



**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**



**ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO  
PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE  
UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE LA  
CIUDAD DE JULIACA – 2022**

TESIS PRESENTADA POR.

**Bach. LIBER CHIPANA CALSIN**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE.  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

JULIACA – PERÚ

2024



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO  
PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA  
DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE LA  
CIUDAD DE JULIACA - 2022**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. LIBER CHIPANA CALSIN**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR:**

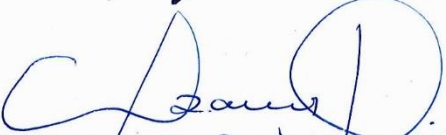
**PRESIDENTE**

:   
Ing. WALTER JACINTO LIZARRAGA ARMAZA


**PRIMER MIEMBRO**

:   
Dr. BENJAMÍN CHUQUIMAMANI QUINTO

**SEGUNDO MIEMBRO**

:   
M.Sc. MARIO ALEJANDRO RAMOS HERRERA

**ASESOR DE TESIS**

:   
Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA ELÉCTRICA – P18



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 377-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 10 de agosto de 2024

VISTOS:

El OFICIO N° 019-A - 2024-D-EPIME-FICP-UANCV del Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y Resolución Decanal N°330-2024 de fecha 12 de julio de 2024 sobre la aprobación del Informe Final del trabajo de Investigación (tesis) titulado: ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2022; y el trámite solicitado por el Bachiller en Ingeniería Mecánica Eléctrica y;

CONSIDERANDO:

Que, el Bachiller: LIBER CHIPANA CALSIN; ha solicitado fecha y hora para efectuar la sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2022, para rendir el examen de sustentación del trabajo de Investigación (tesis) y optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, y;

Que, los Jurados designados por el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, de la FICP, están integrados por los siguientes Docentes;

- \* Presidente : Ing. WALTER JACINTO LIZARRAGA ARMAZA
- \* 1er Miembro : Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
- \* 2do Miembro : M.Sc. MARIO ALEJANDRO RAMOS HERRERA
- \* Asesor : Mgrtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

De conformidad al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - APROBAR Lugar, Día y Hora para que el (la) bachiller: LIBER CHIPANA CALSIN; rendirá el Examen de Sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2022, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista de acuerdo al siguiente detalle:

- \* FECHA : jueves 15 de agosto de 2024
- \* HORA : 10:00
- \* LUGAR : Aula 204 - EPIME

ARTICULO SEGUNDO. - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

C.c. Arch. 2024  
Interesado  
Escuela Profesional



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA  
SECRETARIO ACADÉMICO  
CIP/ 99831



UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 330-2024-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 12 de julio de 2024

**VISTOS:**

El **INFORME N° 126-2024-D-UI-FICP-UANCV**, del Director Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Ingeniería Mecánica Eléctrica, **INFORME N° 003-2024-UANCV-FICP-EPAU-CI** del Presidente del Sub Comité de Evaluación de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, **RESOLUCIÓN DECANAL N° 638-2022-D-FICP-UANCV** que aprueba el Proyecto de Investigación el **15 de julio de 2022** y el acta de revisión y calificación del Trabajo de Investigación (tesis) de fecha **12 de julio de 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, con el tema titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UN VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2022.**

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bachiller: **LIBER CHIPANA CALSIN**, ha presentado su Trabajo de Investigación (tesis) Titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UN VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2022.**

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajo de Investigación, con fines de la obtención de Grados Académicos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, nominó a la sub comisión de evaluación de trabajo de investigación, a los siguientes Docentes:

- \* **Presidente** : **Ing. WALTER JACINTO LIZARRAGA ARMAZA**
- \* **1er Miembro** : **Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO**
- \* **2do Miembro** : **M.Sc. MARIO ALEJANDRO RAMOS HERRERA**

Que, el Sub Comité de evaluación ha aprobado en su integridad el Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UN VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2022.**

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen N° 449-2024, la originalidad del trabajo de investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UN VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2022.**

Estando, conforme a la **RESOLUCIÓN DECANAL N°064-2019-CF-FICP-UANCV** de fecha 02 de octubre de 2019 donde aprueba el reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales a la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, que consta de XI capítulos y 71 artículos, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTICULO PRIMERO.- APROBAR**, el informe final de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Tesis)**, del Bachiller: **LIBER CHIPANA CALSIN**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UN VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2022.**

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Trabajo de Investigación en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

**ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER**, como asesor del Trabajo de Investigación (tesis) al docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, al **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS.**

**ARTICULO TERCERO.-** La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese,

cc.  
archivo 2024  
interesado (n)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

DR. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

DR. EFRAIN PARILLO SOSA  
SECRETARIO ACADÉMICO



**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 638-2022-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 15 de julio de 2022

**VISTOS:**

El **INFORME N° 248-2022-UI-FICP.UANCV**, del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **INFORME DE OPINIÓN TÉCNICA N° 014-2022-UANCV-FICP-UI-CI** del responsable del Comité de Investigación, la **opinión técnica N° 012-2022-UANCV-FICP-UI-CI** del presidente del sub comité de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** y el **ACTA DE REGISTRO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** según reglamento interno de aseguramiento de la calidad de trabajos de investigación de fecha **05 de julio de 2022**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**, con el tema titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2022**.

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bachiller: **LIBER CHIPANA CALSIN**, ha presentado su Proyecto de Investigación Titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2022**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**;

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras; el responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica**, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, nominó a la sub comisión de evaluación de Proyecto de Investigación, a los siguientes Docentes:

- \* **Presidente** : **Ing. WALTER JACINTO LIZARRAGA ARMAZA**
- \* **1er Miembro** : **Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO**
- \* **2do Miembro** : **Ing. LEONARDO BELIZARIO PELINCO**

Que, la sub comisión de evaluación ha concluido aprobar sin observación el Proyecto de Investigación titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2022**, correspondiente a la línea de investigación: **INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA ELÉCTRICA**, y;

Que, es requisito indispensable contar con un Docente Ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de magister y experiencia en la línea a investigar, que será el asesor de Proyecto de Investigación, y;

**Estando**, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el (la) Bachiller: **LIBER CHIPANA CALSIN**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2022**.

La misma que deberá proceder con la ejecución del Proyecto de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCA



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS

Mgtr. HERNAN ARTURO PINTO COAQUIRA  
SECRETARIO ACADÉMICO



## 18% Similitud general

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

### Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

### Fuentes principales

- 15% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 10% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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.



**Metadatos Complementarios**

<b>Título de la tesis</b>	
ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2022	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	LIBER CHIPANA CALSIN
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	46118225
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0007-0793-2934">https://orcid.org/0009-0007-0793-2934</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02383061
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0008-8660-8733">https://orcid.org/0009-0008-8660-8733</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	WALTER JACINTO LIZARRAGA ARMAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02393436
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02406088
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	MARIO ALEJANDRO RAMOS HERRERA



Número de documento de identidad	16660865
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA ELÉCTRICA – P18
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú  Región: Puno  Provincia : San Roman  Distrito : Juliaca  Jr. Puerto Rico Mz. F Lt. 10 S/N</p> <p>Latitud sur : 15° 30' 254.8"S  Longitud oeste: 70° 07' 57.6" W</p> <p>URL Mapa  <a href="https://maps.app.goo.gl/TDE5dMMwFX7qfjFy6">https://maps.app.goo.gl/TDE5dMMwFX7qfjFy6</a></p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	julio 2022 – agosto 2024
URL de disciplinas OCDE <a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</a> - Librería	<b>Ingeniería eléctrica, Ingeniería electrónica</b> <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01</a> <b>Ingeniería Mecánica</b> <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.00</a>



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO "VÍCTOR CAJES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PUNAS  
Dr. Fritz Willy Mamant Apaza  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo LIBER CHIPANA CALSIN, identificado con DNI Nro. 46118225 en mi condición de egresado de:

- [X] Escuela Profesional
[ ] Programa de Segunda Especialidad,
[ ] Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

informo que he elaborado el/la [X] Tesis o [ ] Trabajo de Investigación, [ ] Trabajo Académico denominada:

ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO

DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE LA CIUDAD

DE JULIACA - 2022

Asesorado por: Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 20 de Agosto del 2025

[Handwritten signature of advisor]
Firma del Asesor (obligatoria)

[Handwritten signature of student]
Firma del Estudiante (obligatoria)



Huella



## DEDICATORIA

En primer lugar, dedico esta tesis con todo el amor a Dios por permitirme ver la luz del día y hacer la persona que hoy soy en vida.

En segundo lugar, a mi madre ISIDORA CALSIN PÉREZ por darme la vida, que en sus posibilidades nunca me ha negado nada. Por su amor y comprensión incondicional para conmigo.

En tercer lugar, a mis hermanos CLEMENCIA CHIPANA CALSIN, MARIA ROSA CHIPANA CALSIN y EDGAR GENARO CHIPANA CALSIN. Que todos ellos fueron el motivo y la razón de seguir avanzando en mi vida profesional.



## AGRADECIMIENTO

Mi alma máter, la UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁZQUEZ - JULIACA, me agradece sinceramente por haberme brindado formación profesional durante mis cinco años de estudiante.

A mis profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (EPIME), por su guía y el intercambio de información durante mi etapa universitaria, lo cual me ha ayudado a crecer como profesional en esta industria competitiva de tecnología en constante avance.

A todos mis compañeros y amigos, con quienes he vivido muchas experiencias en el aula, pero especialmente a mis amigos, quienes me han demostrado el tipo de personas que podemos ser en sociedad.



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
ÍNDICE GENERAL .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	xvi

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

1.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA .....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2.1. Problema general .....	3
1.2.2. Problemas específicos .....	3
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. Objetivo general .....	3
1.3.2. Objetivos específicos .....	3
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
1.5. HIPÓTESIS.....	5
1.5.1. Hipótesis general.....	5
1.5.2. Hipótesis específicas.....	5
1.6. PLANTEAMIENTO DE LAS VARIABLES .....	5
1.6.1. Variables independientes .....	5
1.6.2. Variables dependientes.....	5



1.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES..... 6

**CAPÍTULO II**

**MARCO TEÓRICO**

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN ..... 7

    2.1.1. Antecedentes nacionales ..... 7

    2.1.2. Antecedentes internacionales ..... 9

2.2. MARCO TEÓRICO ..... 12

    2.2.1. Energía solar ..... 12

    2.2.2. Energía solar en el Perú..... 14

    2.2.3. Historia de los paneles fotovoltaicos. .... 15

    2.2.4. Tecnología solar fotovoltaica..... 16

    2.2.5. Radiación solar..... 16

    2.2.6. Radiación solar promedio en el departamento de Puno..... 18

    2.2.7. Geometría solar..... 20

    2.2.8. Coordenadas celestes horarias..... 21

    2.2.9. Recorrido de la radiación solar..... 22

    2.2.10. Horas de Sol Pico (H.S.P.) ..... 23

    2.2.11. Panel fotovoltaico ..... 24

    2.2.12. Célula fotovoltaica ..... 25

    2.2.13. Parámetros característicos ..... 28

    2.2.14. Curvas características ..... 29

    2.2.15. Sistemas fotovoltaicos ..... 30

    2.2.16. Sistemas fotovoltaicos aislados o autónomos ..... 30

    2.2.17. Sistemas de Conexión a la Red (ON-GRID)..... 33

    2.2.18. Componentes del sistema conectado a la red..... 34



- 2.2.19. Generador Fotovoltaico. .... 34
- 2.2.20. Inversor..... 37
- 2.2.21. Cableado. .... 41
- 2.2.22. Protecciones..... 42
- 2.2.23. Estructura portante ..... 43

**CAPÍTULO III**

**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

- 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN ..... 47
- 3.2. MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN..... 47
- 3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS..... 48
  - 3.3.1. Técnica..... 48
  - 3.3.2. Técnicas de análisis de la recolección de datos ..... 50
- 3.4. HERRAMIENTAS SOFTWARE EMPLEADAS ..... 51
  - 3.4.1. PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) ..... 51
  - 3.4.2. Excel 2022 ..... 51
  - 3.4.3. PVSyst versión 7.2..... 52

**CAPÍTULO IV**

**ANÁLISIS Y DISEÑO DEL PROYECTO**

- 4.1. PROCEDIMIENTOS DE ESTUDIO ..... 54
  - 4.1.1. Localización del proyecto ..... 54
  - 4.1.2. Medidas de Google Earth..... 55
- 4.2. EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO SOLAR ..... 56
  - 4.2.1. Inclinación optima..... 59
- 4.3. ESTIMACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA ELÉCTRICA  
..... 59



4.3.1. Demanda eléctrica a cubrir diariamente..... 62

4.4. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO  
CONECTADO A RED (SFCR)..... 62

4.4.1. Dimensionamiento de los paneles fotovoltaico ..... 62

4.4.2. Selección del inversor ..... 66

4.4.3. Dimensionamiento del Cableado..... 68

4.4.4. Puesta a tierra del sistema fotovoltaico conectada a red ..... 77

4.4.5. Protecciones ..... 78

4.4.6. Estructura de soporte ..... 86

4.4.7. Topología del sistema fotovoltaico conectado a la red ..... 87

4.4.8. Energía generada por el SFCR ..... 89

4.4.9. Presupuesto del SFCR..... 90

**CAPÍTULO V**

**ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

5.1. RESULTADOS DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO..... 93

5.2. RESULTADOS DEL SISTEMA DE POTENCIA..... 94

5.3. Resultados del consumo facturado y producción del SFCR ..... 96

**CONCLUSIONES ..... 98**

**RECOMENDACIONES ..... 99**

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 100**

**ANEXOS ..... 103**

Anexo 1. Recibo eléctrico de la Vivienda Multifamiliar. .... 104

Anexo 2. Especificaciones mecánicas y técnicas del panel solar ..... 105

Anexo 3. Especificaciones técnicas del inversor Fronius Primo 1.5-1 de 1.5 kW  
..... 107



Anexo 4. Especificaciones técnicas de los fusibles fotovoltaico 10.3x38mm .	109
Anexo 5. Interruptor termomagnético ABB de 2 polos CC .....	110
Anexo 6. Interruptores termomagnetico BTDIN NEW – AC .....	113
Anexo 7. Matriz de consistencia.....	113



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Operacionalización de variables dependientes.....	6
<b>Tabla 2</b> Operacionalización de variables Independientes.....	6
<b>Tabla 3</b> Eficiencia de células fotovoltaicas .....	28
<b>Tabla 4</b> Radiación promedio mensual en la vivienda ( $kWh/m^2/día$ ).....	57
<b>Tabla 5</b> Máxima demanda eléctrica facturada de la vivienda .....	60
<b>Tabla 6</b> Potencia instalada en la Vivienda Multifamiliar .....	61
<b>Tabla 7</b> Coeficiente de conductividad del cobre en función a la temperatura ...	70
<b>Tabla 8</b> Conductores seleccionados para el sistema .....	77
<b>Tabla 9</b> Energía generada por SFCR ( $kWh/mes$ ) .....	90
<b>Tabla 10</b> Presupuesto de la instalación fotovoltaica conectada a red.....	91
<b>Tabla 11</b> Resultados del generador fotovoltaico .....	94
<b>Tabla 12</b> Resultados del sistema de potencia .....	94
<b>Tabla 13</b> Resultados del sistema de potencia .....	96



## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Cartografía de Irradiación horizontal global..... 14

**Figura 2.** Mapa Irradiación horizontal del Perú..... 18

**Figura 3.** Promedio anual de radiación en el departamento de PUNO..... 19

**Figura 4.** Geometría solar. .... 21

**Figura 5.** Geometría solar. .... 22

**Figura 6.** Valores referenciales de Aire-Masa en función de la altura solar. .... 23

**Figura 7.** Concepto de Horas Sol Pico. .... 24

**Figura 8.** Fabricación de la célula y el panel fotovoltaico. .... 25

**Figura 9.** Funcionamiento célula silicio..... 26

**Figura 10.** Tecnologías fotovoltaicas más comunes..... 27

**Figura 11.** Curva característica y curva de potencia de un módulo fotovoltaico.  
..... 29

**Figura 12.** Representación de los componentes de un sistema fotovoltaico  
aislado..... 31

**Figura 13.** Representación del sistema fotovoltaico aislado..... 32

**Figura 14.** Representación del sistema fotovoltaico conectado a la Red. .... 34

**Figura 15.** Subcomponentes del sistema de generación..... 35

**Figura 16.** Esquema del efecto FV. .... 36

**Figura 17.** Representación de la célula fotovoltaica. .... 37

**Figura 18.** Inversor de Interconexión FRONIUS Primo 5kW. .... 38

**Figura 19.** Ejemplo de cable unifilar 6 mm<sup>2</sup> SOLAR PV ZZ-F Negro..... 41

**Figura 20.** Ejemplo de Termomagnético 25A IC60N ABB Monofásico..... 43

**Figura 21.** Ejemplo de estructura inclinada sobre un techo..... 44

**Figura 22.** Ejemplo de instalación de estructura fija sobre superficie plana. .... 44



<b>Figura 23.</b> Ejemplo de instalación de estructura regulable sobre superficie plana. ....	45
<b>Figura 24.</b> Ejemplo de instalación de estructura móvil sobre superficies plana. ....	46
<b>Figura 25.</b> Ubicación geográfica.....	55
<b>Figura 26.</b> Vista satelital de la vivienda. ....	56
<b>Figura 27.</b> Comportamiento de la radiación solar en un ángulo de inclinación de 16°.....	58
<b>Figura 28.</b> Comportamiento de la radiación solar en un ángulo de inclinación de 31°.....	58
<b>Figura 29.</b> Comportamiento del consumo energético.....	61
<b>Figura 30.</b> Características mecánicas del panel fotovoltaico.....	64
<b>Figura 31.</b> Especificaciones técnicas del panel fotovoltaico.....	64
<b>Figura 32.</b> Resultados simulación PVGIS. (PVGIS, 2022) .....	65
<b>Figura 33.</b> Ficha Técnica Inversor Fronius Galvo.....	68
<b>Figura 34.</b> Fusible de 10 A, DF ELECTRIC 491620. ....	81
<b>Figura 35.</b> Interruptor termomagnético ABB de 2 polos.....	82
<b>Figura 36.</b> Interruptor diferencial BTICINO.....	85
<b>Figura 37.</b> Medidor bidireccional Fronius Smart Meter 63A-1. ....	86
<b>Figura 38.</b> Topología del sistema fotovoltaico conectado a red.....	87
<b>Figura 39.</b> Consumo facturado vs Producción del SFCR. ....	97
<b>Figura 40.</b> Recibo del mes de agosto.....	104
<b>Figura 41.</b> Panel de 400 Wp policristalino, modelo JKM 400M-72 .....	105
<b>Figura 42.</b> Especificaciones técnicas del panel fotovoltaico .....	106
<b>Figura 43.</b> Datos de inversores Fronius Primo 1.5-1 .....	107



<b>Figura 44.</b> Especificaciones técnicas del Inversor .....	108
<b>Figura 45.</b> Especificaciones técnicas de los fusibles .....	109
<b>Figura 46.</b> Especificaciones técnicas del termomagnético S802PV-S10 .....	110
<b>Figura 47.</b> Especificaciones técnicas del termomagnético CC .....	111
<b>Figura 48.</b> Especificaciones técnicas del termomagnético CC HPCBs .....	112
<b>Figura 49.</b> Figura 25. Especificaciones técnicas del termomagnético y diferencial AC .....	113
<b>Figura 50.</b> Características del interruptor termomagnético y diferencial AC ...	114
<b>Figura 51.</b> Especificaciones técnicas del interruptor diferencial horario AC ...	115
<b>Figura 52.</b> Especificaciones técnicas del tablero en riel DIN .....	116



## RESUMEN

En este proyecto, se presenta un sistema fotovoltaico diseñado para suministrar electricidad a una vivienda multifamiliar en Juliaca, departamento de Puno, provincia de San Román. Este diseño busca Proporcionar electricidad de alta calidad, reducir los costos de la energía convencional y expandir el Utilización de fuentes de energía sostenibles. Al reducir la dependencia de las fuentes tradicionales de generación de electricidad, el uso de energía solar no solo produce electricidad limpia, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental. Se realizó una evaluación exhaustiva de los recursos solares durante el desarrollo del proyecto utilizando información obtenida de la aplicación de la NASA y examinada en diversas inclinaciones. Con un ángulo ideal de  $16^\circ$  y una radiación solar mínima medida de  $6,23 \text{ kWh/m}^2$ , se satisfizo la demanda energética prevista. Para el dimensionamiento del sistema se seleccionaron cuatro paneles solares de  $400 \text{ Wp}$ , un medidor bidireccional Fronius Smart Meter de  $63 \text{ A-1}$  y un inversor monofásico Fronius Galvo 1.5-1 de  $1500 \text{ W}$ . El mecanismo de defensa está compuesto por de dos fusibles de  $10 \text{ A}$ , un interruptor automático de CC de  $10 \text{ A}$ , un interruptor automático de CA de  $20 \text{ A}$  y un dispositivo diferencial de  $25 \text{ A}$ . El estudio económico final del proyecto proyectó una vida útil de 25 años y una inversión total de S/. 15.608,29. Este análisis demuestra la viabilidad del sistema fotovoltaico como alternativa, además de ser una opción económica y ecológicamente viable.

**Palabras Claves.** Diseño, sistema fotovoltaico, radiación solar.



## ABSTRACT

The design of a photovoltaic system for a multi-family house in the city of Juliaca, province of San Román, department of Puno, is presented in this project. This design seeks to encourage the use of renewable energy sources, lower expenses related to traditional energy usage, and offer high-quality electricity. Utilizing solar energy reduces reliance on traditional means of electricity generation, which promotes environmental sustainability in addition to producing clean electricity. During the project's construction, a thorough assessment of the solar resource was conducted utilizing information gleaned from the NASA application and examined for various inclination angles. The minimum recorded solar radiation was demonstrated, equivalent to 6.23 kWh/m<sup>2</sup>, with an optimal angle of 16°. The estimated electrical demand for the home is 5.93 kWh/day. For the sizing of the system, four 400 Wp solar panels, a Fronius Galvo 1.5-1 1500 W single-phase inverter and a Fronius Smart Meter 63 A-1 bidirectional meter are selected. Regarding the protection system, two 10 A fuses, a 10 A direct current (DC) thermal magnetic switch, a 20 A alternating current (AC) thermal magnetic switch and a 25 A differential switch are included. Finally, an economic analysis of the project was carried out, estimating a total investment of S/. 15,608.29, with a projected useful life of 25 years. This analysis highlights the viability of the photovoltaic system not only as an alternative technique, but also as an economically and environmentally sustainable option.

**Keywords.** Design, photovoltaic system, solar radiation.



## INTRODUCCIÓN

Un recurso vital Uno de los elementos más cruciales para el desarrollo de los países y las sociedades a nivel mundial es la electricidad. La adhesión del Perú al Protocolo de Kioto ha impulsado medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, como la imposición de aranceles por cada tonelada de dióxido de carbono no emitida. En este sentido, el Decreto Legislativo N.º 1002 considera necesaria y de interés nacional la creación de nuevos métodos de generación de energía que utilicen Recursos Energéticos Renovables (RER), siendo la energía fotovoltaica una alternativa destacada.

Las viviendas multifamiliares de la ciudad de Juliaca dependen ahora en gran medida de fuentes de energía tradicionales, como centrales hidroeléctricas y térmicas, sin aprovechar la abundante energía solar que proporciona la alta insolación diaria.

Para cubrir el consumo eléctrico, reducir los gastos de facturación y contribuir a la generación de energía limpia —un beneficio especialmente relevante ante los desafíos actuales del cambio climático—, se está diseñando un sistema fotovoltaico para una vivienda multifamiliar en Juliaca. Para ello, se recopiló información sobre las propiedades del recurso solar mediante instrumentos como la aplicación de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA), considerando diversos ángulos de inclinación. Para maximizar el aprovechamiento de la energía solar en esta zona, se dimensionó y desarrolló el sistema fotovoltaico, y también se evaluó el consumo eléctrico de la vivienda multifamiliar.



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS ASPECTOS GENERALES

#### 1.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

En la actualidad, en la ciudad de Juliaca, los sistemas fotovoltaicos han adquirido relevancia, desempeñando un papel crucial tanto en el ámbito comercial como residencial. No obstante, aún persisten incertidumbres respecto a su desempeño real, especialmente en términos de su viabilidad técnica, económica y ambiental. Diversas firmas de ingeniería y desarrolladores han centrado sus esfuerzos en el diseño y construcción de estos sistemas, motivados principalmente por la necesidad de reducir los costos asociados al consumo eléctrico. Sin embargo, su implementación se ha orientado principalmente a cubrir las demandas energéticas en áreas remotas y de difícil acceso, alejadas de la red de distribución eléctrica regional, sin una evaluación exhaustiva que permita determinar su verdadero impacto y sostenibilidad.

El avance constante de la tecnología y el incremento en la demanda de suministro eléctrico han impulsado la adopción de energías renovables, particularmente las fotovoltaicas. La electricidad, como recurso esencial para el desarrollo y la expansión industrial, se encuentra



alineada con las tendencias innovadoras actuales, donde el aprovechamiento de la energía solar emerge como una alternativa prometedora. Este energético se presenta como una solución viable para mitigar los impactos negativos de la contaminación ambiental, contribuyendo a su reducción sostenida a largo plazo y favoreciendo la transición hacia un modelo energético más sostenible.

## 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La creciente demanda energética, junto con la variabilidad en la oferta, constituye un desafío relevante en el panorama energético actual, cuya principal consecuencia es el incremento progresivo en los costos de la electricidad. Esta situación ha despertado un interés significativo por identificar alternativas que permitan mitigar dichos costos. Existen dos enfoques principales para abordar esta problemática.

El primero consiste en optimizar el uso de la energía mediante prácticas conscientes y el empleo de dispositivos eléctricos y electrónicos eficientes. Esto incluye medidas simples, como apagar las luces cuando no están en uso, y la adopción de tecnologías más avanzadas orientadas al ahorro energético.

El segundo enfoque se centra en la integración de fuentes de energía alternativas, disponibles de forma natural, como la solar, eólica, mareomotriz o geotérmica, que pueden ser aprovechadas para la generación de electricidad.

