo (SFA) para una correcta generación fotovoltaica.
- Evaluar la viabilidad económica del sistema fotovoltaico autónomo (SFA).

## **1.4. Justificación de la investigación**

### **1.4.1. Justificación técnica**

El propósito de este estudio es desarrollar e implementar un sistema fotovoltaico autónomo (SFA) para solucionar la falta de suministro de energía eléctrica de una vivienda de la Comunidad de Néstor Cáceres Velásquez, en el departamento de Puno

contamos con una radiación solar global de 5.89 kW/m<sup>2</sup>, es un indicador de ser rentable para la generación de energía eléctrica en un sistema aislado.

#### **1.4.2. Justificación económica**

En cuanto a la economía se justifica ya que tendrá un impacto positivo para el desarrollo de sus actividades como el comercio y pequeñas industrias; No cabe duda que al acceso de la energía eléctrica se tiene mayor crecimiento económico. La implementación de la tecnología solar requiere de recursos económicos, los cuales serán altos al inicio. Se tendrá en cuenta que la inversión será recuperada de manera significativa en el costo de la energía eléctrica.

#### **1.4.3. Justificación ambiental**

La mala calidad de energía eléctrica enfocado en armónicos de tensión y corriente no solo perjudica en los centros educativos, empresas, hospitales e industrias etc. Si no que también a los clientes de baja tensión conectados a la red eléctrica, por lo cual todos merecemos una energía permanente sin cortes y de buena calidad.

#### **1.4.4. Justificación social**

Se tiene entendido que con la implementación del sistema fotovoltaico en zonas rurales donde no existe acceso a la energía eléctrica distribuido por Electro Puno, se descarta el uso de generadores eléctricos a combustible, mecheros. En tal sentido el uso de paneles solares mejorara la calidad de vida de los pobladores de dicho lugar.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

El investigador, Nieves y Aristizábal (2013) Desarrolla un prototipo de un sistema fotovoltaico autónomo con capacidad de suministrar potencia de una carga bajo las condiciones de radiación solar global. Dimensiono el sistema fotovoltaico con las mediciones de radiación solar global de  $3.89 \text{ kWh/m}^2$ , este permite alimentar  $535,7 \text{ Wh/día}$  con un panel solar de  $200 \text{ Wp}$ , batería de  $55 \text{ Ah}$  a  $24 \text{ V}$ .

El investigador Prado Mora (2008) Realizó un diseño para un sistema de electrificación rural híbrido fotovoltaico - generador a diésel para la demanda de energía eléctrica en una comunidad nativa aislada de la red eléctrica con un aproximado de 130 viviendas ubicado en la Isla Cartí Panamá. Al inicio investiga sobre formas de conversión de la energía solar en electricidad a partir de celdas solares; luego realizo un análisis sobre los sistemas fotovoltaicos autónomos para el correcto dimensionamiento de los componentes a utilizar. Realiza un estudio sobre los niveles promedios de radiación solar en la zona de estudio; estima el consumo eléctrico diario, recopila información sobre costos de los componentes fotovoltaica, determina el presupuesto para la implementación del sistema híbrido. Al finalizar propone un financiamiento para el proyecto.

Los investigadores, Ladino (2011) Indicó que para acceder al suministro de energía eléctrica es mediante programas sociales que buscan el mejoramiento de la calidad de vida. Sostiene también que la única comunidad de Vereda de Carapuna es beneficiada con la instalación de paneles solares y que luego de su instalación no cuentan con mantenimiento y control técnico de estos sistemas. Los componentes que se usaron para su instalación son paneles solares, controlador de carga, acumuladores de carga y el inversor que son aprovechadas en zonas rurales, centros de salud, escuelas.

Los investigadores, Ortega, Hernández, y García (2013) tuvieron como objetivo indagar, realizar mediciones y evaluaciones de las características de la calidad de energía eléctrica para sistemas fotovoltaicos, lo cual estos índices de mediciones de campo tomadas en una planta de energía fotovoltaica se caracterizó en términos de Calidad de Energía (PQ) y se

Al analizar la planta fotovoltaica, se detectó que los niveles de distorsión armónica total (THD) excedieron los límites establecidos por las regulaciones nacionales e internacionales.

Torres y Condori (2019) diseñaron un sistema de bombeo fotovoltaico para abastecer agua a 138 familias en la comunidad del Remanso, Loreto. Utilizando PVsyst, dimensionaron una instalación con 170 paneles Ameri Solar de 320 Wp (6 en serie, 18 en paralelo) y una bomba sumergible de 4 kW, siguiendo una metodología descriptiva no experimental.

La investigadora Vilca Choque (2020) el estudio se centró en el diseño e implementación de un sistema fotovoltaico conectado a red en Juliaca, adaptado a las condiciones geográficas y climatológicas locales. La instalación, con potencia de 2.16 kW, integró 8 módulos fotovoltaicos policristalinos de 270W y 8 microinversores de 215W. El sistema alcanzó una producción anual de 4,561.62 kWh con eficiencia del 93.13%. El análisis económico reveló una inversión inicial de S/.25,404.24, VPN de S/.8,566.26, TIR del 12% y periodo de recuperación de 8 años.

Los investigadores Pulido y Ledesma (2021), La investigación se enfocó en dimensionar un sistema fotovoltaico aislado para suministrar electricidad a la I.E 14508 del centro poblado Las Huacas, Piura. La metodología abarcó el cálculo del consumo energético, evaluación de irradiancia y selección de componentes, validando los resultados con el software PVsyst. El sistema, diseñado para una irradiancia de 5.3 kWh/m<sup>2</sup>, incorpora 8 paneles de 415W, un controlador de 3760W, inversor de 5000VA y sistema de almacenamiento de 12 baterías con dos días de autonomía. Considerando la tarifa rural FOSE con subsidio del 77.5%, el costo se estableció en S/. 24.23, demostrando su viabilidad económica.

La investigadora Chura Palli (2020), La investigación abordó el diseño e implementación de un sistema fotovoltaico conectado a red (SFCR) en Juliaca, utilizando un inversor Sunny Boy. El sistema integra 12 módulos policristalinos de 270 Wp y un inversor de 3 kW, generando 6142.56 kWh/año. La instalación requirió S/. 19,985.29, con recuperación en 10 años, demostrando viabilidad económica.

El investigador Mendoza (2023), tuvo como objetivo dimensionar un sistema fotovoltaico como alternativa para solucionar las deficiencia de la producción de leche de ganado ovino que presenta los establos del distrito de Pomacochas en la región Amazonas, la metodología fue en cuatro puntos, el primero determinar la radiación solar de la zona, segundo la máxima demanda del establo, tercero dimensionar el sistema fotovoltaico y seleccionar los componentes y el cuarto punto se validó con el software Pvsyst, los resultados determinaron que si se puede implementar este tipo de sistemas el costo de inversión es factible.

El investigador (Quintanilla Rodríguez, 2020) tuvo como objetivo diseñar un Sistema Solar Fotovoltaico Aislado para suministrar de energía eléctrica la localidad de PATAHUASI – PAMPA CAÑAHUAS en donde toma como base para el diseño el número de pobladores y su respectico consumo eléctrico obteniendo una energía total de 325.86 kWh/día. A la vez realiza la comparación de diferentes componentes para así determinar el más adecuado, finalmente realiza el análisis económico, obtuvo un VAN positivo de S/. 442645.07 y un TIR del 5% y un periodo de recuperación de la inversión de 17 años.

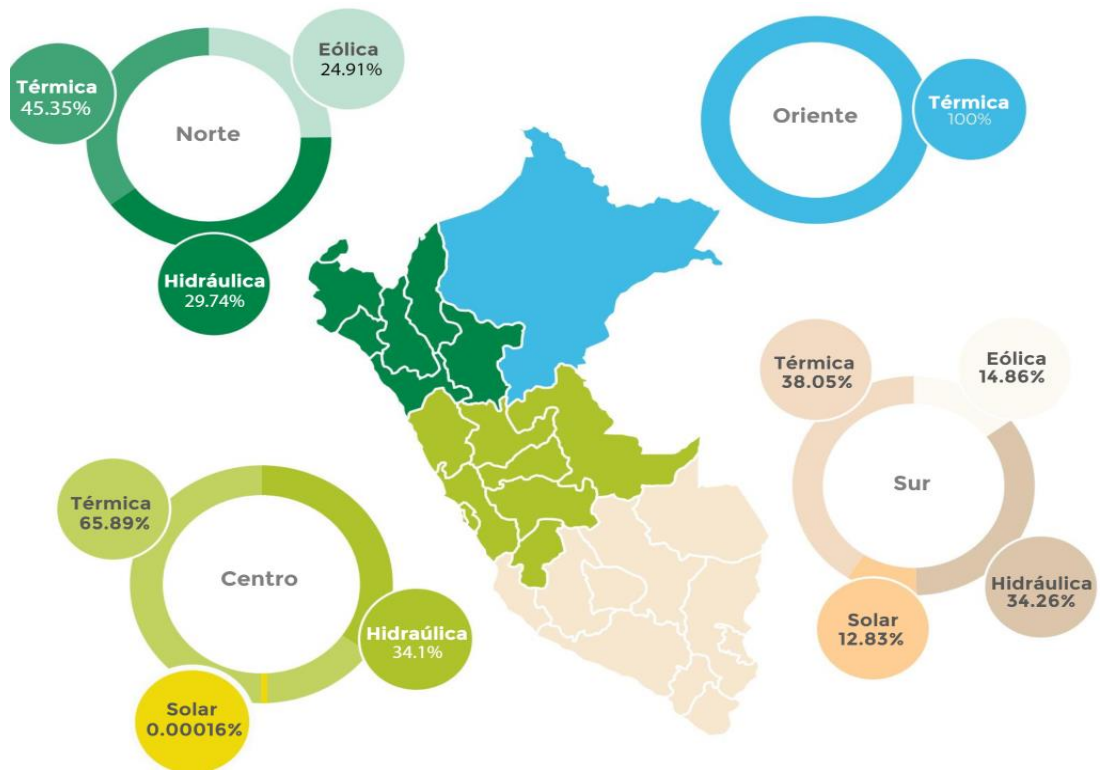
## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. Energías renovables**

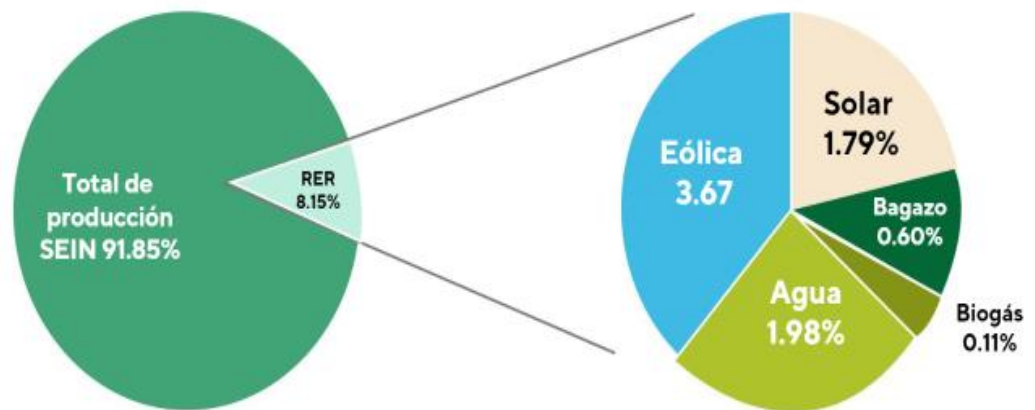
Las energías renovables son fuentes que aprovechan los recursos naturales inagotables sin alterar el ecosistema, manteniéndose disponibles durante toda la existencia humana, sin modificar el entorno natural durante su aprovechamiento. (Tobajas Vazquez, 2008).

Las energías renovables provienen de recursos naturales inagotables como sol, viento y agua. Se clasifican como no convencionales la biomasa, geotérmica, mareomotriz, solar fotovoltaica, eólica y mini-hidráulica.

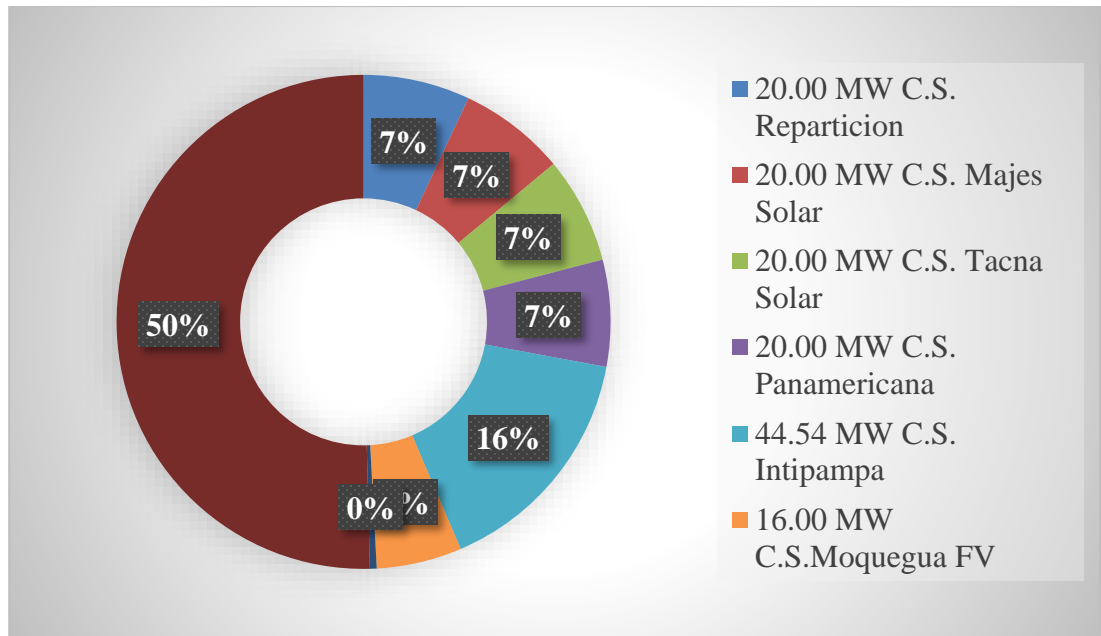
En la figura 1. Tenemos la producción de energía eléctrica por Recurso Energético Renovable (RER), del mes de agosto 2023.



**Figura 1.** Informe de producción de energía por zona (MINEM, 2023)



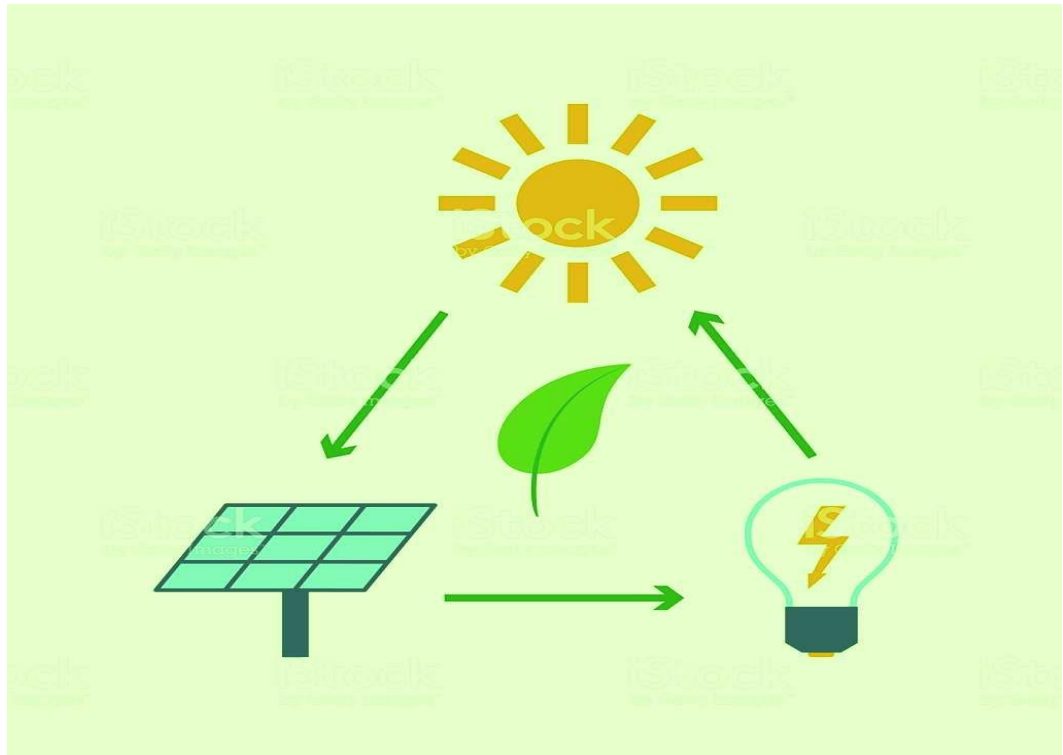
**Figura 2.** Informe mensual de operación RER (COES, 2023)



*Figura 3.* Informe mensual de centrales solares (COES, 2023)

### 2.2.2. Energía solar

La energía solar es una fuente renovable porque no se agota y se puede aprovechar en cualquier momento, suficiente para satisfacer las necesidades energéticas de una familia, esta se puede transformar en calor, preferentemente de color negro absorba la energía solar y la transforma en calor que puede ser usados para calentar ambientes, agua, secado, etc. (Manfredo, 2023). La energía solar es crucial, ya que esta va cambiar la matriz energética mundial para reducir los gases de efecto invernadero.



*Figura 4.* Energía solar

### **2.2.3. Radiación solar**

La radiación solar que llega a la superficie terrestre, después de atravesar la atmósfera, experimenta diversas influencias. Esta radiación se ve disminuida debido a fenómenos como la dispersión, la reflexión en las nubes y la absorción por moléculas gaseosas, como el ozono y el vapor de agua (Chambi, 2018) así como partículas en suspensión, entre otros factores, Es la cantidad de radiación electromagnética emitida por el sol. El Sol es una estrella con una temperatura media de  $5500^{\circ}\text{C}$ , y se producen una serie de reacciones que producen una pérdida de masa que se convierte en energía. Esta energía liberada es transmitida al exterior por la energía solar.



*Figura 5.* Intensidad media de la radiación solar sobre la superficie terrestre (Mendez & Cuervo, 2007)

#### **2.2.4. Radiación de dispersión**

La dispersión ocurre cuando un fotón choca contra un obstáculo sin ser absorbido, cambiando solo la dirección de viaje de ese fotón. La dispersión depende de la longitud de onda en el sentido de que cuanto más corta es la longitud de onda, mayor es la dispersión. Las moléculas de gas, que son de tamaño relativamente pequeño en comparación con la longitud de onda, hacen que la radiación entrante se disperse en todas direcciones.

#### **2.2.5. Radiación difusa**

Es la radiación emitida por toda la esfera celeste visible desde la superficie (excluyendo la emitida por el disco solar, que corresponde a la radiación directa) como resultado de difracción, reflexión y otros fenómenos (Vicente, 2016).

#### **2.2.6. Radiación de albedo**

Es radiación directa difusa. Un panel solar recibe reflejos de su entorno suelo u otra superficie cercana (Vicente, 2016).

### 2.2.7. Hora solar pico

La Hora Solar Pico (HSP) representa el período diario con radiación solar efectiva, oscilando entre 3-7 horas según ubicación y temporada, con una radiación estándar de  $1000 \text{ W/m}^2$ . Este concepto simplifica el cálculo de la irradiación total diaria, convirtiendo la curva variable de radiación en un período equivalente de radiación constante.

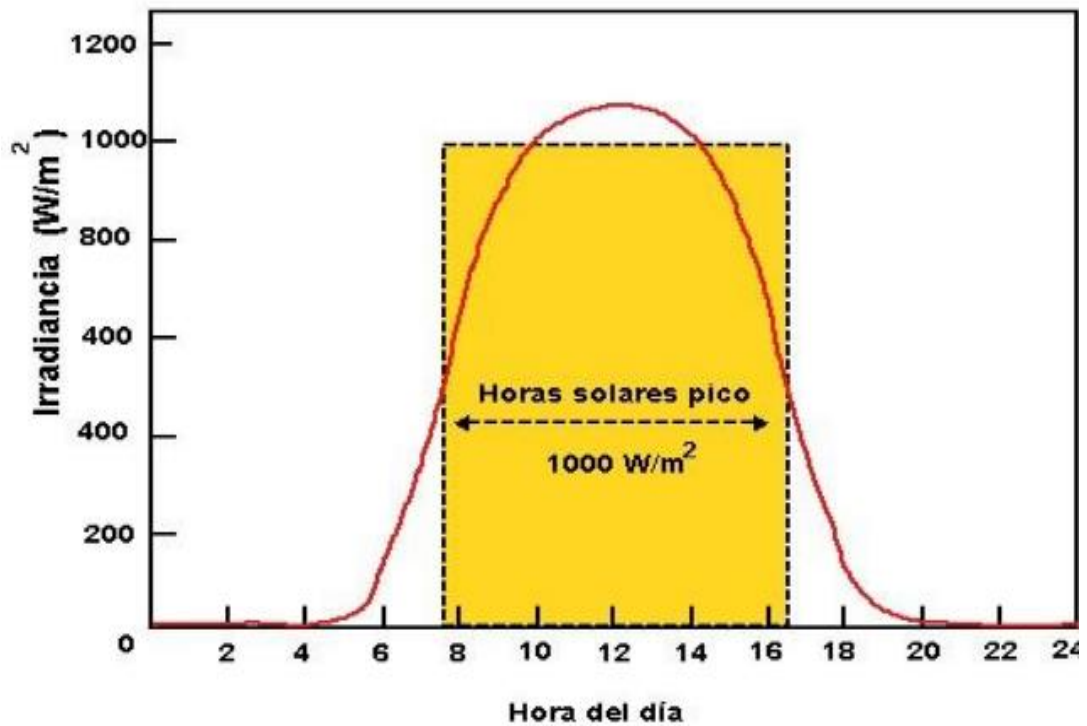
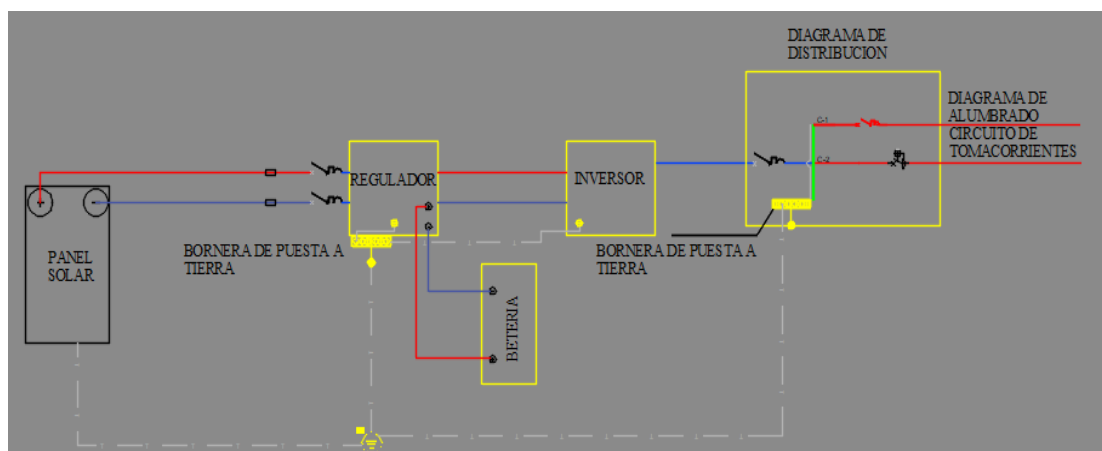


Figura 6. Hora solar pico

## 2.2.8. Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía renovable que produce electricidad, obtenida directamente de la radiación solar por medio de un dispositivo semiconductor llamado celda fotovoltaica, o por deposición de metal sobre un sustrato llamado celda fotovoltaica (Abad y Flores, 2016)

Este tipo de energía se utiliza para alimentar multitud de aplicaciones y dispositivos independientes, alimentar tejados o casas aisladas de la red y producir electricidad a gran escala a través de redes de distribución. Debido a la creciente demanda de energías renovables, la producción de células solares e instalaciones fotovoltaicas ha aumentado significativamente en los últimos años. De 2001 a 2015, hubo un crecimiento exponencial en la producción de energía fotovoltaica.