El problema central radica en el alto consumo de energía eléctrica y los elevados costos asociados, consecuencia tanto del uso ineficiente de los recursos como de la dependencia de centrales hidroeléctricas y



plantas basadas en combustibles fósiles. Por ello, se hace imprescindible explorar soluciones alternativas que sean técnica y económicamente viables, capaces de reducir el consumo y los costos asociados, además de priorizar la sostenibilidad y minimizar los impactos negativos sobre el medio ambiente.

### **1.2.1. Problema general**

¿En qué medida el análisis y diseño de un sistema fotovoltaico suministrara de energía eléctrica a una vivienda multifamiliar de la ciudad de Juliaca para los beneficios energéticos?

### **1.2.2. Problemas específicos**

**P.E.1.** ¿En qué medida se obtendrán los datos del consumo de energía para determinar la máxima demanda de la vivienda multifamiliar?

**P.E.2.** ¿En qué medida se realizará los cálculos para dimensionar el sistema de generación fotovoltaico de la vivienda multifamiliar?

**P.E.3.** ¿Este tipo de sistema usada en esta vivienda multifamiliar será eficiente a corto o largo plazo?

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. Objetivo general**

Analizar y diseñar un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica de una vivienda multifamiliar de la ciudad de Juliaca.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

**O.E.1.** Analizar la energía consumida total, para determinar la máxima demanda de la vivienda multifamiliar y mejorar la eficiencia del sistema eléctrico.



**O.E.2.** Realizar el cálculo para dimensionar el sistema de generación fotovoltaica de la vivienda multifamiliar tomando en cuenta la máxima demanda consumida.

**O.E.3.** Diseñar el sistema fotovoltaico que satisfaga la demanda de la vivienda multifamiliar.

#### 1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Este proyecto revisa una importancia significativa al promover el uso de la tecnología fotovoltaica y fomentar la adopción de energías renovables. En el contexto actual, marcado por el aumento de la contaminación y el cambio climático, estos problemas se han convertido en preocupaciones prioritarias a nivel global. La creciente conciencia sobre la necesidad de mitigar los daños al medio ambiente ha impulsado la búsqueda de soluciones sostenibles, entre las cuales los sistemas fotovoltaicos destacan como una alternativa viable y efectiva.

Además, incorporar un diseño arquitectónico en una vivienda multifamiliar que integra sistemas fotovoltaicos no solo contribuye a la sostenibilidad, sino que también redefine las expectativas estéticas y funcionales, ofreciendo una perspectiva innovadora frente a las construcciones tradicionales. Sin embargo, es importante reconocer que este tipo de sistemas suele implicar un aumento significativo en los costos de inversión, lo que puede desincentivar a potenciales inversionistas. Por ello, este proyecto se enfocará en desarrollar un diseño que equilibre funcionalidad, viabilidad técnica y rentabilidad, cumpliendo con las expectativas tanto económicas como ambientales de los inversionistas.



## 1.5. HIPÓTESIS

### 1.5.1. Hipótesis general

Si se diseña un Sistema Fotovoltaico entonces se suministrará energía eléctrica para satisfacer la demanda de la vivienda multifamiliar de la ciudad de Juliaca.

### 1.5.2. Hipótesis específicas

**H.E.1.** Si se obtiene los datos del consumo de energía eléctrica entonces se logra determinar la máxima demanda de la vivienda multifamiliar.

**H.E.2.** Si se conoce la máxima demanda entonces se hará el dimensionamiento del sistema de generación fotovoltaico de la vivienda multifamiliar.

**H.E.3.** Si el sistema es eficiente entonces podrá abastecer la demanda de la vivienda multifamiliar.

## 1.6. PLANTEAMIENTO DE LAS VARIABLES

### 1.6.1. Variables independientes

- Energía eléctrica

### 1.6.2. Variables dependientes

- Diseño de un sistema fotovoltaico

## 1.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables dependientes.*

<b>Variable independiente</b>				
<i>Variables</i>	<i>Definición conceptual</i>	<i>Dimensiones</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Escala de valoración</i>
<i>Energía eléctrica</i>	<i>La combinación de mecanismos y componentes del lado de la oferta da como resultado la generación de energía. Los dispositivos de seguridad y control constituyen esta agrupación.</i>	<i>Potencia (Watts) Corriente (Amp) Voltaje (Voltios) Energía suministrada (KW h)</i>	<i>Potencia eléctrica Potencia eléctrica generada por el sistema fotovoltaico Energía eléctrica Vivienda a instalar</i>	<i>Razón</i>

Fuente. elaboración propia

**Tabla 2**

*Operacionalización de variables Independientes.*

<b>Variable dependiente</b>				
<i>Variables</i>	<i>Definición conceptual</i>	<i>Dimensiones</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Escala de valoración</i>
<i>Diseño de un Sistema fotovoltaico</i>	<i>Es el conjunto de partes que absorben la luz solar y la convierten en energía que las personas pueden utilizar.</i>	<i>Soporte del panel solar Panel solar (Wp) Controlador de carga (Amp) Batería (voltios) Inversor (Watts)</i>	<i>Radiación Numero de módulos solares del SFV. Cantidad de reguladores del SFV. Numero de acumuladores del SFV. Cantidad de inversores del SFV.</i>	<i>Razón</i>

Fuente. elaboración propia



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. Antecedentes nacionales

**Peña y Acuña (2022)**, provincia de San Ignacio. Este dispositivo aprovecharía la energía solar disponible para mejorar la calidad de vida de los habitantes. Para ello, se utilizó un software de la NASA para evaluar la radiación solar, y se determinó que febrero registró la mayor intensidad, con 3,71 kWh/m<sup>2</sup>.

La investigación también incluyó una estimación del consumo energético previsto para los próximos 20 años, considerando 17 viviendas y tres puntos de iluminación. En función de esta necesidad, se eligieron para el proyecto dos controladores de 80 A, dos inversores de 4 kW, veinte baterías de 260 Ah, veinte paneles solares de 340 W y cables de hasta 70 mm<sup>2</sup>. Posteriormente, la electricidad de toda la comunidad se distribuyó a través del sistema secundario.

El presupuesto total previsto para la implementación del proyecto fue de S/. 154,210.08. Como parte del análisis económico, se empleó un



La idea no es financieramente viable, según la investigación económica, pero Peña concluyó.

**Arévalo, Horna, Reyes y Rojas (2019)**, Se detalla una investigación centrada en el desarrollo Sistema de generación de energía solar de una vivienda unifamiliar. Con datos de la NASA y el SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología), se calculó el consumo promedio anual de energía solar en 4221 kWh/m<sup>2</sup>. Se realizó un recuento de electrodomésticos, se calcularon los niveles de iluminación con el software Dialux y se midió la carga necesaria para el suministro. Con una demanda máxima de 2470 W, se obtuvo una tabla de carga y consumo total de 9,61 kW/d. En esencia, el sistema está compuesto por módulos solares policristalinos de 330 Wp. También se determinaron el tamaño del controlador MPPT de 80 A y el tipo de regulador. Se utilizará un convertidor CC/CA de 3000 W y baterías de gel de 48 V.

**Pérez y Delgado (2019)**, El objetivo del proyecto es crear un sistema solar autónomo que suministre energía a la aldea Jaway, ubicada en la provincia y distrito de Jaén, Cajamarca. Para reducir la contaminación ambiental que las fuentes de energía convencionales generan, esta investigación busca crear un sistema de energía renovable. Este estudio, de carácter práctico, combina trabajo de campo y de laboratorio, aunque no es experimental.

**Correa y Gonzáles (2018)**, Se examina el diseño de un sistema solar autosuficiente para abastecer de electricidad a una escuela ubicada en una zona sin cableado de baja tensión. Este proyecto contribuirá a



reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), además de generar electricidad.

En el Capítulo IV, los investigadores compararon los costos de usar un generador y un sistema fotovoltaico para generar electricidad. Suponiendo una vida útil del proyecto de 20 años, elaboraron un presupuesto para su implementación y evaluaron su rentabilidad mediante métodos.

**Ávalos (2016)**, El objetivo principal fue diseñar un sistema fotovoltaico para generar electricidad. El estudio utilizó un diseño descriptivo, no experimental. Se incluyó en la muestra a todo el personal y los procedimientos, así como a los usuarios frecuentes que prefieren los servicios del Grand Hotel 2016. La observación directa y la investigación bibliográfica fueron los métodos y herramientas empleados para la recopilación de datos. Se utilizaron AutoCAD y Microsoft Office Excel para analizar los datos y la información recopilada para este estudio, y Microsoft PowerPoint para la elaboración del informe final. Según los hallazgos del estudio, los altos gastos de energía, las interrupciones frecuentes, los cortes prolongados y los problemas de suministro eléctrico son las principales causas de un servicio al cliente deficiente. Este estudio aborda estos problemas y da como resultado la creación del sistema ideal para el edificio.

### 2.1.2. Antecedentes internacionales

**Bisquert (2020)**, Se sugiere la configuración de un sistema fotovoltaico de 8,5 kWp para una vivienda unifamiliar. Al sustituir parcialmente la demanda de la red convencional por energías renovables,



este sistema busca reducir su dependencia de esta y, por consiguiente, su impacto ambiental. 24 paneles solares de 370 Wp conforman el sistema fotovoltaico, montado coplanarmente sobre el tejado de la vivienda en tres ramas de ocho paneles cada una. La vivienda consume 12 500 kWh de electricidad al año, lo que se cubre con la producción prevista de 14 161 kWh del sistema.

**Álvarez (2020)**, Se propone instalar un sistema fotovoltaico en el tejado de una vivienda unifamiliar para permitir el autoabastecimiento energético limpio, seguro y eficiente, y reducir la dependencia de las grandes empresas eléctricas. El proyecto, con un coste total de 7.534,40 €, se basa en la idea de que los equipos principales de la instalación contarán con garantías cercanas a este plazo y una vida útil prevista de 20 a 25 años.

El sistema fotovoltaico está dimensionado para producir 5.110 kWh de energía al año o, en el peor de los casos, 14 kWh de energía al día. El coste anual previsto de la energía adquirida a la empresa eléctrica es de 876,37 €, basado en el precio actual de la energía de 0,1715 €/kWh. Esta suma se multiplica.

**García (2013)**, Según la Comisión Europea, las dificultades derivadas del agotamiento de las fuentes de energía tradicionales son el principal factor que impulsa los continuos avances tecnológicos en la generación de energía solar fotovoltaica. Las políticas de apoyo de varios países, en particular España, han contribuido a acelerar este impulso e impulsar la producción de energía fotovoltaica a nivel mundial.



La Asociación Europea de la Industria Fotovoltaica (EPIA) informa que la capacidad solar fotovoltaica almacenada global proyectada es de 40.000 MWp, de los cuales aproximadamente 29.000 MWp, o el 72 %, se ubican en Europa. Se prevé que esta tendencia de crecimiento global continúe con el paso de los años. En términos de capacidad fotovoltaica almacenada, Estados Unidos, Japón y Alemania son los tres países con mayores posibilidades de beneficiarse, con Alemania y España representando casi el 52 % de la misma.

En comparación con el año 2009, cuando la capacidad almacenada a nivel mundial era de 9.100 MWp, en 2010 la capacidad almacenada global aumentó un 72% hasta alcanzar los 16.600 MWp. Con capacidades de 9,90 MWp y 9,80 MWp respectivamente, Alemania se convirtió en el líder del mercado en Europa, seguida de Japón y los EE.UU.

**Green et al. (2007)**, Señala que, para evaluar los efectos de los sistemas solares en las redes de distribución eléctrica, el Departamento de Energía de EE. UU. realizó una investigación pionera sobre su desarrollo durante las décadas de 1970 y 1980. La agencia implementó experimentos en varios lugares, incluyendo 30 edificios residenciales y comerciales. En Brookline, Massachusetts, en 1984, una casa con un sistema fotovoltaico de 4,2 kW fue financiada exclusivamente por una empresa de servicios públicos local, como se detalla en el estudio de Vigotti (1994). Según el informe PVPS de la IEA de 2000, la "Hoja de Ruta" es una estrategia que se inició en diciembre de 2000 con el objetivo de aunar los objetivos y la visión a largo plazo para el crecimiento de la energía fotovoltaica de 2000 a 2020. En este contexto, el "Plan



Quinquenal 2000-2004 del Programa Nacional de Energía Fotovoltaica", patrocinado por los Laboratorios Nacionales Sandia, sugirió un papel crucial.

## 2.2. MARCO TEÓRICO

### 2.2.1. Energía solar

La radiación electromagnética que emite el Sol y que llega a la Tierra en forma de calor y luz es la fuente de energía solar. Muchas tecnologías contemporáneas pueden utilizar esta radiación para producir calor y energía eléctrica. Dado que su fuente, el Sol, es ilimitada y gratuita, se considera una fuente de energía renovable. Además, al no producir emisiones de gases de efecto invernadero, se considera una alternativa limpia y ecológica que contribuye a la protección del medio ambiente.

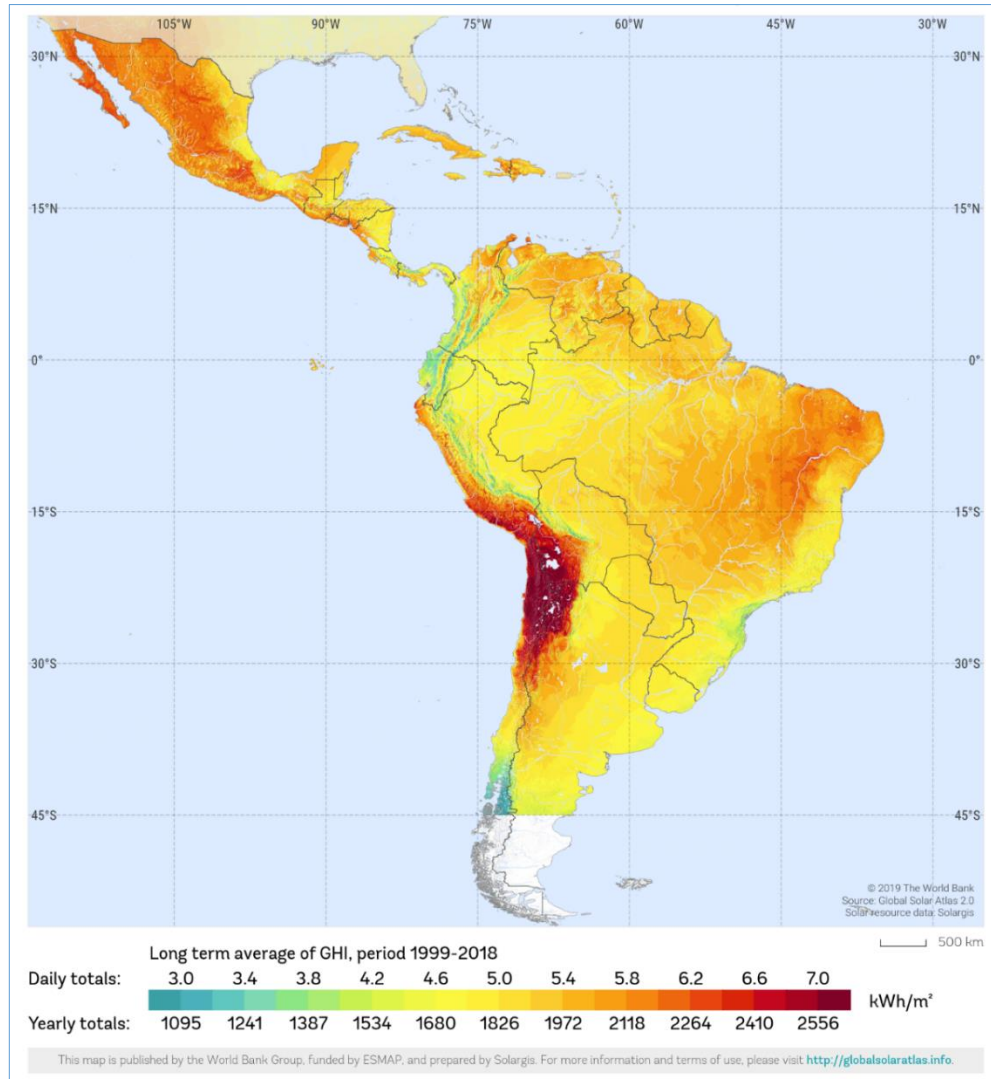
Según la tecnología, existen dos tipos de energía solar. activa y pasiva. El uso de paneles solares, colectores solares térmicos y otros dispositivos mecánicos que permiten una captación y conversión de energía solar más eficaz y focalizada es el principal objetivo de la tecnología activa. Por el contrario, la tecnología pasiva utiliza conceptos de diseño bioclimático para optimizar el aprovechamiento del calor solar sin necesidad de procesos complejos. Para lograr un aprovechamiento natural del recurso energético sin intervención mecánica, esto implica integrar espacios con ventilación natural, emplear materiales con alta masa térmica y ubicar estratégicamente los edificios orientados hacia el sol.



Dado que depende de variables como la latitud, las condiciones meteorológicas y el tiempo, la cantidad de radiación que recibe un lugar determinado de la Tierra no es constante. (Abella, 2005).

- **Irradiación.** Se expresa en  $Wh/m^2$  y se utiliza para describir la cantidad de energía recibida del Sol durante un período de tiempo específico.
- **Irradiancia.** Mide la potencia recibida instantáneamente y se expresa en  $W/m^2/día$  a lo largo de un día.

La constante solar, de  $1367 W/m^2$ , indica que la cantidad de irradiancia solar que llega a la Tierra sobre una superficie perpendicular a los rayos del sol puede considerarse constante. (Abella, 2005). No obstante, esta irradiancia en la superficie terrestre presenta fluctuaciones a lo largo del tiempo debido a los movimientos de rotación y traslación del planeta, así como a la dispersión causada por la atmósfera. Estas variaciones son evidenciadas en diferentes regiones, como se puede observar en gráficos que ilustran la irradiancia en diversos países de América Latina y el Caribe.



**Figura 1.** Cartografía de Irradiación horizontal global.

**Fuente.** <https://globalsolaratlas.info/download/latin-america-and-caribbean>

### 2.2.2. Energía solar en el Perú.

En casi todo el país, la energía solar es una fuente energética fácilmente disponible. En comparación con otros países, el suministro de energía solar en las diversas regiones y localidades del Perú es significativamente mayor y se mantiene relativamente constante durante todo el año, lo que la convierte en una fuente energética más atractiva. En general, las regiones costeras y selváticas experimentan una irradiación solar anual promedio de 4 a 5 kWh/m<sup>2</sup> al día, mientras que otras regiones



experimentan un aumento de 5 a 6 kWh/m<sup>2</sup> al día en la distribución de norte a sur, según. (Vega, 2019)

Esto implica que, en teoría, las necesidades energéticas de una vivienda familiar podrían cubrirse con la energía solar que incide sobre una superficie pequeña de unos pocos metros cuadrados. Sin embargo, la dificultad reside en convertir esta energía solar en una forma de energía que pueda utilizarse y que sea rentable para el consumidor final.

Según una investigación realizada en 2004 por el Ministerio de Electricidad y Minas (MEM-OGP), la capacidad instalada de energía solar en el Perú es de aproximadamente 3,73 MWp. Entre los numerosos usos encontrados, se encuentran los siguientes.

### **2.2.3. Historia de los paneles fotovoltaicos.**

La energía solar. Su presencia fue verificada posteriormente por varios científicos en diferentes entornos experimentales, incluyendo a Willoughby Smith en 1873 y Philipp Lenard en 1900. Basada en una teoría sólida, la explicación de Albert Einstein del efecto fotovoltaico le valió el Premio Nobel de Física en 1905. Cuando el físico estadounidense Robert Millikan realizó un experimento en 1920 que confirmó las ideas de Einstein, reforzó su base científica. Sin embargo, este fenómeno no pudo explicarse hasta 1954, cuando surgió la necesidad de encontrar una fuente de energía duradera y sostenible. (Cardozo, 2014)

El fenómeno fotovoltaico comenzó a encontrar sus primeras aplicaciones prácticas a nivel mundial en el año 1972. Desde ese momento, Desde que los paneles fotovoltaicos se utilizaron por primera



vez en el espacio, su coste inicial ha disminuido significativamente, alcanzando más de 100 veces su precio original gracias a nuevos procesos de fabricación y a la expansión del mercado de consumo. Sin embargo, los sistemas fotovoltaicos aún no se han generalizado suficiente para abastecer de energía a zonas del mundo sin electricidad. Según la Agencia Internacional de la Energía (AIE), se estima que 1.500 millones de personas en todo el mundo carecen de acceso a la electricidad. La falta de experiencia, los bajos niveles de ingresos y la limitada disponibilidad de crédito son algunos de los principales obstáculos que impiden la instalación generalizada de sistemas solares en estas zonas tecnológica entre los clientes potenciales.

#### **2.2.4. Tecnología solar fotovoltaica**

La tecnología solar produce electricidad mediante paneles fabricados con materiales semiconductores que experimentan cambios en respuesta, incluso si los paneles solares fotovoltaicos tradicionales no proporcionan calor reciclable. Este tipo de panel es especialmente adecuado para sistemas de autoconsumo solar, instalaciones sencillas en tejados y programas de electrificación rural en zonas sin acceso a la red eléctrica. El término "autoconsumo fotovoltaico" describe la producción individual de electricidad a pequeña escala.

#### **2.2.5. Radiación solar**

No toda la radiación solar que entra en la atmósfera terrestre se aprovecha. Se cree que, en promedio, solo alrededor del 24 % de la radiación solar llega directamente a la superficie terrestre, según estadísticas del Instituto Geofísico del Perú. Además, alrededor del 29 %



de la radiación se desvía y se pierde en el espacio, mientras que el 21 % restante se dispersa o no llega directamente a la Tierra. (Valdiviezo, 2014).

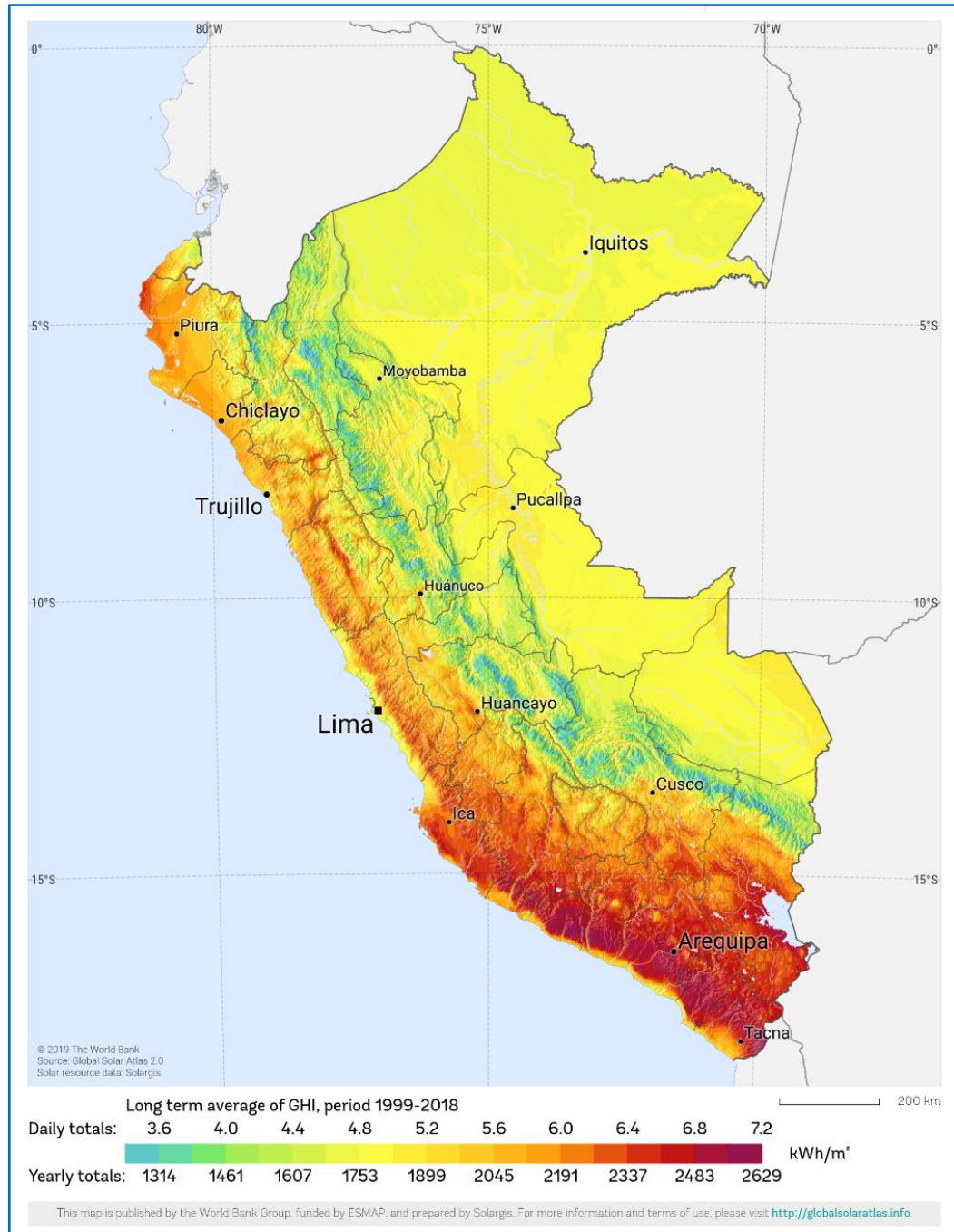
Existen tres componentes de la radiación solar.

**Directa.** Este tipo de luz proviene del sol y viaja a través de la atmósfera sin desviarse.

**Difusa.** La reflexión y la difusión de la atmósfera provocan cambios en esta luz.

**Albedo.** Esta luz se refleja desde el suelo u otras superficies cercanas. Puede ser generalizada o directa.

Dado que la radiación solar directa es la principal fuente de captación de energía en los sistemas fotovoltaicos, constituye el elemento de diseño más importante y pertinente. Por ello, Perú se encuentra entre los países con mayor radiación solar del mundo, lo que representa una importante oportunidad para el crecimiento de la industria fotovoltaica. Como se observa en la Figura 2, a escala continental, Chile es el único país con mayor radiación accesible.



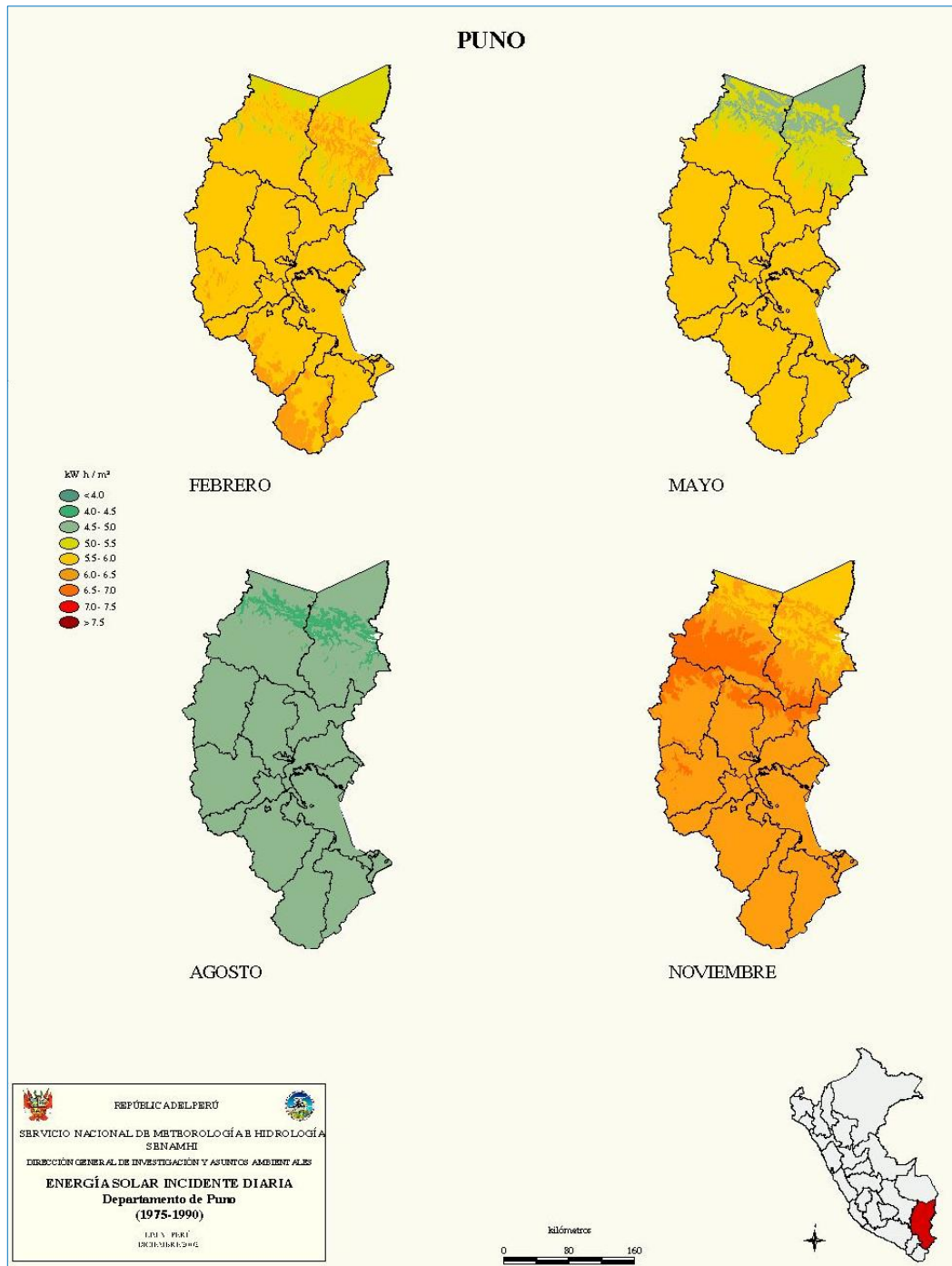
**Figura 2.** Mapa Irradiación horizontal del Perú.

**Fuente.** <https://globalsolaratlas.info>

### 2.2.6. Radiación solar promedio en el departamento de Puno.

Como una iniciativa dentro de los programas destinados a fortalecer la electrificación rural mediante el uso de sistemas fotovoltaicos. En el caso específico del departamento de Puno, la

radiación solar fluctúa entre 4 y 7.5 kWh/m<sup>2</sup>, lo que evidencia su potencial significativo para el aprovechamiento de energía sol, (Canaza, 2018).



**Figura 3.** Promedio anual de radiación en el departamento de PUNO.

**Fuente.** <http://deltavolt.pe/>



### 2.2.7. Geometría solar

Para predecir con precisión la cantidad de energía que un panel fotovoltaico puede captar y, por lo tanto, establecer su configuración ideal, es necesario comprender a fondo la geometría solar. Con esta información, podemos maximizar la energía solar que los paneles pueden captar evaluando cómo la ubicación del sol con respecto a la Tierra afecta la incidencia de los rayos solares sobre la superficie del panel.

La orientación de un sistema fotovoltaico está determinada por el ángulo azimutal ( $A$ ), que es el ángulo formado entre la ubicación del objeto y la dirección sur, como se ilustra en la Figura 4. En este caso, el ángulo se considera positivo cuando el objeto está orientado al oeste.

Dado que influye en la proyección de sombras y en la cantidad de luz solar que recibe un sistema fotovoltaico, las fluctuaciones estacionales de la altitud solar ( $a$ ) la convierten en un aspecto importante. Este ángulo se mide desde el horizonte, partiendo de un valor de  $0^\circ$ , y adquiere valores positivos a medida que se aproxima al centro.

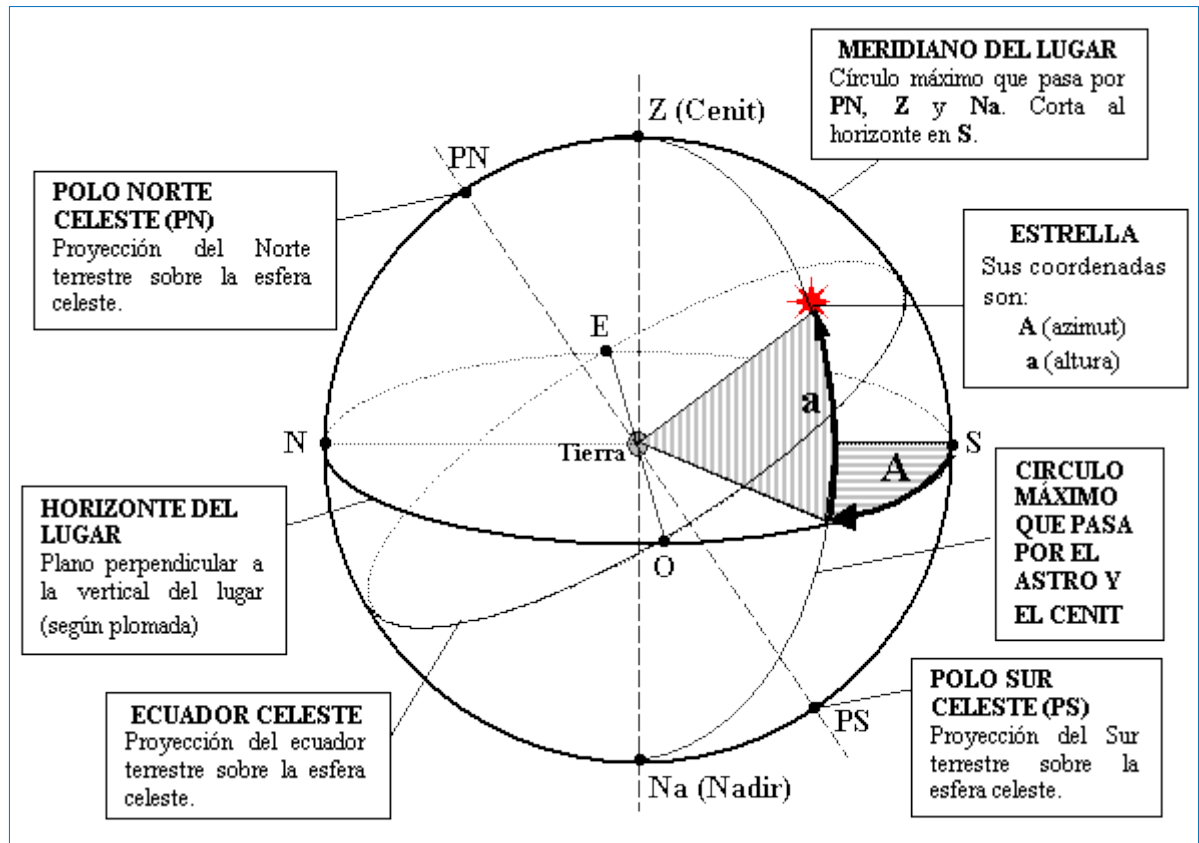


Figura 4. Geometría solar.

Fuente. <http://old.isabelperillan.org/>

### 2.2.8. Coordenadas celestes horarias

- La posición relativa del Sol fluctúa durante el día debido a la traslación y rotación de la Tierra.

Es necesario definir dos parámetros cruciales.

- En el ecuador, el ángulo horario ( $h$ ) se mide desde la intersección del meridiano superior de la ubicación con el ecuador, que es positivo hacia el oeste y oscila entre  $0^\circ$  y  $\pm 180^\circ$ .
- El arco del círculo horario que pasa por el Sol, entre el ecuador y el ecuador, se conoce como declinación ( $\delta$ ). Positiva hacia el Polo Norte y negativa hacia el Polo Sur, se mide desde  $0^\circ$  hasta  $\pm 90^\circ$  desde el ecuador.

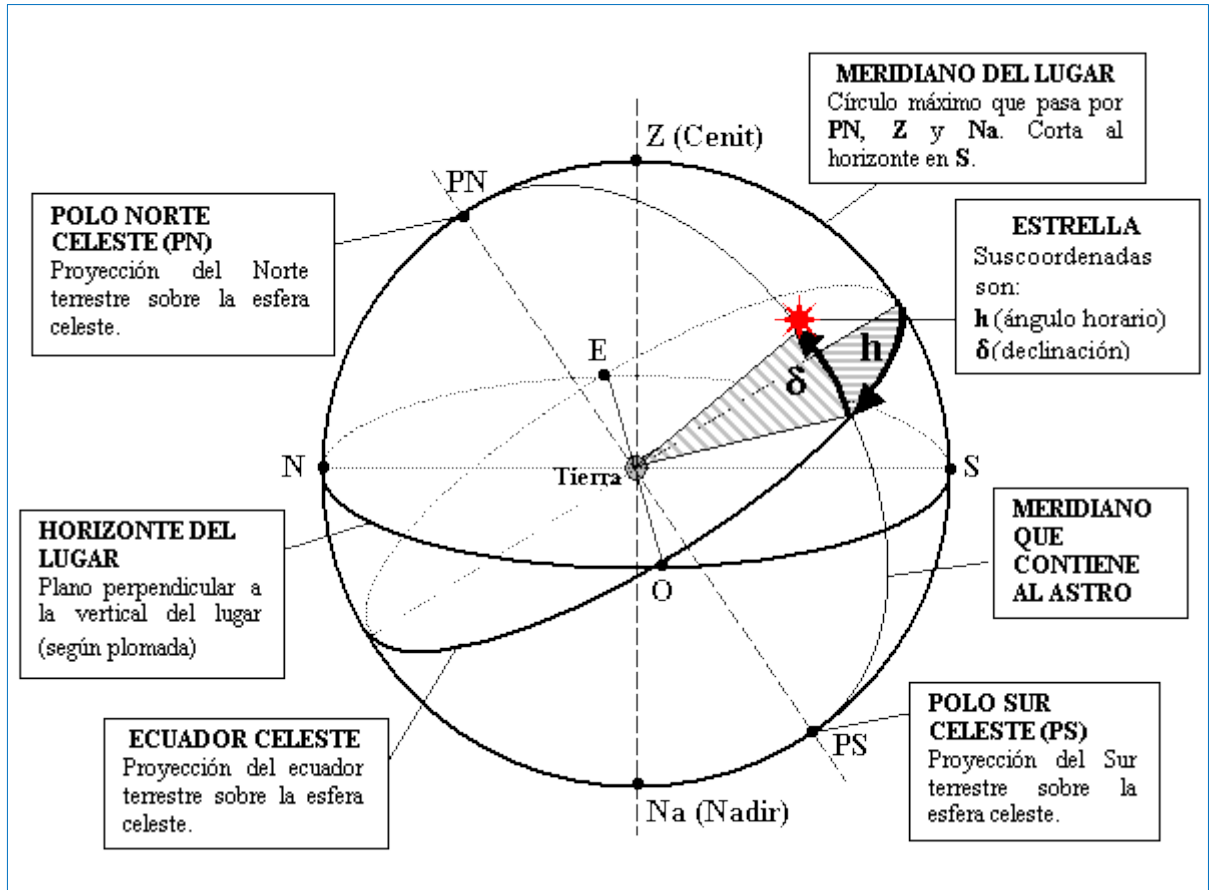


Figura 5. Geometría solar.

Fuente. <http://old.isabelperillan.org>

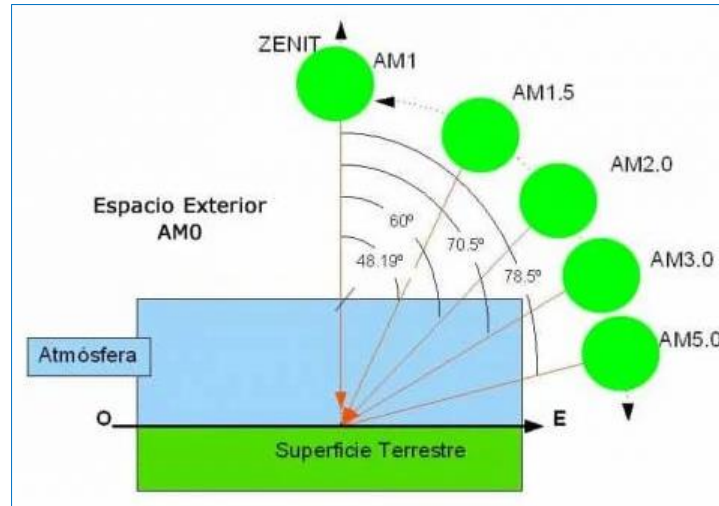
### 2.2.9. Recorrido de la radiación solar

Es evidente que la cantidad de radiación solar aumenta al disminuir la distancia al Sol. Esto ocurre cuando  $\alpha = 90^\circ$ , o cuando el Sol está más cerca de la Tierra.

Explique el significado de «masa de aire» (MA), una medida de la distancia que recorre la radiación para llegar a la atmósfera.

La masa de aire se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$AM = \frac{1}{\cos 90^\circ - \alpha}$$

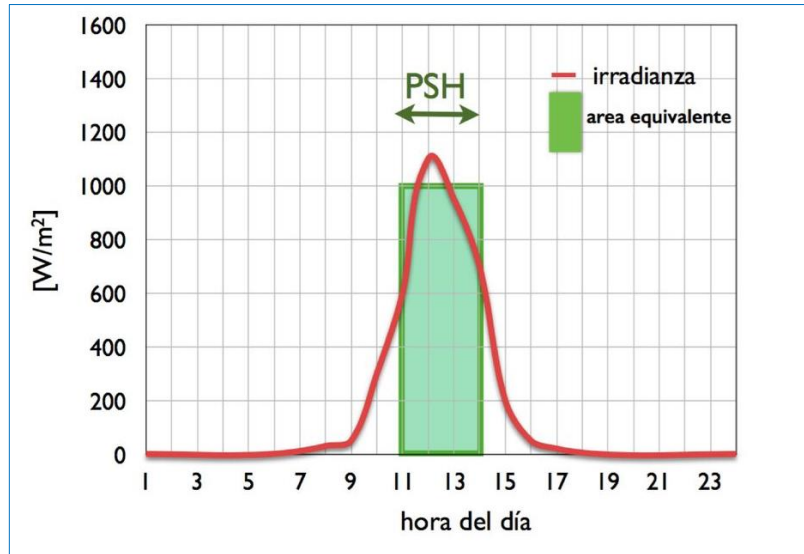


**Figura 6.** Valores referenciales de Aire-Masa en función de la altura solar.

**Fuente.** <https://www.sfe-solar.com/>

#### 2.2.10. Horas de Sol Pico (H.S.P.)

Las horas pico de sol son los momentos del día en que la irradiancia alcanza un valor teóricamente constante de  $1000 \text{ W/m}^2$ , equivalente a la energía total recibida durante un día real en diferentes condiciones. Este concepto está relacionado con la irradiancia, que se expresa en  $\text{kWh/m}^2$ . Sus valores suelen ser similares a los de las horas pico de sol (PSH). Combinado con un factor de pérdida, este parámetro permite aproximar la producción energética de los paneles solares, lo que lo hace fundamental para el diseño de sistemas fotovoltaicos. La Figura 7 muestra cómo se distribuye la radiación a lo largo del día y cómo se relaciona con las horas de sol más brillantes.



**Figura 7.** Concepto de Horas Sol Pico.

**Fuente.** <https://slideplayer.es/slide/12011125/>

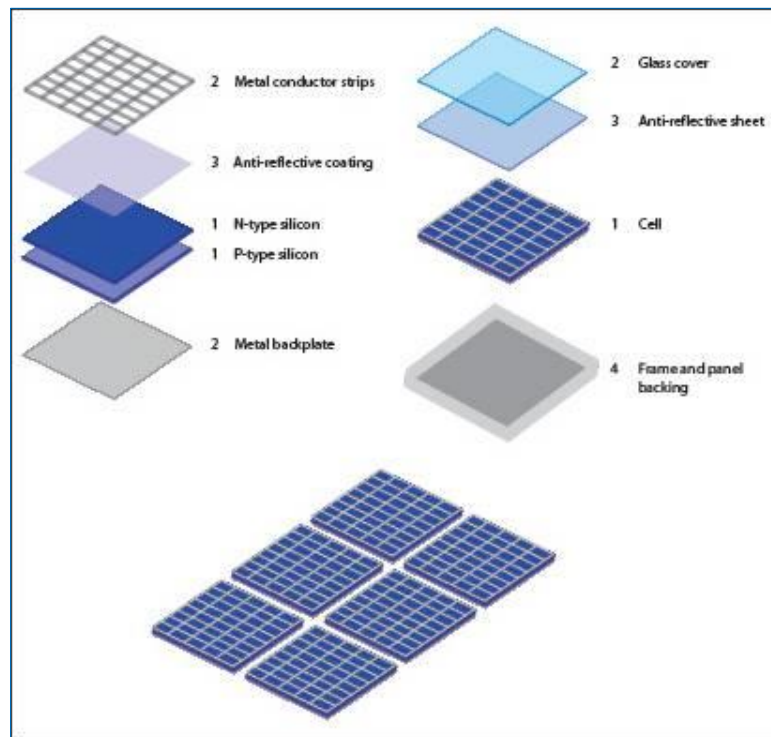
### 2.2.11. Panel fotovoltaico

La tensión generada por una célula fotovoltaica individual no es adecuada para la mayoría de los equipos eléctricos. Para posibilitar su uso práctico, estas células están encerradas y conectadas en serie para formar un módulo fotovoltaico, que es una unidad fundamental de producción de energía eléctrica. (Canaza, 2018).

La tensión de circuito abierto de un sistema fotovoltaico es igual a la suma de las tensiones de circuito abierto de todas sus celdas. El valor de la corriente más baja que una de las celdas presenta en determinadas circunstancias se denomina corriente de cortocircuito. Durante la fabricación de los módulos, se seleccionan celdas con propiedades comparables, aunque su comportamiento eléctrico varía ligeramente. Estas celdas se encapsulan en una estructura dentro de paneles solares comerciales que las protege de las inclemencias del tiempo y las tensiones mecánicas que ocasionalmente pueden experimentar. Esta

estructura se compone de varias partes que garantizan su rendimiento e integridad.

Los módulos fotovoltaicos de silicio cristalino tienen una vida útil de más de cuarenta años. Debido a su excepcional resistencia, los fabricantes están obligados a ofrecer garantías de rendimiento para sus módulos.



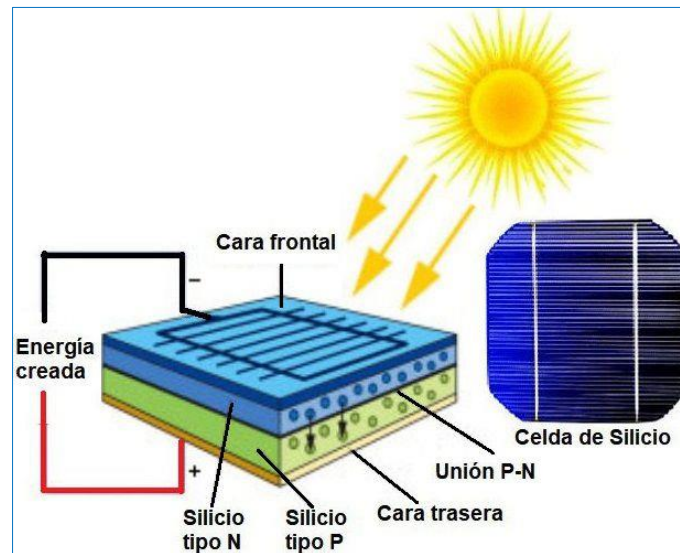
**Figura 8.** Fabricación de la célula y el panel fotovoltaico.

**Fuente.** [https://en.wikipedia.org/wiki/File:Layers\\_of\\_solar\\_panel.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Layers_of_solar_panel.jpg)

### 2.2.12. Célula fotovoltaica

Este mecanismo, situado en el punto focal de las lentes o en el eje focal de los reflectores, Su función principal es transformar la luz solar en energía eléctrica. Mediante esta técnica, la célula fotovoltaica se compone de dos o tres capas de diversos materiales, cada una de las cuales produce energía eléctrica mediante la conversión de una zona específica

del espectro electromagnético solar. La combinación de estas capas permite un uso más eficiente de la energía solar, lo que aumenta significativamente su tasa de conversión. (Cardozo, 2014).



**Figura 9.** *Funcionamiento célula silicio.*

**Fuente.** <https://www.facilelectro.es/energia-fotovoltaica>

Actualmente, existen numerosas variedades de células fotovoltaicas en el mercado, cada una con características únicas y que utiliza diversas tecnologías. Al elegir la mejor tecnología, hay varias consideraciones importantes a tener en cuenta, como.

- **La cristalinidad.** Alude al grado de orden observado en la estructura cristalina de los átomos de silicio. Esta puede clasificarse como monocristalina, policristalina o amorfa según su grado de estructura atómica; cada una presenta características únicas que inciden en el rendimiento y las aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos.
- **El coeficiente de absorción.** Representa la capacidad del material para dejar pasar la luz a una profundidad específica antes de ser absorbida. Tanto las propiedades inherentes del material de la célula

fotovoltaica como la longitud de onda de la luz incidente influyen en este parámetro, que afecta la eficacia con la que la energía luminosa se convierte en energía eléctrica.

- **El costo y la complejidad del proceso de fabricación.** dependen de múltiples factores. Entre ellos se incluyen el número de etapas requeridas para la producción, la necesidad de condiciones ambientales específicas, la cantidad y tipo de materiales utilizados, y la logística involucrada en el manejo y movimiento de las células durante el proceso. Todos estos aspectos influyen directamente en la viabilidad económica y tecnológica de la fabricación de sistemas fotovoltaicos.

La imagen de las tecnologías más utilizadas se muestra en la figura 10



**Figura 10.** *Tecnologías fotovoltaicas más comunes.*

**Fuente.** <https://ecofener.com/blog/tipos-de-paneles-solares>

**Tabla 3***Eficiencia de células fotovoltaicas*

Material da Célula	Eficiência	Área necessária para gerar 1 kW de potência
Monocristal de Silício	15-18%	7-9m <sup>2</sup>
Policristal de Silício	13-16%	8-11m <sup>2</sup>
Filme Fino de cobre, índio e diselénio (CIS)	7.5-9.5%	11-13m <sup>2</sup>
Filme fino de telúrio e cádmio	6-9%	14-18m <sup>2</sup>
Filme Fino de silício amorfo	5-8%	16-20m <sup>2</sup>

Se observa en la Tabla 3 que las células de silicio monocristalino presentan la mayor eficiencia entre las tecnologías evaluadas. No obstante, su producción se ve encarecida debido a la necesidad de alta pureza en el material. Para el caso particular de nuestro estudio, la opción más conveniente resulta ser la tecnología de silicio policristalino, ya que ofrece un equilibrio óptimo entre rendimiento y costo de producción, destacándose como la alternativa más viable.

**2.2.13. Parámetros característicos**

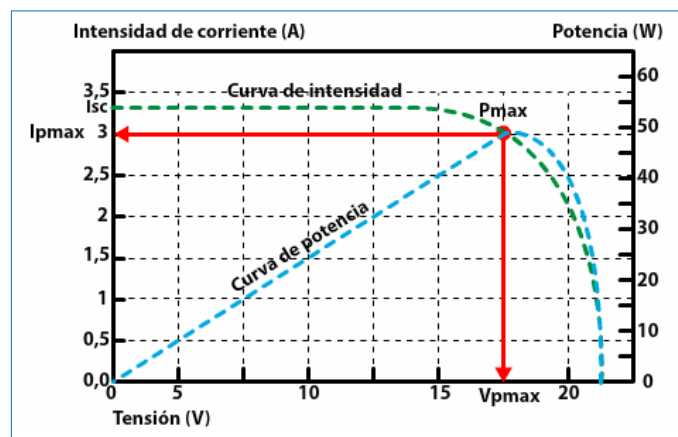
En las fichas técnicas de los paneles fotovoltaicos se presentan datos relacionados con la eficiencia, el voltaje y la corriente que generan bajo condiciones estandarizadas de prueba, conocidas como Condiciones de Prueba Estándar (STC, por sus siglas en inglés). Estas condiciones específicas permiten evaluar y comparar el desempeño de los módulos fotovoltaicos de manera consistente, proporcionando parámetros clave que describen su rendimiento en un entorno controlado.

- Irradiación 1000  $w/m^2$
- Temperatura del módulo 25°C
- AM 1.5.

Los dos elementos más importantes que afectan el voltaje y la corriente producidos por los paneles fotovoltaicos son la temperatura del módulo y la radiación solar. Dado que el panel se ve afectado por la cantidad de luz solar que incide sobre su superficie, estos factores tienen un impacto directo en su rendimiento y las condiciones térmicas del entorno pueden modificar la capacidad del sistema para producir energía eléctrica de manera eficiente.