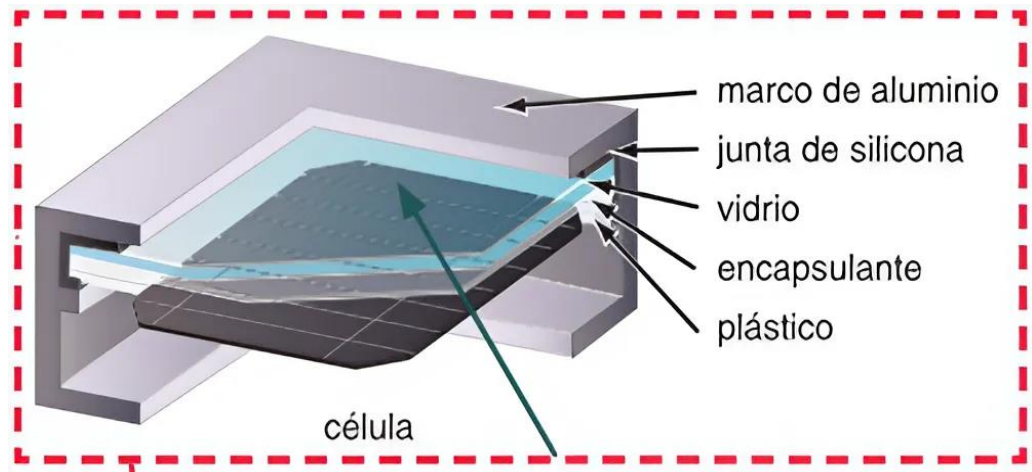


*Figura 7.* Energía solar fotovoltaica (aporte propio)

## 2.2.9. Componentes de los sistemas fotovoltaicos

### a. Módulos fotovoltaicos

Un módulo fotovoltaico incorpora varias celdas solares conectadas en serie y/o paralelo para alcanzar los niveles de voltaje y corriente, teniendo en cuenta que cada celda produce alrededor de 0.5V.



**Figura 8.** Características de un módulo fotovoltaico (Díaz y Carmona, 2010)

**b. Silicio monocristalino**

Las secciones transversales de varillas de silicio son perfectamente finas, cristalizado en una sola pieza. En laboratorio el mayor rendimiento se logró con un 24,7%, dado que este tipo de panel solar representa el 16% de los paneles vendidos en el mercado, este tipo de panel solar se utiliza en lugares donde la diferencia de temperatura no es grande, porque la temperatura cambia mucho.

La temperatura puede hacer que falle o se dañe (Huanca, 2022).

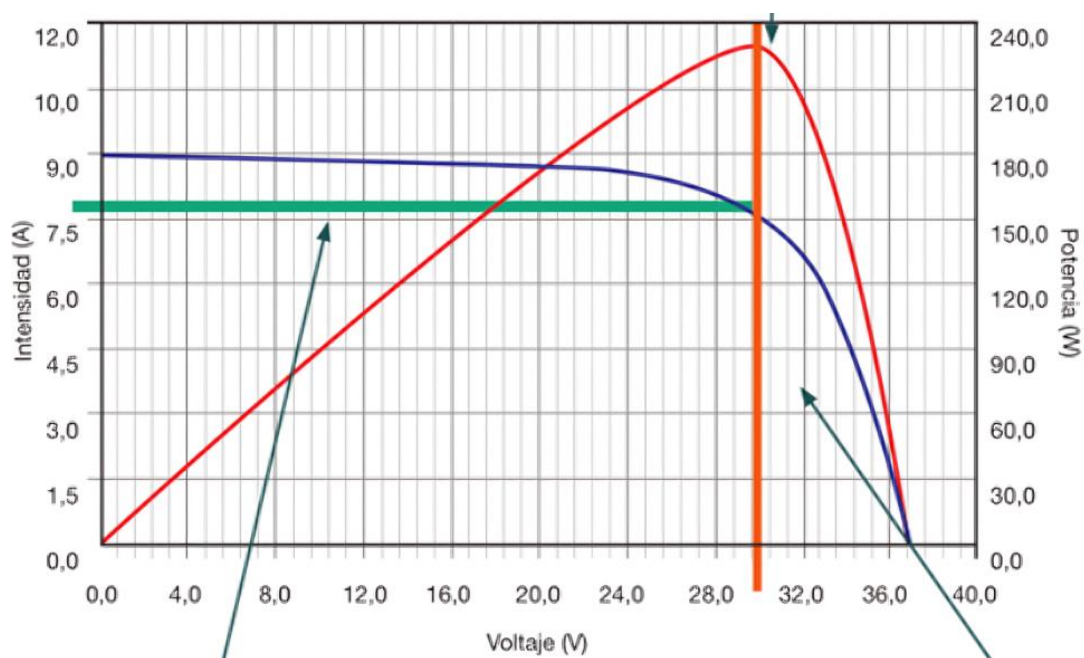
**c. Silicio policristalino**

El proceso de cristalización del silicio es diferente, los paneles policristalinos se basan en diferentes partes de la varilla de silicio se construyen aleatoriamente en formas pequeñas de cristal. Su aspecto granulado los hace muy fáciles de reconocer visualmente. En comparación con el silicio monocristalino, alcanzan un rendimiento inferior (19,8% en laboratorio, 14% de los módulos comerciales) su precio también es inferior, pero también es de este tipo los paneles solares son los más utilizados porque pueden soportar mayores diferencias de temperatura. Una región ordenada por regiones separadas, se reconoce por que en su superficie se distinguen distintos tonos azules, grises metálicos (Huanca, 2022).

### 2.2.10. Curvas características de los módulos fotovoltaicos

En la siguiente figura se presenta la curva característica de intensidad-tensión y potencia de un módulo fotovoltaico, que también está incluido la curva que describe la relación entre la potencia eléctrica por el módulo fotovoltaico su tensión eléctrica.

- Irradiación solar 1000W/m<sup>2</sup>
- Temperatura de célula 20 °C
- Incidencia normal
- Distribución espectral AM 1.5



**Figura 9.** Curva característica P-I-V (Díaz y Carmona, 2010)

### 2.2.11. Eficiencia del módulo

La eficiencia es la relación entre la potencia eléctrica generada por el módulo y la radiación incidente sobre sí mismo. Es decir, es la relación de la potencia máxima a la potencia luminosa recibida por la célula.

$$\eta = \frac{V_{MPP} \cdot I_{MPP}}{P_L} = \frac{V_{MPP} \cdot I_{MPP}}{\text{Area} \cdot \text{Irradiacion}} \quad ( 1 )$$

### 2.2.12. Factor de forma

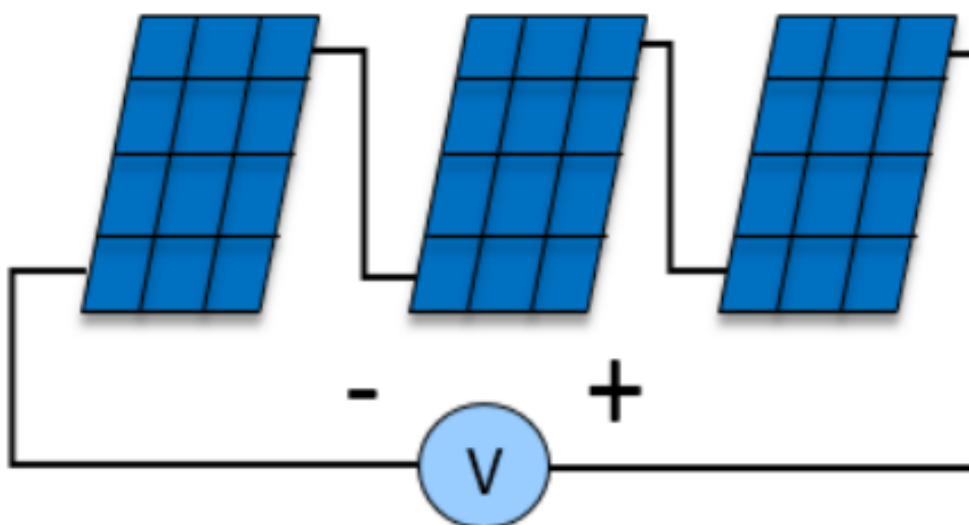
Se refiere al cociente entre la máxima potencia eléctrica, que resulta de la tensión en circuito abierto y la corriente de cortocircuito.

$$FF = \frac{V_{MPP} \cdot I_{MPP}}{V_{OC} \cdot I_{SC}} \quad ( 2 )$$

### 2.2.13. Asociación en serie paralelo

#### a. Asociación en serie

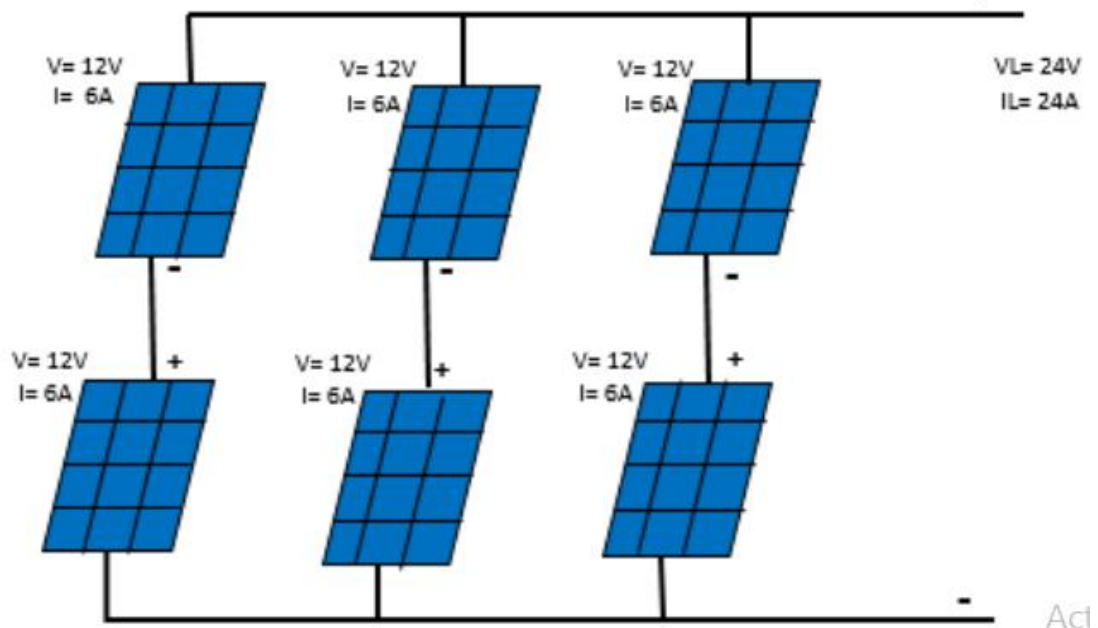
Se conecta la conexión en serie de paneles solares vincula el positivo de un panel con el negativo del siguiente, dejando un terminal negativo al inicio y un positivo al final para conectar al regulador. Esta configuración suma los voltajes mientras mantiene constante la intensidad de corriente.



*Figura 10.* Conexión en serie (Rubio Muñoz, 2019).

#### b. Asociación en paralelo

La conexión en paralelo suma las intensidades de corriente mientras mantiene el mismo voltaje de los paneles individuales. Se utiliza cuando el voltaje del panel coincide con el de las baterías y el controlador.



*Figura 11.* Conexión en paralelo (Rubio Muñoz, 2019)

#### 2.2.14. Acumuladores de carga

Un banco de baterías o acumulador es una combinación en serie y/o paralelo de varias baterías compactas o contenedores independientes conectados de tal manera que se obtenga el voltaje requerido y la suficiente capacidad de almacenamiento de energía. Los acumuladores son generalmente de 12, 24 y 48 voltios.

En una instalación solar fotovoltaica, aislada de la red, donde debemos acumular energía de una forma u otra, el uso de baterías permite alimentar el sistema. Por lo tanto, las baterías son componentes fundamentales, que requieren un conocimiento profundo de sus características, propiedades específicas y limitaciones. Solo así se puede conseguir su correcta instalación y uso en el sistema, alargando su vida útil y aumentando su nivel de fiabilidad.

En la mayoría de los sistemas fotovoltaicos autónomos, la tensión de salida de los paneles fotovoltaicos no es constante y puede variar, por lo que, para estabilizar la tensión suministrada al dispositivo o inversor electrónico, también se requiere la existencia de la batería o banco de baterías. La batería actúa, así como acoplador entre el módulo y el resto del sistema, imponiendo una tensión de funcionamiento constante al módulo solar.

En los sistemas fotovoltaicos autónomos, también es necesaria la presencia de una batería o batería de reserva para estabilizar la tensión de alimentación al dispositivo electrónico o inversor, ya que la tensión de salida del módulo fotovoltaico no es constante y puede variar. De esta forma, la batería actúa como acoplador entre el módulo y el resto del sistema, aplicando una tensión de trabajo constante al módulo fotovoltaico.

### **2.2.15. Tipos de acumuladores de carga**

- Estacionarias monoblock están formados de un solo bloque, vienen de fábrica con una tensión de 12V, suelen usarse en instalaciones pequeñas.
- Estacionarias traslucidas son baterías de un solo vaso con una tensión de 2V con una descarga profunda del 80%, pueden permitir ciclos profundos de descarga diaria con buenos resultados ante cualquier consumo.
- Estacionarias herméticas son denominadas sin mantenimiento, ese tipo de batería pueden ser selladas gelificadas, pueden ubicarse en cualquier lugar sin preocupación de derrames.

### **2.2.16. Capacidad**

La potencia de salida de una batería se ve afectada por el diseño y la química de la batería, el número de placas, el tamaño de la placa y la gravedad específica del electrolito afectan la potencia de salida. La capacidad real de la batería siempre es menor que la capacidad nominal de la batería. La vida útil de la batería afecta la capacidad de uso de la batería.

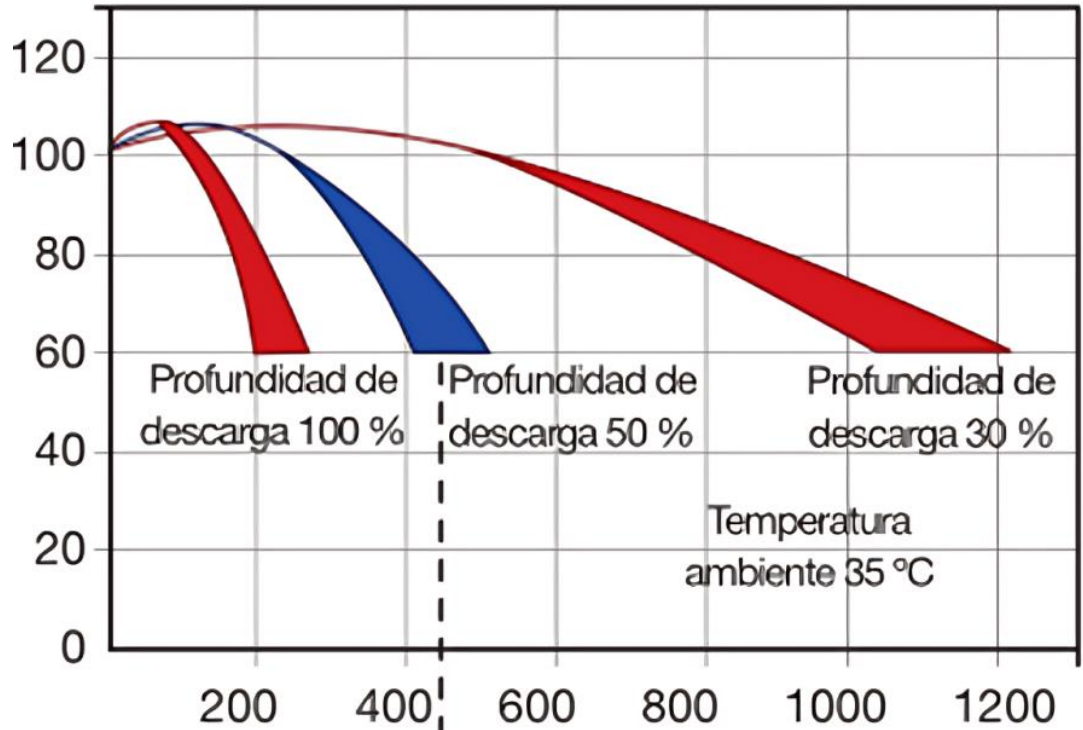
La capacidad de una batería se define como la cantidad de electricidad que puede entregar, medida en amperios-hora Ah. Los parámetros que determinan la capacidad de la batería son:

- Duración de descarga
- Temperatura
- Intensidad de descarga
- Tensión final

$$\text{Regimen carga/descarga}(h) = \frac{C_N(\text{Ah})}{I_{\text{carga/descarga}} (A)} \quad ( 3 )$$

### 2.2.17. Profundidad de descarga

El nivel de descarga simboliza el porcentaje total de capacidad que una batería emplea durante un ciclo. Los sistemas fotovoltaicos emplean baterías de ciclo profundo para soportar varios días de consumo continuo.



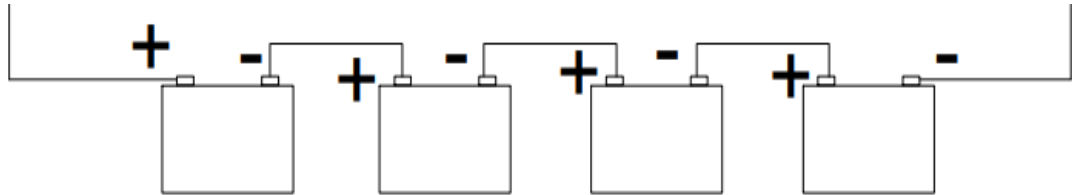
*Figura 12.* Curva de profundidad de descarga de una batería. (Diaz & Carmona, 2010)

La temperatura tiene un efecto significativo en la batería, su funcionamiento óptimo se da en un rango térmico que puede oscilar entre los 20°C y los 25°C, un aumento de temperatura de unos 10°C por encima puede reducirla su vida a la mitad.

### 2.2.18. Asociación de las baterías

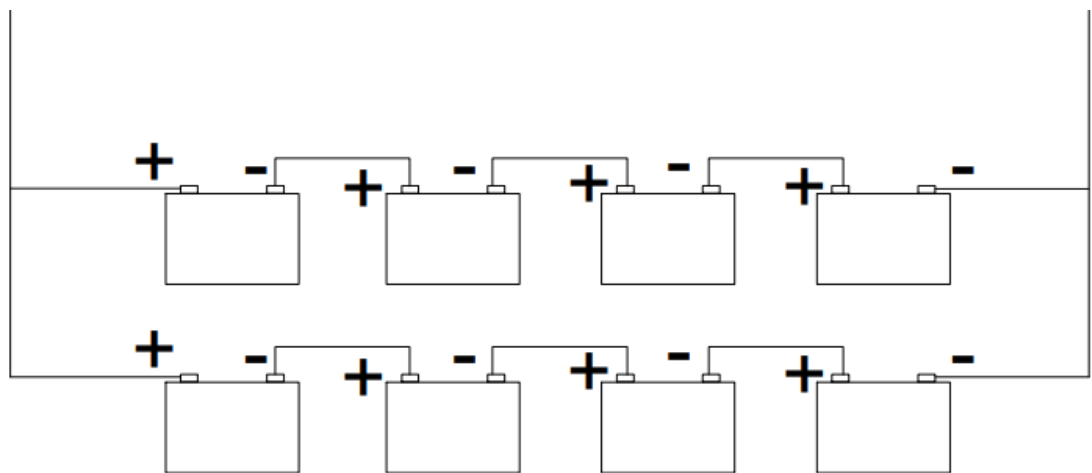
Conexión en serie permite aumentar la tensión de alimentación controlando el valor de la potencia nominal. El voltaje producido es el resultado de sumar todos los voltajes por batería. Se utiliza una conexión en serie de baterías para proporcionar un voltaje más alto. Normalmente los voltajes de las baterías que hay en el mercado son

de 6V 12V 24V y 48V. Por ejemplo, se puede formar un banco de 48V a 100Ah conectando en serie una batería de 48V a 100Ah o cuatro baterías de 12V a 100Ah.



**Figura 13.** Conexión de batería en serie (Gradella y Gozoli, 2012).

Conexión en paralelo todos los polos positivos y todos los polos negativos están conectados individualmente. Esto mejora la capacidad de mantener el mismo valor de voltaje. La capacidad es igual a la suma de todas las capacidades de cada batería, y es igual al producto de la capacidad de cada batería por el número de baterías, que se dice que tienen las mismas características.



**Figura 14.** Conexión de batería en paralelo (Gradella y Gozoli, 2012).

### 2.2.19. Regulador de carga

Un regulador o controlador de carga es un dispositivo que protege las baterías contra sobrecargas y descargas excesivas, manteniéndolas dentro de los límites operativos especificados por el fabricante. (NTP 399.403). regula la corriente absorbida por la batería para que no se sobrecargue, pero al mismo tiempo evitar en lo posible que se

detenga para aprovechar la energía que recogen los paneles. Para ello, el regulador debe obtener y medir constantemente, a través de un dispositivo electrónico, el voltaje que indica el estado de carga de la batería, y cuando alcanza el punto de consigna previamente establecido correspondiente al voltaje máximo permisible, debe actuar en consecuencia. La corriente no continúa fluyendo a través de la batería, o solo lo suficiente para mantenerla completamente cargada.

## **2.2.20. Tipos de reguladores de carga**

### **a. Regulador PWM**

Los controladores PWM (Pulse Width Modulation) tienen un solo diodo en su interior, por lo que requieren que el voltaje del controlador sea igual al voltaje de la batería, haciendo que la corriente en la entrada y salida del controlador sea igual, esto implica que las placas deben tener el mismo voltaje que la batería. Una de los mayores inconvenientes es la pérdida de energía que se produce cuando los paneles tienen un voltaje inferior al de la batería.

Ese tipo de controlador es usado en sistemas aislado puesto que en precios es la más económica, de igual manera su eficiencia es muy baja debido a que limitan a los paneles trabajar debajo de su máxima potencia.