#### 2.2.14. Curvas características

La llamada curva I-V, a menudo proporcionada por el fabricante, es una de las características básicas de una célula o módulo solar. Esta curva ilustra la relación entre el voltaje y la corriente del dispositivo, como se muestra en la Figura 11. El punto de la curva que maximiza el área bajo la curva se conoce como Punto de Máxima Potencia (PMP). Este punto indica el nivel de voltaje óptimo para que el módulo funcione y genere la máxima potencia. (Balfour, 2011).



**Figura 11.** Curva característica y curva de potencia de un módulo fotovoltaico.

**Fuente.** <https://www.ecosistemasdelsureste.com/>



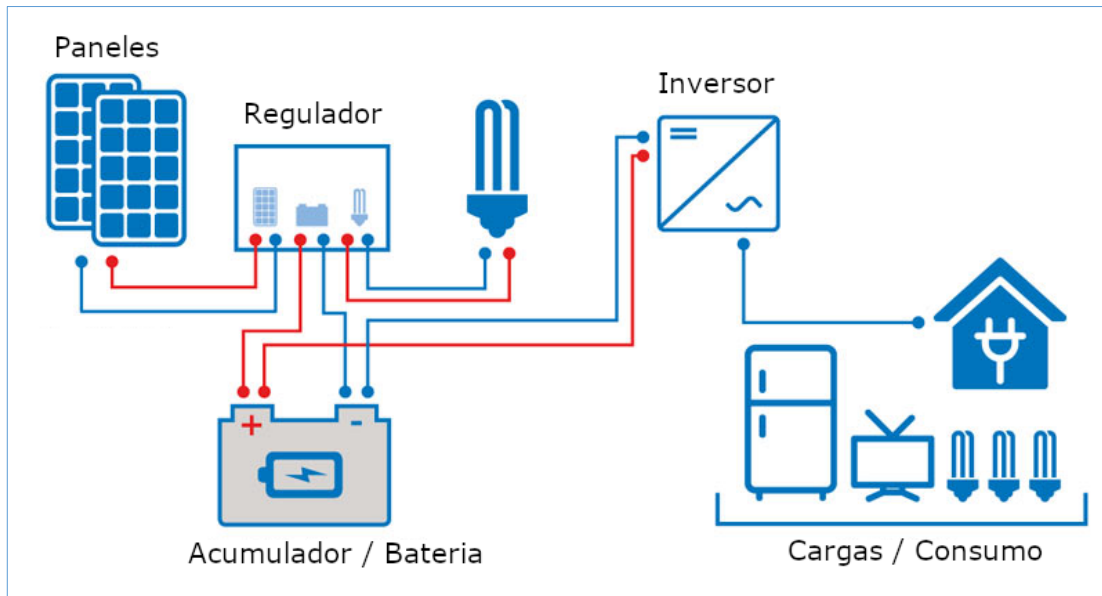
## 2.2.15. Sistemas fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos se pueden clasificar según su tipo de conexión y propósito. Principalmente, se distinguen aquellos que se integran a la red eléctrica pública y aquellos que operan de manera independiente, suministrando energía a sistemas aislados. En función de esta categorización, se reconocen los principales tipos de sistemas fotovoltaicos.

- Los sistemas fotovoltaicos aislados o autónomos (Off-Grid)
- Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red (On-Grid)

## 2.2.16. Sistemas fotovoltaicos aislados o autónomos

Los sistemas fotovoltaicos requieren el almacenamiento de energía en un acumulador para asegurar la disponibilidad de electricidad durante todo el día (Haro, 2013) Este requisito resulta de la fluctuación de la radiación solar, que varía a lo largo del día y del año y se ve afectada por una serie de variables como la época del año, el clima y otros factores ambientales que alteran



**Figura 12.** Representación de los componentes de un sistema fotovoltaico aislado.

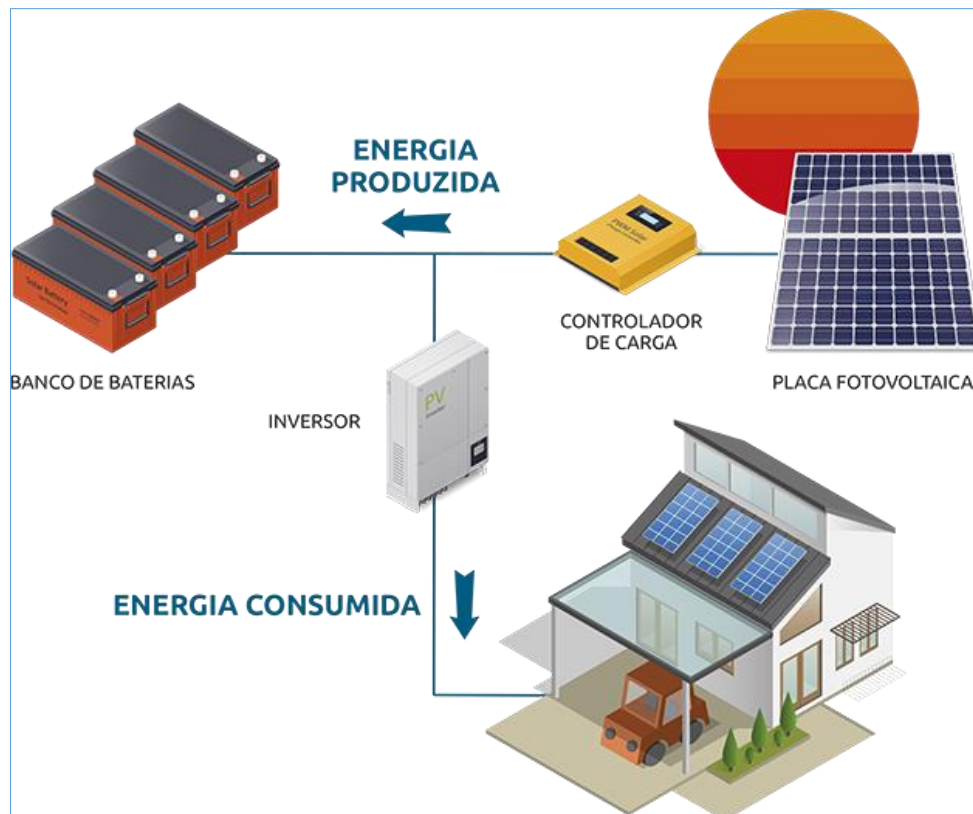
**Fuente.** <https://www.helioesfera.com/instalacion-fotovoltaica-aislada/>

De la figura 12 se pueden destacar los siguientes elementos.

- **Sistema de generación.** Se encarga de aprovechar la luz solar para producir corriente continua. Las baterías pueden recargarse o esta corriente puede distribuirse para su consumo.
- **Sistema de regulación.** Encargado de regular el nivel de carga de la batería para evitar sobrecarga o descarga excesiva.
- **Sistema de acumulación.** Retiene la energía que recibe del generador hasta que las cargas la utilizan toda.
- **Inversor.** Transforma la corriente continua del generador en corriente alterna, que puede utilizarse o distribuirse.

Sistemas de bombeo de agua, Estas instalaciones se utilizan para diversos fines en zonas rurales y remotas sin acceso a la red eléctrica, como balizas, antenas de comunicaciones e iluminación para zonas

aisladas. Normalmente, estos sistemas constan de bancos de baterías para almacenar la energía que no se necesita inmediatamente, reguladores de voltaje e inversores para convertir la corriente continua en corriente alterna. La Figura 1 lo ilustra. en la Figura 13.



**Figura 13.** Representación del sistema fotovoltaico aislado.

**Fuente.** <https://solarenergias.wixsite.com/solar/energia-fotovoltaica>

Según el tipo de distribución, las instalaciones aisladas ofrecen dos tipos de suministro energético.

Un sistema centralizado atiende las necesidades de cada usuario. Esto reduce los gastos del sistema sin comprometer la calidad del suministro.



Sistema descentralizado. A diferencia de los sistemas centralizados, los sistemas descentralizados se instalan uno a uno en la vivienda u otra zona a la que se va a suministrar energía. El coste de instalación es mayor en este tipo de sistema.

### **2.2.17. Sistemas de Conexión a la Red (ON-GRID).**

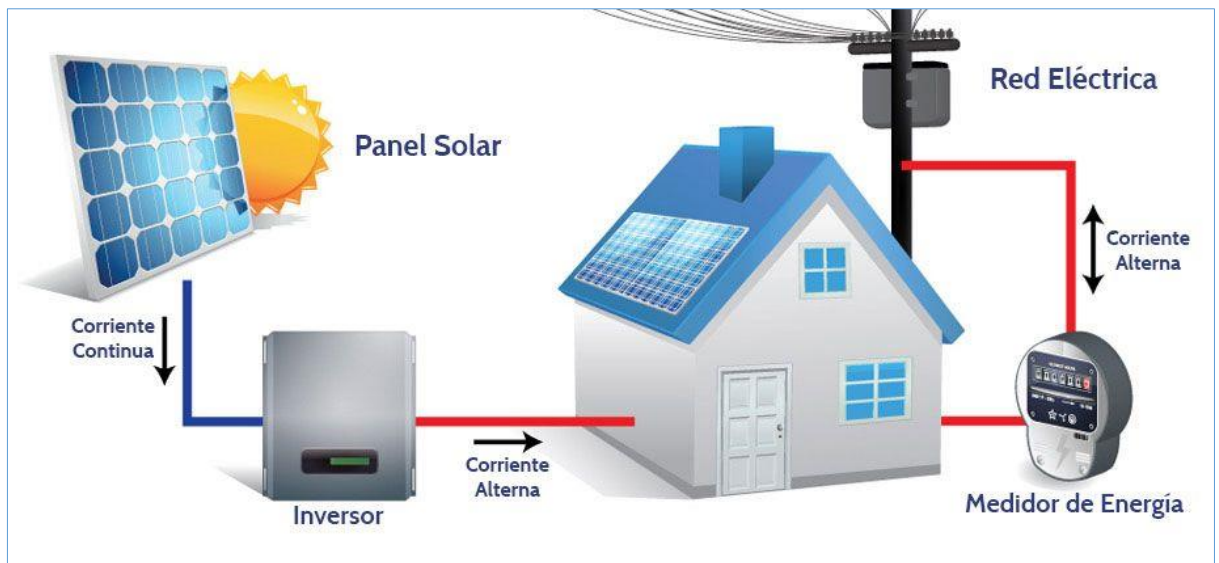
Este tipo de sistema está siempre vinculado a la red eléctrica, lo cual permite que, durante los momentos de alta irradiación solar, sea el sistema fotovoltaico el que suministre la energía. En cambio, cuando la radiación solar es insuficiente o inexistente, la red eléctrica toma el papel de proporcionar la electricidad necesaria para cubrir la demanda.

El exceso de energía no utilizada se transmitirá a la red eléctrica y será absorbido por ella si la producción del sistema fotovoltaico supera la demanda local.

Estas instalaciones constan principalmente de un panel solar, un inversor que monitorizar la generación de energía del sistema. Para el correcto funcionamiento de este tipo de sistema solar, se requiere un punto de conexión a la red eléctrica, ya que permite el suministro de la energía generada. Este punto de acceso lo proporciona la compañía eléctrica local de la región donde se realiza la instalación.

Aunque estas instalaciones están teóricamente conectadas continuamente a la red y no requieren sistemas de conversión ni almacenamiento, pueden operar de forma similar a los sistemas aislados. Esto podría ser viable si se tratara de una pequeña instalación que solo cubriera una parte de la demanda local y se alimentara de la red para el

resto. Un interruptor que alterna entre la electricidad de la red y la energía generada por el sistema solar lo hace posible.



**Figura 14.** Representación del sistema fotovoltaico conectado a la Red.

**Fuente.** <https://solarenergias.wixsite.com/solar/energia-fotovoltaica>

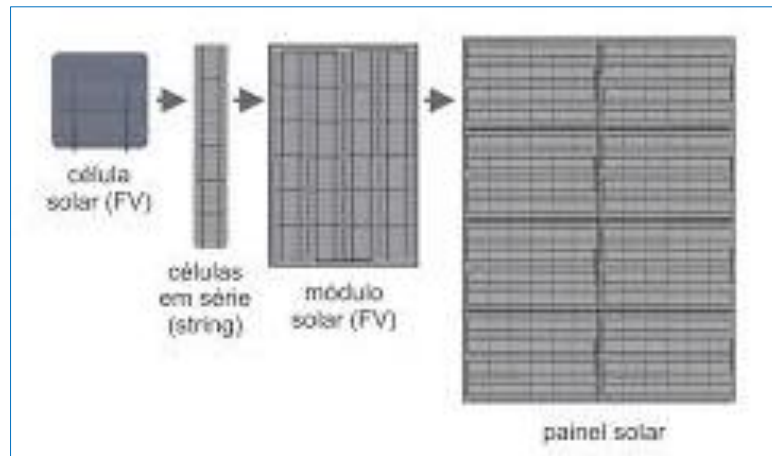
### 2.2.18. Componentes del sistema conectado a la red.

Dentro de un sistema solar fotovoltaico, existen distintos componentes o equipos que deben ser correctamente dimensionados para permitir la conversión de la radiación solar en energía eléctrica, la cual luego se puede inyectar a la red.

### 2.2.19. Generador Fotovoltaico.

Dos o más módulos fotovoltaicos conforman un generador fotovoltaico, que produce corriente continua (CC) en respuesta a la cantidad de energía solar recibida. Cada módulo está compuesto por un conjunto de células solares conectadas eléctricamente. Estas células tienen una larga vida útil, ya que están instaladas en una construcción laminada con un marco que aumenta su durabilidad, encapsulamiento externo y protección. Como se ilustra en la Figura 15, los sistemas de

generación pueden dividirse en tres subcomponentes principales. (Abella, 2005).

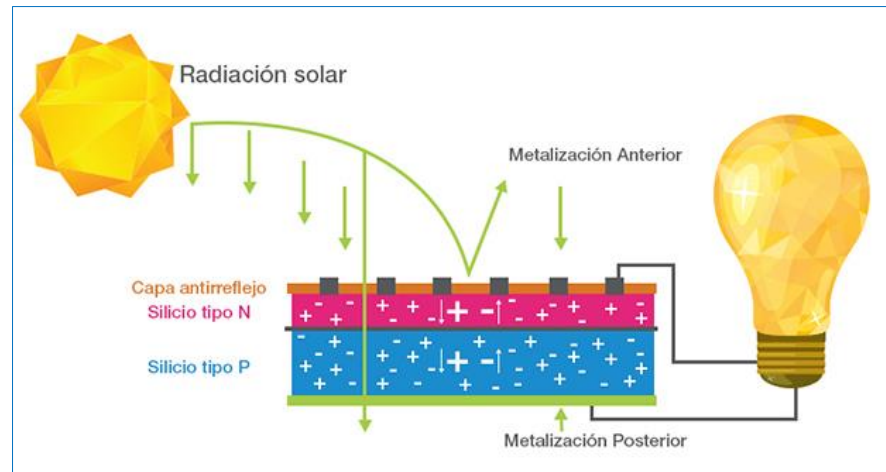


**Figura 15.** Subcomponentes del sistema de generación.

**Fuente.** <https://suelosolar.com/newsolares/newsol.asp?id=10037>

### El efecto fotovoltaico

Cuando algunos fotones del sol son absorbidos por el material de la célula solar, que suele ser silicio u otro semiconductor, se produce el efecto fotovoltaico. Al absorber un fotón, la célula emite un electrón. Se produce una corriente eléctrica a través del cable que conecta los dos extremos de la célula.



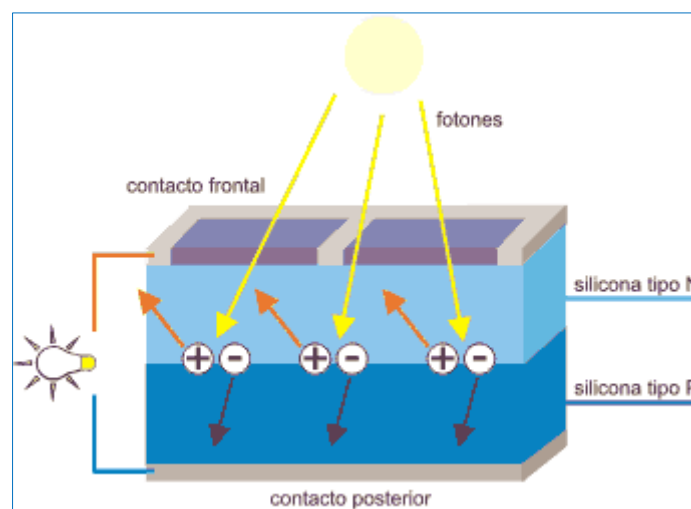
**Figura 16.** Esquema del efecto FV.

**Fuente.** <http://www.foroelectricidad.com/viewtopic.php?t=13155>

Las células fotovoltaicas están diseñadas para generar el efecto fotovoltaico, el cual constituye el principio fundamental para transformar la radiación solar en electricidad. La luz solar se compone de fotografías que tienen diferentes longitudes de onda y niveles de energía. Cuando estos fotones inciden sobre la célula fotovoltaica, algunos son reflejados mientras que otros son absorbidos. Los fotones absorbidos son los que permiten la generación de electricidad, ya que su energía se transfiere a los electrones de los átomos presentes en la célula. Esta transferencia de energía permite a los electrones liberarse de su estado original, creando un flujo de corriente eléctrica, (Abella, 2005)

Las celdas deben estar compuestas de una sustancia específica con una estructura específica para que se produzca este fenómeno fotovoltaico. El mejor material es un semiconductor, como el silicio, que funciona como aislante a bajas temperaturas, pero promueve la conductividad cuando se le añade energía. El desprendimiento de un electrón da como resultado un electrón libre que viaja a través de la

sustancia y un hueco donde se encontraba. De forma similar, se desplazan más electrones, lo que permite que el hueco (carga positiva) atraviese el material e impide que los electrones regresen. Para descargar la energía generada por los fotones, se genera una corriente eléctrica que viaja a través del semiconductor y de un circuito externo. Esto es significativo porque la combinación de dos regiones (n y p) de un cristal semiconductor crea este campo eléctrico. (Abella, 2005)



**Figura 17.** Representación de la célula fotovoltaica.

**Fuente.** <https://www.envinergy.com/energia-solar/funcionamiento-s826.html>

### 2.2.20. Inversor

Los paneles solares en sistemas fotovoltaicos se encargan de generar electricidad a partir de la radiación solar que captan. Se produce corriente continua, y la disposición de los paneles afecta tanto los niveles de voltaje como de corriente. Por otro lado, un componente electrónico crucial que facilita la transferencia de la energía generada a la red eléctrica es el inversor solar. Su función principal es convertir la corriente continua

de los paneles solares en corriente alterna, con propiedades que permiten su integración en la red eléctrica comercial.



**Figura 18.** Inversor de Interconexión FRONIUS Primo 5kW.

**Fuente.** <https://autosolar.pe/inversores-interconexion-monofasicos/>

En la figura 18 se presenta un ejemplo de un inversor de corriente continua a corriente alterna (DC/AC) utilizado en sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica.

Los componentes esenciales de un inversor son.

**Control principal.** Contiene todos los componentes necesarios para el control general, incluidos los sistemas encargados de producir la forma de onda mediante modulación por ancho de pulso (PWM) y un componente del sistema de seguridad.

**Etapas de potencia.** Dependiendo de la potencia necesaria, esta parte puede ser modular o una sola unidad. Se suele emplear tecnología de baja frecuencia, ya que ofrece buenos resultados con alta fiabilidad y un coste reducido. Para suavizar la señal de salida y reducir la ondulación



del voltaje producido por los módulos solares, también se debe integrar un filtro de salida (tipo LC).

**Control de red.** Esta parte actúa como interfaz Entre el sistema de control primario y la red eléctrica. Al modificar variables como la tensión, la fase y la temporización, entre otras, y sincronizar la forma de onda producida con la de la red eléctrica, se garantiza el funcionamiento óptimo del sistema.

**Seguidor del punto de máxima potencia (MPPT).** Uno de los componentes más importantes de un inversor es este. Para extraer la máxima energía posible en todo momento y garantizar que el sistema funcione a su punto máximo de potencia, su función principal es adaptar la entrada del inversor a las fluctuaciones continuas de los valores de potencia del sistema fotovoltaico.

**Protecciones.** En general, los inversores necesitan mecanismos de protección que los protejan de factores como frecuencias fuera de rango, temperaturas de funcionamiento excesivas, bajos niveles de voltaje del generador, corriente insuficiente del generador solar, fallos de la red eléctrica, problemas con el transformador de aislamiento y voltajes de red superiores a los permitidos. Además, deben incorporar las medidas de seguridad necesarias para garantizar la compatibilidad electromagnética y prevenir lesiones personales.

**Monitorización de datos.** Con la ayuda de sus microprocesadores, los inversores pueden recopilar una amplia gama de datos, incluyendo parámetros estándar del sistema como voltaje, corriente y frecuencia, así como parámetros externos como la temperatura



ambiente y la radiación solar, y características internas como las temperaturas de funcionamiento.

Trabajar con valores de potencia cercanos o iguales a la potencia nominal es esencial, ya que las variaciones en la potencia del sistema afectan a su rendimiento. Esto se debe a que cualquier fluctuación en la energía producida por los paneles solares tiende a reducir la eficiencia del sistema al alimentarse al inversor.

Los parámetros fundamentales que se deben considerar en un inversor son.

- Tensión nominal ( $V$ ). Es el voltaje que se debe aplicar en los terminales de entrada del inversor.
- Potencia nominal ( $VA$ ). Representa la potencia que el inversor puede entregar de manera continua.
- Potencia activa ( $W$ ). Es la potencia efectiva que proporciona el inversor, considerando el desfase que puede existir entre la tensión y la corriente.

**Capacidad de sobrecarga.** Esto indica la capacidad del inversor para suministrar potencia superior a su valor nominal, así como su duración.

El factor de potencia a la salida del inversor es la relación entre la potencia visible y la potencia activa. Las circunstancias ideales para el suministro de energía del inversor se indican cuando el factor de potencia alcanza su valor máximo de 1 y no hay pérdidas por corriente reactiva.

Eficiencia. Indica la proporción de potencia entre la entrada y la salida del inversor.

El autoconsumo es el porcentaje de electricidad que utiliza el inversor en comparación con la potencia nominal generada en su salida.

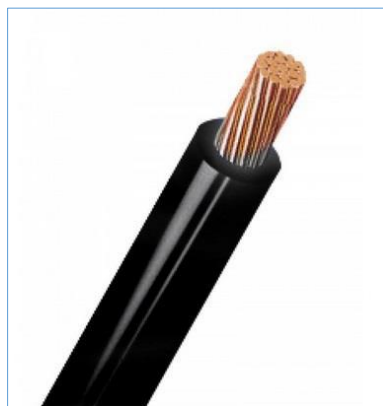
**Armónicos.** Una frecuencia múltiplo de la frecuencia fundamental de la forma de onda se denomina armónico ideal. No debe pasarse por alto que la potencia activa solo se produce a la frecuencia fundamental.

Distorsión armónica. La métrica que indica la proporción de contenido armónico en la forma de onda de la tensión de salida del inversor se denomina distorsión armónica total o THD.

El término "ondulación de corriente" describe una ligera variación en el valor de la corriente alterna que se produce cuando una señal de corriente continua se convierte o invierte a corriente alterna.

#### 2.2.21. Cableado.

A pesar de la aparente naturaleza del componente de cableado, es necesaria una rápida investigación. Todos los cables eléctricos que componen la instalación están incluidos en este componente. Su importancia radica en que un tamaño adecuado puede reducir drásticamente.



**Figura 19.** Ejemplo de cable unifilar 6 mm<sup>2</sup> SOLAR PV ZZ-F Negro.

**Fuente.** <https://autosolar.pe/cable-unifilar/>



La figura 19 presenta un ejemplo de un cable unifilar utilizado en sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica.

Los cables utilizados deben soportar al menos el 125 % de la corriente máxima del sistema. Además, la caída de tensión entre el generador y el punto de conexión, ya sea la red pública o una instalación interna, no debe ser superior al 1,5 %. En las instalaciones conectadas a la red eléctrica, se deben utilizar cables de cobre con una sección transversal suficiente para evitar caídas de tensión y sobrecalentamiento, según las directrices del IDAE. Considerando la tensión nominal del sistema como constante, la caída de tensión admisible para corriente alterna no puede ser superior al 2 % ni inferior al 1,5 % para corriente continua. (Vega, 2019)

### **2.2.22. Protecciones**

Tanto la sección de corriente alterna (CA), que va del inversor al cuadro eléctrico principal de la vivienda, como la de corriente continua (CC), que va de los paneles solares al inversor, deben estar protegidas.

Además de usar fusibles o disyuntores para proteger la sección de CC, se recomienda incluir un protector contra sobretensiones para proteger la instalación de posibles descargas atmosféricas, como los rayos.

Para proteger la sección de CA monofásica, se requieren un disyuntor, un dispositivo de corriente residual y un protector contra sobretensiones.



**Figura 20.** Ejemplo de Termomagnético 25A IC60N ABB Monofásico.

**Fuente.** <https://autosolar.pe/termomagneticos/>

### 2.2.23. Estructura portante

En relación con la estructura de soporte requerida para el anclaje y la fijación de los paneles solares, se pueden distinguir diferentes tipos según el tipo de terreno o superficie en la que se vayan a instalar.

#### **Estructuras para cubiertas inclinadas.**

ya que se instala de manera fija y coplanar sobre la cubierta o tejado de una vivienda, siempre que la orientación e inclinación sean adecuadas. Es una instalación bastante segura debido a su baja elevación respecto a la base de sujeción. (Álvarez, 2020)

En el caso de cubiertas con poca inclinación, se pueden instalar estructuras con ángulo fijo o ajustable, lo cual permite obtener una buena ventilación y una inclinación óptima, siempre considerando las distancias adecuadas entre los paneles para evitar la generación de sombras.



**Figura 21.** Ejemplo de estructura inclinada sobre un techo.

**Fuente.** <https://solarplak.es/energia/tipos-de-soportes-para-instalaciones-solares/>

Estructuras para superficies planas.

Este tipo de construcción debe planificarse para aprovechar al máximo la radiación solar y puede construirse sobre suelo, techos planos o paredes, entre otros lugares. Existen construcciones tanto permanentes como adaptables.



**Figura 22.** Ejemplo de instalación de estructura fija sobre superficie plana.

**Fuente.** <https://www.homedepot.com.mx/ideas-y-proyectos/electrico/>

Dependiendo del mes del año, algunas de las estructuras ajustables permiten cambiar el ángulo de inclinación de forma manual o automática en varios lugares para maximizar la captación de energía solar.



**Figura 23.** Ejemplo de instalación de estructura regulable sobre superficie plana.

**Fuente.** <https://solarstem.com/sistemas-de-montaje/estructuras-para-placas-solares-en-cubiertas-planas/>

Además, existen edificios con sistemas de seguimiento solar. Estos sistemas pueden incluir un seguidor de un solo eje que sigue la trayectoria del sol, o seguidores de dos ejes que modifican la posición y el ángulo de inclinación. Esto maximiza la captación de energía al garantizar que los paneles estén siempre perpendiculares a los rayos solares. (Álvarez, 2020)

Un actuador lineal accionado por un motor eléctrico controla el ángulo de inclinación, mientras que un motorreductor realiza el movimiento azimutal. Un controlador lógico programable proporciona

instrucciones a este motor, que utiliza datos astronómicos para dirigir el movimiento.



**Figura 24.** *Ejemplo de instalación de estructura móvil sobre superficies plana.*

**Fuente.** <https://www.autoconsumosi.com/autoconsumo-solar/tipos-de-placas-segun-su-estructura/>



## CAPÍTULO III

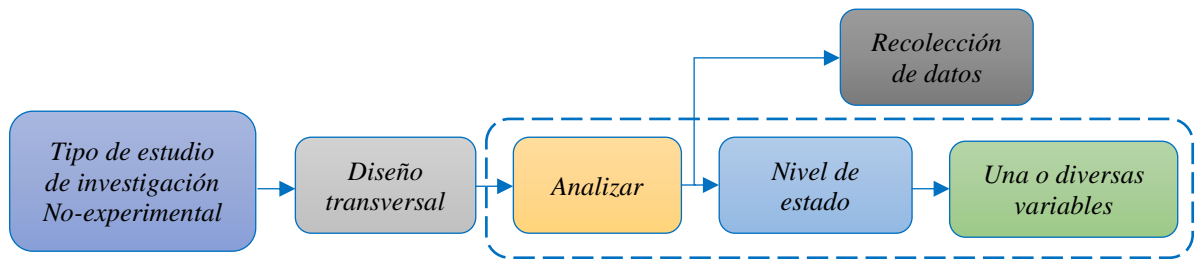
### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Este estudio se llevó a cabo mediante un diseño no experimental, cuantitativo y ex post facto, y una metodología de ingeniería aplicada. Esto indica que ni las variables independientes ni las dependientes se modificaron intencionalmente; más bien, se observaron los eventos tal como ocurrieron en un momento determinado y en su contexto natural. Posteriormente, se completó su diseño y análisis. Las variables independientes no pueden modificarse, ya que ya se han determinado.

#### 3.2. MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Durante el desarrollo de esta etapa, se utilizó un método de investigación descriptivo y no experimental. Este enfoque permitió detallar las características de los fenómenos y sus comportamientos bajo diferentes condiciones de estudio, facilitando la identificación de datos relevantes para comparar dos o más variables. Todo ello se realizó en función de la hipótesis planteada, lo cual permitió un análisis cuantitativo de los parámetros físicos de los Sistemas Fotovoltaicos (SFV).



Esquema N° 5.1. Método del diseño de investigación.

Fuente. Hernández y Collado (2010).

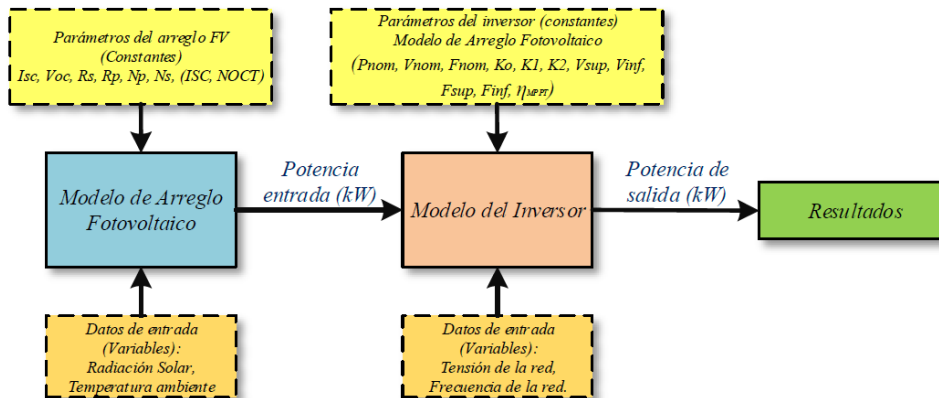
Es fundamental contar con conocimientos previos y un entendimiento profundo del área de investigación para formular preguntas específicas que se desean responder. Esto es clave para describir las particularidades de los tipos de instalación de los Sistemas Fotovoltaicos (SFV). A partir de las hipótesis planteadas, se analiza y comprueba la relación existente entre las variables, determinando su comportamiento en función del método utilizado. De esta manera, se permite una segmentación del sistema fotovoltaico considerando las cualidades y características propias de cada componente.

### 3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

#### 3.3.1. Técnica

Para realizar la recolección de datos relacionados con el sistema fotovoltaico (SFV), se llevó a cabo una descripción detallada de los distintos componentes, tales como los módulos fotovoltaicos, reguladores, acumuladores, inversores y demás accesorios necesarios para la instalación. Para ello, se empleó información proveniente de fichas técnicas y datos estadísticos estimados, aplicados adecuadamente. Esta recolección se fundamentó en estudios bibliográficos, libros, proyectos

previos, conferencias y documentación técnica específica sobre sistemas fotovoltaicos de baja tensión. Además, se considerarán teorías sobre localización y ubicación geográfica, así como el contexto de las políticas normativas y reglamentos correspondientes.



**Esquema N° 5.2.** Método en la recolección de datos de los SFV.

**Fuente. Elaboración.** Propia.

La recolección de datos se lleva a cabo mediante una técnica basada en enfoques matemáticos y estadísticos, con el fin de enumerar y organizar la información necesaria para el diseño y cálculo de las variables, utilizando diversas herramientas y fórmulas disponibles. El objetivo principal es consolidar la información recolectada y presentar los resultados a través de cifras estadísticas, diagramas, tablas representativas, figuras y otros elementos gráficos que permitan una interpretación precisa de los fenómenos bajo estudio.

- **Recolección de datos del primer objetivo.** Se realizó la recopilación de información a partir de estudios clave sobre radiación e incidencia solar, obtenida de la página oficial de la NASA (<https://power.larc.nasa.gov/>).



- **Recolección de datos del segundo objetivo.** Asimismo, se llevó a cabo la recopilación de información y la selección de los componentes del sistema, incluyendo módulos fotovoltaicos, reguladores, acumuladores e inversores.
- **Recolección de datos del tercer objetivo.** Información similar se obtuvo de una investigación que examinó la eficacia y el rendimiento de cada instalación de sistemas solares, así como su influencia en la reducción de las tarifas económicas relacionadas con el suministro de electricidad.

### 3.3.2. Técnicas de análisis de la recolección de datos

Una vez recopilado el material mediante el estudio bibliográfico, se explican los numerosos procedimientos por los que pasarán los datos (incluido el análisis de contenido, la clasificación, el registro, la tabulación y la codificación).

- **Análisis del primer objetivo.** Se realizó un análisis de los datos de irradiación, considerando su distribución y composición.
- **Análisis del segundo objetivo.** Se examinaron datos y registros de diferentes catálogos de componentes, teniendo en cuenta el potencial de comparación y evaluación experimental mediante simulaciones del software PVGIS.
- **Análisis del tercer objetivo.** Se examinaron en detalle la composición y los componentes individuales de cada diagrama correspondiente en un estudio exhaustivo y una formulación de los datos relacionados con el rendimiento del sistema solar (PSS).



### 3.4. HERRAMIENTAS SOFTWARE EMPLEADAS

El de esta sección es ofrecer una breve descripción de las aplicaciones de software que se utilizarán en los siguientes capítulos para la planificación, diseño, dimensionamiento y gestión de la instalación fotovoltaica.

#### 3.4.1. PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System)

Sin necesidad de instalar software en el sistema operativo y con acceso gratuito. Entre sus limitaciones se encuentra la imposibilidad de ingresar datos específicos sobre módulos, inversores, cableado y la configuración eléctrica del sistema generador. Los cálculos se realizan considerando un porcentaje de pérdidas definido por el usuario. Como características, esta herramienta permite calcular la irradiancia, así como determinar la inclinación y orientación óptimas para la ubicación especificada, además de estimar los días nublados y soleados. En esta investigación, se utiliza principalmente para obtener datos de irradiación de un Año Meteorológico Tipo (TMY) por horas.

#### 3.4.2. Excel 2022

Se trata de un software de Microsoft Office que permite crear hojas de cálculo. En esta aplicación se realizará el tratamiento de los datos y los cálculos necesarios para el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica. Además, será la herramienta empleada para elaborar los gráficos, los cuales se identificarán como "elaboración propia" en su pie de marco.



### 3.4.3. PVsyst versión 7.2

Se trata de un paquete de software comercial de pago, que ofrece un período de prueba gratuito de un mes. Pasado este tiempo, el programa opera bajo una licencia de demostración con ciertas restricciones en sus funcionalidades. Está diseñado específicamente para el estudio, dimensionamiento y análisis de sistemas solares fotovoltaicos (FV) de cualquier tamaño y tipo. Cuenta con amplias bases de datos meteorológicos y de componentes fotovoltaicos disponibles en el mercado. Además, permite diseñar la instalación en 3D para evaluar la influencia de posibles sombras parciales en el sistema.

El software permite realizar dos tipos de estudios según el nivel de profundidad requerido. El primero es un diseño preliminar que sirve para determinar la viabilidad del proyecto, definiendo las características generales del sistema FV planificado. En este nivel inicial, el rendimiento del sistema se evalúa a partir de valores mensuales y sin especificar componentes detallados. Al finalizar la simulación, se proporciona un valor estimado del presupuesto del proyecto. La entrada de datos para este primer análisis incluye la ubicación, la base de datos meteorológicos, el horizonte, la potencia nominal, así como la disposición de montaje, el tipo, la tecnología, las propiedades de ventilación y la orientación e inclinación de los módulos.

Para un análisis más detallado, es necesario definir un proyecto de diseño específico. En este nivel, se emplean registros de datos horarios y se establecen parámetros más específicos, lo que permite realizar una simulación más realista. Esta herramienta se empleará para simular la



opción previamente calculada como óptima y para generar el informe de resultados, el cual se adjunta en el Anexo A bajo el título. "Simulación final con PVsyst versión 7.2".



## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y DISEÑO DEL PROYECTO

#### 4.1. PROCEDIMIENTOS DE ESTUDIO

##### 4.1.1. Localización del proyecto

Es un importante centro comercial de la región y es conocida como "la ciudad de los vientos" debido a sus condiciones climáticas particulares. Entre sus lugares icónicos se encuentra el cerro Huaynaroque, un atractivo turístico desde donde es posible contemplar una vista panorámica de toda la ciudad.



**Figura 25.** Ubicación geográfica.

**Fuente.** <https://www.google.com/maps/place/Juliaca,+Perú/>

#### 4.1.2. Medidas de Google Earth

La herramienta Google Earth se ha utilizado para localizar y obtener las coordenadas de la vivienda, la cual cuenta con un espacio orientado de norte a sur. En la Figura 26 se presenta la ubicación de la vivienda multifamiliar, que se encuentra situada en el hemisferio sur, con una latitud de  $-15.5153054^\circ$  y una longitud de  $-70.1349217^\circ$  en coordenadas decimales.



**Figura 26.** Vista satelital de la vivienda.

*Fuente.* Google Earth (2022)

#### 4.2. EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO SOLAR

Varias organizaciones publican información sobre la radiación solar para evaluar los recursos solares, incluyendo Los datos mensuales y departamentales sobre la radiación solar diaria promedio, medida en  $\text{kW}/\text{m}^2/\text{día}$ , se pueden encontrar en el Atlas de Energía Solar del Perú. También se puede acceder a otras fuentes de datos, como las de la NASA y organizaciones meteorológicas. Debido a limitaciones financieras y de tiempo, este estudio utilizó los datos de radiación solar de la NASA. El portal de Recursos Energéticos, que utiliza datos recopilados por la red global de satélites solares y meteorológicos de la NASA, es donde se obtuvo esta información.

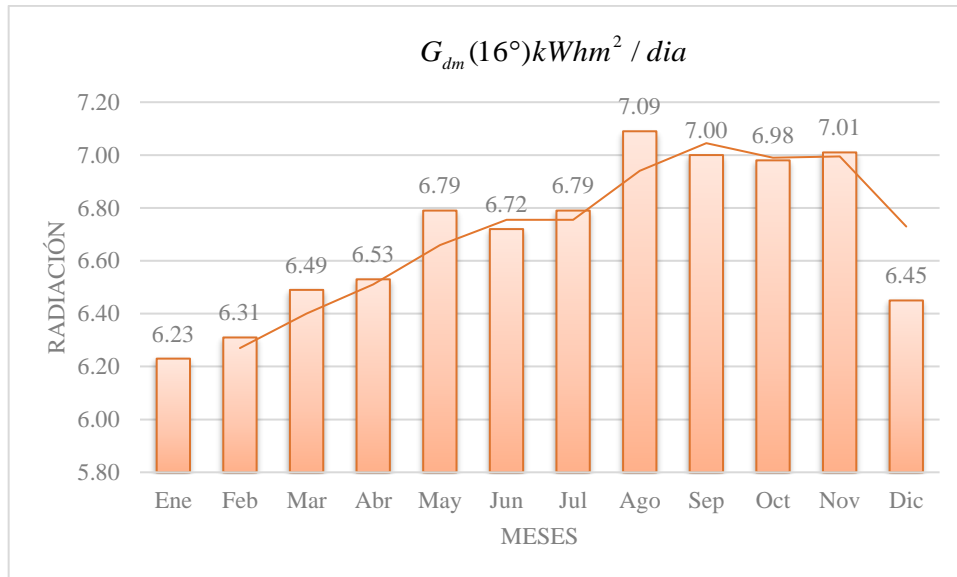
La radiación solar promedio mensual y anual para los meses de enero a diciembre, con diferentes inclinaciones, se muestra en la Tabla 4. según los datos recopilados a través del programa de la NASA.

**Tabla 4***Radiación promedio mensual en la vivienda ( $kWh/m^2/día$ )*

Ángulo de paneles	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
$G_{dm}0^\circ$	6,57	6,48	6,44	6,11	5,90	5,62	5,76	6,36	6,72	7,08	7,41	6,88	6,44
$G_{dm}16^\circ$	6,23	6,31	6,49	6,53	6,79	6,72	6,79	7,09	7,00	6,98	7,01	6,45	6,70
$G_{dm}31^\circ$	5,61	5,84	6,22	6,58	7,25	7,39	7,39	7,39	6,90	6,53	6,27	5,73	6,59
$G_{dm}90^\circ$	2,13	2,14	2,71	3,68	5,06	5,74	5,55	4,67	3,30	2,20	1,88	2,09	3,43

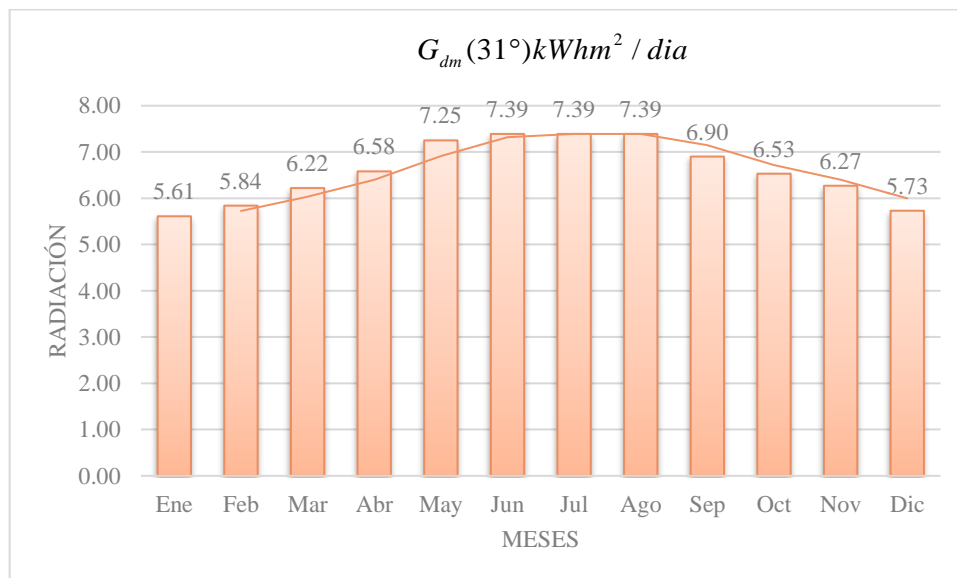
Fuente. Elaboración propia. Datos NASA (2022)

Se recomienda instalar paneles solares con una inclinación de  $15^\circ$  para medir la radiación solar. (Mejía, 2018). Sin embargo, para fomentar la autolimpieza de los paneles y reducir la acumulación de materiales como hojas y polvo en sus superficies, se eligieron ángulos de inclinación de  $16^\circ$  ( $16^\circ$ ) y  $31^\circ$  ( $31^\circ$ ) Basado en información de la NASA (Tabla 4). Enero, considerado el mes menos favorable, se utilizó como referencia para examinar y caracterizar la radiación solar media anual. Las variaciones anuales de la radiación solar según los distintos ángulos de inclinación se muestran en las Figuras 27 y 28. Según este análisis, las horas pico de sol corresponden numéricamente a la insolación media diaria, y la radiación máxima alcanza  $1 \text{ kW}/m^2$ . El comportamiento de Juliaca se evaluó durante el mes con menor cantidad de sol.



**Figura 27.** Comportamiento de la radiación solar en un ángulo de inclinación de 16°.

**Fuente.** Elaboración propia. Datos NASA (2022)



**Figura 28.** Comportamiento de la radiación solar en un ángulo de inclinación de 31°.

**Fuente.** Elaboración propia. Datos NASA (2022)

#### 4.2.1. Inclinación óptima

El ángulo de inclinación óptimo para los paneles solares se determina mediante un análisis estadístico de la radiación solar anual en superficies con diferentes inclinaciones en distintas latitudes y ubicaciones. Esto depende de la latitud de la ubicación fórmula (Perpiñán, 2022; Mejía, 2018). En este caso, se considera una latitud de  $-15.5153054^\circ$ , correspondiente a la ubicación del proyecto, y el cálculo se realiza utilizando la ecuación 1.

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0,69x|\phi| \quad (1)$$

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0,69x|-15.5153054|$$

$$\beta_{opt} = 14,41$$

Donde.

$\beta_{opt}$ . Es el ángulo de inclinación óptima (grados sexagesimales)

$|\phi|$ . Es la latitud del lugar (grados sexagesimales)

El ángulo de inclinación resultante es de  $14,41^\circ$ . Sin embargo, la aplicación de la NASA indica que la radiación óptima se alcanza entre  $16^\circ$  y  $31^\circ$ . La inclinación ideal para los módulos solares se determinó en  $16^\circ$ , ya que el valor calculado se acerca más a este ángulo.

#### 4.3. ESTIMACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA ELÉCTRICA

Comprender el consumo eléctrico del sistema fotovoltaico conectado a la red (SFV) es crucial para su diseño. Esto se ha logrado contabilizando el consumo que figura en las facturas mensuales de 2022.

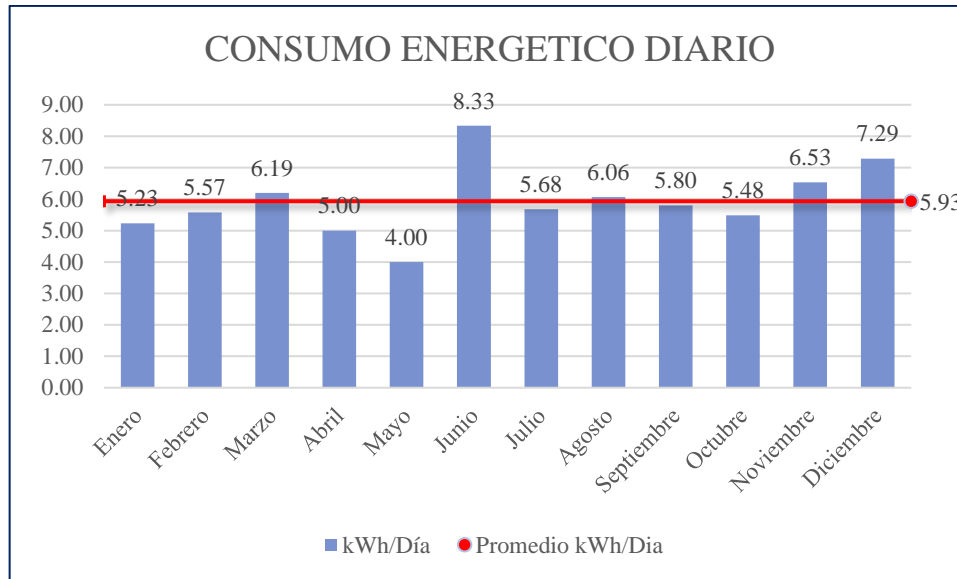
El propietario de la vivienda multifamiliar deberá presentar las doce facturas mensuales del período enero-diciembre de 2022 para calcular el consumo eléctrico de la vivienda (véase el Anexo 1). La vivienda se encuentra dentro de la categoría tarifaria residencial BT5B.

Con base en las facturas recopiladas, la Tabla 5 muestra los meses con mayor y menor consumo. Los detalles del consumo energético diario mensual se muestran en la Figura 29. Según estos datos, el consumo diario promedio fue de 5,93 kWh.

**Tabla 5***Máxima demanda eléctrica facturada de la vivienda*

Mes	kWh/Mes	Mes/Día	kWh/Día
Enero	162	31	5,23
Febrero	156	28	5,57
Marzo	192	31	6,19
Abril	150	30	5,00
Mayo	124	31	4,00
Junio	250	30	8,33
Julio	176	31	5,68
Agosto	188	31	6,06
Septiembre	174	30	5,80
Octubre	170	31	5,48
Noviembre	196	30	6,53
Diciembre	226	31	7,29
<b>Promedio</b>	<b>180,33</b>		<b>5,93</b>
<b>Total</b>	<b>2164</b>	<b>365</b>	<b>71,17</b>

Fuente. Elaboración propia. Datos tomados de recibos Electro Puno S.A.



**Figura 29.** Comportamiento del consumo energético.

*Fuente.* Elaboración propia.

**Tabla 6**

*Potencia instalada en la Vivienda Multifamiliar*

Cargas	Cantidad	Potencia (W)	Horas (h)	P. Total (W)	Energía (Wh)
Luminarias led de 7 W	22	7	6	154	924
Luminarias led de 15 W	5	15	4	75	300
TV 55'	4	150	5	600	3000
Laptop	2	75	3	150	450
Equipo de sonido	3	100	4	300	1200
Modem	1	15	24	15	360
Celulares	6	15	3	90	270
PC escritorio	2	300	5	600	3000
Plancha	2	1000	0,1	2000	200
Refrigeradora	2	350	2	700	1400
Microondas	1	1100	0,1	1100	110
Licuada	2	200	0,1	400	40
Cafetera	1	800	0,1	800	80
Olla arrocera	1	1000	0,1	1000	100
<b>TOTAL</b>				<b>7984</b>	<b>11434</b>

Fuente. Elaboración propia.

#### 4.3.1. Demanda eléctrica a cubrir diariamente

Según Castañeda (2015), al tratar con un solo cliente, se puede definir el porcentaje anual de energía que necesita un sistema fotovoltaico conectado a la red (SFPR). En este caso, el objetivo es cubrir la totalidad del consumo energético anual, que para el hogar es de 2164 kWh, o 5,93 kWh al día en promedio.

#### 4.4. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A RED (SFCR)

##### 4.4.1. Dimensionamiento de los paneles fotovoltaico

El consumo eléctrico diario promedio a cubrir, o 5,93 kWh/día, se utiliza para calcular la potencia del generador o de los paneles fotovoltaicos.

Casa y Barrio (2017) afirman que la energía eléctrica esperada, las horas pico de luz solar y el rendimiento general del sistema deben tenerse en cuenta al determinar la potencia del generador solar. Se utilizará la ecuación 2 para realizar este cálculo.

$$P_{GFV} = \frac{E_p}{G_{dm}(\beta) \times PR} \quad (2)$$

Donde.

$P_{GFV}$  Cuánta electricidad pueden producir los paneles solares. La potencia que produce el sistema fotovoltaico. Irradiación mensual sobre la superficie del panel. la eficacia de la instalación en condiciones reales de funcionamiento.

Casa y Barrio (2017) afirman que se puede utilizar un factor de eficiencia de  $PR = 0,7$  para determinar la potencia necesaria para los paneles solares.

$$P_{GFV} = \frac{5,93 \frac{kWh}{Día}}{6,23 \frac{hp}{Día} \times 0,7} = 1,36 kWp = 1360 Wp$$

Carmona (2010) Demuestran que es crucial elegir los paneles adecuados para el diseño del sistema, teniendo en cuenta algunos factores cruciales, una vez establecida la potencia que necesita el generador solar.

- La tensión necesaria para que el inversor suministre suficiente electricidad a la red.
- El consumo total de energía del generador solar.
- La cantidad de paneles fotovoltaicos necesarios se calcula mediante la Ecuación 3.

$$N_{panel} = \frac{Potencia\ del\ generador\ fotovoltaico}{Potencia\ del\ panel\ fotovoltaico} \quad (3)$$

Para el cálculo se utilizaron paneles solares JINKO SOLAR de 400 Wp, modelo JKM400M-72H-V, con un factor de envejecimiento de 0,9. Las figuras 30 y 31, así como el apéndice 2, describen las características y especificaciones de este panel solar.