### **b. Regulador MPPT**

En general, el controlador con MPPT permite un aumento del 30% en la producción de energía. Aunque más caros, son más beneficiosos, ya que los sistemas fotovoltaicos requieren un menor número de módulos para generar la energía necesaria para el consumo y la carga de las baterías. En general, la decisión de utilizar un controlador MPPT se basa en consideraciones económicas y prácticas. Reducir el número de módulos simplifica la instalación y reduce el tamaño del sistema fotovoltaico. Con una tensión nominal de 12 V, se pueden operar hasta ocho módulos fotovoltaicos. Los sistemas fotovoltaicos de mayor potencia, que tienen una mayor cantidad de módulos, requieren un nivel de voltaje más alto para evitar un exceso de corriente. (Gradella Villalva & Rafael Gozoli, 2012)

### 2.2.21. Inversor de corriente

El inversor es un elemento primordial de un sistema fotovoltaico aislado, es encargado de convertir la corriente en DC a AC. Los inversores pueden de ser de onda modificada y onda sinusoidal pura



*Figura 15.* Inversor Victron energy.

### 2.2.22. Autodesk Inventor

Es un software que nos facilita el modelamiento en 3D, exactos que puede validar el equipo, son herramientas integradas para documentación y diseño mecánico, creación y verificación digital de sistemas de enrutamiento 3D es una forma al ajuste y la función de un diseño antes de construirlo

## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. **Ámbito de estudio**

La investigación se desarrolló en la comunidad Campesina de Néstor Cáceres Velásquez, ubicada en Cabanilla, Lampa, Puno. Sus coordenadas geográficas, obtenidas mediante Google Maps, son: latitud -15.5135325, longitud -70.3490339, a una altitud de 3873 m.s.n.m.



*Figura 16.* Ubicación de la vivienda.

## **3.2. Hipótesis**

### **3.2.1. Hipótesis general**

El diseño e implementación de un sistema fotovoltaico autónomo (SFA) solucionará la falta del suministro de energía eléctrica de una vivienda en la comunidad de Néstor Cáceres Velásquez.

### **3.2.2. Hipótesis específico**

- El dimensionamiento del sistema fotovoltaico autónomo (SFA) considerará adecuadamente los parámetros de diseño fotovoltaico.
- La implementación del sistema fotovoltaico autónomo (SFA) tendrá una adecuada generación fotovoltaica.
- La evaluación de viabilidad económica del sistema fotovoltaico autónomo (SFA) muestra que es viable económicamente.

## **3.3. Materiales y equipos**

Los materiales y equipos a utilizar son: tablero de control, interruptores termomagnéticos baterías, paneles solares, controlador de carga, inversor DC/AC, alicate de corte, fierros galvanizados. Angulo 2", plancha metálica 3/16, amperímetro Fluke, cable solar 6mm<sup>2</sup>, cable 14 AWG,

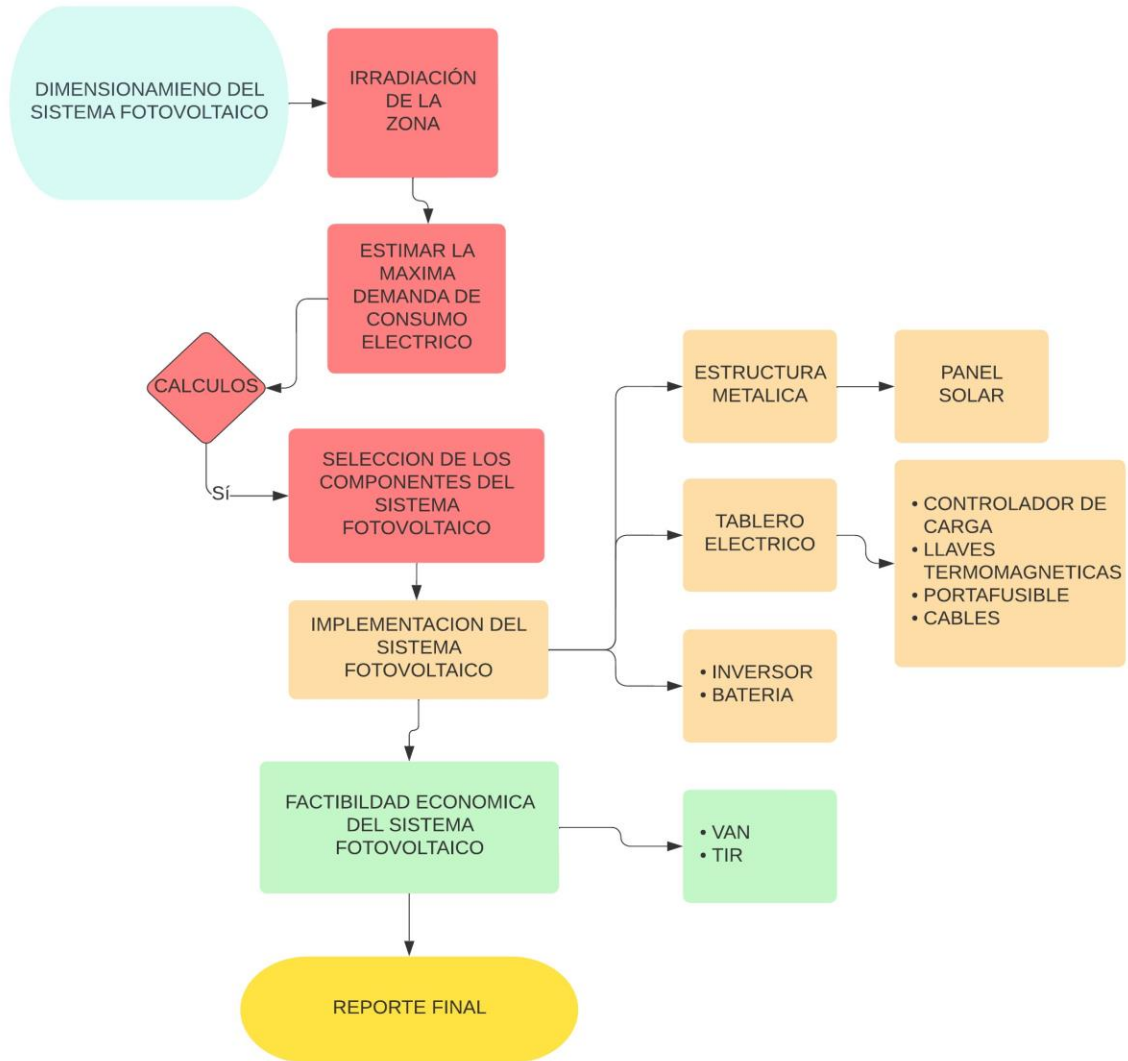
### **3.3.1. Recursos humanos**

- Tesista
- Transporte de materiales
- Personal para ensamblar la estructura

## **3.4. Metodología**

El proyecto de investigación adopta una perspectiva de análisis descriptivo y analítico, porque se describe las características técnicas y económicas, se relaciona los parámetros eléctricos y los datos obtenidos del diseño, se tomó datos referentes de la estación meteorológica del Instituto de Energías Renovables y Eficiencia Energética de la sede Ayabacas y de la NASA, Así también haciendo referencia a las normas técnicas.

Se utilizó el método de síntesis de observación para la obtención de datos del sistema fotovoltaico autónomo, se registraron parámetros del sistema como producción de energía, potencia del generador fotovoltaico  $W$ , tensión máxima y mínima del panel solar  $V$ , consumo de energía  $Wh$



**Figura 17.** Diagrama de la metodología.

### 3.5. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

#### 3.5.1. Recolección de datos

Los datos se recolectaron realizando una visita técnica a cada hogar de dicha comunidad con el fin de recabar información exacta de las necesidades energéticas para realizar el dimensionamiento del sistema autónomo.

#### 3.5.2. Analisis del recurso solar

El diseño propuesto utiliza un sistema de montaje fijo monoposte, que requiere una inclinación óptima orientada al hemisferio norte para maximizar la captación de radiación solar durante todo el año.

Se calculó un Angulo óptimo de 14.40° según la ecuación siguiente.

$$\beta_{opt} = 3.7 + (6.9 * |\varphi|) \quad (4)$$

Donde:

$|\varphi|$  Latitud del lugar

$$\beta_{opt} = 3.7 + (6.9 * |-15.5135325|)$$

$$\beta_{opt} = 14.40433742$$

Con el cálculo de la inclinación óptima se realiza el diseño del sistema fotovoltaico y a la vez la construcción de la estructura solar (monoposte).

**Tabla 1.**

*Radiación solar Kwh/m<sup>2</sup> - mes*

Días del mes	Mayo	Junio	Julio
dia_1	5.59804408	4.65131728	5.87568056
dia_2	5.61947945	5.25881188	5.49749292
dia_3	5.79121884	4.53569425	5.49749292
dia_4	5.8084903	4.59339489	5.73118812
dia_5	5.98420765	4.64388336	5.57959722
dia_6	6.13793434	5.8120781	5.82058659

Continuación:

dia_7	6.09657497	5.98204196	5.67196379
dia_8	5.92335157	6.00672652	5.86543933
dia_9	6.12057692	5.9917337	5.52342216
dia_10	5.26073306	5.69012605	5.41794118
dia_11	5.76512465	6.0341573	5.72816783
dia_12	5.83995845	5.99158333	5.85142053
dia_13	5.21877072	5.89621884	5.6882493
dia_14	5.5734116	5.87993141	5.32074543
dia_15	6.03381344	5.90404432	5.71437588
dia_16	5.99064156	5.92462937	6.01159664
dia_17	5.95836592	5.9545215	5.9146014
dia_18	5.72220979	5.73095105	4.95196629
dia_19	5.54080169	5.9028352	5.93137691
dia_20	6.02486034	5.07779184	5.89511822
dia_21	5.29937413	4.61174402	5.90954483
dia_22	5.73064067	5.79728412	5.97876902
dia_23	6.07602778	4.46862553	5.96816412
dia_24	5.96879334	5.63223152	5.87206086
dia_25	5.43146479	5.24543175	5.90227462
dia_26	5.35246499	5.90684874	5.87749307
dia_27	5.71659693	5.82444292	5.98218837
dia_28	5.91486787	5.78353846	6.05367403
dia_29	6.00136681	5.82526462	6.02907713
dia_30	5.94863128	5.83728532	6.00830579
dia_31	4.31480057		6.06620166
Radiación Kwh/m <sup>2</sup> -mes	5.73430963	5.54650564	5.77858635

Los datos de radiación solar son tomados de la estación meteorológica del Instituto de Energías Renovables y Eficiencia Energética de la sede Ayabacas, se consideraron

mediaciones de los meses Mayo, Junio Julio. Cuyas mediciones tienen el valor más crítico en el mes de junio con una irradiación de 5.54 Kwh/m<sup>2</sup>.

Cabe señalar que según la ecuación (1) y la tabla 5 las horas solar pico (HSP) es de 5.54 h/día y que influirá directamente en el diseño del sistema propuesto.

**Tabla 2.**

*Temperatura máxima y mínima*

	Mayo	Junio	Julio
Temperatura Max	20.71	19.14	18.24
Temperatura Min	-4.57	-4.53	-4.54

### **3.5.3. Analisis de maxima demanda de consumo electrico**

A la actualidad un total de 30 viviendas no está conectadas a la red eléctrica, los pobladores usan grupos electrógenos lo cual estos conllevan a altos costos de combustible, y estos a la vez causan daños auditivos por el ruido que emiten y también daños pulmonares por el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), comentan que solo encienden 1 a 3 horas por día.

Para el realizar el cálculo se tuvo que visitar a los hogares con el fin de verificar las características eléctricas, a su vez ver las horas de funcionamiento de cada equipo electrónico, la información adquirida se plasta en una plantilla excel.

**Tabla 3.***Demanda de consumo eléctrico en Corriente Alterna (AC)*

Demanda energético ac						
Item	Descripción	Cantidad	Potencia (w)	Potencia total (w)	Horas / día	Energía (wh/día)
1	TV	2	80	160	3	480
2	Modem	1	25	25	8	200
3	bomba 0.5 HP	1	375	375	0.3	112.5
4	Cargador de celular	3	10	10	2	60
5	radio	1	25	25	3	75
6	Equipo DVD	2	35	70	3	210
7	laptop	1	65	65	4	260
8	Focos led – exterior	3	10	30	5	150
9	Focos led - interior	2	12	24	3	72
Potencia instalada (w)				715		
Energía requerida por día (wh/día)						1514.5

Según la tabla 3 la energía requerida es:

$$E_T = E_{AC} \quad (5)$$

$E_T$ : Energía Total

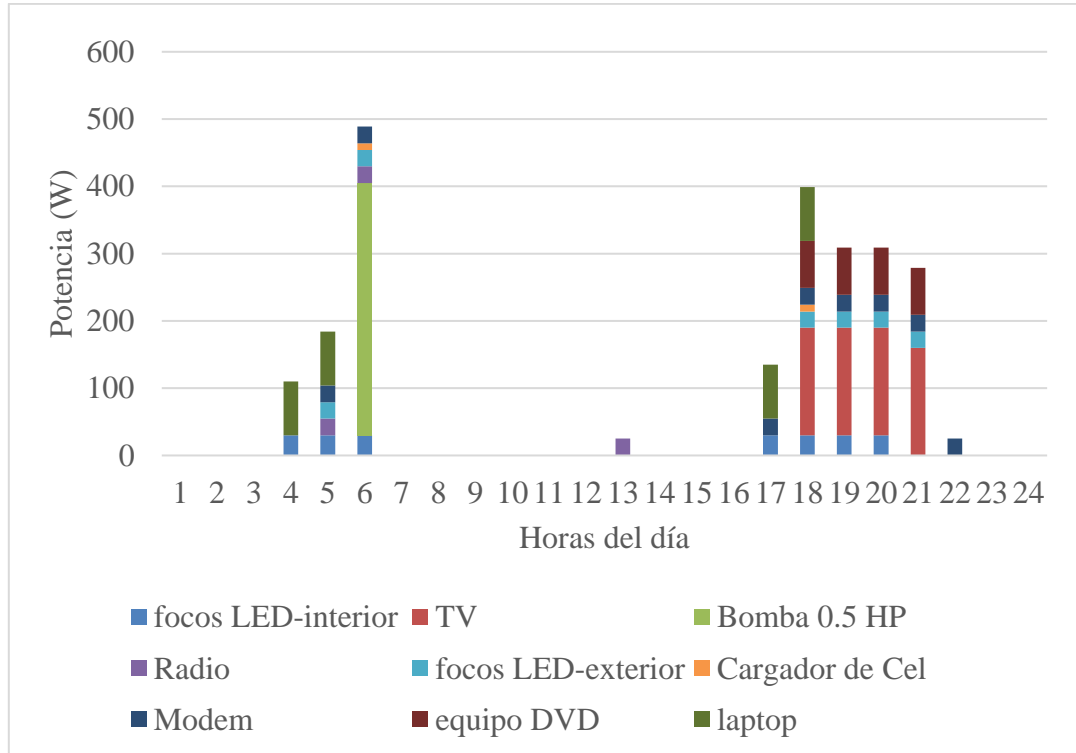
$E_{AC}$ : Energía de Corriente Alterna

$E_{CC}$ : Energía de Corriente Continua

$$E_T = 1514.5 \text{ Wh/día}$$

### 3.5.4. Cuadro de cargas

En el diagrama de cargas se evalúa las horas de consumo de cada equipo en un rango de 24 horas, en el diagrama siguiente se observa que el máximo consumo en el rango de 6:00 a 7:00 de la mañana que supera los 550 W.



**Figura 18.** Diagrama de carga

En la Figura 12 el diagrama de carga nos permite identificar los picos de potencia que debe de alcanzar el sistema estos son debido al uso de la electrobomba y algunos equipos electrónicos, se tiene en cuenta que la potencia pico no durara una hora, cabe mencionar que en algún momento todas las cargas se activaran.

### 3.5.5. Rendimiento global de la instalacion

El consumo teórico de la instalación es de 1514.5 Wh/día, y el rendimiento global de una instalación se calcula con la siguiente formula:

$$R = (1 - k_b - k_i - k_r - k_v) * (1 - \frac{k_a * D_{aut}}{p_a}) \quad ( 6 )$$

Donde:

Kb: Coeficiente de pérdidas por rendimiento en el acumulador.

Ka: Fracción de energía que se pierde por auto descarga.

Ki: Pérdidas por el rendimiento del inversor.

Kr: Pérdidas en el controlador de carga

Kv: Otras pérdidas no consideradas anteriormente.

Nau: Número de días de autonomía para asegurar un servicio sin carga.

Pd: Profundidad máxima de descarga admisible.

Se toma las siguientes constantes:

$$K_b = 0.05$$

$$K_a = 0.005$$

$$K_i = 0.05$$

$$K_r = 0.1$$

$$K_v = 0.05$$

$$P_d = 0.6$$

$$D_{aut} = 1$$

$$R = 0.738$$

Por lo tanto, el consumo real diario es:

$$E = \frac{E_T}{R} \quad (7)$$

$$E = 2053.56 \text{ Wh/día}$$

$$E = 61.61 \text{ kWh/mes}$$

### 3.5.6. Cálculo de paneles solares

Se verifica que el usuario tiene un consumo energético de 2053.56 Wh/día, a continuación, se dimensionara los componentes del sistema fotovoltaico a utilizarse. Se realizó el cálculo de los paneles solares del sistema fotovoltaico asumiendo la demanda de energía requerida, pérdidas en los componentes y la eficiencia del inversor – batería.

**Tabla 4.**

*Tensión nominal del sistema en función de la potencia*

Potencia	Tensión nominal
$P \leq 800 \text{ W}$	12 V
$800 < P \leq 1600 \text{ W}$	24
$1600 > 3200 \text{ W}$	48 V
$P > 3200$	120 ó 300 V

Según la tabla 9 se requiere una potencia instalada que no supera los 800 W se elige una tensión de 24 V.

Se tiene los siguientes datos:

Demanda Energética : 2053.56 Wh/día

HSP : 5.55 h/día

Tensión Nominal : 24 V

Temperatura max : 21 °C

Temperatura min : -5 °C

Cálculo de potencia del generador fotovoltaico

$$P_{G-FV} = \frac{E}{HSP} \quad ( 8 )$$

$$P_{G-FV} = 370.2 \text{ W}$$

**a. Corrección por influencia de la temperatura**

En la tabla 1, se observa los parámetros técnicos del panel solar, se realiza la corrección para determinar la cantidad de paneles solares necesarios.

Temperatura de la celda

$$T_c = T_a + G \left( \frac{TNOCT - 20}{800} \right) \quad ( 9 )$$

Donde:

T<sub>a</sub>: temperatura ambiental

G: irradiancia en condiciones estándares de medida 1000W/m<sup>2</sup>

$$T_c = 54.46 \text{ } ^\circ\text{C}$$

**b. Corrección por temperatura a las características del panel fotovoltaico**

$$\Delta P_{max} = (T_{max} - 25) * coef. T_{pmax} \% / ^\circ\text{C} \quad ( 10 )$$

$$\Delta P_{max} = -16.79 \%$$

$$\Delta V_{oc} = (T_{min} - 25) * coef. T_{Voc} \% / ^\circ\text{C} \quad ( 11 )$$

$$\Delta V_{oc} = 11.24 \%$$

$$\Delta I_{isc} = (T_{max} - 25) * coef. T_{isc} \% / \quad ( 12 )$$

$$\Delta I_{isc} = 0,85\%$$

**c. Potencia máxima corregida**

$$P_{max\ corr} = P_{max} \cdot \left( 1 + \left( \frac{\Delta P_{max}}{100} \right) \right) \quad ( 13 )$$

$$P_{max\ corr} = 341.15\ W$$

**d. Corrección voltaje corto circuito**

$$V_{oc.corr} = V_{oc} \cdot \left( 1 + \left( \frac{\Delta V_{oc}}{100} \right) \right) \quad ( 14 )$$

$$V_{oc.corr} = 41.31\ V$$

**e. Corrección voltaje corto circuito**

$$I_{sc.corr} = I_{sc} \cdot \left( 1 + \left( \frac{\Delta I_{sc}}{100} \right) \right) \quad ( 15 )$$

$$I_{sc.corr} = 14.07\ A$$

**f. Cantidad paneles fotovoltaicos**

La cantidad de paneles solares necesarios se calcula con la siguiente formula

$$N^{\circ}\ paneles = \frac{P_{G-FV}}{P_{max\ corr}} \quad ( 16 )$$

$$N^{\circ}\ paneles = 1$$

Se requiere la cantidad de 1 paneles solares para el sistema fotovoltaico con una capacidad de 410W para cubrir la demanda de energía requerida, se consideró paneles de la marca Jinko solar

**g. Número de paneles en serie**

Se calculó la cantidad de paneles en serie, se verifica que da un valor de 1, esto es porque trabaja a una tensión nominal de 12 voltios

$$N^{\circ}P_s = \frac{V_{nominal}}{V_{mp}} \quad ( 17 )$$

$$N^{\circ}P_s = 1$$

#### h. Número paneles en paralelo

De igual manera, se realizó el cálculo de paneles solares en paralelo esto con el fin de mantener la tensión e incrementar la corriente, el sistema agrupara 2 paneles en paralelo se calculó con la siguiente formula

$$N^{\circ}P_p = \frac{P_{G-FV}}{\left(\frac{P_{max\ corr}}{N^{\circ}P_s}\right)} \quad ( 18 )$$

$$N^{\circ}P_p = 1$$

#### 3.5.7. Calculo de baterías

De acuerdo con la ecuación 4 la energía real requerida del sistema es de 2053.56 Wh/día, se considera 1 día de autonomía, se utilizó baterías AGM de marca NVS de 12 V y 150Ah que tienen una profundidad de descarga de 60 %, con un tiempo de vida de 8 años. Para el cálculo de la capacidad requerida se utiliza la siguiente ecuación.

$$Capacidad (Ah) = \frac{E(demanda\ energetica) \cdot D_{aut}}{V_{bat} \cdot Pd} \quad ( 19 )$$

Se tiene los siguientes datos:

Demanda Energética : 2053.56 Wh/día

Tensión del sistema : 24 V

Días de autonomía : 1 días

Profundidad de Descarga : 0.6

Capacidad de la batería : 150 Ah

Tensión de la batería : 12 V

$$Capacidad (Ah) = 140.27 Ah$$

Se tiene una capacidad de 140.27 Ah para el sistema fotovoltaico asumiendo 1 día de autonomía

Número de baterías en serie

$$Baterias_{serie} = \frac{tension\ del\ sistema}{tension\ de\ la\ baeria} \quad ( 20 )$$

$$Baterias_{serie} = 2$$

Número de baterías en paralelo

$$Baterias_{paralelo} = \frac{Capacidad(Ah)}{capacidad\ bateria} \quad ( 21 )$$

$$Baterias_{paralelo} = 0.94$$

Número total de baterías

$$Nbaterias = Baterias_{serie} \cdot Baterias_{paralelo} \quad ( 22 )$$

$$Nbaterias = 2$$

Por lo tanto,

Según las ecuaciones 17, 18 y 19 el sistema fotovoltaico requiere un total de 2 baterías como mínimo con una capacidad de 150 Ah con tensión de 12 voltios

### 3.5.8. Calculo del regulador de carga

Para determinar el regulador de carga, es necesario considerar el siguiente criterio:

Corriente máxima del generador fotovoltaica

$$I_{max,G} = I_{sc,G} = N^{\circ}P_p \cdot I_{sc-corr} \quad (23)$$

$$I_{max,G} = 14.07$$

Corriente del regulador

$$I = fs \cdot I_{max,G} \quad ( 24 )$$

Donde:

Fs: factor de seguridad

$$I = 17.59$$

Se consideró un regulador de carga de 20 A MPPT con un rendimiento de 92%, se eligió ese equipo por razones económicas, los parámetros técnicos se pueden ver en la tabla 3 y el anexo.