Mechanical Characteristics	
Cell Type	Mono PERC 158.75×158.75mm
No.of Half-cells	144 (6×24)
Dimensions	2008×1002×40mm (79.06×39.45×1.57 inch)
Weight	22.5 kg (49.6 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TÜV 1x4.0mm <sup>2</sup> , (+) 290mm, (-) 145mm or Customized Length

Figura 30. Características mecánicas del panel fotovoltaico.

Fuente. JinkoSolar.com

SPECIFICATIONS						
Module Type	JKM390M-72H		JKM395M-72H		JKM400M-72H	
	JKM390M-72H-V		JKM395M-72H-V		JKM400M-72H-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	390Wp	294Wp	395Wp	298Wp	400Wp	302Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	41.1V	39.1V	41.4V	39.3V	41.7V	39.6V
Maximum Power Current (Imp)	9.49A	7.54A	9.55A	7.60A	9.60A	7.66A
Open-circuit Voltage (Voc)	49.3V	48.0V	49.5V	48.2V	49.8V	48.5V
Short-circuit Current (Isc)	10.12A	8.02A	10.23A	8.09A	10.36A	8.16A
Module Efficiency STC (%)	19.38%		19.63%		19.88%	
Operating Temperature (°C)						-40°C~+85°C
Maximum System Voltage						1000/1500VDC (IEC)
Maximum Series Fuse Rating						20A
Power Tolerance						0~+3%
Temperature Coefficients of Pmax						-0.35%/°C
Temperature Coefficients of Voc						-0.29%/°C
Temperature Coefficients of Isc						0.048%/°C
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)						45±2°C

Figura 31. Especificaciones técnicas del panel fotovoltaico.

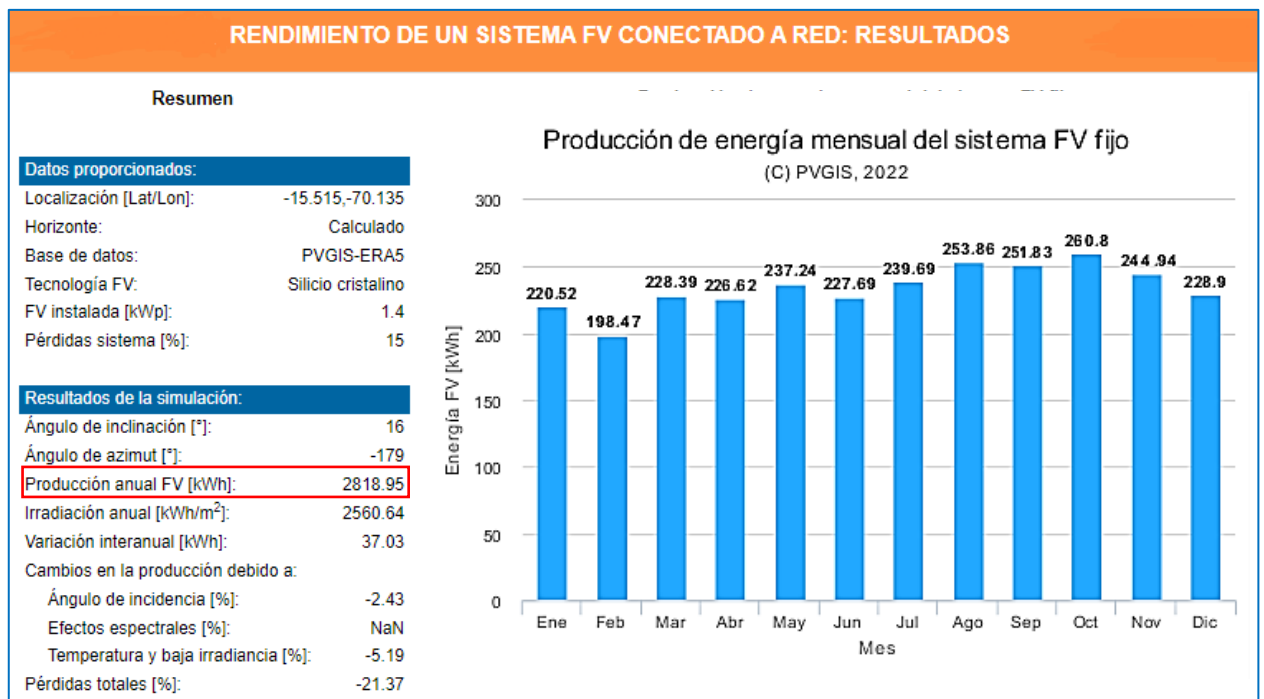
Fuente. JinkoSolar.com

Para calcular la cantidad de paneles solares necesarios, se reemplazan los valores obtenidos en la ecuación 3.

$$N_{panel} = \frac{1360Wp}{400Wp} = 3,40$$

Dado que el resultado obtenido incluye decimales, se redondea hacia arriba, resultando en un total de 4 paneles solares de 400 Wp cada uno. Para calcular la potencia nominal del generador, basta con multiplicar los 400 Wp de un panel por los 4 paneles que se instalarán, obteniendo así una potencia total de 1600 Wp.

Con el número de paneles del generador, su potencia nominal y el ángulo de inclinación ya calculados, procederemos a utilizar PVGIS para evaluar la cantidad de energía que podría generarse tanto mensualmente como anualmente.



**Figura 32.** Resultados simulación PVGIS. (PVGIS, 2022)

**Fuente.** [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/es/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/)



Tras la simulación, la Figura 32 muestra la producción mensual y anual de la instalación, que asciende a 2.818,95 kWh anuales.

La planta está dimensionada para generar 180,33 kWh al mes, o 2.164 kWh anuales de media. A primera vista, parece que se producirá más energía de la media prevista, incluso en febrero, el mes más desfavorable. Con los excedentes sujetos a reembolso, esto ilustra la rentabilidad de la instalación y respalda el plan de autoconsumo.

En este proyecto se considerarán los cuatro paneles solares que componen el generador fotovoltaico. La conexión de estos paneles se realizará de la siguiente manera. se dispondrán cuatro paneles en fila y se unirán en serie para formar una única cadena. Para elegir los paneles solares adecuados, es fundamental tener en cuenta su configuración de conexión.

#### **4.4.2. Selección del inversor**

Dado que los paneles solares producen energía de corriente continua y la vivienda familiar utiliza corriente alterna, Al seleccionar el inversor, la corriente continua debe convertirse en corriente alterna. La tensión y la corriente en los puntos de máxima y mínima potencia generadas a la salida del panel, la corriente de cortocircuito y la forma de onda —todos ellos deben corresponder a los de la red eléctrica convencional— deben considerarse al seleccionar un inversor.

Según Castejón y Santamaría (2012), al ser el inversor monofásico, los sistemas eléctricos con una potencia nominal de hasta 5 kW necesitan una conexión a la red monofásica. Sin embargo, cuando la potencia nominal de la instalación supera los 5 kW,



#### 4.4.2.1. Tensión y corriente en el punto de máxima potencia

La elección del inversor debe determinarse según las circunstancias particulares de la instalación. Es fundamental comprender el voltaje en el punto de máxima potencia de los paneles solares. La ecuación 4 se utilizará para determinar este voltaje total cuando la potencia sea de 1000 W o más.

$$Vmpp_{TOTAL} = Vmpp \times Ns \dots\dots\dots (4)$$

Donde.

$Vmpp$  Voltaje total en el punto de máxima potencia

Voltaje en el punto de máxima potencia

Cantidad de paneles dispuestos en serie

$$Vmpp_{TOTAL} = 41,7 \times 4$$

$$Vmpp_{TOTAL} = 166,8$$

Para calcular la corriente generada en el punto de máxima potencia ( $Impp_{TOTAL}$ ) de los paneles fotovoltaicos, se utilizará la ecuación 5.

$$Impp_{TOTAL} = Impp \times Np \dots\dots\dots (5)$$

Donde.

$Impp_{TOTAL}$ . Corriente total en el momento de máxima potencia

$Impp$ . Corriente en el punto de máxima potencia

$Np$ . Número de paneles en paralelo

$$Impp_{TOTAL} = 9,60 \times 1$$

$$Impp_{TOTAL} = 9,60$$

En este caso elegimos un inversor FRONIUS GALVO de 1,5 kW, lo que nos asegura no tener problemas de potencia y nos da la opción de

poder ampliar la instalación en el futuro añadiendo más paneles, si así lo decidimos.

<b>DATOS TÉCNICOS FRONIUS GALVO</b>		
<b>DATOS DE ENTRADA</b>	<b>GALVO 1.5-1</b>	<b>GALVO 2.0-1</b>
Máxima corriente de entrada ( $I_{dc\ máx.}$ )	13,3 A	17,8 A
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV	20 A	26,8 A
Mínima tensión de entrada ( $U_{dc\ mín.}$ )	120 V	
Tensión CC mínima de puesta en servicio ( $U_{dc\ arranque}$ )	140 V	
Tensión de entrada nominal ( $U_{dc,r}$ )	260 V	
Máxima tensión de entrada ( $U_{dc\ máx.}$ )	420 V	
Rango de tensión MPP ( $U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$ )	120 - 335 V	
Número de seguidores MPP	1	
Número de entradas CC	3	
Máxima salida del generador FV ( $P_{dc\ máx.}$ )	3,0 kW pico	
<b>DATOS DE SALIDA</b>	<b>GALVO 1.5-1</b>	<b>GALVO 2.0-1</b>
Potencia nominal CA ( $P_{ac,r}$ )	1.500 W	2.000 W
Máxima potencia de salida	1.500 VA	2.000 VA
Corriente de salida CA ( $I_{ac\ nom.}$ )	6,5 A	8,7 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	1-NPE 230 V (+17 % / -20 %)	
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)	
Coefficiente de distorsión no lineal	< 4 %	
Factor de potencia ( $\cos \varphi_{ac,r}$ )	0,85 - 1 ind. / cap.	

Figura 33. Ficha Técnica Inversor Fronius Galvo.

Fuente. <https://www.panelsolarperu.com/>

#### 4.4.3. Dimensionamiento del Cableado

Dado que cada componente de conexión en un sistema fotovoltaico presenta propiedades variables, se necesitan varios tipos de conductores a lo largo de la ruta de instalación. Dado que diversas corrientes circulan por las diferentes secciones, la sección transversal del conductor varía según la sección.

Para este trabajo, se recomiendan cables multipolares. Por lo tanto, se utilizarán las siguientes secciones para calcular la sección transversal del conductor.

Sección 1. Conexión de los paneles a la caja de protección de CC.

La caja de protección de CC se conecta al inversor

en la Sección 2, el inversor se conecta a la caja de protección de

CA

en la Sección 3 y la caja de protección de CA se conecta al panel

de carga principal en la Sección 4.

El Código Eléctrico Nacional (2006), Sección 50, establece que los conductores de alimentación deben dimensionarse para garantizar que la caída de tensión no supere el 2,5 %.

**Para el tramo corriente continua**, la sección del conductor se calculará utilizando la ecuación 12.

$$S = \frac{2xLxI_{CC}}{kx\Delta V} \quad (12)$$

Donde.

Sección transversal de un conductor ( $U$ )

Longitud del conductor ( $H$ )

$I_{CC}$ . Corriente de cortocircuito de los paneles ( $A$ ), o la corriente máxima que circula por los conductores.

$\Delta V$ . Caída de tensión máxima posible ( $V$ ) para los conductores. IDEA (2011) establece una caída de tensión máxima permitida del 1,5 % en cables de CC.



*k*. Conductividad del elemento conductor; se utilizará la Tabla 6 para su asignación.

**Tabla 7**

*Coefficiente de conductividad del cobre en función a la temperatura*

Temperatura	Coefficiente de conductividad del cobre ( <i>K</i> ) ( <i>m/Ωx mm<sup>2</sup></i> )
20 °C	56
30 °C	54
40 °C	52
50 °C	50
60 °C	48
70 °C	48
80 °C	45
90 °C	44

Fuente: (Jaime, 2007)

**Para el tramo de corriente alterna**, que va desde el inversor hasta el tablero general de la vivienda, los cálculos se llevarán a cabo utilizando la ecuación 13.

$$S = \frac{2xLxP}{kx\Delta VxV} \tag{13}$$

Donde. Sección transversal de un conductor (*U*)

Longitud del conductor (*H*)

*P*. La potencia máxima permitida del conductor (*W*).

$\Delta V$ . La caída de tensión máxima (*V*) que pueden experimentar los conductores. Según el Código Eléctrico Nacional, el conductor de corriente alterna no pueden perder más del 2,5 % de su tensión.

*k*. La conductividad del elemento conductor, que se determinará mediante la Tabla 8.



La tensión de la red eléctrica convencional es de 220V.

El estudio se realizará por partes para determinar la sección transversal necesaria del conductor, ya que la cantidad de corriente que fluye varía y la afecta. A continuación, se describe las cuatro secciones consideradas.

#### **4.4.3.1. Tramo 1. Conexión de los paneles a la caja de protección**

##### **CC**

En esta sección se explica la conexión entre la salida de las dos ramas que conforman los paneles solares y la caja de protección de corriente continua (CC). Dos ramas de conductores positivos y negativos convergen en la caja de protección de CC, que también alberga los dispositivos de protección de CC. Para determinar la sección transversal del conductor en esta sección, se considerarán las siguientes variables.

*L*. Indica la longitud del conductor. La distancia entre la caja de protección de corriente continua (CC) y la conexión al panel fotovoltaico más alejado se medirá en la sección 1. La longitud real se incrementará en un 10 % para facilitar las tareas de mantenimiento, hasta una longitud total de 8,60 m.

La corriente equivalente máxima que circula por los conductores se indica mediante *ICC*.

La caída de tensión máxima admisible representa la conductividad del material conductor. En nuestra investigación se utiliza cobre, con una conductividad de 56 m/Ω mm<sup>2</sup> a 20 °C (véase la Tabla 8).



Dado que este segmento transportará corriente continua, se aplicará la fórmula de la ecuación 12 para conductores de corriente continua. En consecuencia, tenemos.

$$S = \frac{2xLxI_{CC}}{kx\Delta V}$$

$$S = \frac{2x8,60x10,36}{56x2,50}$$

$$S = 1,27mm^2$$

#### 4.4.3.2. Tramo 2. Caja de protección CC al inversor

En esta sección se describe el proceso de conexión del inversor a la caja de protección de corriente continua (CC). La energía se transfiere desde una de las ramas del sistema fotovoltaico al inversor, donde la corriente continua se convierte en corriente alterna a través de dos cables, uno positivo y otro negativo, que salen de esta caja. Para elegir la sección correcta del conductor para esta sección, se tienen en cuenta varios factores.

L representa la longitud total del cable, que es de 18,6 metros (más un 10 % adicional para mantenimiento).

ICC. la corriente máxima que puede circular por los cables.

El IDAE (2011) recomienda una caída de tensión admisible del 1,5 % para este proyecto, lo que equivale a 2,50 V en el punto de máxima potencia de salida del shunt.

También se considera la conductividad del material conductor; en este caso, cobre.



Se aplicará la fórmula de adaptación para conductores de corriente continua, que se encuentra en la ecuación 12, dado que esta sección trata sobre la circulación de corriente continua. Por lo tanto, se obtiene lo siguiente.

$$S = \frac{2xLxI_{CC}}{kx\Delta V}$$

$$S = \frac{2x18,6x10,36}{56x2,50}$$

$$S = 2,75mm^2$$

#### 4.4.3.3. Tramo 3. Inversor a la caja de protección CA

En esta sección se describe Conexión de la caja de protección de corriente alterna (CA) al inversor. Dos cables que sobresalen del inversor permiten la conexión monofásica a la caja de protección de CA. Al ofrecer un punto de desconexión manual para el sistema con la carga especificada, esta caja no solo actúa como mecanismo de protección, sino que también facilita el mantenimiento. La sección transversal del conductor debe calcularse utilizando los siguientes parámetros.

$\Delta$ . Indica la longitud del conductor. La distancia entre la caja de protección de corriente alterna (CA) y el punto de conexión del inversor se tiene en cuenta en la Sección 3. Para permitir el mantenimiento, se añadirá un 10 % adicional a la longitud real, lo que la convierte en 5,4.

$P$ . Indica la potencia que el sistema puede producir. La potencia de salida de nuestro inversor en la salida de corriente alterna (CA) de la sección 3 es de 1500  $W$ .  $\Delta V$ . Indica la caída de tensión máxima que la instalación puede experimentar. Este valor se calculará utilizando un porcentaje de referencia del 2,5 %, según la Sección 50 del Código

Eléctrico Nacional - Utilización (2006). Por consiguiente, la tensión de salida del inversor debe ser igual a los 220 V de la red eléctrica de baja tensión. En consecuencia, la caída de tensión máxima permitida en la salida sería de 5,5 V. Este valor simboliza la conductividad del material conductor. En este estudio se utilizará cobre, cuya conductividad es de 56 mΩ mm<sup>2</sup> a 20 °C.

V. Representa 220 V, la tensión de la red eléctrica tradicional.

La ecuación 13 muestra que se utilizará la fórmula adecuada para conductores de corriente alterna, ya que esta sección conducirá corriente alterna. Esto nos permite obtener lo siguiente.

$$S = \frac{2xLxP}{kx\Delta VxV}$$

$$S = \frac{2x5,4x1500}{56x5,5x220}$$

$$S = 0,24mm^2$$

#### 4.4.3.4. Tramo 4. Caja de protección CA al tablero general de carga

Este segmento incluye la conexión desde la caja de protecciones de corriente alterna (CA) hasta el Panel de carga principal. Para crear una conexión monofásica al panel de carga principal, se tenderán dos cables desde la caja de protección. Además de proporcionar protección, esta servirá como punto de desconexión manual del sistema, facilitando el mantenimiento. Se necesitan los siguientes parámetros para determinar la sección transversal del conductor en esta sección.

N. Identifica la longitud del conductor. La sección 4 considera la distancia entre la caja de protección de corriente alterna (CA) y el panel



de carga principal. Se añadirá un 10 % a la longitud real, lo que la convierte en 3,2 metros, para proporcionar un margen suficiente para las tareas de mantenimiento.

N. Representa la potencia máxima que el sistema puede proporcionar. La sección 4 describe la potencia suministrada.

P. Indica la potencia máxima de salida del sistema. En la salida de corriente alterna (CA) de la sección 3, la potencia de salida de nuestro inversor es de 1500 W. La mayor caída de tensión que puede ocurrir en la instalación se muestra con el símbolo  $\Delta V$ . La Sección 50 del Código Eléctrico Nacional - Utilización (2006) establece que este número se calculará utilizando un porcentaje de referencia del 2,5 %. Por lo tanto, la tensión de salida del inversor debe ser igual a los 220 V de la red de baja tensión. Como resultado, la caída de tensión máxima permitida en la salida sería de 5,5 V. muestra la conductividad de la sustancia conductora. En este estudio, se utilizará cobre, que tiene una conductividad de 56 mΩ mm<sup>2</sup> a 20 °C.  $\Delta V$  es el símbolo de la caída de tensión máxima permitida en la instalación. La más alta

Dado que este segmento transportará corriente alterna, la fórmula relacionada con la ecuación para conductores de corriente alterna.

$$S = \frac{2 \times L \times P}{k \times \Delta V \times V}$$

$$S = \frac{2 \times 3,2 \times 1500}{56 \times 5,5 \times 220}$$

$$S = 0,14 \text{ mm}^2$$



#### 4.4.3.5. Selección del tipo de cable

Se tendrán en cuenta dos criterios cruciales al elegir un conductor, ya que los valores obtenidos no son uniformes. Para garantizar el correcto funcionamiento del sistema, el tipo de conductor debe ser capaz de tolerar la corriente que circulará por él y su sección transversal debe ser mayor que la calculada.

Para el sistema fotovoltaico conectado a la red, se eligió el conductor eléctrico de la marca INDECO, concretamente el tipo NH-80. Gracias a sus propiedades, este conductor aumentará la seguridad de la instalación. Está fabricado con cobre electrolítico recocido, sólido o trenzado, y está aislado con un compuesto termoplástico no halogenado (HFFR). Además, es libre de halógenos, retardante de llama y emite pocos humos nocivos. La lista de datos técnicos utilizados para.

Se creará una tabla final que describa el tipo de conductor que se utilizará en cada sección una vez definido el tipo de sección estándar, teniendo en cuenta los criterios mencionados anteriormente. La Tabla 8 muestra esta tabla a continuación.

**Tabla 8***Conductores seleccionados para el sistema*

Tramo	Parámetros calculados			Cable seleccionado INDECO NH-80	
	Sección teórica ( $mm^2$ )	Longitud (m)	Corriente de cortocircuito (A)	Sección ( $mm^2$ )	Amperaje (A)
1	1,27	8,6	10,36	1,5	14
2	2,75	18,6	10,36	1.5	14
3	0,24	5,4	20.1	2.5	24
4	0,14	3,2	20,1	2.5	24

Fuente. Elaboración propia

Según AENOR (2022) Su Reglamento Eléctrico de Baja Tensión, norma ITC-BT-19, estipula que se deben utilizar conductos, ya sean empotrados o exteriores, para el cableado. Para minimizar las pérdidas de energía y ahorrar gastos innecesarios, el trazado de los conductos debe limitar la longitud del cableado, integrándose a la vez con la arquitectura y las instalaciones de la vivienda.

#### 4.4.4. Puesta a tierra del sistema fotovoltaico conectada a red

Un sistema de puesta a tierra es crucial en las instalaciones eléctricas, ya que protege tanto a la instalación como a quienes la operan.

- Además de evitar daños materiales, proteja la vida y la integridad física de las personas ante posibles riesgos asociados con descargas eléctricas. La conexión a tierra de los componentes metálicos no



energizados en electrodomésticos, maquinaria, instalaciones y otras instalaciones logra este objetivo.

- Cuando los circuitos estén expuestos a niveles de tensión superiores a los previstos, limite la tensión en los circuitos.
- En general, el circuito de corriente alterna que alimentan sistemas de cableado interior deben tener una tensión fase-tierra no superior a 250 V.
- En circuitos expuestos a rayos, reduzca las sobretensiones provocadas por estos fenómenos.
- Ayude a los sistemas y equipos eléctricos a funcionar correctamente.

En nuestra instalación, Las picas de tierra de la vivienda se utilizarán para conectar a tierra todos los componentes metálicos, incluyendo los paneles, las carcasas y la estructura de soporte de los paneles. La longitud total del conductor necesario para esta conexión es de 33 metros, equivalente a la suma de las longitudes de los tramos de cable especificados previamente. Para ello, se utilizará un cable INDECO NH-80 de 2,5 mm<sup>2</sup> de sección transversal.

Para garantizar que ninguna toma de tierra produzca tensiones de contacto superiores a los límites permitidos, es fundamental tener en cuenta el valor de la resistencia de puesta a tierra (MINEM-DGE, 2006). El sistema de puesta a tierra actual de la vivienda familiar se utilizará en el proyecto de sistema solar conectado a la red.

#### **4.4.5. Protecciones**

En las instalaciones eléctricas, especialmente en los sistemas fotovoltaicos, los dispositivos de protección son esenciales. Estos mecanismos de seguridad protegen a quienes operan Se simplifica la



conexión y desconexión de los numerosos componentes del sistema eléctrico, lo cual resulta especialmente útil si alguno de ellos requiere mantenimiento.

Tanto los dispositivos de protección como los conductores de la planta solar conectada a la red se calcularán por sección. La identificación de los dispositivos de protección es necesaria tanto para los componentes de corriente continua como para los de corriente alterna. Por lo tanto, los dispositivos de protección se determinan según el tipo de corriente del sistema.

Las protecciones se seleccionan con los mismos criterios, aunque la corriente alterna y la corriente continua tienen requisitos distintos. Por consiguiente, la corriente que activa el mecanismo de protección debe ser superior a la corriente que circula por el conductor, pero inferior a la corriente que este puede soportar. (Cotrim, 2005). La relación que deben cumplir los dispositivos de protección se muestra en la ecuación 14.

#### Protecciones de corriente continua

Dado que interrumpir la corriente continua es más difícil que interrumpir la corriente alterna, se debe prestar especial atención a las protecciones elegidas para este tipo de corriente. Esto se debe a que la corriente alterna provoca que el arco eléctrico que se crea al abrir el circuito se extinga espontáneamente pasando por un valor cero cada semiperiodo. La corriente continua, en cambio, requiere que la corriente se reduzca a cero para evitar sobretensiones excesivas.

#### **Fusibles.**

El uso de fusibles es la primera medida de protección que se considera en la salida del conductor. Esto protegerá a los conductores de sobrecorrientes. Cada conductor de las derivaciones tendrá su propio fusible, que se colocará dentro de la caja de protección. Se instalarán dos fusibles, ya que cada derivación tiene dos conductores. uno positivo y otro negativo. La relación mencionada anteriormente será aplicable a la hora de elegir el tipo de fusible. Los siguientes factores se tienen en cuenta al dimensionar los fusibles, ya que la sección transversal del conductor que entra en esta zona es de 1,5 mm<sup>2</sup>.

$I_B = I_{mpp} \text{ modulo} = 9,60 \text{ N}$   $I_Z = I_{mbx} \text{ admsibleee del conuuurr}$   
*cul*

Por lo tanto, se utilizará la siguiente relación para elegir la corriente nominal del elemento de protección.

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$9,60 \leq I_n \leq 14$$

$$I_n = 10A$$

Por lo tanto, cada conductor que sale de la rama del generador fotovoltaico, que se alojará en la caja de protección, deberá contar con fusibles de 10 A en su salida. El fusible seleccionado, tipo 491620, es de la empresa DF ELECTRIC. Este fusible, que se muestra en la Figura 34 y el Anexo 3, es ideal para aplicaciones de protección en sistemas fotovoltaicos, ya que puede funcionar con una tensión de hasta 1000 V en corriente continua y tiene una corriente de trabajo de 10 A.



**Figura 34.** Fusible de 10 A, DF ELECTRIC 491620.

**Fuente.** <https://www.tme.com/pe/>

#### **Interruptor termomagnético.**

Un disyuntor protege la instalación cortando instantáneamente la corriente eléctrica del circuito cuando la corriente que fluye por el conductor supera la corriente nominal del dispositivo. Esto garantiza la seguridad del sistema eléctrico.