### 3.5.9. Calculo del inversor

Se debe tener en cuenta la potencia total, con el fin de dimensionar el inversor y cuya potencia debe ser superior a la potencia requerida, se debe tener en cuenta el factor de simultaneidad. Para calcular el inversor se utiliza la siguiente ecuación.

$$P_{inv} = \sum P_{AC} \cdot FS \quad ( 25 )$$

$$P_{inv} = 786.5 W$$

Se considera un factor de simultaneidad de (100% = 1) esto con el fin de operar a condiciones extremas, se eligió un inversor de marca VICTRON 800 W

## 3.6. Implementación del sistema fotovoltaico

### 3.6.1. Diseño de la estructura

La estructura se diseñó con fierros de acero galvanizado eso con fin de garantizar el tiempo de vida, la estructura se diseñó para una inclinación de 15°

La memoria de cálculo desarrollada tiene como objetivo, garantizar correctamente el funcionamiento del monoposte y de acuerdo a las especificaciones solicitada. Para ello se va a presentar la simulación y análisis estático mediante el método de elementos finitos (FEM) con el programa Autodesk Inventor 2021.

#### a. Normas y Códigos

Las normas utilizadas para desarrollar los cálculos estructurales del proyecto son:

- American Institute of Steel Construction (Norma ANSI/AISC 360)  
Diseño por Esfuerzos Permisibles

- Norma E090  
Estructuras metálicas
- Norma ASTM A36  
Planchas metálicas

**b. Especificaciones para el diseño**

- Plancha de 3/16"
- Tubo redondo de 2.0" e=2.5 mm
- Angulo de 1.0"x1.0" e=3.00 mm
- Tubo cuadrado de 1.0" e=2.00 mm
- Soldadura E 6011
- Soldadura E 7018



*Figura 19.* Estructura monoposte

### **c. Definición de la carga**

Las cargas de diseño consideraciones para la simulación son:

Carga Muerta (DEAD): Especifica el peso propio de toda la estructura más otros accesorios.

Total, carga muerta 25.0 kg. (carga de panel solar)

Carga Viva (LIVE): Especifica el peso al cual va trabajar

Total, carga viva 21.0 kg (carga actuante)

Se muestra las cargas aplicadas en la estructura, donde se identifican los siguientes casos críticos.

### **d. Combinaciones de carga**

Las combinaciones a utilizar para nuestro proceso de diseño y que serán cargadas a nuestro software Autodesk Inventor 2021 serán las siguientes:

- Resistencia COMB 1:  $1.2$  (Carga muerta) +  $1.6$ (Carga Viva)

- Resistencia COMB 1:  $1.2$  (21.0 kg) +  $1.6$  (25.0 kg)

- Resistencia COMB 1: 65.2 kg

La carga se distribuirá de manera puntual en la base de la punta (65.2 kg o 639.6 N).

### **e. Simulación estructural**

Para el desarrollo de la estructura del monoposte se utilizaron los siguientes materiales.

- Plancha de 3/16"

- Tubo redondo de 2.0" e=2.5 mm

- Angulo de 1.0"x1.0" e=3.00 mm

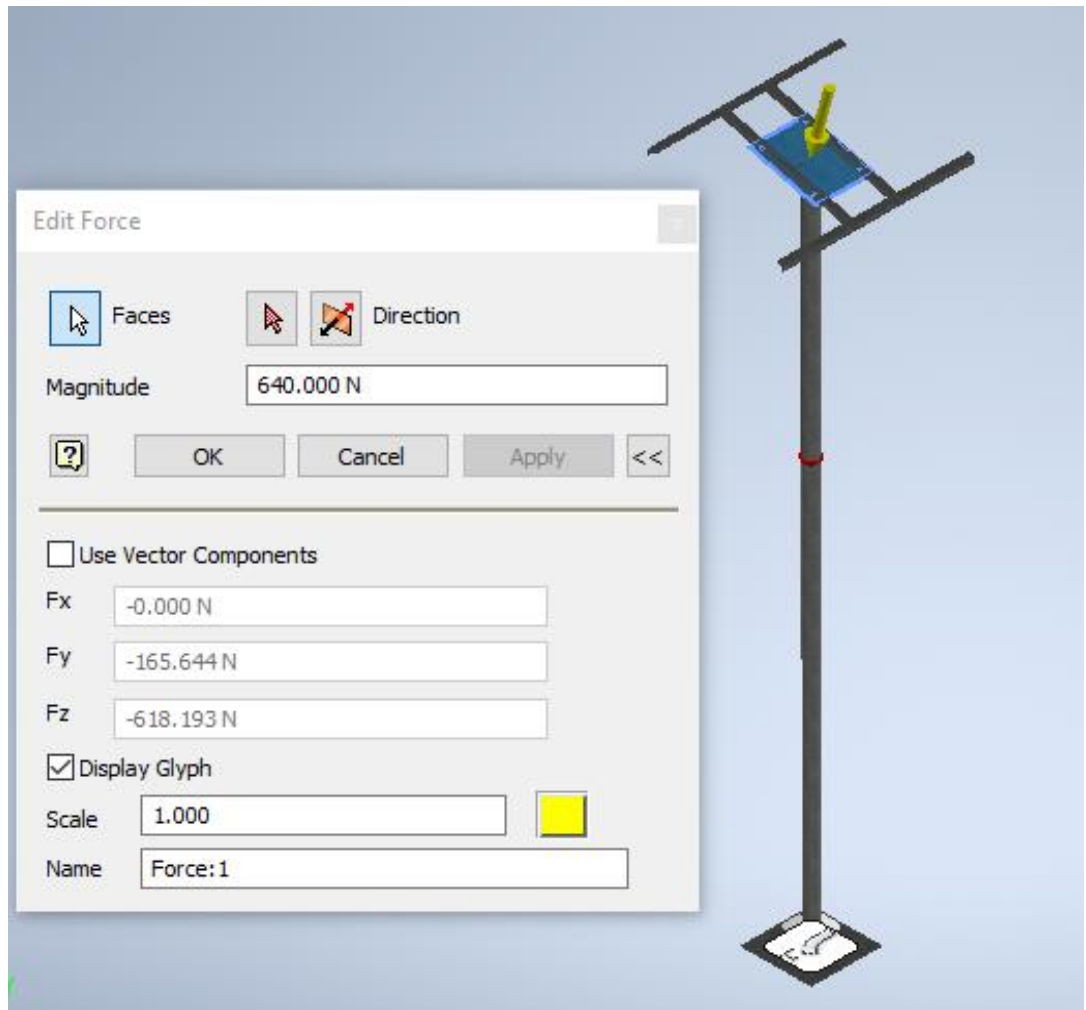
- Tubo cuadrado de 1.0" e=2.00 mm

- Soldadura E 6011

- Soldadura E 7018

### **f. Asignación de cargas**

Se tomó en cuenta la zona más crítica del trabajo de monoposte a una carga de 65.2 kg.

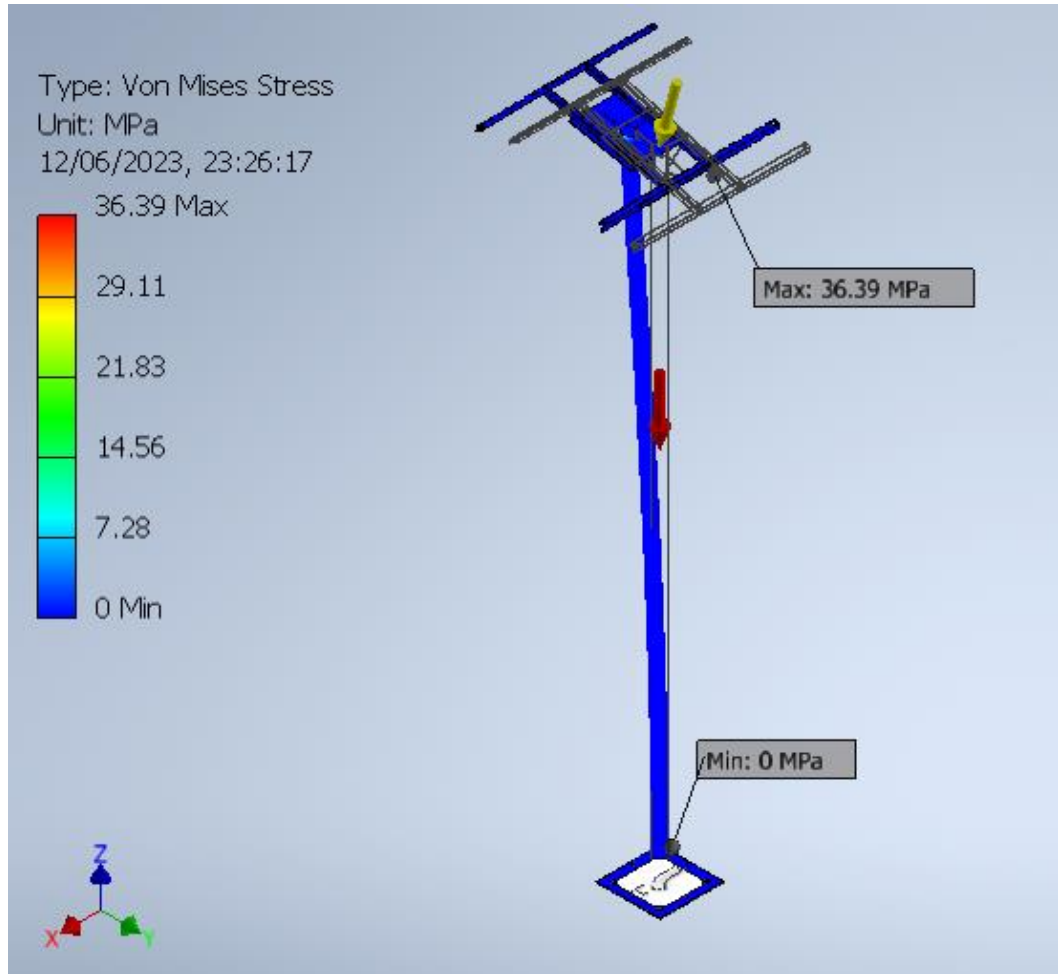


*Figura 20.* Asignación de cargas

**g. Esfuerzo ejercido**

Se muestra en el análisis de esfuerzo que la parte más crítica se encuentra en la junta de Angulo con tubería cuadrada.

Smax: 36.39 MPa



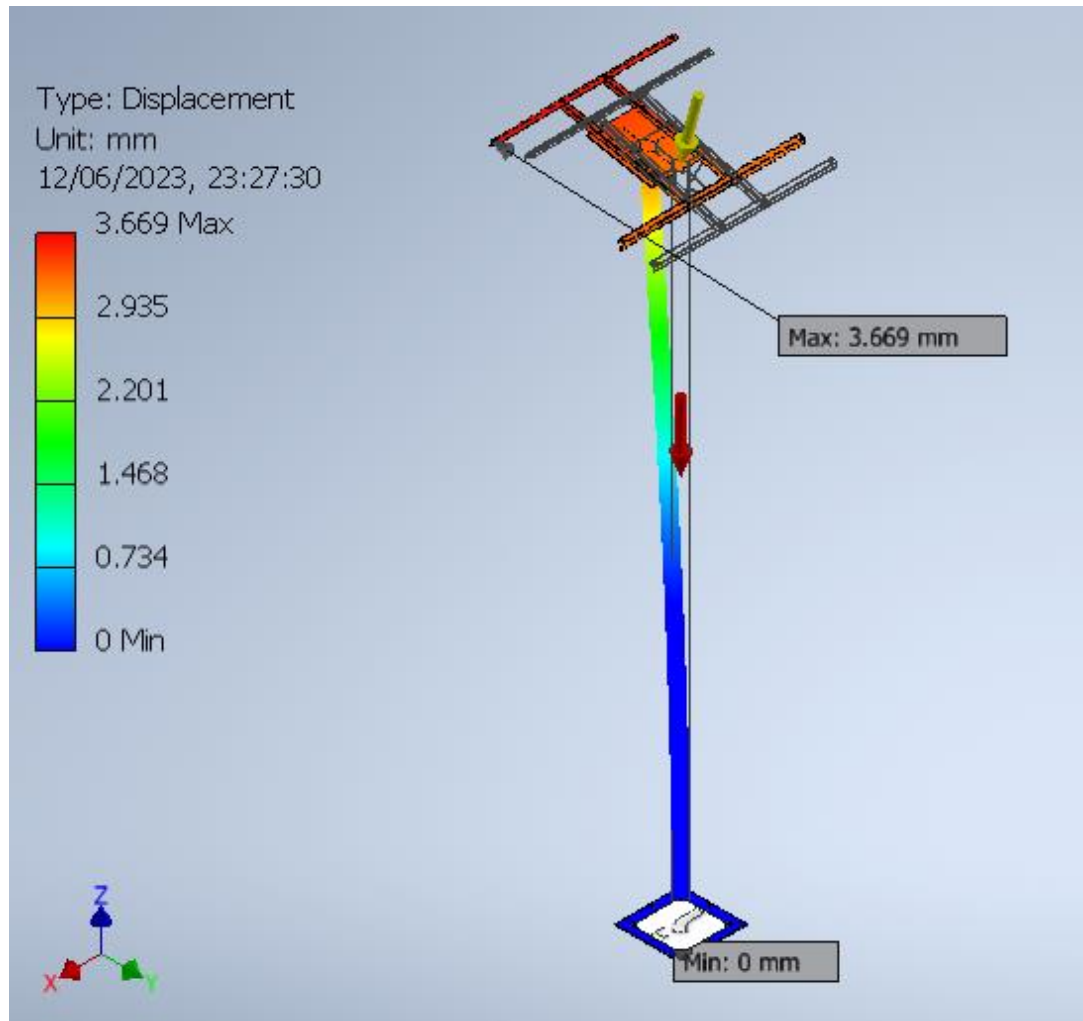
*Figura 21.* Esfuerzo máximo

**h. Desplazamiento de carga**

Se muestra el desplazamiento ejercido en el monoposte es 3.66 mm, deflexiones máximas permisibles.

$$H/450 = 3026/450 = 6.72 \text{ mm}$$

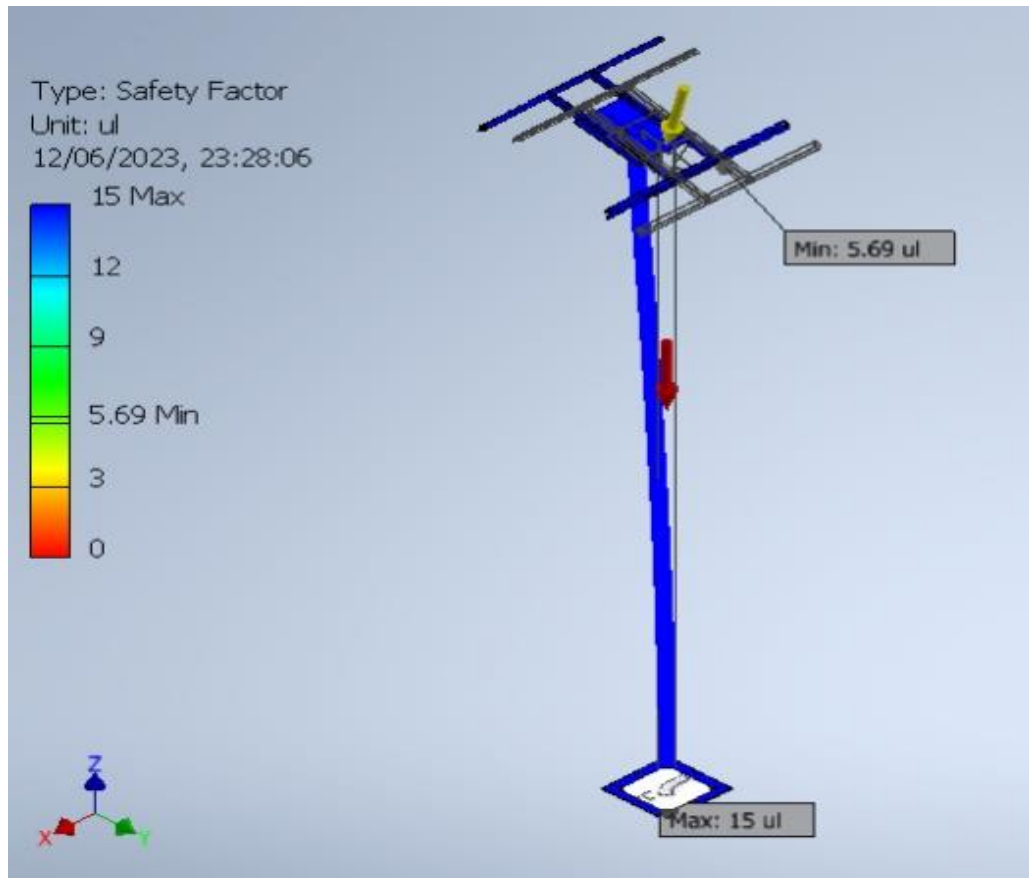
Según como se observa en la simulación no supera la deflexión máxima por lo tanto cumple con el requerimiento.



*Figura 22.* Detalle de desplazamiento

**i. Factor de seguridad**

El factor de seguridad alcanzado, ejercido es de 5.69 ul que se ubica en la parte de la base superior.



*Figura 23.* Factor de seguridad

**j. Selección de columna por esbeltez**

La Especificación AISC establece una coherencia específica de esbeltez máxima.

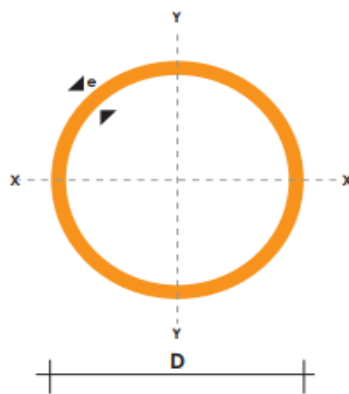
$$KL/r \leq 200$$

Valores aproximados del factor de longitud efectiva, $K$ .						
Las líneas punteadas muestran la forma pandeada de la columna	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Valor $K$ teórico	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valores recomendados de diseño cuando las condiciones reales son aproximadas	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Símbolos para las condiciones de extremo	<ul style="list-style-type: none"> <li> Rotación y traslación impedidas</li> <li> Rotación libre y traslación impedida</li> <li> Rotación impedida y traslación libre</li> <li> Rotación y traslación libres</li> </ul>					

**Figura 24.** Valores del factor de longitud efectiva  $K$

Para el presente proyecto, la tubería elegida es de 2.0" en  $e=2.65$  mm Con un Radio de giro de 20.4 mm

DIMENSIONES				PROPIEDADES			
DIAMETRO NOMINAL	DIAMETRO EXTERIOR	ESPESOR	PESO	AREA			
Pulg	D	e	P	A	I	W	i
	mm	mm	Kg/m	cm2	cm4	cm3	cm
1/2	21.35	2.00	0.99	1.22	0.57	0.59	0.68
3/4	26.90	2.30	1.45	1.78	1.34	1.09	0.87
1	33.70	2.50	1.96	2.45	2.98	1.91	1.10
1 1/4	42.40	2.50	2.55	3.13	6.24	3.13	1.41
1 1/2	48.30	2.65	3.02	3.87	10.05	4.41	1.61
2	60.30	2.65	3.79	4.89	20.26	7.04	2.04
2 1/2	73.00	3.20	5.65	7.02	42.73	12.24	2.47
3	88.90	3.20	6.81	8.62	79.09	18.46	3.03
4	114.30	3.60	9.92	12.52	191.78	34.65	3.91



NOMENCLATURA	
<b>A=</b>	Area de la selección transversal del tubo, cm2
<b>I=</b>	Momento de inercia de la sección, cm4
<b>W=</b>	Módulo resistente de la sección, cm3
<b>i=</b>	Radio de giro de la sección cm

**Figura 25.** Tubo redondo de 2”

Como ya se ha seleccionado el perfil, procedemos a la categorización de la sección para saber si el perfil cumple con la Especificación AISC, la figura 15 proporciona una relación de esbeltez máxima específica.

Nota: Para elementos bajo compresión, la razón de esbeltez  $KL/r$  debe mantenerse por debajo de 200.

$$\frac{K * L}{r} \leq 200 \quad ( 26 )$$

Donde:

L = Longitud de perfil omega (mm)

K = Factor de longitud efectiva

r = Radio de giro (mm)

Cálculo de la relación de esbeltez máxima específica.

$$\frac{1.2*3026}{20,4} \leq 200$$

179.4  $\leq$  200 si cumple con la igualdad

Después de realizar el cálculo, se ha demostrado que nuestra tubería perfil no tendrá una relación de esbeltez mayor.

Posteriormente, usaremos tensión de pandeo por flexión, se determina como sigue:

$$\text{si } \frac{K*L}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \left( \text{o } \frac{F_y}{F_e} \leq 2,25 \right) \quad ( 27 )$$

$$F_{cr} = (0.658^{\frac{F_y}{F_e}}) * F_y \quad (\text{Ecuacion E3-2 del AISC})$$

$$\text{si } \frac{K*L}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \left( \text{o } \frac{F_y}{F_e} > 2,25 \right) \quad ( 28 )$$

$$F_{cr} = 0,877 * F_e$$

Para el cálculo, usaremos el caso b porque cumple con la igualdad:

$$\frac{K*L}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{1.2*3026 \text{ mm}}{20,4 \text{ mm}} > 4,71 \sqrt{\frac{200\,000 \frac{N}{\text{mm}^2}}{250 \frac{N}{\text{mm}^2}}}$$

296.66 > 133,21 si cumple con la igualdad

Fe representa el esfuerzo crítico de pandeo elástico (esfuerzo de Euler), calculado utilizando la longitud efectiva KL de la columna.

$$F_e = \frac{\pi^2 * E}{\left( \frac{K*L}{r} \right)^2} \quad ( 29 )$$

$$F_e = \frac{\pi^2 * 200\,000 \frac{N}{mm^2}}{\left(\frac{1.2 * 3026\,mm}{20,4\,mm}\right)^2}$$

En estas ecuaciones,  $F_e$  representa el esfuerzo de pandeo crítico elástico, o sea, el esfuerzo de Euler, estimado en función de la longitud de la columna  $KL$ .

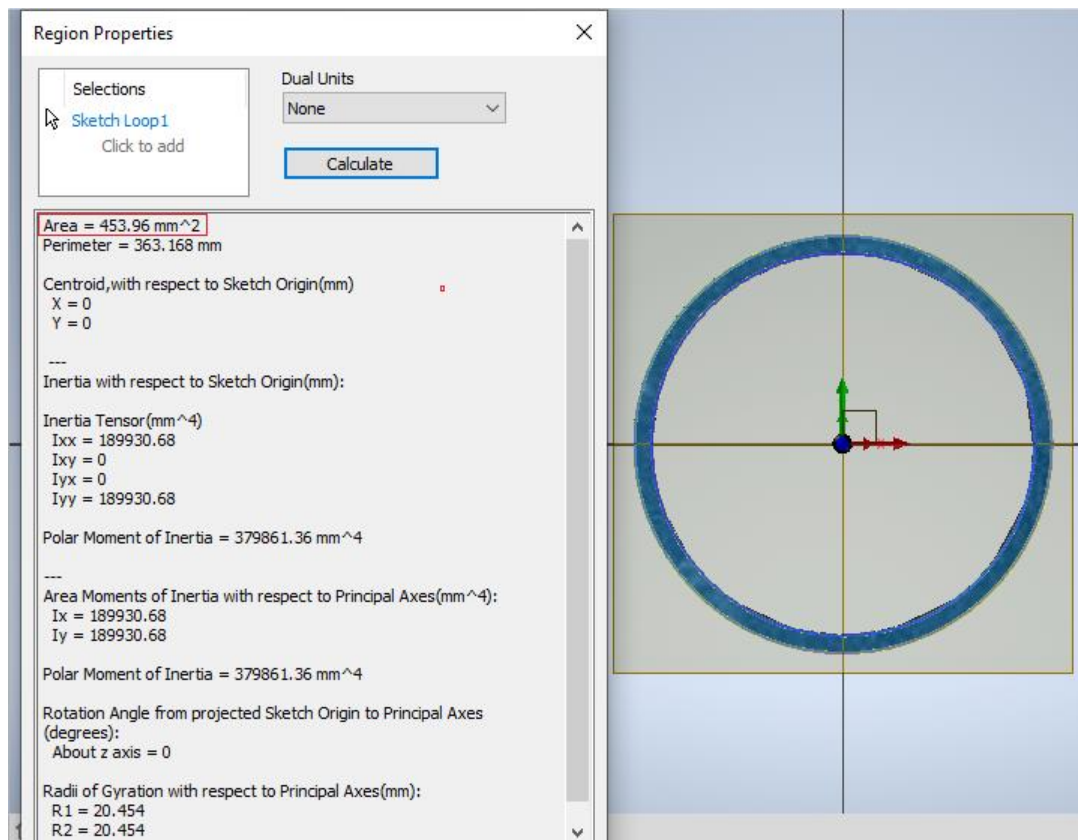
$$F_e = 62.29 \frac{N}{mm^2}$$

$$F_{cr} = 0,877 * F_e$$

$$F_{cr} = 0,877 * 62.29 \frac{N}{mm^2}$$

$$F_{cr} = 54,62 \frac{N}{mm^2}$$

Posteriormente, se procede a calcular la carga máxima que podrá soportar nuestro perfil para las columnas.



**Figura 26.** Características del tubo redondo de 2''

$$P_n = F_{cr} * A_g \quad ( 30 )$$

Donde:

$F_{cr}$  = tensión de pandeo para la sección determinada por análisis, N/mm<sup>2</sup>

$A_g$  = Área total de la sección transversal del miembro, mm<sup>2</sup>

$P_n$  = Resistencia axial nominal, N

$$P_n = 0.9 * 54,62 \frac{N}{mm^2} * 453.96 \text{ mm}^2 \quad ( 31 )$$

$$P_n = 22315,76N$$

Nuestro perfil trabajará con una carga de soporte de 639,6 N cada uno, por lo tanto:

$$23911,73 \text{ N} > 639,6 \text{ N} \quad \text{si cumple}$$

La simulación de las cargas en el software Autodesk Inventor nos demuestra que el monoposte trabajando a 65.2 kg no supera el límite de elástico 250 MPa, la cual es 36.39 Mpas y con un coeficiente de seguridad de 5.69 ul. Relación de esbeltez  $179.4 \leq 200$  si cumple con la igualdad.

Se concluye que el monoposte puede trabajar con la carga puntual de 25 Kg en su totalidad.



**Figura 27.** Instalación de monoposte con panel solar

De acuerdo al MINEM-DGE, la guía para instalación de Sistemas Fotovoltaicos Domésticos establece protocolos para asegurar una implementación segura, confiable y eficiente de estos sistemas.

### **3.6.2. Módulos fotovoltaicos**

Tiene la finalidad de captar la energía solar incidente y generar una corriente eléctrica” (Vilca Choque 2020). Se utilizo un módulo fotovoltaico monocristalino de marca Jinko Solar JKM410M-72 con una potencia de 410 W.



**Figura 28.** Módulo fotovoltaico (ficha tecnica Jinko solar JKM410M-54HL4)



**Figura 29.** Instalacion de modulo fotovoltaico

**Tabla 5.***Especificaciones técnicas Jinko Solar*

JKM410M-54HL4-72 jinko solar	
Parámetros eléctricos	
Potencia máxima Pmax	410 W
Voltaje nominal	24 V
Tensión de máxima potencia Vpm	30.62 V
Corriente de máxima potencia Ipm	13.96 A
Tensión de circuito abierto Voc	36.14 V
Corriente de corto circuito Isc	13.92 A
Eficiencia del módulo %	21 %
Parámetros térmicos	
Temperatura de Operación (°C)	-40°C~+85°C
Máximo voltaje del sistema	1000/1500VDC (IEC)
Clasificación máxima de fusibles en serie	25A
tolerancia de potencia	0~+3% (opcional)
Temperatura coeficiente Pmax	-0.35%/°C
Temperatura coeficiente Voc	-0.28%/°C
Temperatura coeficiente Isc	0.048%/°C
Temperatura nominal de funcionamiento de la celda (NOCT)	45±2°C

Nota: Los datos fueron extraídos de Jinko Solar

### 3.6.3. Inversor CC/CA

La finalidad del inversor CC/CA, es convertir de corriente continua en corriente alterna, para así poder usar equipos de CA, Se utilizó un inversor de marca Phoenix con una tensión de salida 120/230 V con una potencia máxima de 800 W se consideró ese tipo de inversor por el buen funcionamiento, costo y garantía del producto.



**Figura 30.** Inversor Phoenix (ficha técnica Phoenix Victron)

**Figura 31.** Instalación de inversor Phoenix

Inversores Phoenix	
Parámetros eléctricos	
Salida Potencia continua	650W@25°C ; 560W@40°C
Sobretensión	1500 W
Tensión de salida	230 o 120 VCA (+/-3%)
Frecuencia de salida	50/60 +/-0.1%
Tipo de onda	Onda sinusoidal pura
Salida THD	THD≤3%(carga Resistiva)
Factor de carga	0.2~1(VA≤ Potencia de salida continua)
Voltaje nominal	24 V
Rango de voltaje de entrada de la batería	10.8~16V
Eficiencia máxima	92%
Parámetros térmicos	
Temperatura de Operación (°C)	9,2 - 17 / 18,4 - 34,0 / 36,8 - 62,0V
Temperatura de almacenamiento	-35°C~ +70°C
Humedad	< 95%(N.C.)

**Tabla 6.**

*Especificaciones técnicas del Phoenix*

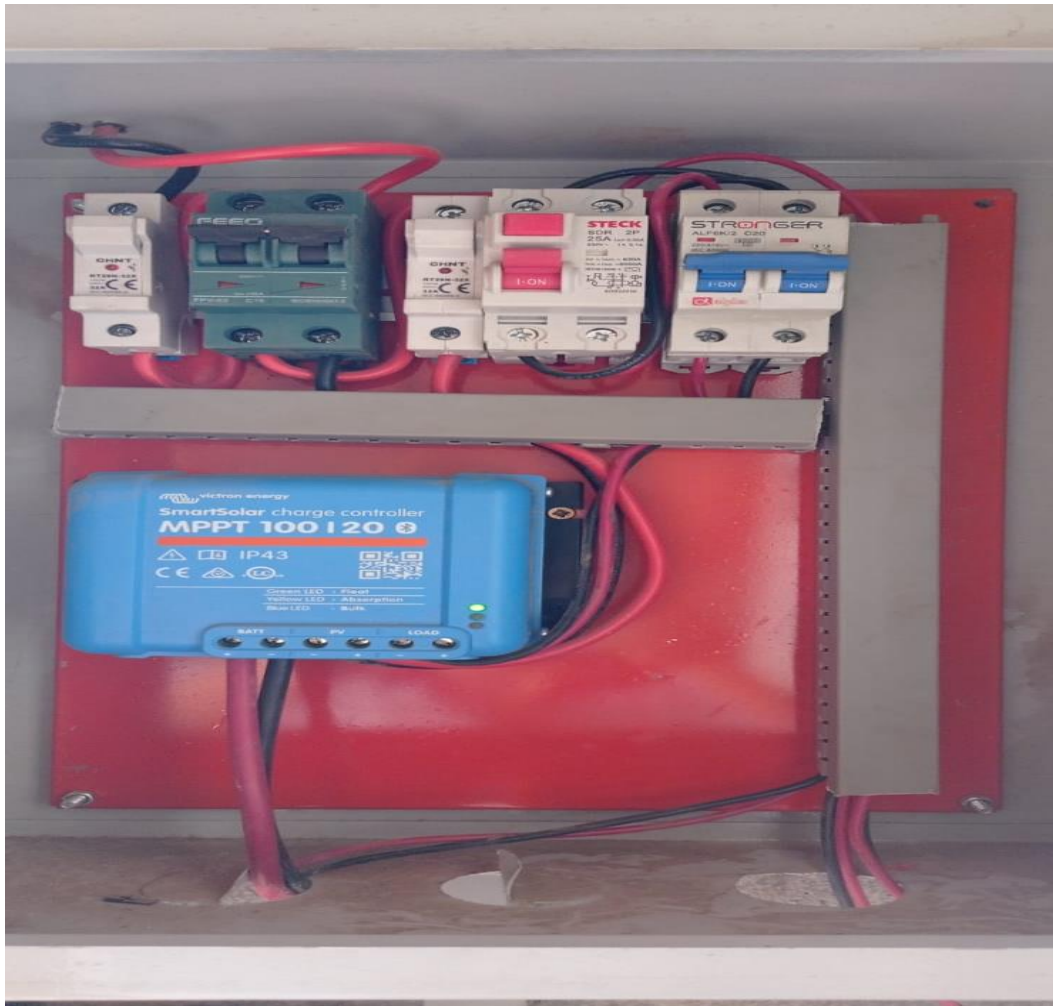
Nota: Los datos fueron extraídos de Inversores Phoenix

### 3.6.4. Controlador de carga

Es un dispositivo utilizado en sistemas de energía solar para regular la carga de las baterías. Su función principal es proteger las baterías de sobrecarga y descarga excesiva, lo que puede dañarlas y reducir su vida útil, se usó un regulador de carga de la marca Victron BlueSolar de 20A MPPT



*Figura 32.* Controlador de carga (ficha tecnica Victron BlueSolar)



*Figura 33.* Instalacion del regulador de carga en un tablero electrico

**Tabla 7.***Regulador de carga*

Parámetros técnicos Regulador de carga 20A	
Tensión de servicio	12 V o 24 V
Reconocimiento automático Rango de tensión	12 V 6,9 V – 17,2 V
Rango de tensión	12/24/36/48
Rango de temperatura ambiente admisible entre	-10 °C y +50 °C
Temperatura de almacenaje admisible entre	-20 °C y +80 °C
Consumo de energía mA	12,5 mA
Tensión máxima de entrada	75 V/250V
Tensión mínima de la batería	6,9 V

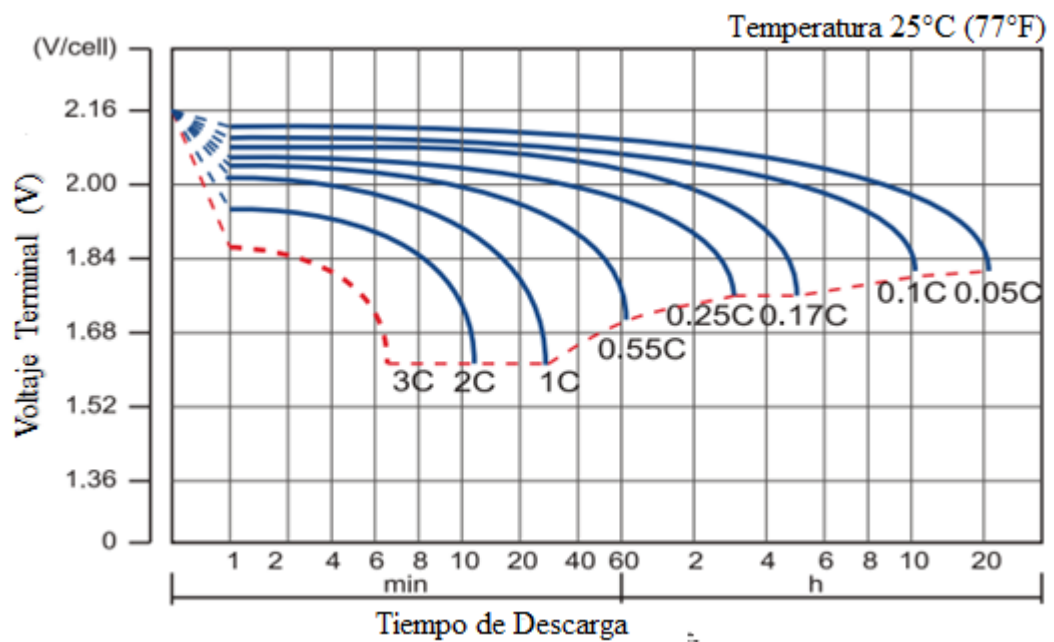
Nota: Los datos fueron extraídos de Victron BlueSolar

### 3.6.5. Batería

Es un dispositivo electroquímico que almacena energía en forma de energía química y la convierte en energía eléctrica cuando es necesaria. un componente eléctrico hecho de un material conductor que tiene la finalidad de interrumpir la corriente cuando esta es excesiva, se usó dos baterías de la marca NVS con una capacidad de 150 Ah cada una, con el fin de abastecer de energía eléctrica a la vivienda.



**Figura 34.** Batería (ficha técnica NVSG12-150 Ah)



**Figura 35.** Curva característica de descarga. (ficha técnica NVS)

**Tabla 8.***Parámetros técnicos de la batería*

Batería NVS G12-150(12V150AH)	
Celdas por unidad	6 V
Voltaje nominal	12 V
Capacidad	150Ah 10horas (15.0 A, 10.5V)
Peso Aprox.	43.1 Kg ( ±1.5%
Corriente de descarga máx.	2000A (5 sec)
Resistencia interna	≤ 4.5 mΩ
Rango de temperatura de descarga:	-20° ~60° carga: -10° C~60° C
almacenamiento:	-20° C~60° C
Rango de temperatura de funcionamiento normal	25 C±5 C
Terminal	Terminal F10
Material del contenedor	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0

### 3.7. Factibilidad económica del sistema fotovoltaico

#### 3.7.1. Presupuesto para la implementación del sistema fotovoltaico

##### a. Inversión

**Tabla 9.***Componentes del sistema fotovoltaico autónomo*

Equipos	(S/.)	Cantidad	Total s/.
Panel solar	s/ 490.83	1	490.83
Regulador	s/ 458.32	1	458.32
Baterías	s/ 482.44	2	964.88
Inversor	s/ 832.46	1	832.46
	igv		s/ 494.37
	Gasto de envío		s/ 80
Total			s/ 3,320.86

También es necesario el costo de los componentes eléctricos para calcular la inversión total. (termomagnéticos, gabinete, portafusibles, cables), así como la estructura de soporte (monoposte) del panel solar

**Tabla 10.**

*Componentes eléctricos del sistema fotovoltaico autónomo*

Equipos	Igv (S/.)	Cantidad	Total, s/.
Termomagnético 16A 550V SCHUTER ABB	49.63	1	49.63
Termomagnético 2x25A 6kA Monofásico ABB	37.90	1	37.90
Gabinete	83.00	1	83.00
Termomagnético diferencial	78.00	1	78.00
Estructura hierro galvanizado	270.00	1	270.00
Porta fusible 10x38 1000 Vdc	10.00	2	20.00
Fusible 10X38 25A 1000Vdc OANISO	10.00	2	20.00
Terminal de Compresión Cable 35mm -8mm	5.90	4	23.60
		<b>Total</b>	<b>582.13</b>

Los componentes fotovoltaicos constituyen el 85% del costo inicial, mientras que elementos eléctricos y estructurales representan el 15% restante. Esta distribución sirve como base para calcular la inversión total.

El sistema fotovoltaico tiene una vida útil proyectada de 25 años, basada en la durabilidad del panel solar, cuyo rendimiento disminuye un 20% al final de su vida (con reducción inicial del 2% en el primer año). Cada componente del sistema tiene diferentes tiempos de vida útil que deben considerarse para el mantenimiento y reemplazo.

**Tabla 11.***Tiempo de vida útil de los componentes fotovoltaicos*

Componente	Cantidad	Tiempo de vida útil (25 años )
Panel solar	1	25
Batería	2	10
Regulador de carga	1	15
Inversor	1	15

Se considera que con el costo de mantenimiento se sustituirán los equipos que tienen menor tiempo de vida como la batería, regulador de carga e inversor

**Tabla 12.***Costo del sistema fotovoltaico autónomo*

Costo del sistema fotovoltaico autónomo	
Detalles	Precio S/
Componentes de energía solar	3,320.86
Componentes eléctricos – estructura	582.13
Costo total del sistema	S/ 3,902.99

**b. Tarifa eléctrica**

Según electro Puno la tarifa eléctrica BT5B residencia los primeros 30 kWh actualizada al 2021 es de 0.564 S/kWh.

El sistema fotovoltaico autónomo tiene una producción de 830.03 kWh/año lo que genera un ingreso anual de 520.43 nuevos soles, y una producción en 25 años con pérdidas del 80% es de 19437.35 kWh con ingreso de 12265.98S/ , con costo de mantenimiento de S/.2927.00.

**c. Análisis técnico**

Decadencia al año 1	: 2 %
Decadencia a partir del año 2	: 0.55 %
Decadencia al año 25	: 20 %
Gastos de Mantenimiento 2%	: 117.08 S/año
Tasa de descuento	: 8 %
Costo de energía eléctrica - BT5B	: 0.564 S/kWh
Cargo fijo mensual	: 4.150 S/mes
Demanda de energía	: 2053.56 Wh/día

Producción energética anual 1

: 830.03kWh/año

**d. Flujo de caja**

En la siguiente tabla se muestra el flujo de caja del sistema fotovoltaico autónomo, se considera el desgaste del panel solar y su máxima producción de energía.

**Tabla 13.**

AÑO	INGRESOS	ENERGÍA GENERADA - kWh/año	EGRESOS	INVERSIÓN	GASTOS X MTTO	FLUJO DE CAJA ECONÓMICO	FLUJO DE CAJA ACUMULADO
0	0	0	3902.99	3902.99	0	-	-3902.99
1	520.43	830.03	117.08	0	117.08	403.35	-3499.64
2	517.84	825.47	117.08	0	117.08	400.76	-3098.88
3	515.27	820.93	117.08	0	117.08	398.19	-2700.69
4	512.71	816.41	117.08	0	117.08	395.63	-2305.06
5	510.16	811.92	117.08	0	117.08	393.08	-1911.98
6	507.63	807.46	117.08	0	117.08	390.55	-1521.43
7	505.11	803.02	117.08	0	117.08	388.03	-1133.40
8	502.61	798.60	117.08	0	117.08	385.53	-747.88
9	500.12	794.21	117.08	0	117.08	383.04	-364.84
10	497.64	789.84	117.08	0	117.08	380.56	15.72
11	495.18	785.50	117.08	0	117.08	378.10	393.82
12	492.73	781.18	117.08	0	117.08	375.65	769.46
13	490.29	776.88	117.08	0	117.08	373.21	1142.67
14	487.87	772.61	117.08	0	117.08	370.79	1513.46
15	485.46	768.36	117.08	0	117.08	368.38	1881.84
16	483.06	764.13	117.08	0	117.08	365.98	2247.82
17	480.68	759.93	117.08	0	117.08	363.60	2611.42
18	478.31	755.75	117.08	0	117.08	361.23	2972.65
19	475.95	751.59	117.08	0	117.08	358.87	3331.52
20	473.61	747.46	117.08	0	117.08	356.53	3688.05
21	471.28	743.35	117.08	0	117.08	354.20	4042.25
22	468.96	739.26	117.08	0	117.08	351.88	4394.13
23	466.65	735.19	117.08	0	117.08	349.57	4743.71
24	464.36	731.15	117.08	0	117.08	347.28	5090.99
25	462.08	727.13	117.08	0	117.08	345.00	5435.99

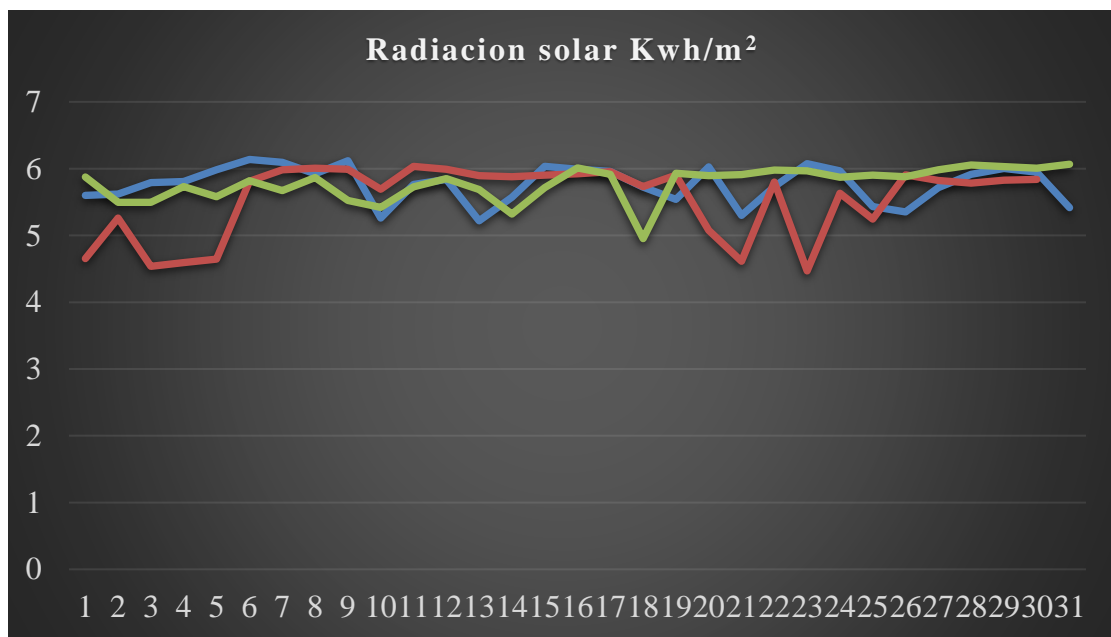
Se toma en cuenta que para la reposición de equipos se incluye el 3 % en el costo de mantenimiento 117.08 S/, consideramos que la batería tiene una profunda del 60% esto indica que su tiempo de vida será de 10 años según a la ficha técnica.