Al igual que los fusibles, se eligen los disyuntores que conectan los cables provenientes de la derivación. Por lo tanto, será necesario contar con dos de estos disyuntores. Dado que la sección transversal del conductor de esta sección es de 1,5 mm<sup>2</sup>, se deben tener en cuenta los siguientes factores durante el dimensionamiento.

$$I_B = I_{mpp} \text{ modulo} = 9,60 \text{ A}$$

$$I_Z = I_{max} \text{ admisible} = 14 \text{ A}$$

Por consiguiente, la selección de la corriente nominal del elemento de protección se llevará a cabo utilizando la ecuación 14.

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$9,60 \leq I_n \leq 14$$

$$I_n = 10A$$

Por lo tanto, se utilizará un interruptor automático de CC de 10 A. El modelo ABB S802PV-S10, bipolar, capaz de manejar una corriente de 10 A y diseñado para trabajar con tensiones de CC de hasta 800 V, es la marca recomendada para este tipo de protección.



**Figura 35.** Interruptor termomagnético ABB de 2 polos.

**Fuente.** <https://new.abb.com/products/es/2CCP842001R1109/s802pv-s10>

#### 4.4.5.1. Protecciones de corriente alterna

Los criterios de selección para los dispositivos de protección de CA serán los mismos que para los de CC. Todos los componentes del edificio alimentados por CA estarán protegidos por estos dispositivos, que se

ubicarán entre el inversor y el cuadro de distribución principal. Una caja de protección de CA, cerca del cuadro de distribución principal, albergará los componentes. Se utilizarán los siguientes elementos de protección.

### **Interruptor termomagnético.**

Se seleccionará el interruptor termomagnético de corriente alterna (CA), al igual que el de corriente continua. Este dispositivo servirá como interruptor termomagnético universal y seccionador, además de proteger los conductores de CA. Dado que la sección del conductor de esta sección es de 4 mm<sup>2</sup>, se deben considerar los siguientes factores durante el dimensionamiento.

$$I_B = I_{max} \text{ a la salida del inversor} = 20,1 \text{ A}$$

$$I_Z = I_{max} \text{ admisible} = 24 \text{ A}$$

Por lo tanto, la selección de la corriente nominal del elemento de protección se definirá utilizando la ecuación 14.

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$20,1 \leq I_n \leq 24$$

$$I_n = 20 \text{ A}$$

Por lo tanto, se utilizará un interruptor termomagnético de corriente alterna de 20 A. Para este tipo de protección, se recomienda el modelo 8902/20N de BTICINO, bipolar y con capacidad para una corriente de 20 A.



Interruptor diferencial.

Un dispositivo de corriente residual (DCR) protege a los usuarios contra descargas eléctricas por contacto directo o indirecto. Además, es muy útil para Detectar fugas de energía provenientes de la carga. Además, no debe considerarse un sustituto del anclaje, ya que ambos elementos cumplen funciones complementarias, pero distintas. Este RCD debe ser lo suficientemente sensible y selectivo como para funcionar en conjunto con los dispositivos de corriente residual (RCD) de alta sensibilidad (20 mA) que deben instalarse en el tablero, según el Código Nacional de Utilización Eléctrica (2006).

En función de la elección del interruptor magnetotérmico, se seleccionará el dispositivo de corriente residual (RCD); su valor puede ser mayor o igual al mencionado anteriormente. Esto significa que el dispositivo de corriente residual (RCD) protegerá a los trabajadores o usuarios de energía. El dispositivo de corriente residual (RCD) debe tener al menos la corriente nominal de 20 A del interruptor magnetotérmico. Sin embargo, se eligió el dispositivo inmediatamente superior debido a que no existen dispositivos de corriente residual con una corriente estándar de 20 A. Por lo tanto, se utilizará un dispositivo de corriente residual (RCD) con una corriente de 25 A. Para este tipo de instalación, se recomienda la marca BTICINO, modelo G7230AC25. Cuenta con dos polos y una sensibilidad.



**Figura 36.** Interruptor diferencial BTICINO.

**Fuente.** <https://hyperledperu.pe/product/interruptor-diferencial-2x25a-30ma-bticino/>

### **Medidor bidireccional.**

Un medidor bidireccional es necesario En un sistema solar conectado a la red eléctrica. Este tipo de medidor puede diferenciar entre la energía suministrada por la compañía eléctrica y la generada por los paneles solares una vez utilizada toda la energía del usuario. Esto permite que el medidor envíe datos al sistema de monitorización del inversor. El medidor bidireccional Fronius Smart Metre 63A-1, diseñado para sistemas solares conectados a la red eléctrica, fue seleccionado para este propósito.



**Figura 37.** Medidor bidireccional Fronius Smart Meter 63A-1.

**Fuente.** <https://inmotica Peru.com/index.php/producto/inversor-fronius-smart-meter-63a-1/>

#### **Interruptor de interconexión.**

El inversor elegido, el Fronius Primo 6.0-1, ya cuenta con estas características, incluyendo protección de frecuencia y protección contra sobretensión y subtensión. Estos interruptores son útiles para conectar e instalar el sistema solar fotovoltaico a la carga y viceversa. Además, un mecanismo de monitorización integrado en este inversor garantiza que no se añada electricidad indebida a la red.

#### **4.4.6. Estructura de soporte**

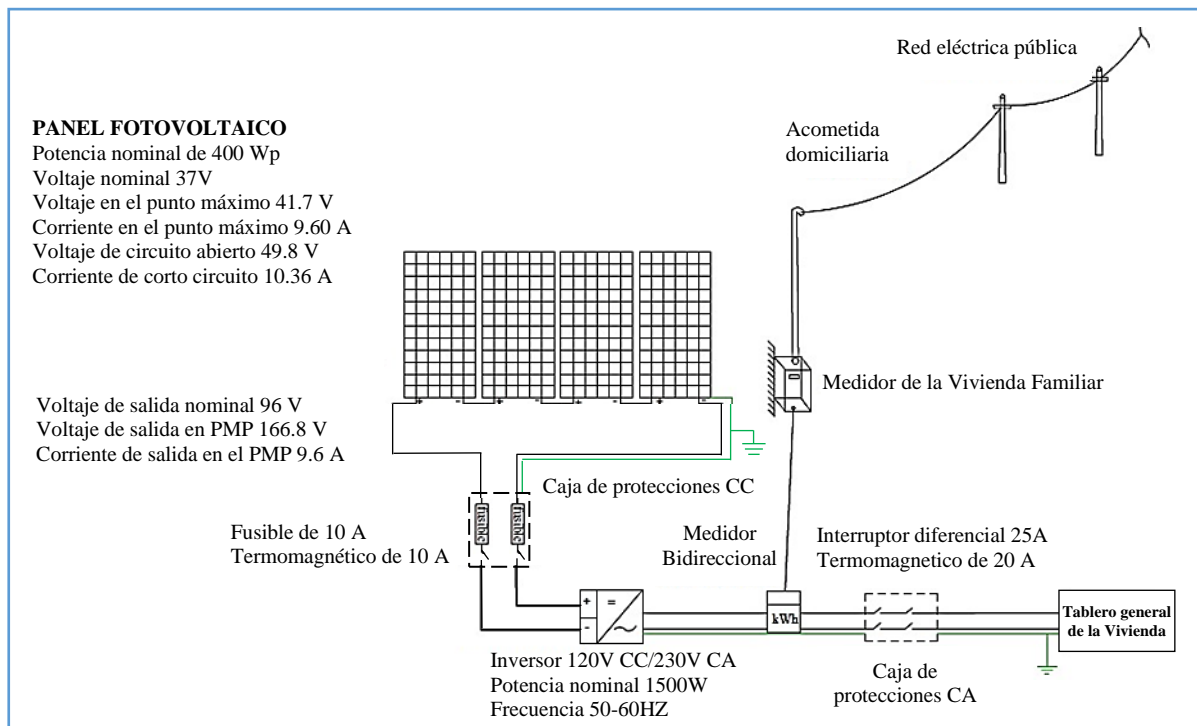
Cualquier distribuidor de productos solares puede proporcionar kits de instalación y estructurales para la estructura del tejado. Por lo tanto, puede solicitar un kit a medida o simplemente adaptarlo a uno de estos kits básicos. Estos kits incluyen herramientas de montaje y perfiles de

aluminio que permiten fijar los perfiles al tejado de la vivienda y anclar los paneles a ellos.

El sistema de soporte de los paneles debe ser adecuado para la ubicación de instalación. Para que el sistema fotovoltaico funcione de la forma más eficiente posible, se debe utilizar una estructura que se adapte al ángulo de inclinación ideal.

#### 4.4.7. Topología del sistema fotovoltaico conectado a la red

Una vez dimensionados todos los elementos, la topología del sistema fotovoltaico conectado a la red se presenta como se muestra en la Figura 38.



**Figura 38.** Topología del sistema fotovoltaico conectado a red.

**Fuente.** Elaboración propia



#### 4.4.7.1. Funcionamiento del SFCR

La radiación solar es captada por paneles fotovoltaicos, que la convierten en corriente continua o energía eléctrica. El inversor controla todo el funcionamiento del sistema solar conectado a la red. En concreto, el mecanismo de monitorización del inversor Fronius Primo 1.5-1 permite un funcionamiento totalmente independiente. El inversor equilibra el consumo energético del hogar y la energía generada por los paneles solares a lo largo del día; si la energía producida no es suficiente, se puede adquirir la cantidad adicional necesaria a la compañía eléctrica.

El inversor supervisa la red y los niveles de potencia de generación fotovoltaica por la noche. Se activa cuando aumenta la tensión de los paneles solares. Mientras tanto, el contador bidireccional mide la cantidad de energía procedente de la red pública y la transmite.

#### 4.4.7.2. Lazos de control del SFCR

El sistema fotovoltaico conectado a la red cuenta con los siguientes bucles de control.

- Conexión de un receptor para control remoto. Las interfaces del inversor Fronius permiten conectarlo a un receptor de control remoto. Esta unidad accede a los datos necesarios y recibe las señales de control enviadas a través de la red. El Fronius Datamanager o la interfaz en línea del inversor facilitan la modificación de la configuración de este receptor.
- Control mediante componentes de terceros. Para satisfacer las necesidades específicas de los parques solares, el inversor Fronius también puede controlarse mediante componentes de terceros. Para

ello, se puede acceder a las interfaces abiertas Modbus RTU y Modbus TCP.

#### 4.4.8. Energía generada por el SFCR

Casa y Barrio (2017) Indican que debe calcularse la producción anual estimada de una instalación fotovoltaica conectada a la red para evaluar su rentabilidad. Para ello, se utilizan datos de producción mensual, considerando la radiación solar, la potencia instalada y el rendimiento del sistema. Se utilizará la siguiente fórmula para calcular la energía generada.

$$E_p = \frac{G_{dm}(\beta) \times P_{GFV} \times PR}{G_{CEN}} \quad (15)$$

Donde.

$p$ . Producción energética diaria ( $kWh$ ).

$P_{GFV}$ . Potencia máxima que pueden producir los paneles solares o el generador ( $kW$ ).

$G_{dm}(\beta)$ . Radiación diaria de la superficie generadora ( $kWh/m^2 - día$ ).

$G_{CEN}$ . Radiación en circunstancias normales ( $1kW/m^2$ ).

$PR$ . Eficiencia de la instalación en condiciones reales de funcionamiento.

Casa y Barrio (2017) afirman que podemos determinar la cantidad de energía generada en un año considerando un factor de eficiencia de  $PR = 0,7$ . La potencia total proporcionada por el sistema fotovoltaico es, por lo tanto, de 1600 Wp, con un factor de eficiencia de 0,9, gracias a cuatro paneles fotovoltaicos de 400 Wp.



La energía generada mensual y anualmente se muestra en la Tabla 9. Por lo tanto, se puede afirmar que este sistema fotovoltaico conectado a la red puede producir 2186,08 kWh al año.

**Tabla 9**

*Energía generada por SFCR (kWh/mes)*

Mes	Irradiación mensual kWh/día	PR	Energía disponible kWh/día	Días	Factor de rendimiento k	Energía mensual kWh/día
Enero	6,23	0,7	6,98	31	0,9	194,68
Febrero	6,31	0,7	7,07	28	0,9	178,09
Marzo	6,49	0,7	7,27	31	0,9	202,80
Abril	6,53	0,7	7,31	30	0,9	197,47
Mayo	6,79	0,7	7,60	31	0,9	212,17
Junio	6,72	0,7	7,53	30	0,9	203,21
Julio	6,79	0,7	7,60	31	0,9	212,17
Agosto	7,09	0,7	7,94	31	0,9	221,55
Septiembre	7	0,7	7,84	30	0,9	211,68
Octubre	6,98	0,7	7,82	31	0,9	218,11
Noviembre	7,01	0,7	7,85	30	0,9	211,98
Diciembre	6,45	0,7	7,22	31	0,9	201,55
<b>Energía de generación anual</b>						<b>2465,47</b>

Fuente. Elaboración propia.

#### 4.4.9. Presupuesto del SFCR

La Tabla 10 Se muestra el presupuesto para la instalación del sistema fotovoltaico conectado a la red, el cual fue elaborado utilizando los costos actuales de los materiales y equipos necesarios para el diseño.



**Tabla 10**

*Presupuesto de la instalación fotovoltaica conectada a red*

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Parcial (S/.)
<b>1.00</b>	<b>Modulo solar</b>				<b>3759,36</b>
1.01	Panel solar Jinko Solar JKM400M-72H-V	und	4	871,34	3485,36
1.02	Estructura soporte paneles	und	4	68,5	274
<b>2.00</b>	<b>Unidad de control y potencia</b>				<b>7039,90</b>
2.01	Inversor interconectado Fronius Galvo 1.5-1	und	1	6299,9	6299,9
2.02	Medidor bidireccional Fronius Smart Meter 63A-1	und	1	740	740
<b>3.00</b>	<b>Sistema de protección</b>				<b>395,24</b>
3.01	Fusible DF ELECTRIC 10A	und	2	17,42	34,84
3.02	Porta fusibles 10x38 PV	und	2	9,9	19,8
3.03	Interruptor termomagnético CC ABB 10A	und	1	46,9	46,9
3.04	Interruptor termomagnético CA 20A BTICINO	und	1	49,9	49,9
3.05	Interruptor diferencial 25 A BTICINO	und	1	189	189
3.06	Caja de protecciones CC	und	1	14,9	14,9
3.07	Tablero de protecciones CA	und	1	39,9	39,9
<b>4.00</b>	<b>Cables</b>				<b>307,56</b>
4.01	Cable NH-80 1,5 mm <sup>2</sup>	m	54	0,93	50,22
4.02	Cable NH-80 2,5 mm <sup>2</sup>	m	18	1,27	22,86
4.03	Tubo PVC 20mm	m	33	0,9	29,7
4.04	Tornillos, tarugos, Abrazaderas	gbl	1	132,4	132,4
<b>Costo Directo (S/.)</b>					<b>11502,060</b>
Gastos generales (10%)					1150,206
Utilidad (5%)					575,103
<b>Subtotal (S/.)</b>					<b>13227,369</b>



IGV (18%)	2380,9264
<b>Presupuesto total (S/.)</b>	<b>15608,295</b>

Fuente. Elaboración propia



## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

#### 5.1. RESULTADOS DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO

Los hallazgos del diseño La Tabla 11 muestra los resultados del diseño del sistema fotovoltaico conectado a la red (GPS). Se incluyen en estos hallazgos las características técnicas, el consumo medio diario, la tensión en el punto de máxima potencia y la configuración de los paneles solares acoplados en paralelo y en serie. Como parte de los resultados del diseño, se seleccionaron paneles de 400 Wp con una corriente en el punto de máxima potencia de 9,6 A y una tensión de 41,7 V.



**Tabla 11**

Resultados del generador fotovoltaico

Especificaciones técnicas de diseño	Consumo promedio diario <i>Kw/dia</i>	Voltaje en el punto máximo de potencia del SFCR (V)	Número de paneles fotovoltaicos		
			Serie	Número de cadenas	Total
JINKO SOLAR (JKM400M-72H-V) Potencia Nominal 400 Wp Tensión en el punto máxima potencia 41,7V Corriente en el punto de máxima potencia 9,6A	5,93	166,8	4	1	4

Fuente. Elaboración propia

**5.2. RESULTADOS DEL SISTEMA DE POTENCIA**

En la Tabla 12 se presentan los resultados del sistema de potencia, donde se ha seleccionado un inversor monofásico con una potencia nominal de 1.5 kW, un voltaje de entrada de 80 V y una frecuencia operativa de 50 Hz/60 Hz.



**Tabla 12**

*Resultados del sistema de potencia*

<b>Especificaciones técnicas de diseño</b>	<b>Corriente de entrada (A)</b>	<b>Cantidad de inversores</b>
Inversor FRONIUS GALVO 1,5-1		
Potencia nominal 1,5kW		
Voltaje mínimo de entrada de CC 120V	13,3	1
Frecuencia 50Hz/ 60Hz		
Eficiencia de 96%		

Fuente. Elaboración propia

### 5.3. Resultados del consumo facturado y producción del SFCR

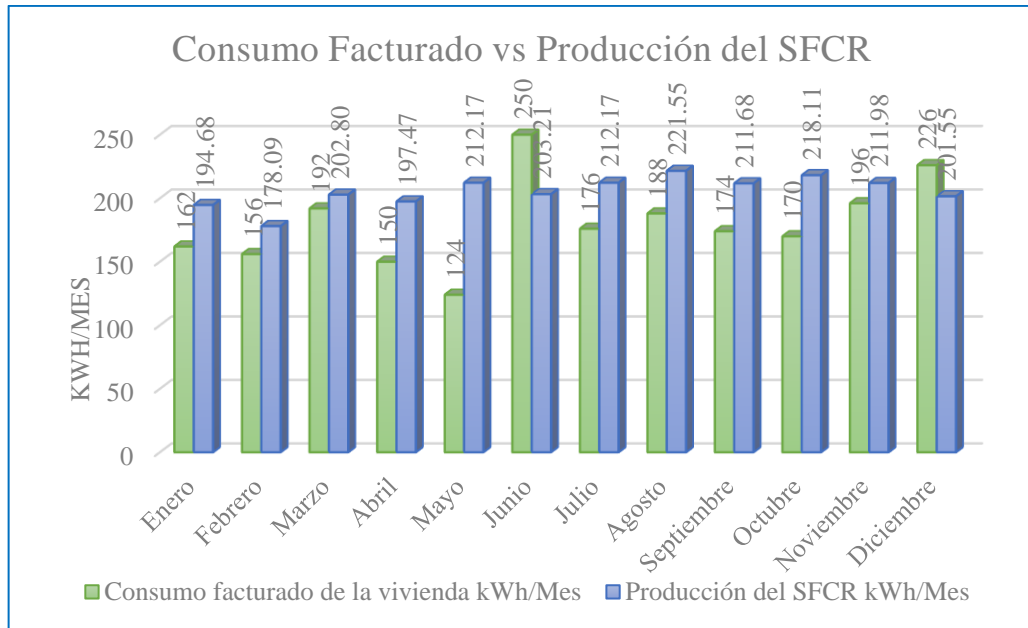
El contraste entre La Tabla 13 y la Figura 39 muestran la energía generada por el sistema solar conectado a la red, así como el consumo facturado. Es evidente que, en algunas situaciones, el sistema fotovoltaico puede producir más energía de la que consume. En estas situaciones, el sistema fotovoltaico ha cubierto completamente la energía activa, por lo que la factura simplemente incluye la cuota fija mensual y el costo de la iluminación. Sin embargo, al no existir restricciones que lo permitan, el exceso de energía no puede venderse a la concesionaria ni a la empresa distribuidora.

**Tabla 13**

*Resultados del sistema de potencia*

Meses	Consumo facturado de la vivienda kWh/Mes	Producción del SFCR kWh/Mes
Enero	162	194,68
Febrero	156	178,09
Marzo	192	202,80
Abril	150	197,47
Mayo	124	212,17
Junio	250	203,21
Julio	176	212,17
Agosto	188	221,55
Septiembre	174	211,68
Octubre	170	218,11
Noviembre	196	211,98
Diciembre	226	201,55
<b>Total</b>	<b>2164</b>	<b>2465,47</b>

Fuente. Elaboración propia



**Figura 39.** Consumo facturado vs Producción del SFCR.

**Fuente.** Elaboración propia

Es factible comprar la cantidad de energía necesaria al concesionario para satisfacer la demanda si el consumo supera la proyección realizada durante el dimensionamiento. Es importante recordar que el sistema fotovoltaico se planificó teniendo en cuenta la radiación más baja jamás observada. enero.



## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Con un consumo energético diario de 5,93 kWh y una demanda anual de 2164 kWh, la vivienda multifamiliar tiene una capacidad instalada de 7984 W. Con un ángulo de inclinación ideal de 16°, La evaluación del recurso solar del emplazamiento del proyecto indica que la irradiación media mensual en el mes menos favorable es de 6,23 kWh/m<sup>2</sup>/día.

**SEGUNDA:** Dado el tamaño del sistema solar conectado a la red, se necesitaron cuatro paneles de 400 Wp y un inversor de 1500 W con una eficiencia del 96 %. El diseño también incluye información sobre un medidor bidireccional, un dispositivo de corriente residual (RCD), dos fusibles, un disyuntor de corriente continua (CC), un disyuntor de corriente alterna (CA) y medidas de seguridad adicionales según sea necesario.

**TERCERA:** El diseño del sistema fotovoltaico tiene una tensión de potencia máxima de 41,7 V y una corriente máxima de 9,6 A. La tensión de entrada es de 80 V y la frecuencia es de 50 Hz/60 Hz. El sistema solar conectado a la red genera 2465,47 kWh de electricidad al año en condiciones reales de funcionamiento.



## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** Se recomienda que la vivienda multifamiliar instale un sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica, de acuerdo con el diseño sugerido. Dado que esta implementación cumple con todas las normas vigentes, Electro Puno SAA, la empresa distribuidora de electricidad, no impondría ninguna sanción.

**SEGUNDA:** Se recomienda añadir más paneles solares para satisfacer el aumento de las necesidades energéticas de la vivienda multifamiliar si el consumo eléctrico resulta ser superior al previsto durante el dimensionamiento inicial. Como alternativa, la energía adicional necesaria debido a la mayor demanda podría adquirirse directamente de la red eléctrica.

**TERCERA:** Al seleccionar la ubicación de los paneles solares, es fundamental considerar cualquier tipo de obstáculo que pueda interferir con la radiación solar que reciben, impidiendo así que el rendimiento del sistema fotovoltaico se vea comprometido. Además, los dispositivos, elementos e inversor deben instalarse en un espacio hermético y bien sellado, para prevenir daños causados por la humedad.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abella, M. (2005). *Sistemas fotovoltaicos . introducción al diseño y dimensionado de instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid. Madrid, ES . Publicaciones Técnicas, 2005. 617 p. Edición ; 2a ed. rev. y aum.
- AENOR. (2022). *Reglamento Electrotécnico para baja tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT 01 a BT 5*. Asociación Española de Normalización y Certificación. España.
- Álvarez, S. (2020). *Diseño de una instalación fotovoltaica para cubrir la demanda eléctrica de una vivienda*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Cartagena. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10317/8905>
- Álvarez, S. (2020). *Diseño de una instalación fotovoltaica para cubrir la demanda eléctrica de una vivienda. (Proyecto Fin de Grado)*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10317/8905>
- Arévalo, P., Horna, E., Reyes, C. A., & Rojas, E. (2019). *Diseño de sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en vivienda unifamiliar en el Distrito de Tarapoto – San Martín -2019. (Trabajo de investigación)*. Repositorio institucional - UCV. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/35836>
- Ávalos, H. R. (2016). *Diseño de un sistema fotovoltaico para abastecer la demanda de energía eléctrica del servicio habitacional Gran Hotel, San Ignacio 2016. (Tesis de pregrado)*. Repositorio institucional - UCV. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/9395>
- Balfour, J. (2011). *Advanced Photovoltaic System Design*. Editores Jones y Bartlett, 2011. Recuperado el 7 de Abril de 2020, de [https://books.google.com.pe/books?id=tOE9\\_gK\\_Ch0C&dq=John+R.+Balfour.+Advanced+Photovoltaic+System+Design.&lr=&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=tOE9_gK_Ch0C&dq=John+R.+Balfour.+Advanced+Photovoltaic+System+Design.&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s)
- Bisquert, M. (2020). *Diseño y análisis de una instalación solar fotovoltaica de 8.5 kWp para autoconsumo conectada a red en una vivienda unifamiliar ubicada en la población de Jávea, Alicante*. Universitat Politècnica de València. Departamento de Termodinámica Aplicada - Departament de



- Termodinámica Aplicada. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/151335>
- Canaza, D. (2018). *Desarrollo De Un Sistema De Control Para La Medición Experimental De La Eficiencia En Tiempo Real De Un Sistema Fotovoltaico (38.4 Watts) En El Departamento De Puno*. Repositorio Institucional - UNAP, Puno. Recuperado el 5 de Marzo de 2020, de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8052>
- Cardozo, A. (2014). *Cálculo y diseño de sistema solar fotovoltaico para uso doméstico [Tesina]*. Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado el 2 de Marzo de 2020, de [https://www.academia.edu/35616065/UNIVERSIDAD\\_NACIONAL\\_AUT%C3%93NOMA\\_DE\\_M%C3%89XICO](https://www.academia.edu/35616065/UNIVERSIDAD_NACIONAL_AUT%C3%93NOMA_DE_M%C3%89XICO)
- Casa, M., & Barrio, M. (2017). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Barcelona. ALFAOMEGA MARCOMBO.
- Castañeda, R. A. (2015). *Manual para la evaluación técnica-económica de "Sistemas Fotovoltaicos Interconectados a la Red apoyados a través del Programa de Fideicomiso de Riesgo Compartido"*. Mexico. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit.
- Castejón, A., & Santamaría, G. (2012). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. España. Editex.
- Correa, H. J., & Gonzáles, V. J. (2018). *Diseño de un Sistema Fotovoltaico Autónomo para la generación de energía eléctrica en la Institución Educativa N°287 de la Comunidad Nativa Villa Gonzalo, Distrito Río Santiago, Provincia Condorcanqui, Departamento de Amazonas*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12893/2198>
- Cotrim, A. (2005). *Instalaciones eléctricas (3° ed.)*. Pearson Prentise Hall, Sao Pablo.
- Díaz, T., & Carmona, G. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. España. McGraw-Hill.
- García, A. (2013). *Aplicación de la tecnología fotovoltaica flexible en un grupo de empresas del sector de la automoción. (Proyecto de fin de grado)*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2099.1/20596>




- Haro, J. R. (2013). *Diseño de un sistema de generación fotovoltaica para una vivienda familiar ubicada en la ciudad de Quito (Ecuador)*. Repositorio Institucional, Quito. Recuperado el 15 de Mayo de 2020, de <http://hdl.handle.net/10334/2602>
- Hernández, R., & Collado, C. F. (2010). *Metodología De La Investigación*. México. McGraw-Hill Interamericana.
- IDAE. (2011). *Pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, España.
- Mejía, E. J. (2018). *Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de ingeniería mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica. (Informes de Investigación)*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12897/19>
- MINEM-DGE. (2006). *Código Nacional de Electricidad - Utilización*. Ministerio de Energía y Minas, Lima.
- Peña, D. W., & Acuña, R. (2022). *Diseño de un Sistema Fotovoltaico para Suministrar Energía Eléctrica en el Caserío Juan Velasco Alvarado, Chirinos-Cajamarca, 2021*. Universidad Nacional de Jaén. Obtenido de <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/441>
- Pérez, D. Y., & Delgado, J. (2019). *Diseño de un Sistema Fotovoltaico Aislado para el Suministro Eléctrico al Caserío Jaway, Distrito y Provincia Jaén-Cajamarca*. Universidad Nacional de Jaén. Obtenido de <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/67>
- Perpiñán, O. (2022). *Energía solar fotovoltaica*. España. Creative Commons. Obtenido de <https://oscarperpinan.github.io/esf/ESF.pdf>
- Valdiviezo, P. D. (2014). *Diseño De Un Sistema Fotovoltaico Para El Suministro De Energía Eléctrica A 15 Computadoras Portátiles En La Pucp*. Repositorio Institucional, Lima. Recuperado el 3 de Marzo de 2020, de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/5447>
- Vega, L. E. (2019). *Diseño de un sistema fotovoltaico conectado a red de 3,7 kw para el laboratorio de Electricidad y Máquinas Eléctricas de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. (Tesis de pregrado)*. Repositorio Institucional UNPRG. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12893/3942>



# ANEXOS



Anexo 1. Recibo eléctrico de la Vivienda Multifamiliar.