## CAPITULO IV

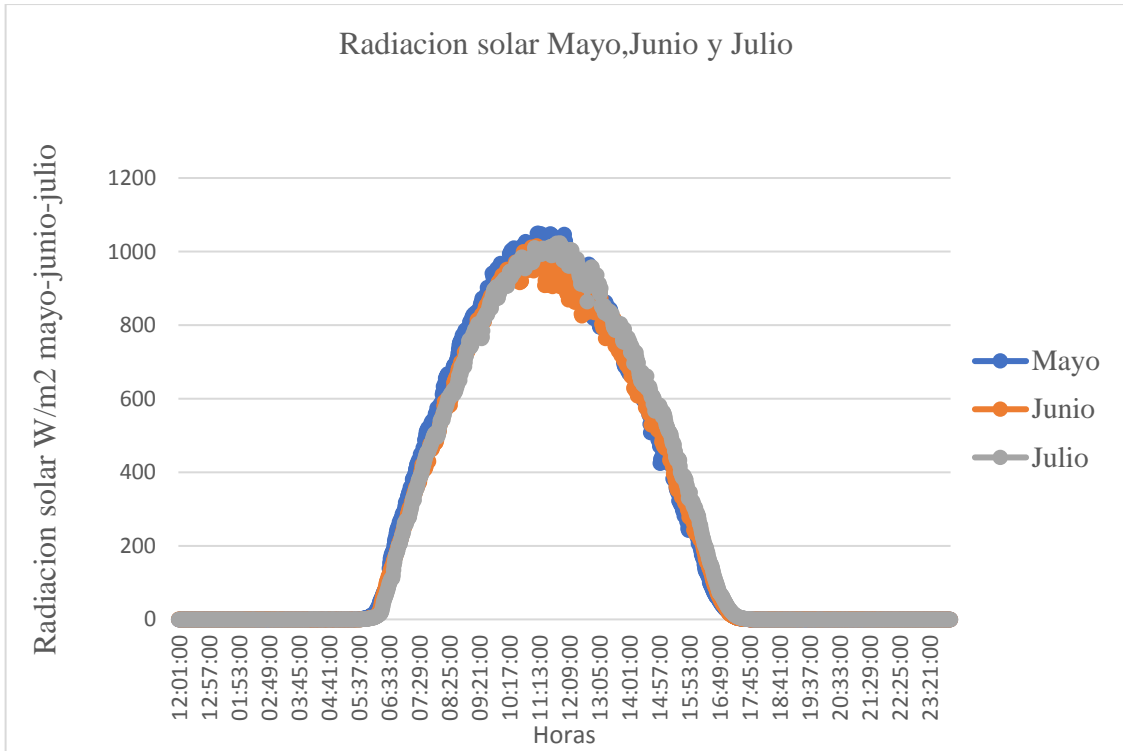
### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados del diseño de un sistema fotovoltaico autónomo

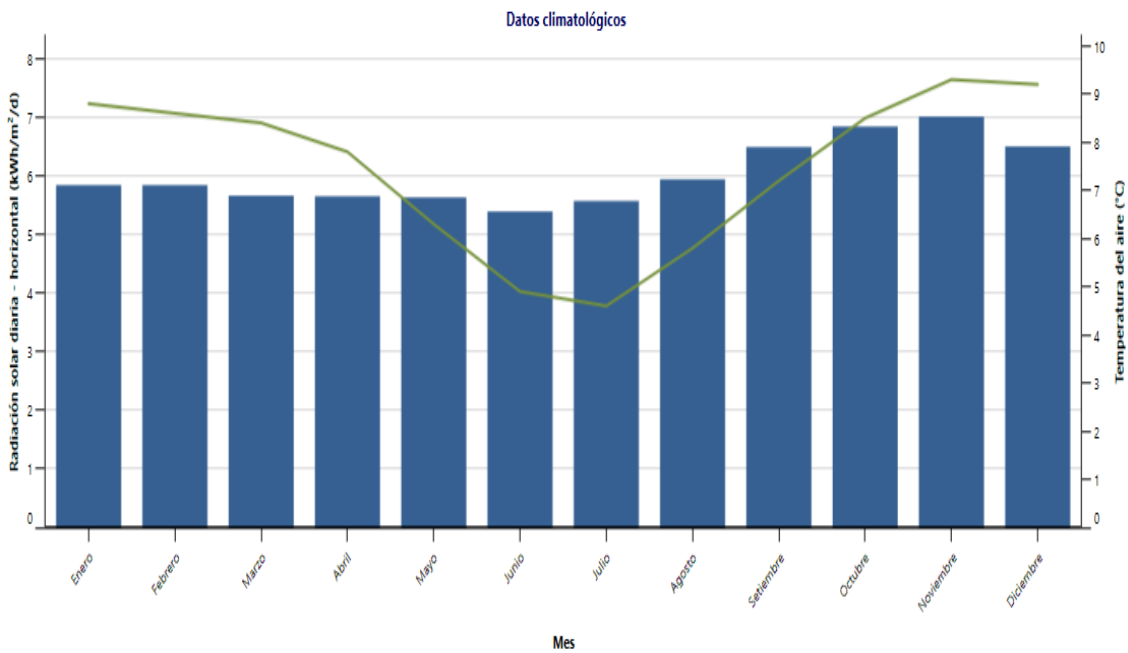
La energía solar para ser aprovechable depende en gran medida de la disponibilidad de la radiación solar, estos datos fueron obtenidos por una estación meteorológica, del Instituto de investigación de Energías Renovables y Eficiencia Energética y conjuntamente se obtuvieron los datos del software RETScreen Expert, los datos fueron interpretados con la ayuda de Microsoft Excel, así como en las gráficas.



*Figura 36.* Curva Radiación de manera mensual.

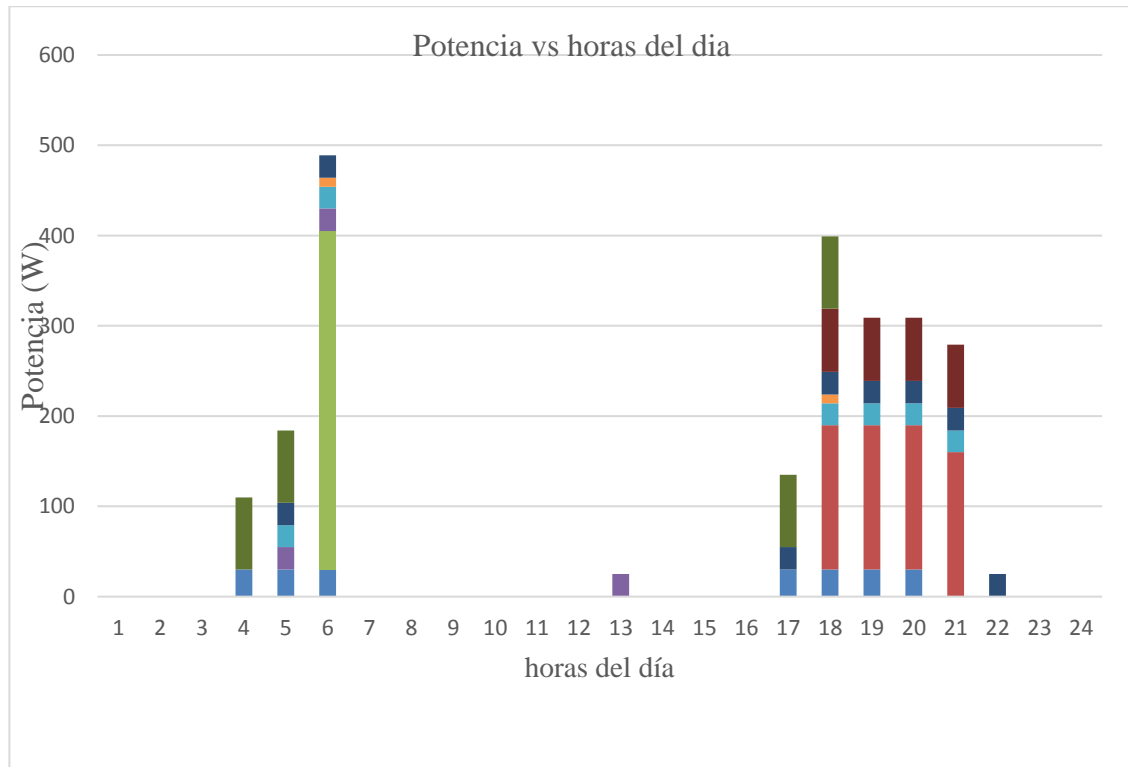


**Figura 37.** Curva pico solar



**Figura 38.** Radiación Solar diaria vs Temperatura del aire

Como se muestra en la tabla, con el uso del software RETScreen Expert, se obtiene que con una menor radiación durante todo el año es el mes de junio con una radiación solar de 5.39 Kwh/m<sup>2</sup>/día, con un ángulo de inclinación de 15°, lo cual es más que suficiente para realizar el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico en la comunidad Campesina de Néstor Cáceres Velásquez, distrito de Cabanilla, provincia de Lampa y departamento de Puno.



**Figura 39.** Diagrama de cargas de cada equipo

Para el sistema fotovoltaico autónomo de una vivienda se calculó un consumo eléctrico real tanto en AC diario es de 61.61 kWh/mes. Se diseñó un diagrama unifilar donde nos muestra los detalles de las conexiones de un panel solar, regulador de carga, inversor y baterías.

#### **4.2. Resultados de la implementación de un sistema fotovoltaico autónomo**

Se implementó una estructura monoposte con fierros de acero galvanizado, la estructura se diseñó con el software de Autodesk Inventor para una inclinación de 15°, con una tubería redonda de 2", altura de 3000 mm, trabajando a 65.2 kg no supera el límite

elástico de 250 Mpa, con un coeficiente de 5.69 eul La implementación de un sistema fotovoltaico está conformado por 1 modulo fotovoltaico monocristalino de la marca Jinko Solar JKM410M-72 con una potencia nominal de 410 W con una distancia de 2 m<sup>2</sup> de area, un regulador de carga de la marca Victron BlueSolar de 20 Amp MPPT, un inversor de la marca Phoenix con una potencia nominal de 800 W, dos baterías conectados en serie de la marca NVSG12-150 con una capacidad de 150 Ah voltaje nominal de 12 V.

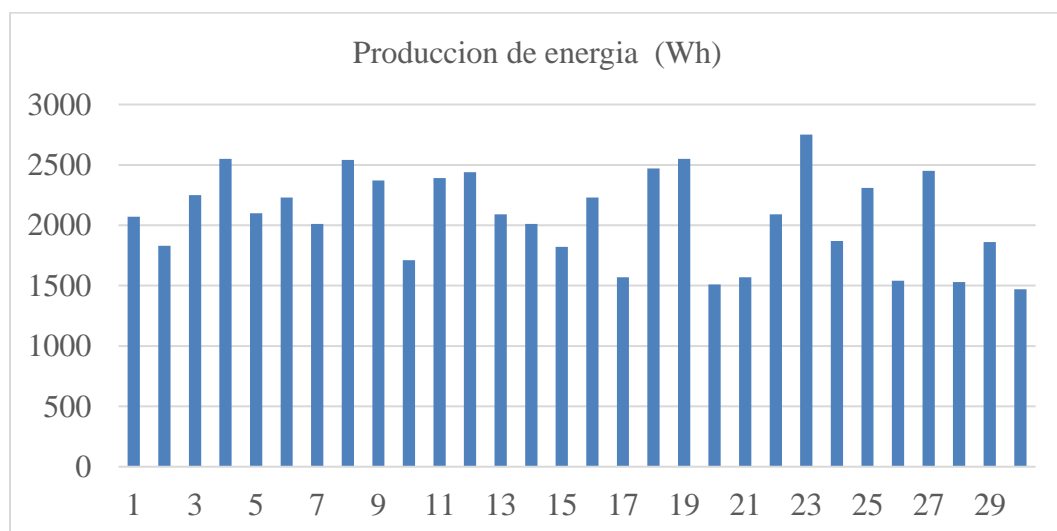
**Tabla 14.**

*Sección del cable*

Componente 1	Componente 2	Longitud (m)	Máxima caída de tensión admisible	I (V)	V	S(mm <sup>2</sup> )	AWG
Generador	Regulador	7	3%	13,39	24	5,7	10
Regulador	Baterías	4	2%	13,39	24	4,9	10
Regulador	Inversor	1	2%	33,333333	24	3,1	10
Inversor	Tablero TD	3	1%	15,625	220	0,9	14

En la presente tabla nos indica la sección del cable de 10 AWG para el panel solar, regulador de carga, batería y 14 AWG para el inversor.

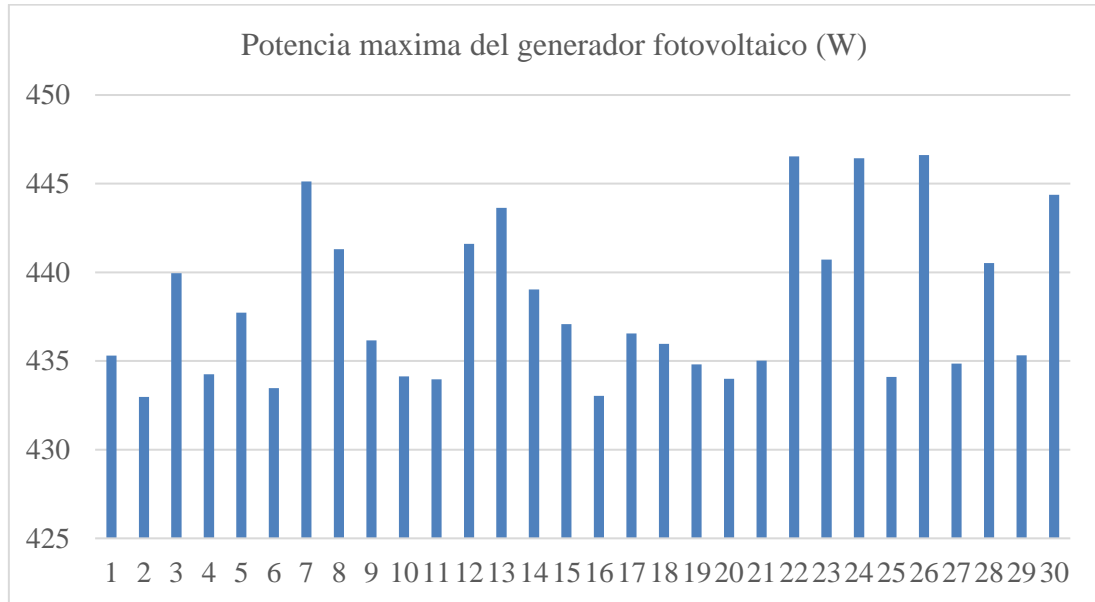
**4.2.1. Producción de energía**



**Figura 40.** Producción de Energía

En la gráfica anterior se observa la producción de energía Wh, se puede observar que lleva a una producción máxima de 2750 Wh y un mínimo de 1470 Wh,

#### 4.2.2. Potencia del generador fotovoltaico



*Figura 41.* Potencia máxima

Se observa que el panel solar fotovoltaico en su punto máximo genera una potencia de 446.62 W.

Esto se debe a un factor importante que es la temperatura y la radiación solar, puesto que el panel solar está instalado en un monoposte a 3 metros de altura, hubo mayor ventilación del panel solar.

### 4.2.3. Tension maxima del generador fotovoltaico

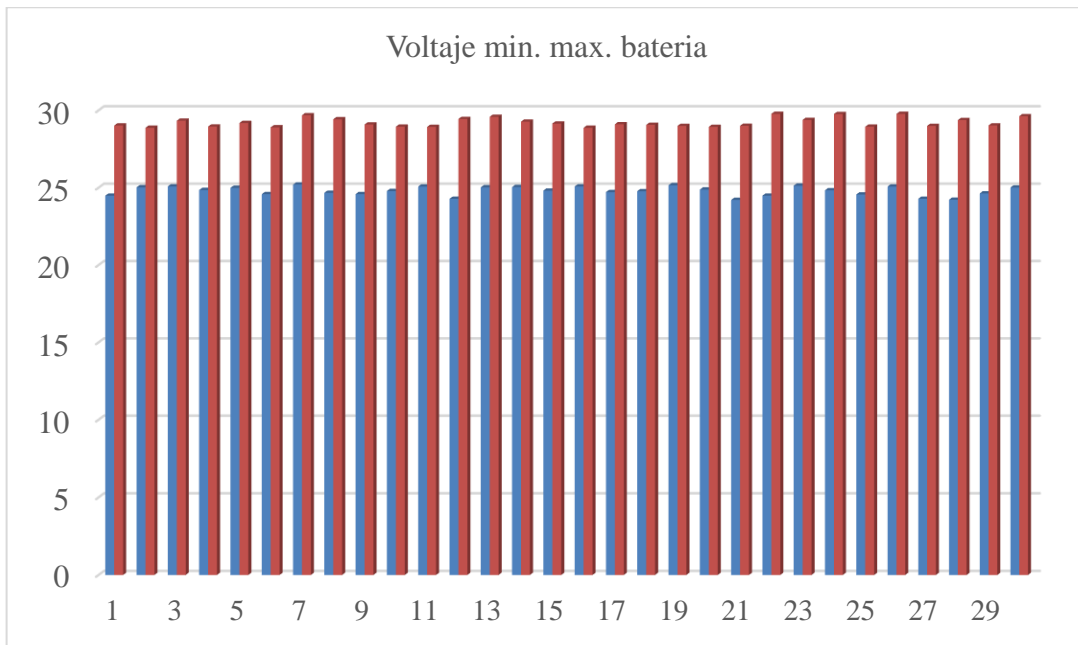


Figura 42. Voltaje mínimo y máximo de la batería

### 4.2.4. Consumo de energia

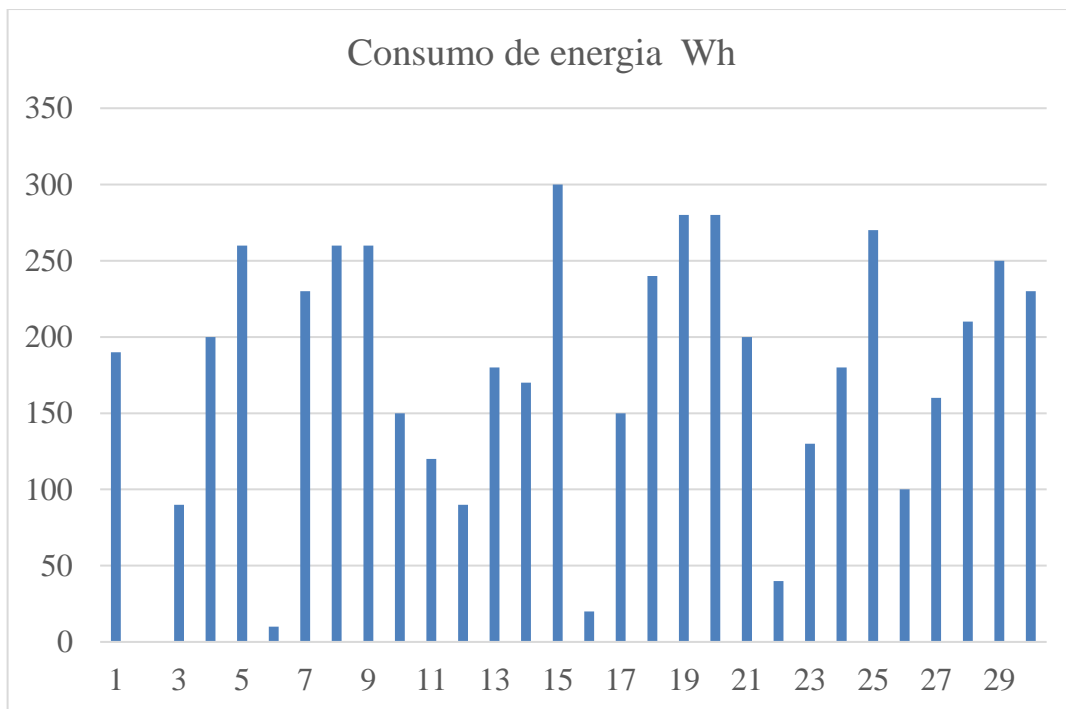


Figura 43. Voltaje mínimo y máximo de la batería

### 4.3. Resultados de análisis económico de un sistema fotovoltaico autónomo

La tabla muestra el análisis económico del sistema fotovoltaico autónomo durante un período de 25 años, calculado mediante Excel para evaluar su viabilidad financiera a largo plazo, para la energía producida durante un año es 830.03 Kwh/año, se entrega toda la energía a Electro Puno una empresa distribuidora, con un costo de energía BT5B de 0.564 S//Kwh y un cargo fijo mensual de S/. 4.15.

**Tabla 15.**

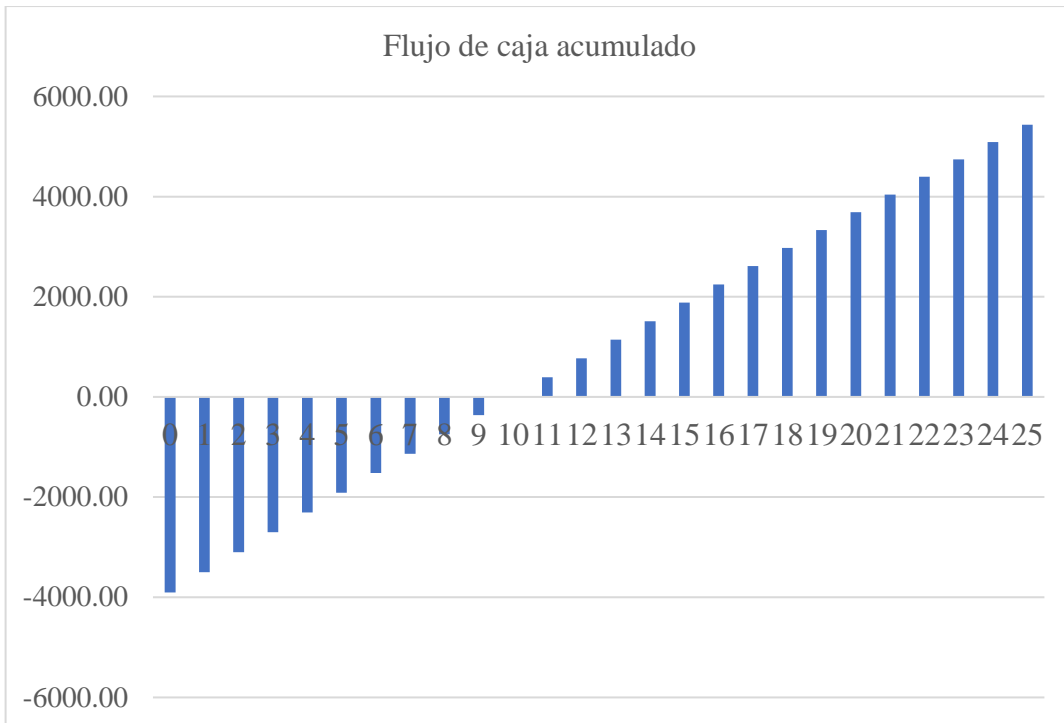
*Registros de Tasa Interna de Retorno (TIR)*

Indicador económico (TIR)		
Años	Valor	Unidad
5	-17	%
10	1	%
15	7	%
20	8	%
25	9	%

En la presente tabla se hizo una evaluación cada cinco años, nos indica que instalando un sistema de generación fotovoltaico autónomo producirá un Valor Neto Actual (VAN) una ganancia de 158.45 soles, lo cual esta nos indica que es una buena inversión por ser positivo con una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 8%.

#### 4.3.1. Tiempo de recuperacion

Se tiene un flujo de caja propuesta para veinte y cinco años, la relación costo beneficio es positivo indica que el sistema es económicamente viable; Se tiene proyectado un período de retorno de inversión de 11 años.



**Figura 44.** Flujo de caja acumulado

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. Conclusiones**

En el presente trabajo de investigación se logró desarrollar el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico autónomo (SFA) tomando en cuenta los parámetros técnicos y eléctricos de cada uno de los componentes, se usaron diferentes softwares como el RETScreen para la Radiación solar de la comunidad Néstor Cáceres Velásquez, Inventor para la estructura del monoposte y se implementó una plantilla de Excel para el cálculo de paneles solares, baterías, inversor, regulador de carga, cables.

Se logro implementar 1 panel solar de 410 W, 1 regulador de carga de 20 Amp, 1 inversor con una potencia nominal de 800 W, 2 baterías con una capacidad de 150 Ah, conductores 10 AWG, a la vez se implementa una estructura monoposte para el soporte del panel solar, la radiación solar diaria para la zona anual es 5.54 Kwh/m<sup>2</sup>/dia, la producción de energía anual es de 830.03 Kwh/año, la eficiencia del inversor es del 89%, porque se aprovecha mayor recurso solar en los meses de noviembre, diciembre y enero en la estación de verano y el mes más crítico es mayo y junio julio.

Se realizo el análisis económico tomando en cuenta los indicadores económicos VAN, TIR y PAYBACK, el costo total del sistema fotovoltaico fue de 3902.99 soles, con un VAN de 158.45 soles, TIR con 8%, con un tiempo de recuperación de 11 años se llegó a la conclusión que el sistema fotovoltaico autónomo es económicamente viable.

## **5.2. Recomendaciones**

- Los sistemas autónomos deberían incorporar un seguidor solar para así beneficiarse de la radiación solar más alta.
- Investigar si actualmente existen en el mercado piezas más económicas que tengan la misma composición química y dureza mecánica que las piezas estudiadas.
- Instalar estos sistemas fotovoltaicos autónomos en las zonas con buen recurso solar y que las empresas, entidades públicas puedan financiar, estos sistemas reducen las emisiones del CO<sub>2</sub>.
- Realizar mantenimiento en los sistemas fotovoltaicos (estado del conductor, interruptores termomagnéticos, diferenciales y la limpieza del panel solar).

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Abad Mariños, Paúl Simón, y Edwinds Alex Flores Mendo. 2016. “Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico autónomo para reducir el consumo de combustible en la plataforma de descarga de la pesquera Exalmar - Chimbote Perú”. Universidad Nacional del Santa, Chimbote.
- Bejarano Otazu, Annie Rosario Jesus. 2022. *Dimensionamiento de un sistema de paneles solares para reducir la facturación por energía eléctrica de una empresa de Servicios Portuarios en Ilo, 2022*. Trujillo.
- Chambi Laura Virginia Nelly. 2018. “Estudio y análisis de la actividad solar, radiación solar global y radiación UV en la ciudad de Arequipa”. tesis, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa.
- Chura Palli, Vianey Daysi. 2020. “Diseño, implementación y análisis económico de un sistema fotovoltaico conectado a la red (sfcr) de 3 kw con inversor string analizado en las condiciones geográficas y climatológicas de la ciudad de Juliaca”. Univerisdad Nacional de Juliaca.
- Huanca Toledo, Renzo Hugo. 2022. “Estudio de los efectos del polvo en deposicion sobre modulos fotovoltaicos y sistemas fotovoltaicos hibridos”. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa.
- J.Nieves, y J.Aristizábal. 2013. “Implementación de un prototipo de sistema fotovoltaico autónomo: construcción, caracterización y monitoreo”. 1–6.
- Ladino Peralta, Rafael Eduardo. 2011. “La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia.” Pontificia Universidad Javeriana, Bogota.
- Mendoza Castillo, Christian Alfonso. 2023. *Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para abastecer de energía eléctrica a la industria ganadera de producción de leche*. Chiclayo.
- Ortega, M. J., J. C. Hernández, y O. G. García. 2013. “Measurement and assessment of power quality characteristics for photovoltaic systems: Harmonics, flicker, unbalance, and slow voltage variations”. *Electric Power Systems Research* 96:23–35. doi: 10.1016/j.epsr.2012.11.003.

- Prado Mora, Carlos Roberto. 2008. “Diseño de un sistema eléctrico fotovoltaico para una comunidad aislada Por”. Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
- Pulido Cristian Mateos, y Ledesma Valle Eider. 2021. “Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para generar electricidad en la I.E 14508”. Universidad Tecnológica del Perú, Lima.
- Rubio Muñoz, Henry Williams. 2019. “Diseño de sistema fotovoltaico centralizado para suministrar energía eléctrica al fundo palo blanco – Oberazal, LLama, Chota – Cajamarca - 2017”. Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo.
- Salamanca-Avila, Sebastian. 2017. “Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá”. *Revista científica* 3(30). doi: 10.14483/23448350.12213.
- Torres, J., y J. Condori. 2019. “Análisis y evaluación del sistema fotovoltaico con inyección a la red de 3kW en el pabellón administrativo de la UNAJ”. 1–95.
- Vicente Mascarós, Mateo. 2016. *Gestión del montaje de instalaciones solares fotovoltaicas*. Vol. 1. Ediciones Paraninfo. editado por M. J. López Raso. España.
- Vilca Choque, Mary Cymbel. 2020. “Diseño, implementación y análisis económico de un sistema fotovoltaico conectado a la red (sfers) de 2.16 kw con microinversor analizado en las condiciones geográficas y climatológicas de la ciudad de Juliaca”. *Journal of Chemical Information and Modeling* 0(0):1–118.
- Diaz Corcobado, T., & Carmona Rubio , G. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas* . España: Mc Graw Hill.
- Gradella Villalva, M., & Rafael Gozoli, J. (2012). *ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA Conceitos e Aplicações - Sistemas Isolados e Conectados à Rede*. Sao Paulo: ERICA.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Babtista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Mascaros Mateo, V. (2016). *Gesiton del montaje de instalaciones solares fotovoltaicas* . España: Paraninfo.
- Mendez Muñoz, J. M., & Cuervo Garcia, R. (2007). *ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA*. Madrid, España: FC EDITORIAL.

- Quispe Huaman , L., Huilca Arbieto, M., & Sotomayor Alzamora, G. (2018). Estimacion de la radiacion solar global en la ciudad de Puno mediante la aplicacion del modelo Bristow y Campbell. ÑAWPARISUN, 27-34.
- Tobajas Vazquez, C. (2008). Energia solar fotovoltaica. CANO PINA, S.L. EDICIONES CEYSA.
- Cuerno, M. (2006). El estado actual del uso de la energía solar en el Perú: situación y perspectivas de la energía solar en el Perú. Perú Económico , 29 (11), NA.  
<https://link.gale.com/apps/doc/A163213732/IFME?u=googlescholar&sid=bookmark-IFME&xid=b3c07e17>

## ANEXOS

### Anexo 1. Instalación del panel solar y sus componentes



Nota: vista de la vivienda e instalación del panel solar en monoposte

## Anexo 2. Instalación de un tablero de distribución del panel solar



Nota: vista de la instalación del tablero de distribución, contempla dos portafusibles, dos termomagnéticos DC/AC, un interruptor diferencial y regulador de carga.

### Anexo 3. Montaje del tablero de distribución e inversor



Nota: vista de la instalación del tablero de distribución y el inversor, se implementa dos salidas de 220V.

## Anexo 4. Extracción de datos de la estación metereologica y RETScreen stalación del panel solar y sus componentes



**RETScreen - Ubicación** Suscriptor: Visualización

Condiciones de referencia del sitio

Ubicación de datos meteorológicos   Ubicación de la instalación

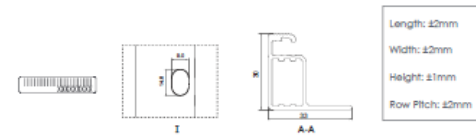
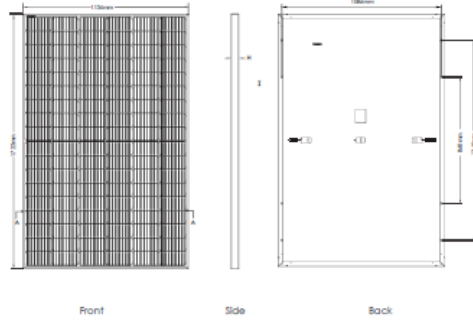
**Leyenda**

- Ubicación de la instalación
- Ubicación de datos meteorológicos

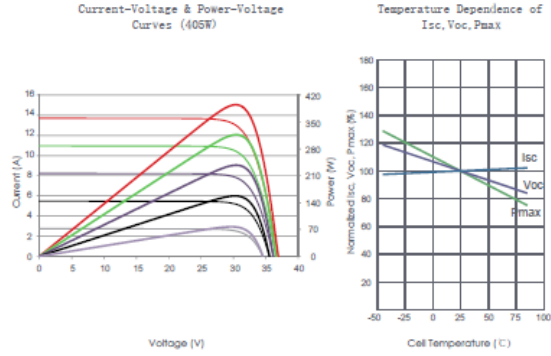
	Unidad	Ubicación de datos meteorológicos	Ubicación de la instalación	Fuente
Latitud		-15,5	-15,5	NASA
Longitud		-70,1	-70,3	NASA - Mapa
Zona climática		SA - Fresco - Húmedo		NASA
Elevación	m	4109	3856	NASA
Temperatura de diseño de la calefacción	°C	-2,3		NASA
Temperatura de diseño del aire acondicionado	°C	13,7		NASA
Amplitud de la temperatura del suelo	°C	17,0		NASA

# Anexo 5. Especificaciones técnicas del Sistema Fotovoltaico Autonomo

## Engineering Drawings



## Electrical Performance & Temperature Dependence



## Mechanical Characteristics

Cell Type	P type Mono-crystalline
No. of cells	108 (2x54)
Dimensions	1722×1134×30mm (67.80×44.65×1.18 inch)
Weight	22.0 kg (48.50 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm <sup>2</sup> (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

## Packaging Configuration

[ Two pallets = One stack ]  
 36pcs/pallets, 72pcs/stack, 936pcs/ 40HQ Container

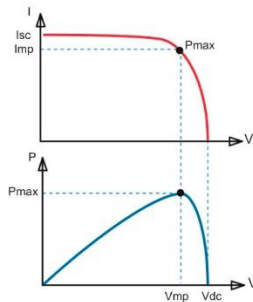
## SPECIFICATIONS

Module Type	JKM395M-54HL4		JKM400M-54HL4		JKM405M-54HL4		JKM410M-54HL4		JKM415M-54HL4	
	JKM395M-54HL4-V	JKM400M-54HL4-V	JKM405M-54HL4-V	JKM410M-54HL4-V	JKM415M-54HL4-V	JKM415M-54HL4-V	JKM415M-54HL4-V	JKM415M-54HL4-V	JKM415M-54HL4-V	JKM415M-54HL4-V
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	395Wp	294Wp	400Wp	298Wp	405Wp	301Wp	410Wp	305Wp	415Wp	309Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	30.32V	28.26V	30.42V	28.42V	30.52V	28.56V	30.62V	28.72V	30.79V	28.88V
Maximum Power Current (Imp)	13.03A	10.40A	13.15A	10.47A	13.27A	10.55A	13.39A	10.62A	13.48A	10.69A
Open-circuit Voltage (Voc)	36.90V	34.83V	36.98V	34.90V	37.06V	34.98V	37.14V	35.05V	37.31V	35.21V
Short-circuit Current (Isc)	13.71A	11.07A	13.78A	11.13A	13.85A	11.19A	13.92A	11.24A	14.01A	11.32A
Module Efficiency STC (%)	20.23%		20.48%		20.74%		21.00%		21.25%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	25A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

\*STC: ☀ Irradiance 1000W/m<sup>2</sup> ☀ Cell Temperature 25°C ☁ AM=1.5  
 NOCT: ☀ Irradiance 800W/m<sup>2</sup> ☀ Ambient Temperature 20°C ☁ AM=1.5 🌀 Wind Speed 1m/s

## Controladores de carga MPPT BlueSolar y SmartSolar Resumen

www.victronenergy.com



### Seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en Inglés)

#### Curva superior:

Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V). El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de I x V alcanza su pico.

#### Curva inferior:

Potencia de salida  $P = I \times V$  como función de tensión de salida. Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT), la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a Vmp.

### Principales características comunes a todos los modelos

- Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT).
- Detección avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial.
- Excepcional eficiencia de conversión.
- Refrigeración por convección natural.
- Reconocimiento automático de la tensión de la batería.
- Algoritmo de carga flexible.
- Protección de sobretemperatura y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

### Opciones de dimensiones:

- Adecuados para baterías de distinta tensión. La mayoría de los modelos se conectan a baterías de 12, 24 y 48 V, algunos solo se conectan a baterías de 12 y 24 V, o solo a baterías de 48 V.
- Tensiones de carga desde 10 A hasta 100 A.
- Máximas tensiones Voc del conjunto FV de entre 75 V y 250 V.
- Se pueden usar múltiples cargadores en paralelo, para sistemas grandes recomendamos el uso de modelos con puerto de comunicación VECAN.

### Opciones de terminal FV:

- TR - un borne de tornillo positivo y otro negativo.
- MC4 - 3 pares de conectores MC4 en paralelo.

### Opciones de Bluetooth:

- Los modelos SmartSolar disponen de Bluetooth.
- Los modelos BlueSolar no disponen de Bluetooth. Se pueden adaptar para que tengan Bluetooth conectando la mochila VE.Direct Bluetooth Smart. Ventaja: los productos nos son accesibles mediante Bluetooth si no tienen una mochila conectada. Tenga en cuenta que en los modelos SmartSolar se puede deshabilitar el Bluetooth.

### Opciones de pantalla:

- Aplicación VictronConnect. Se conecta por Bluetooth o mediante la interfaz VE.Direct - USB
- Control MPPT. Se conecta a todos los modelos mediante un cable VE.Direct.
- Pantalla de control SmartSolar. Se enchufa directamente en la carcasa de los modelos grandes
- Dispositivo GX
- Sitio web VRM (se necesita un dispositivo de control GX)

### Puertos de comunicación:

- VE.Direct - todos los modelos
- VE.Direct y VECAN - algunos modelos. VECAN está especialmente indicado para sistemas con múltiples cargadores solares. Simplemente se conectan todas las unidades en cadena entre sí con un solo cable RJ45 entre cada unidad y también entre la última unidad de la cadena y el dispositivo de control GX.

### Opciones de sensor de temperatura:

- Internamente (todos los modelos).
- Externamente mediante Smart Battery Sense (solo los modelos SmartSolar).

### Opciones de salida de carga:

- Salida física - en los modelos de 10, 15 y 20 A.
- Salida virtual - c el cable de salida VE.Direct TX digital y el BatteryProtect o un relé de estado sólido.

### Activación y desactivación remota del cargador:

- Las unidades más grandes disponen de terminales estándar de encendido/apagado remoto de Victron. Todos los modelos que no cuentan con una terminal de encendido/apagado remoto integrada se pueden controlar de forma remota con el [cable on-off remoto no inversor VE.Direct - ASS030550310](#). Tenga en cuenta que esto impide que se pueda usar el puerto VE.Direct para otra cosa.

### Opciones de actualización de firmware:

- Actualizaciones locales a través de la aplicación VictronConnect (por Bluetooth o la interfaz USB-VE.Direct)
- Actualizaciones remotas a través del sitio web de VRM o un dispositivo GX

### Accesorios opcionales:

- Aplicación VictronConnect (descarga gratuita)
- Cajas de conexiones para cubrir y proteger las conexiones. Los tipos de cajas de conexiones se pueden ver en la tabla de la página 2
- Paneles de control y pantallas: Control MPPT o control SmartSolar)
- Dispositivo de control GX (CCGX Venus GX, Octo GX o Cerbo GX)
- Cables de datos: Cable VE.Direct, cable RJ45 (solo en modelos VECAN) interfaz USB-VE.Direct
- Cables de control externo: Cable TX, cable no inversor
- Mochila Bluetooth (para modelos que no sean Smart)

### Más información:

- Para acceder a los documentos indicados anteriormente: pulse el botón de búsqueda de nuestro sitio web e introduzca la palabra de búsqueda adecuada.
- Para conexión a un Color Control GX u otro dispositivo GX, véase: <https://www.victronenergy.com/live/venus-os-start>.



MPPT Control



SmartSolar Control



VictronConnect Application

BlueSolar Controlador de carga	Salida de carga	Tensión de la batería	Pantalla opcional	Bluetooth:	Puerto COM	Remoto ON, OFF	Relé programable	Caja de conexiones
75/10	15A	12/24	Control MPPT	Mochila opcional	VE.Direct	No	No	\$ 75-10/15
75/15	15A	12/24	Control MPPT	Mochila opcional	VE.Direct	No	No	\$ 75-10/15
100/15	15A	12/24	Control MPPT	Mochila opcional	VE.Direct	No	No	\$ 100-15
100/20-48V	20A/20A/1A	12/24/36/48	Control MPPT	Mochila opcional	VE.Direct	No	No	\$ 100-20
100/30	No	12/24	Control MPPT	Mochila opcional	VE.Direct	No	No	MM
100/50	No	12/24	Control MPPT	Mochila opcional	VE.Direct	No	No	M
150/35	No	12/24/36/48	Control MPPT	Mochila opcional	VE.Direct	No	No	M
150/45-Tr	No	12/24/36/48	Control MPPT	Mochila opcional	VE.Direct	No	No	LL
150/45-MC4	No	12/24/36/48	Control MPPT	Mochila opcional	VE.Direct	No	No	L
150/60-Tr	No	12/24/36/48	Control MPPT	Mochila opcional	VE.Direct	No	No	L
150/60-MC4	No	12/24/36/48	Control MPPT	Mochila opcional	VE.Direct	No	No	L
150/70-Tr	No	12/24/36/48	Control MPPT	Mochila opcional	VE.Direct	No	No	L
150/70-MC4	No	12/24/36/48	Control MPPT	Mochila opcional	VE.Direct	No	No	L
150/100-Tr VE.Can	No	12/24/36/48	MPPT ctrl & SmartSolar ctrl	Mochila opcional	VE.Direct & VE.Can	Si	Si	XL
250/70-Tr VE.Can	No	12/24/36/48	MPPT ctrl & SmartSolar ctrl	Mochila opcional	VE.Direct & VE.Can	Si	Si	L
250/100-Tr VE.Can	No	12/24/36/48	MPPT ctrl & SmartSolar ctrl	Mochila opcional	VE.Direct & VE.Can	Si	Si	XL
SmartSolar Controlador de carga	Salida de carga	Tensión de la batería	Pantalla opcional	Bluetooth:	Puerto COM	Remoto ON, OFF	Relé programable	Caja de conexiones
75/10	15A	12/24	Control MPPT	Integrado	VE.Direct	No	No	\$ 75-10/15
75/15	15A	12/24	Control MPPT	Integrado	VE.Direct	No	No	\$ 75-10/15
100/15	15A	12/24	Control MPPT	Integrado	VE.Direct	No	No	\$ 100-15
100/20-48V	20A/20A/1A	12/24/36/48	Control MPPT	Integrado	VE.Direct	No	No	\$ 100-20
100/30	No	12/24	Control MPPT	Integrado	VE.Direct	No	No	M
100/50	No	12/24	Control MPPT	Integrado	VE.Direct	No	No	M
150/35	No	12/24/36/48	Control MPPT	Integrado	VE.Direct	No	No	M
150/45-Tr	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct	Si	Si	L
150/45-MC4	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct	Si	Si	L
150/60-Tr	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct	Si	Si	L
150/60-MC4	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct	Si	Si	L
150/70-Tr	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct	Si	Si	L
150/70-MC4	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct	Si	Si	L
150/70-Tr VE.Can	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct & VE.Can	Si	Si	L
150/70-MC4 VE.Can	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct & VE.Can	Si	Si	L
150/85-MC4	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct	Si	Si	XL
150/85-MC4 VE.Can	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct & VE.Can	Si	Si	XL
150/100-Tr VE.Can	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct & VE.Can	Si	Si	XL
150/100-MC4	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct	Si	Si	XL
150/100-MC4 VE.Can	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct & VE.Can	Si	Si	XL
250/60-Tr	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct	Si	Si	L
250/60-MC4	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct	Si	Si	L
250/70-Tr	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct	Si	Si	L
250/70-MC4	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct	Si	Si	L
250/70-MC4 VE.Can	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct & VE.Can	Si	Si	L
250/85-Tr VE.Can	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct & VE.Can	Si	Si	XL
250/85-MC4 VE.Can	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct & VE.Can	Si	Si	XL
250/100-Tr VE.Can	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct & VE.Can	Si	Si	XL
250/100-MC4 VE.Can	No	12/24/36/48	Controles MPPT y SmartSolar	Integrado	VE.Direct & VE.Can	Si	Si	XL



Color Control GX



Venus GX



Carbo GX



Smart Battery Sense



VE.Direct Bluetooth Smart Dongle



VE.Direct to USB interface

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | Países Bajos  
 Centralita: +31 (0)36 535 97 00 | Correo electrónico: sales@victronenergy.com  
[www.victronenergy.com](http://www.victronenergy.com)



# Inversores Phoenix

250 VA – 1200 VA 230 V y 120 V, 50 Hz o 60 Hz

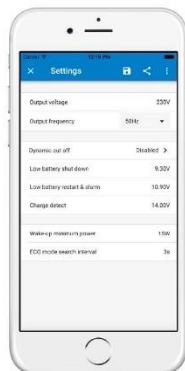
www.victronenergy.com



Phoenix 12/375 VE.Direct



Phoenix 12/375 VE.Direct



### Puerto de comunicación VE.Direct

El puerto VE.Direct puede conectarse a:

- Un ordenador (se necesita un cable de interfaz VE.Direct a USB)
- Smartphones Apple y Android, tabletas, mackbooks y demás dispositivos (se necesita una mochila VE.Direct a Bluetooth Smart)

Totalmente configurable:

- Niveles de disparo de la alarma y restablecimiento por tensión baja de la batería.
- Niveles de desconexión y reinicio por tensión baja de la batería.
- Desconexión dinámica: nivel de desconexión dependiente de la carga
- Tensión de salida 210 – 245 V
- Frecuencia 50 Hz o 60 Hz
- On/off del modo ECO y sensor de nivel del modo ECO

Seguimiento:

- Tensión y corriente de entrada/salida, % de carga y alarmas

### Fiabilidad probada

La topología de puente completo más transformador toroidal ha demostrado su fiabilidad a lo largo de muchos años. Los inversores están a prueba de cortocircuitos y protegidos contra el sobrecalentamiento, ya sea debido a una sobrecarga o a una temperatura ambiente elevada.

### Alta potencia de arranque

Necesaria para arrancar cargas como convertidores para lámparas LED, halógenas o herramientas eléctricas.

### Modo ECO

En modo ECO, el inversor se pondrá en espera cuando la carga descienda por debajo de un valor predeterminado (carga mínima: 15 W). Una vez en espera, el inversor se activará brevemente (ajustable; por defecto: cada 2,5 segundos). Si la carga excede el nivel predeterminado, el inversor permanecerá encendido.

### Interruptor on/off remoto

Se puede conectar un interruptor On/Off remoto a un conector bifásico o entre el positivo de la batería y el contacto de la izquierda del conector bifásico.

### Diagnóstico LED

Por favor, consulte el manual para obtener su descripción.

### Para transferir la carga a otra fuente CA: el conmutador de transferencia automático

Para nuestros inversores de menor potencia recomendamos nuestro conmutador de transferencia automático Filax. El tiempo de conmutación del "Filax" es muy corto (menos de 20 milisegundos), de manera que los ordenadores y demás equipos electrónicos continuarán funcionando sin interrupción.

### Disponible con tomas de corriente distintas



### Bornes de tornillo

No se necesitan herramientas especiales para su instalación

GFCI



Inversor Phoenix	12 voltios 24 voltios 48 voltios	12/250 24/250 48/250	12/375 24/375 48/375	12/500 24/500 48/500	12/800 24/800 48/800	12/1200 24/1200 48/1200
Potencia cont. a 25°C (1)		250 VA	375 VA	500 VA	800 VA	1200 VA
Potencia cont. a 25°C/40°C		200/175 W	300/260 W	400/350 W	650/560 W	1000/850 W
Pico de potencia		400 W	700 W	900 W	1500 W	2200 W
Tensión/frecuencia CA de salida (ajustable)		230 VCA o 120 VCA +/- 3% 50Hz o 60Hz +/- 0,1%				
Rango de tensión de entrada		9,2 - 17/18,4 - 34,0/36,8 - 62,0 V				
Desconexión por CC baja (ajustable)		9,3/18,6/37,2 V				
Dinámica (dependiente de la carga)		Desconexión dinámica, ver				
Desconexión por CC baja (totalmente ajustable)		<a href="https://www.victronenergy.com/live/ve-direct:phoenix-inverters-dynamic-cut-off">https://www.victronenergy.com/live/ve-direct:phoenix-inverters-dynamic-cut-off</a>				
Reinicio y alarma por CC baja (ajustable)		10,9/21,8/43,6 V				
Detector de batería cargada (ajustable)		14,0/28,0/56,0 V				
Eficacia máx.		87/88/88 %	89/89/90 %	90/90/91 %	90/90/91 %	91/91/92 %
Consumo en vacío		4,2/5,2/7,9 W	5,6/6,1/8,5 W	6/6,5/9 W	6,5/7/9,5 W	7/8/10 W
Consumo en vacío predeterminado en modo ECO (Intervalo de reinicio: 2,5 s, ajustable)		0,8/1,3/2,5 W	0,9/1,4/2,6 W	1/1,5/3,0 W	1/1,5/3,0 W	1/1,5/3,0 W
Ajuste de potencia de parada y arranque en modo ECO		Ajustable				
Protección (2)		a - f				
Rango de temperatura de trabajo		-40 to +65°C (refrigerado por ventilador) (reducción de potencia del 1,25 % por cada °C por encima de 25°C)				
Humedad (sin condensación)		máx. 95 %				
<b>CARCASA</b>						
Material y color		Chasis de acero y carcasa de plástico (azul RAL 5012)				
Conexión de la batería		Bornes de tornillo				
Sección de cable máxima:		10 mm <sup>2</sup> /AWG8	10 mm <sup>2</sup> /AWG8	10 mm <sup>2</sup> /AWG8	25/10/10 mm <sup>2</sup> / AWG4/8/8	35/25/25 mm <sup>2</sup> / AWG 2/4/4
Tomas de corriente CA estándar		230 V: Schuko (CEE 7/4), IEC-320 (enchufe macho incluido) UK (BS 1363), AU/NZ (AS/NZS 3112) 120 V: Nema 5-15R, GFCI				
Tipo de protección		IP 21				
Peso		2,4 kg/5,3 lbs	3,0 kg/6,6 lbs	3,9 kg/8,5 lbs	5,5 kg/12 lbs	7,4 kg/16,3 lbs
Dimensiones (al x an x p en mm.) (al x an x p, pulgadas)		86 x 165 x 260 3,4 x 6,5 x 10,2	86 x 165 x 260 3,4 x 6,5 x 10,2	86 x 172 x 275 3,4 x 6,8 x 10,8	105 x 216 x 305 4,1 x 8,5 x 12,1 (Modelo 12 V: 105 x 230 x 325)	117 x 232 x 327 4,6 x 9,1 x 12,9 (Modelo 12 V: 117 x 232 x 362)
<b>ACCESORIOS</b>						
On/Off remoto		Sí				
Conmutador de transferencia automático		Filax				
<b>ESTÁNDARES</b>						
Seguridad		EN-IEC 60335-1/EN-IEC 62109-1/UL 458 (3)				
EMC		EN 55014-1/EN 55014-2/IEC 61000-6-1/IEC 61000-6-2/ IEC 61000-6-3				
Directiva de automoción		ECE R10-4				
1) Carga no lineal, factor de cresta 3:1		3) UL 458 solo para inversores con toma de salida GFCI				
2) Claves de protección: a) cortocircuito de salida b) sobrecarga c) tensión de la batería demasiado alta d) tensión de la batería demasiado baja h) temperatura demasiado alta f) ondulación CC demasiado alta						



#### Alarma de batería

Indica que la tensión está demasiado alta o demasiado baja por medio de una alarma visual y sonora y de un relé de señalización remota



Mochila VE.Direct a Bluetooth Smart  
(Debe pedirse por separado)



#### Monitor de baterías BMV

El monitor de baterías BMV dispone de un avanzado sistema de control por microprocesador combinado con un sistema de alta resolución para la medición de la tensión de la batería y de la carga/descarga de corriente. Aparte de esto, el software incluye unos complejos algoritmos de cálculo para determinar exactamente el estado de la carga de la batería. El BMV muestra de manera selectiva la tensión, corriente, Ah consumidos o el tiempo restante de carga de la batería. El monitor también almacena una multitud de datos relacionados con el rendimiento y uso de la batería.

## Controladores de carga SmartSolar con salida de carga

### MPPT 75/10, 75/15, 100/15, 100/20, 100/20-48V

www.victronenergy.com



Controlador de carga SmartSolar MPPT 75/15



Detección de Bluetooth Smart Battery Sense



Detección de Bluetooth BMV-712 Smart Battery Monitor



#### Bluetooth Smart Integrado

La solución inalámbrica para configurar, controlar, actualizar y sincronizar los controladores de carga SmartSolar.

#### VE.Direct

Para una conexión de datos con cable a un Color Control GX, otros productos GX, PC u otros dispositivos.

#### Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT)

Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

#### Salida de carga

Se puede evitar que la batería se descargue en exceso conectando todas las cargas a la salida de carga. Esta salida desconectará la carga cuando la batería se haya descargado hasta alcanzar una tensión preestablecida. (Modelo 48V: interfaz con un relé) También se puede establecer un algoritmo de gestión inteligente de la batería: ver BatteryLife. La salida de carga es a prueba de cortocircuitos.

#### BatteryLife: gestión inteligente de la batería

Si un controlador de carga solar no es capaz de recargar la batería a plena capacidad en un día, lo que sucede es que el ciclo de la batería cambia continuamente entre los estados "parcialmente cargada" y "final de descarga". Este modo de funcionamiento (sin recarga completa periódica) destruirá una batería de plomo-ácido en semanas o meses. El algoritmo BatteryLife controlará el estado de carga de la batería y, si fuese necesario, incrementará día a día el nivel de desconexión de la carga (esto es, desconectará la carga antes) hasta que la energía solar recogida sea suficiente como para recargar la batería hasta casi el 100%. A partir de ese punto, el nivel de desconexión de la carga se modulará de forma que se alcance una recarga de casi el 100% alrededor de una vez a la semana.

#### Algoritmo de carga de batería programable

Consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web para más información.

#### Temporizador día/noche y opción de regulador de luminosidad

Consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web para más información.

#### Sensor de temperatura interna

Compensa la tensión de carga de absorción y flotación en función de la temperatura.

#### Sensor opcional de la tensión y de la temperatura externas de la batería vía Bluetooth

Se puede usar un sensor Smart Battery Sense o un monitor de baterías BMV-712 Smart para comunicar la tensión y la temperatura de la batería a uno o más controladores de carga SmartSolar.

Controlador de carga SmartSolar	MPPT 75/10	MPPT 75/15	MPPT 100/15	MPPT 100/20	MPPT 100/20-48V
Tensión de la batería (Selección automática)	12 / 24V				12 / 24 / 48V
Corriente de carga nominal	10A	15A	15A	20A	20A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	145W	220W	220W	290W	290W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	290W	440W	440W	580W	580W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1160W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	13A	15A	15A	20A	20A
Desconexión automática de la carga	Sí				
Tensión máxima del circuito abierto FV	75V		100V		
Eficiencia máxima	98%				
Autoconsumo	12V: 25 mA		24V: 15 mA		25 / 15 / 10 mA
Tensión de carga de "absorción"	14,4V / 28,8V (ajustable)				14,4V / 28,8V / 57,6V (adj.)
Tensión de carga de "flotación"	13,8V / 27,6V (ajustable)				13,8V / 27,6V / 55,2V (adj.)
Algoritmo de carga	adaptativo multifase				
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.				
Corriente de carga continua	15A		20A		20A / 20A / 1A
Desconexión de carga por baja tensión	11,1V/22,2V/44,4V u 11,8V/23,6V/47,2V o algoritmo BatteryLife				
Reconexión de carga por baja tensión	13,1V/26,2V/52,4V o 14V/28V/56V o algoritmo BatteryLife				
Protección	Cortocircuito de salida/Sobre temperatura				
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40°C)				
Humedad	95%, sin condensación				
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)				
<b>CARCASA</b>					
Color	Azul (RAL 5012)				
Terminales de conexión	6 mm <sup>2</sup> / AWG10				
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)				
Peso	0,5 kg	0,6 kg	0,6 kg	0,65 kg	
Dimensiones (al x an x p)	100 x 113 x 40 mm		100 x 113 x 50 mm		100 x 113 x 60 mm
<b>NORMATIVAS</b>					
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2				
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia.					
1b) La tensión FV debe exceder Vbat + 5V para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.					
2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador.					



# GEL battery series

## NVSG12-150(12V150AH)

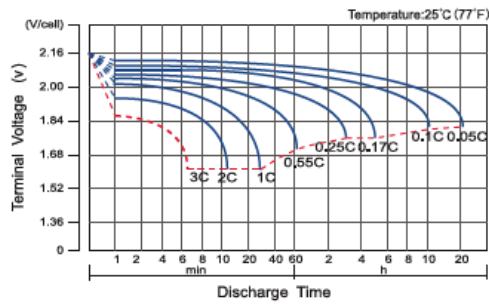
Nominal Voltage	12V
Number of cell	6
Design Life	15 years
<b>Nominal Capacity 77°F(25°C)</b>	
100hours rate	180AH
20 hour rate (8.0A, 10.5V)	160Ah
10 hour rate (15.0A, 10.5V)	150Ah
5 hour rate (24.0A, 10.5V)	120Ah
1 hour rate (104.0A, 9.6V)	104Ah
<b>Internal Resistance</b>	
Fully Charged battery 77°F(25°C)	≤4.5mOhms
<b>Self-Discharge</b>	
3% of capacity declined per month at 20°C(average)	
<b>Operating Temperature Range</b>	
Discharge	-20~60°C
Charge	-10~60°C
Storage	-20~60°C
Max. Discharge Current 77°F(25°C)	1000(5s)
Short Circuit Current	2700A
<b>Charge Methods: Constant Voltage Charge 77°F(25°C)</b>	
Cycle use	2.40-2.45VPC
Maximum charging current	no limited
Temperature compensation	-30mV/°C
Standby use	13.6-13.8V
Temperature compensation	-20mV/°C



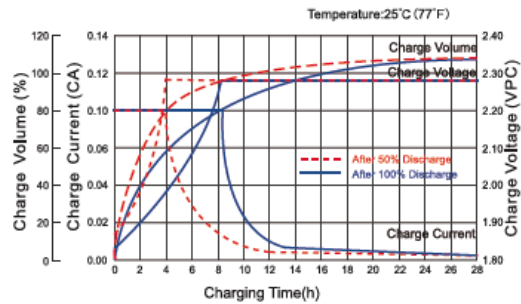
-  Wide Range Temperature
-  Warranty
-  Maintenance Free
-  GEL Technology
-  easy use
-  long life

### Mechanical Characteristics

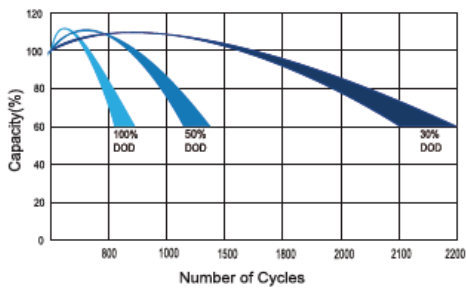
**Discharge Characteristics Curve**



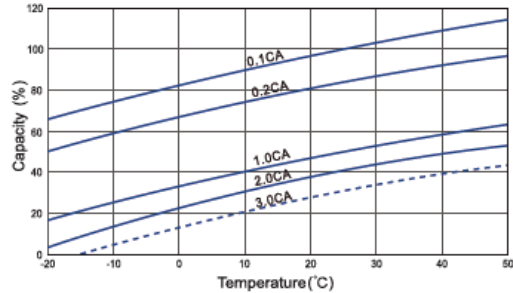
**Charge Characteristic Curve For Standby Use**



**Cycle Life In Relation To Depth Of Discharge**



**Temperature Effects On Capacity**



NAME	<b>PnTech SOLAR CABLE DATASHEET</b>	ISSUANCE	2019.5.29	
		AFFIRM	CENSOR	WRITER
SEND				

1.Applicability : This specification covers the construction and characteristics as follows.

2.Rating : voltage : 1/1KV temperature : 90

3.Product description Cross section :

(1) Conductor : Tinned annealed copper or annealed copper

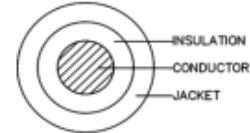
(2) Insulation : 125 XLPE

(3) Jacket : 125 XLPE

(4) color : Core: black jacket:black or red

5Marking : Only 2.5mm<sup>2</sup> - 35mm<sup>2</sup>

FRicable TÜV EN50618 H1Z2Z2-K 1X\*mm2 DC 1.5KV



Conductor			Insulation		Jacket		Outer Dia.	Conductor resistance (20 )	Insulation resistance(20 )
Area	Construction	Conductor Dia.	thickness	minimum thickness	thickness	minimum thickness			
mm <sup>2</sup>	N/mm	(about) mm	mm	mm	mm	mm	mm	≤Ω/km	≥MΩ•Km
4.0	56/0.285	2.49	0.95	0.71	0.80	0.68	6.0±0.1	5.09	579
6.0	84/0.285	3.05	0.95	0.76	0.95	0.80	6.87±0.1	3.39	499

7.Electric Characteristic:

item	units	Specification
Sheath surface resistance(20)	Ω	≥10 <sup>9</sup>
Withstand voltage	V/5min	AC6500

7.Electric Characteristic:

item	units	Specification
Sheath surface resistance(20)	Ω	≥10 <sup>9</sup>
Withstand voltage	V/5min	AC6500

8.Physical Properties :

item	condition	Specification	
		Insulation	Jacket
Unaged	Tensile strength	≥8.05Mpa	≥8.0Mpa
	Elongation	≥125%	≥125%
aging	Tensile strength	150±2 X168h	≥—30%
	Elongation		≥—30%
Cold bend	—40±1 X16h	No crack	No crack
Heat stretch	200±3	≤ 100%	≤ 100%
Cold Shock	—40±1 X16h	No crack	No crack
Flaming test		—	DZ-1

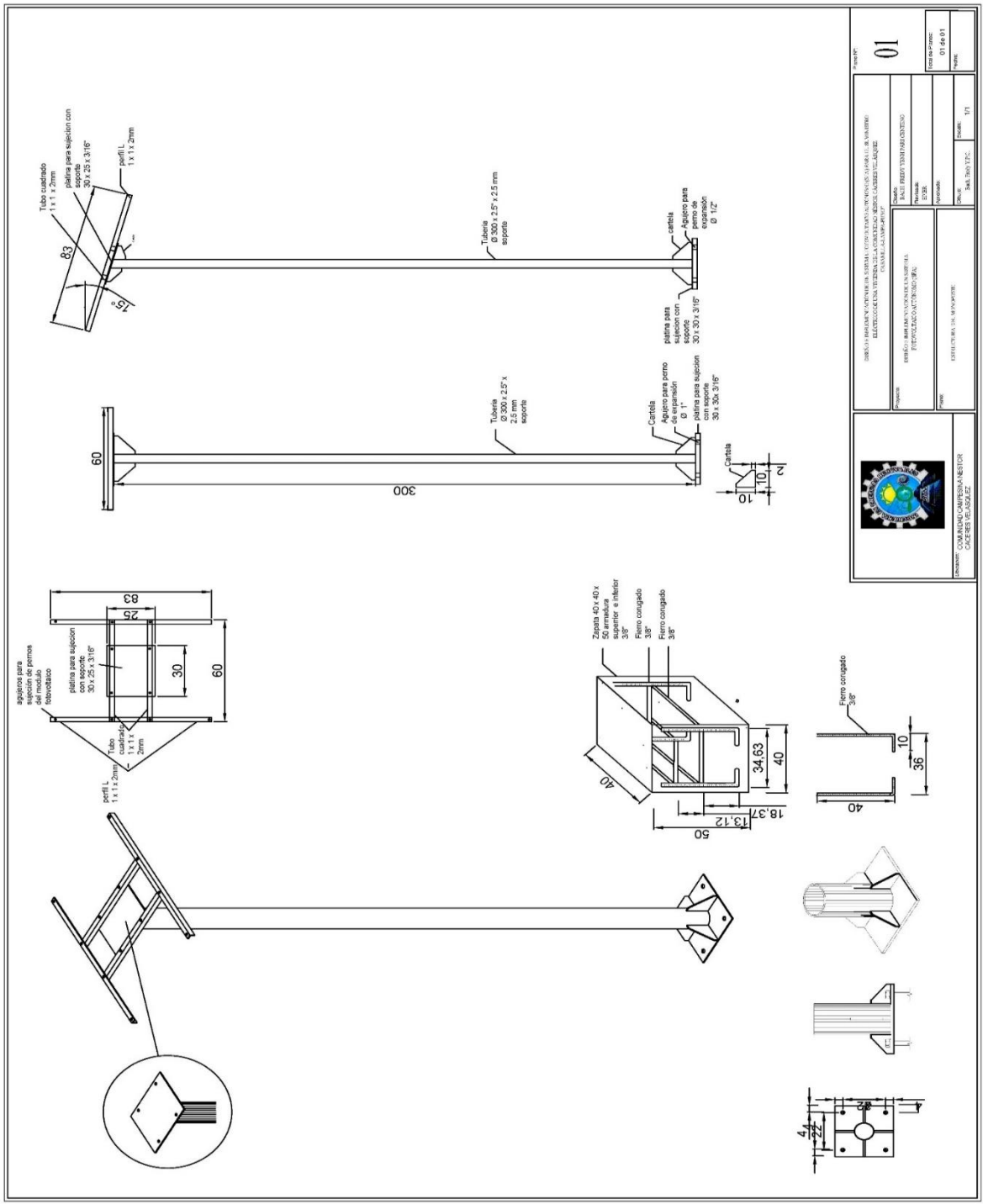
9.Rated Current

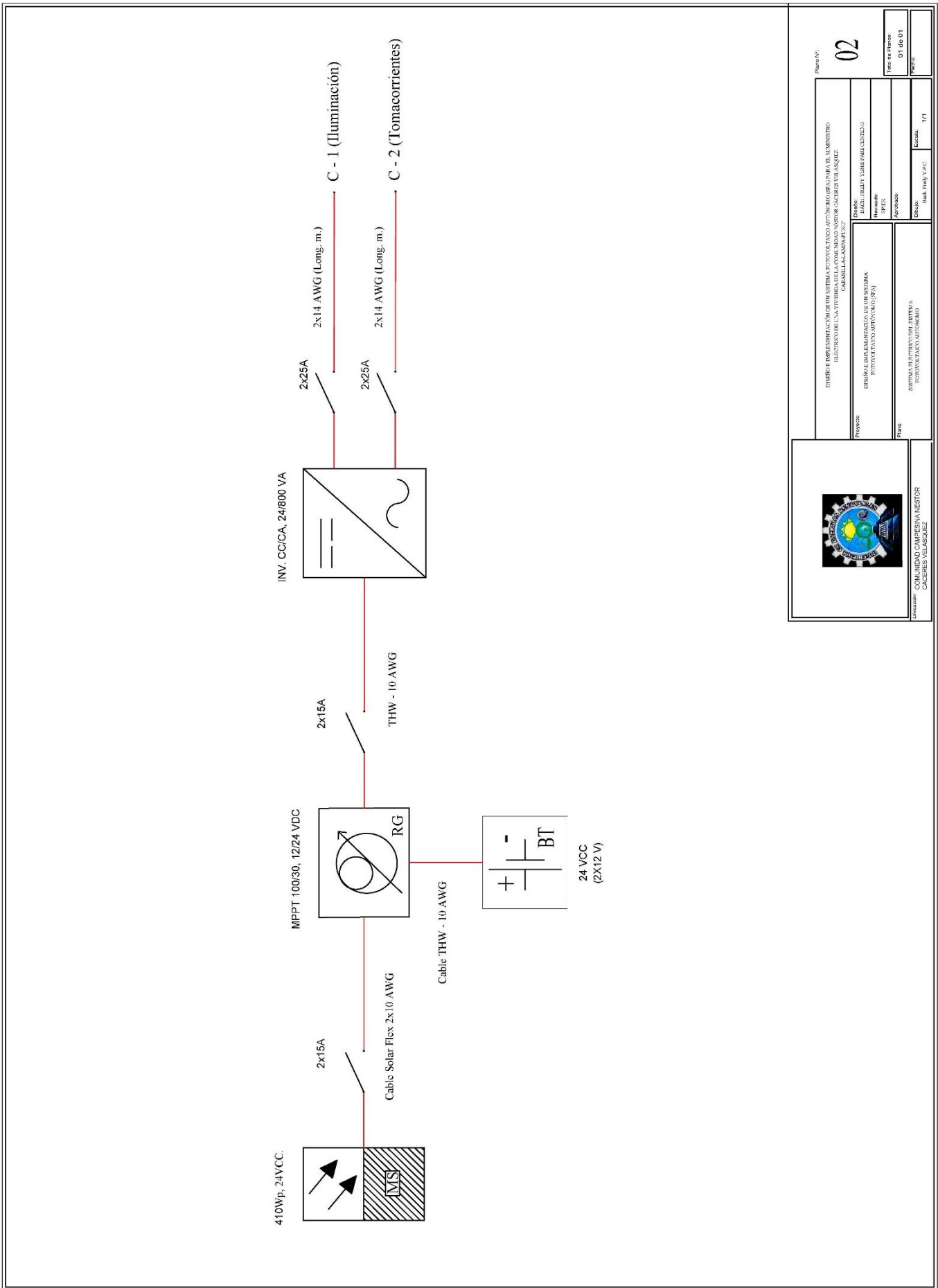
Area	at 60	in air	Area	at 60	in air
mm <sup>2</sup>			mm <sup>2</sup>		
1.5	30.0		50	260.0	
2.5	41.0		70	325.0	
4.0	55.0		95	385.0	
6.0	70.0		120	440.0	
8.0	83.0				
10.0	98.0				
16.0	132.0				
25.0	176.0				
35.0	218				

10.Conversion factor

Ambient temperature	factor
60	1
70	0.91
80	0.82
90	0.71
100	0.58
110	0.41

# Anexo 6. Diagramas de un sistema fotovoltaico autonomo en Autocad





COMUNIDAD CAMPESINA INGENIERO  
CÁCERES VELÁSQUEZ

Plano Nº: 02

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA EL SUBMINISTRO ELÉCTRICO DE UNA FUENTE DE LA COMUNIDAD ANTOR CÁCERES VELÁSQUEZ, CABANILLA-LAMPAR, S2	
Propósito:	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO (S2)
Revisión:	01
Por:	ING. PABLO YANFON SANTOS
Fecha de Planes:	01/06/01
Proyecto:	ING. PABLO YANFON SANTOS
Localidad:	1/1