Empresa Regional de Servicio Publico de Electricidad de Puno Sociedad Anonima Abierta  
RUC: 20405479592  
Jr. Mariano H. Cornejo 160

Para atención de consultas, pagos o denuncias.  
Su número de cliente (suministro) es:  
**0020033060**

**MES FACTURADO Agosto-2022**  
**RECIBO Nro. S117 - 663498**

---

**DATOS DEL CLIENTE**

**NOMBRE:** CHIPANA MACHACA, YSAC  
**D.N.I.** 01537176  
**DIRECCIÓN:** JR. PUERTO RICO F-10B  
**DPTO/PROV:** PUNO/SAN ROMAN/JULIACA  
**RUTA:** 301-55-03-000995 (017-JULIACA 017 RINCON)

**DATOS TÉCNICOS**

**TARIFA:** BT5B - RESIDENCIAL      **ACOMETIDA:** AEREA  
**ALIMENT:** 50-06 (1000)      **TENSIÓN:** 220 V - BT  
**POTENCIA:** 0.20 kW.      **CONEXIÓN:** C.1.1  
**N° MEDIDOR:** 1636379      **MONOFASICO:** Electronico-2 Hilos  
**SISTEMA:** 0025 - JULIACA      **SEC. TÍPICO:** 2

**DETALLE DEL CONSUMO**

**LECTURA ACTUAL:** 6469      28 Ago 2022  
**LECTURA ANTERIOR:** 6375      28 Jul 2022  
**DIFERENCIA DE LECTURA:** 94      **FACTOR:** 1.00

**CONSUMO FACTURADO :**      **188.00**      **kW.h**  
**PRECIO UNIT. S/./kW.h:**      0.7990      (Restantes 158 kWh)  
**PRECIO UNIT. S/./kW.h:**      0.5993      (Primeros 30 kWh)  
**Afecto a Descuento Ley 27510 FOSE, Monto S/**      **-5.99**

**DETALLE DE FACTURACIÓN**

CONCEPTO	IMPORTE S/
ALUMBRADO PUBLICO (Alicuota AP: S/ 0.7000)	4.90
CARGO FIJO AJUSTADO	4.48
ENERGIA AJUSTADA	126.24
ENERGIA PRIMEROS 30 KWH AJUSTADA	17.98
MANTENIMIENTO Y REPOSICION DE LA CONEXION	1.37
<b>SUBTOTAL</b>	<b>154.97</b>
IGV 18%	27.89
<b>OTROS PAGOS</b>	
LEY 28749 ELECTRIFICACION RURAL	0.86
REDONDEO DEL MES	-0.06
REDONDEO MES ANTERIOR	0.05
<b>TOTAL MES</b>	<b>183.70</b>

**TOTAL A PAGAR S/**

---

**MENSAJES AL CLIENTE**

**Proxima Facturacion :**

Mes	F. Lectura	F. Factur.	F. Pago
Sep-2022	28-Sep-2022	2-Oct-2022	23-Oct-2022

**"REFUERZA TU PROTECCIÓN CON LA 3RA DOSIS, VACÚNATE YA!"**  
**"VACÚNATE CONTRA EL COVID POR TI. POR MÍ. POR TODOS. PROTEG"**  
Evite el incremento de su consumo desconectando los artefactos que no está usando y reemplazando sus focos incandescentes por lámparas con tecnología LED

**SON:** CIENTO OCHENTA Y TRES CON 70/100 SOLES

FECHA EMISIÓN	FECHA VENCIMIENTO
02 sep 2022	<b>23 sep 2022</b>


---

**PAGUE SÓLO EN CENTROS AUTORIZADOS NO AL MENSAJERO**

<b>MES</b> Agosto-2022	
<b>TOTAL S/</b> ****95.10	<b>002-0033060</b>

CHIPANA MACHACA, YSAC  
001 - 17- SAN ROMAN/JULIACA

S117 - 663498      2022001000004223739



301-55-03-000995

Figura 40. Recibo del mes de agosto

Anexo 2. Especificaciones mecánicas y técnicas del panel solar

www.jinkosolar.com

## Cheetah HC 72M

### 390-410 Watt

MONO PERC HALF CELL MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

- Half Cell
- Mono PERC 72 Cell

### KEY FEATURES

- 5 Busbar Solar Cell**  
 5 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.
- High Efficiency**  
 Higher module conversion efficiency (up to 20.38%) benefit from half cell structure (low resistance characteristic).
- PID Resistance**  
 Excellent Anti-PID performance guarantee limited power degradation for mass production.
- Low-light Performance**  
 Advanced glass and cell surface textured design ensure excellent performance in low-light environment.
- Severe Weather Resilience**  
 Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).
- Durability Against Extreme Environmental Conditions**  
 High salt mist and ammonia resistance certified by TUV NORD.

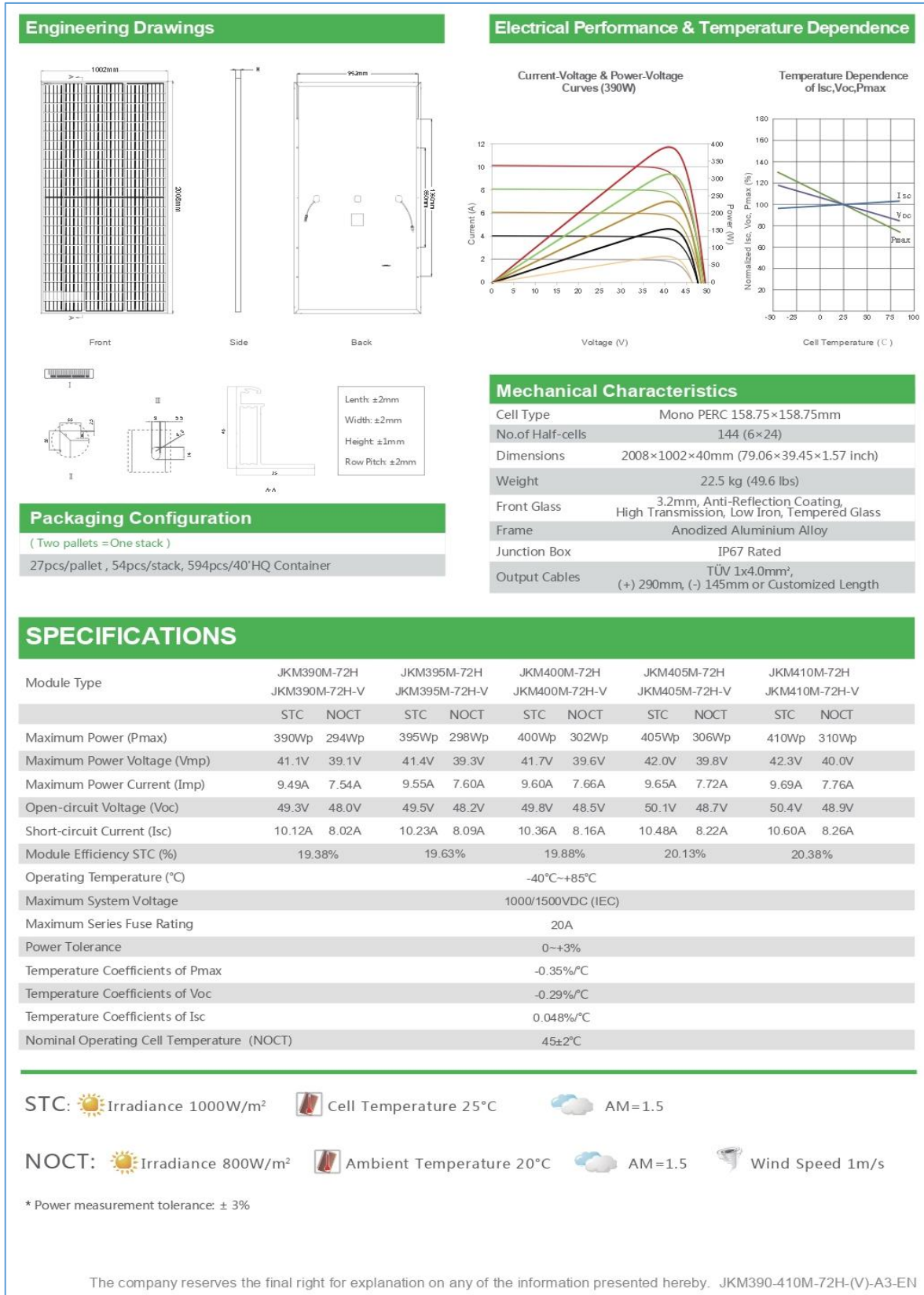
### LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

12 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty

Year	Standard performance warranty (%)	Jinko Solar's linear warranty (%)
1	97.5	97.5
5	94.5	94.5
12	89.5	89.5
25	83.1	88.1

- ISO9001:2015, ISO14001:2015, OHSAS18001 certified factory
- IEC61215, IEC61730, UL1703 certified product


Figura 41. Panel de 400 Wp policristalino, modelo JKM 400M-72



**Figura 42. Especificaciones técnicas del panel fotovoltaico**

## Anexo 3. Especificaciones técnicas del inversor Fronius Primo 1.5-1 de 1.5 kW

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



### FRONIUS GALVO

/ El inversor preparado para el futuro para instalaciones de autoconsumo de pequeña potencia




/ Tecnología SnapInverter



/ Conmutación del transformador AF



/ Comunicación de datos integrada



/ Smart Grid Ready



/ Inyección cero



/ El Fronius Galvo es el inversor monofásico con transformador de alta frecuencia, con un rango de potencia nominal entre 1,5 y 3,1 kW, perfecto para viviendas y especialmente adecuado para sistemas de autoconsumo. El relé de gestión de la energía integrado permite la maximización del autoconsumo. Esto junto con otra serie de características, hacen del Fronius Galvo un inversor preparado para el futuro: registro de datos integrado, sencilla conexión inalámbrica a internet o la tecnología de tarjeta "plug & play" para añadir funciones adicionales en el futuro.

#### DATOS TÉCNICOS FRONIUS GALVO

DATOS DE ENTRADA	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.0-1 <sup>1)</sup>	GALVO 3.1-1
Máxima corriente de entrada ( $I_{dc\ max}$ )	13,3 A	17,8 A	16,6 A	19,8 A	20,7 A
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV	20 A	26,8 A	24,8 A	29,6 A	31 A
Mínima tensión de entrada ( $U_{dc\ min}$ )		120 V		165 V	
Tensión CC mínima de puesta en servicio ( $U_{dc\ arranque}$ )		140 V		185 V	
Tensión de entrada nominal ( $U_{dc\ n}$ )		260 V		330 V	
Máxima tensión de entrada ( $U_{dc\ max}$ )		420 V		550 V	
Rango de tensión MPP ( $U_{mpp\ min} - U_{mpp\ max}$ )		120 - 335 V		165 - 440 V	
Número de seguidores MPP			1		
Número de entradas CC			3		
Máxima salida del generador FV ( $P_{dc\ max}$ )			3,0 kW pico		

DATOS DE SALIDA	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.0-1 <sup>1)</sup>	GALVO 3.1-1
Potencia nominal CA ( $P_{ac\ n}$ )	1.500 W	2.000 W	2.500 W	3.000 W	3.100 W
Máxima potencia de salida	1.500 VA	2.000 VA	2.500 VA	3.000 VA	3.100 VA
Corriente de salida CA ( $I_{ac\ nom}$ )	6,5 A	8,7 A	10,9 A	13,0 A	13,5 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)			1-NPE 230 V (+17 % / -20 %)		
Frecuencia (rango de frecuencia)			50 Hz / 60 Hz (+5 - 65 Hz)		
Coefficiente de distorsión no lineal			< 4 %		
Factor de potencia ( $\cos \phi_{ac\ r}$ )			0,85 - 1 ind. / cap.		

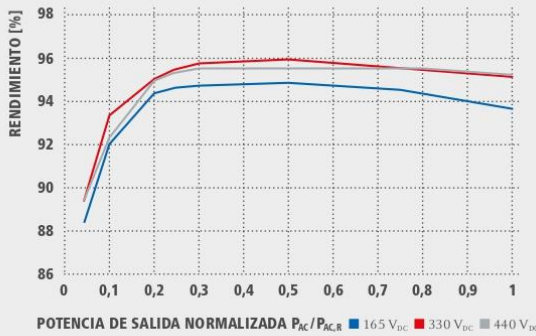
  

DATOS GENERALES	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.0-1 <sup>1)</sup>	GALVO 3.1-1
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)			645 x 431 x 204 mm		
Peso	16,4 kg			16,8 kg	
Tipo de protección			IP 65		
Clase de protección			1		
Categoría de sobretensión (CC / CA) <sup>2)</sup>			2 / 3		
Consumo nocturno			< 1 W		
Concepto de inversor			Transformador de alta frecuencia (AF)		
Refrigeración			Refrigeración de aire regulada		
Instalación			Instalación interior y exterior		
Margen de temperatura ambiente			-25 - +50 °C		
Humedad de aire admisible			0 - 100 %		
Máxima altitud		2.000 m / 3.500 m (rango de tensión sin restricciones / con restricciones)			
Tecnología de conexión CC		3 x CC+ y 3 x CC bornes roscados 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>			
Tecnología de conexión principal		3 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>			
Certificados y cumplimiento de normas	OVE / ONORM E 8001+712, AS 4777-2, AS 4777-3, AS3100, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N +105, IEC 62109-1-2, IEC 62116, IEC 61727, CER 06-190, CEI 0-21, EN 50438, G83, G59, NRS 097				

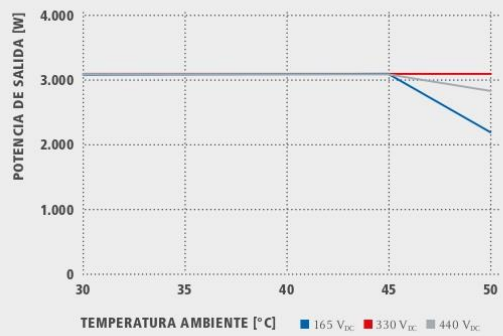
<sup>1)</sup> Disponible para los países donde se aplica la restricción de 3kW. <sup>2)</sup> De acuerdo con IEC 62109-1. Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en [www.fronius.es](http://www.fronius.es).

Figura 43. Datos de inversores Fronius Primo 1.5-1

### CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS GALVO 3.1-1



### REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS GALVO 3.1-1



### DATOS TÉCNICOS FRONIUS GALVO

RENDIMIENTO	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.0-1 <sup>1)</sup>	GALVO 3.1-1
Máximo rendimiento	95,9 %	96,0 %		96,1 %	
Rendimiento europeo ( $\eta_{EU}$ )	94,5 %	94,9 %	95,2 %	95,4 %	95,4 %
$\eta$ con 5 % $P_{AC,r}^{2)}$	84,5 / 86,0 / 86,0 %	84,2 / 86,1 / 85,9 %	88,6 / 89,6 / 89,4 %	88,2 / 89,2 / 89,1 %	88,4 / 89,4 / 89,4 %
$\eta$ con 10 % $P_{AC,r}^{2)}$	87,5 / 89,7 / 89,6 %	89,6 / 91,4 / 91,3 %	91,2 / 92,3 / 91,4 %	91,8 / 93,1 / 92,1 %	91,9 / 93,3 / 92,3 %
$\eta$ con 20 % $P_{AC,r}^{2)}$	91,3 / 93,3 / 93,1 %	92,6 / 94,3 / 93,9 %	94,0 / 94,8 / 94,5 %	94,4 / 95,0 / 94,9 %	94,5 / 95,0 / 95,0 %
$\eta$ con 25 % $P_{AC,r}^{2)}$	92,4 / 94,1 / 93,9 %	93,3 / 94,9 / 94,5 %	94,5 / 95,1 / 95,0 %	94,8 / 95,5 / 95,3 %	94,8 / 95,5 / 95,4 %
$\eta$ con 30 % $P_{AC,r}^{2)}$	93,0 / 94,6 / 94,3 %	93,6 / 95,2 / 94,9 %	94,8 / 95,5 / 95,3 %	94,8 / 95,7 / 95,6 %	94,9 / 95,8 / 95,6 %
$\eta$ con 50 % $P_{AC,r}^{2)}$	93,9 / 95,5 / 95,2 %	94,3 / 95,8 / 95,2 %	95,0 / 95,7 / 95,2 %	95,0 / 96,0 / 95,5 %	95,0 / 96,1 / 95,6 %
$\eta$ con 75 % $P_{AC,r}^{2)}$	94,2 / 95,6 / 95,4 %	94,0 / 95,9 / 95,6 %	94,8 / 95,9 / 95,6 %	94,6 / 95,8 / 95,6 %	94,5 / 95,6 / 95,6 %
$\eta$ con 100 % $P_{AC,r}^{2)}$	94,0 / 95,9 / 95,6 %	93,5 / 95,6 / 95,5 %	94,4 / 95,7 / 95,5 %	93,9 / 95,4 / 95,3 %	93,7 / 95,2 / 95,3 %
Rendimiento de adaptación MPP					> 99,9 %

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.0-1 <sup>1)</sup>	GALVO 3.1-1
Medición del aislamiento CC	Advertencia/desconexión (según la configuración de país) con $R_{ISO} < 600$ kOhmios				
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia				
Seccionador CC	Integrado				
Protección contra polaridad inversa	Sí				

INTERFACES	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.0-1 <sup>1)</sup>	GALVO 3.1-1
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solarweb, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)				
6 inputs y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda				
USB (Conector A) <sup>4)</sup>	Datalogging, actualización de inversores vía USB				
2 conectores RJ 45 (RS422) <sup>4)</sup>	Fronius Solar Net				
Salida de aviso <sup>4)</sup>	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)				
Datalogger y Servidor web	Incluido				
Input externo <sup>4)</sup>	Interface SO-Meter / Input para la protección contra sobretensión				
RS485 <sup>4)</sup>	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador				

<sup>1)</sup> Disponible para países donde se aplica la restricción de 3kW. <sup>2)</sup> Y con  $U_{mpp, min} / U_{dcr} / U_{mpp, max}$ . <sup>4)</sup> También disponible en la versión light. <sup>4)</sup> Disponible a partir de otoño de 2014. Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en [www.fronius.es](http://www.fronius.es).

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

### SOMOS TRES DIVISIONES CON UNA MISMA PASIÓN: SUPERAR LÍMITES.

/ No importa si se trata de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica o tecnología de carga de baterías, nuestra exigencia está claramente definida: ser líder en innovación. Con nuestros más de 3.000 empleados en todo el mundo superamos los límites y nuestras más de 1.000 patentes concedidas son la mejor prueba. Otros se desarrollan paso a paso. Nosotros siempre damos saltos de gigante. Siempre ha sido así. El uso responsable de nuestros recursos constituye la base de nuestra actitud empresarial.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo visite [www.fronius.com](http://www.fronius.com)

v04 Nov 2014 ES

Fronius España S.L.U.  
Parque Empresarial LA CARPETANIA  
Miguel Faraday 2  
28906 Getafe (Madrid)  
España  
Teléfono +34 91 649 60 40  
Fax +34 91 649 60 44  
pv-sales-spain@fronius.com  
[www.fronius.es](http://www.fronius.es)

Fronius International GmbH  
Froniusplatz 1  
4600 Wels  
Austria  
Teléfono +43 7242 241-0  
Fax +43 7242 241-953940  
pv-sales@fronius.com  
[www.fronius.com](http://www.fronius.com)


Texto e imágenes según el estado técnico en el momento de la impresión. Sujeto a modificaciones.  
 No podemos garantizar la exactitud de todos los datos a pesar de su cuidadosa edición. Declinamos por ello cualquier responsabilidad. Copyright © 2011 Fronius™. Todos los derechos reservados.

M.06.0091\_ES\_v01\_Ene 2017

Figura 44. Especificaciones técnicas del Inversor


## Anexo 4. Especificaciones técnicas de los fusibles fotovoltaico 10.3x38mm

9/11/22, 18:42      Fusibles fotovoltaicos 10,3 x 38 mm, 491601, 491602, 491604, 491605, 491606, 491610, 491615 |ES|




**TME**  
Electronic Components

**Transfer Multisort Elektronik S.L.U.**  
Calle Rejas 2, Oficina 16, 28821 Coslada (Madrid) España  
tel +34 911 234 771 | fax +34 910 842 790  
[www.tme.eu](http://www.tme.eu) | [iberica@tme.eu](mailto:iberica@tme.eu)



print

**Fusibles fotovoltaicos 10,3 x 38 mm**



<b>Fabricante</b>	<a href="#">DF ELECTRIC</a>
<b>Tipo de fusible</b>	de cartucho
<b>Características</b>	gPV
<b>Cap. interr.</b>	30kA
<b>Material de contactor</b>	cobre
<b>Cobertura de contactor</b>	plataado
<b>Uso de fusibles</b>	fotovoltaica

Símbolo	Clase de fusible	Corr. de trab. [A]	Tens. trab. [V CC]
<a href="#">491601</a>	de cerámica, cilíndrico, industrial	1	1k
<a href="#">491602</a>	de cerámica, cilíndrico, industrial	2	1k
<a href="#">491604</a>	de cerámica, cilíndrico, industrial	3	1k
<a href="#">491605</a>	de cerámica, cilíndrico, industrial	4	1k
<a href="#">491606</a>	de cerámica, cilíndrico, industrial	5	1k
<a href="#">491610</a>	de cerámica, cilíndrico, industrial	6	1k
<a href="#">491615</a>	de cerámica, cilíndrico, industrial	8	1k
<a href="#">491620</a>	de cerámica, cilíndrico, industrial	10	1k
<a href="#">491629</a>	de cerámica, cilíndrico, industrial	15	1k
<a href="#">491630</a>	de cerámica, cilíndrico, industrial	16	1k
<a href="#">491635</a>	de cerámica, cilíndrico, industrial	20	1k
<a href="#">491901</a>	de cerámica, cilíndrico, industrial	1	600
<a href="#">491902</a>	de cerámica, cilíndrico, industrial	2	600
<a href="#">491904</a>	de cerámica, cilíndrico, industrial	3	600
<a href="#">491905</a>	de cerámica, cilíndrico, industrial	4	600
<a href="#">491906</a>	de cerámica, cilíndrico, industrial	5	600
<a href="#">491910</a>	de cerámica, cilíndrico, industrial	6	600
<a href="#">491920</a>	de cerámica, cilíndrico, industrial	10	600
<a href="#">491925</a>	de cerámica, cilíndrico, industrial	12	600
<a href="#">491929</a>	de cerámica, cilíndrico, industrial	15	600
<a href="#">491935</a>	de cerámica, cilíndrico, industrial	20	600
<a href="#">491940</a>	de cerámica, cilíndrico, industrial	25	600
<a href="#">491944</a>	de cerámica, cilíndrico, industrial	30	600
<a href="#">491945</a>	de cerámica, cilíndrico, industrial	32	600

Product Information Management: [www.parcateu](http://www.parcateu)

[https://www.tme.com/html/ES/fusibles-fotovoltaicos-10-3-x-38-mm/ramka\\_14987\\_ES\\_pelny.html](https://www.tme.com/html/ES/fusibles-fotovoltaicos-10-3-x-38-mm/ramka_14987_ES_pelny.html)
1/1

**Figura 45. Especificaciones técnicas de los fusibles**

## Anexo 5. Interruptor termomagnético ABB de 2 polos CC



## PRODUCT-DETAILS

**S802PV-S10**

## S802PV-S10 High Performance MCB

**Información General**

Tipo de producto extendido	S802PV-S10
Código de producto	2CCP842001R1109
EAN	7612271210939
Descripción corta	S802PV-S10 High Performance MCB
Descripción larga	S802PV-S10 2 Pole S Characteristic 10A 5kA 800VDC PV String protection

**Technical**

Normas	IEC/EN 60947-2
Característica de tropiezo	B
Tensión nominal ( $U_n$ )	acc. to IEC 60947-2 800 V DC
Tensión nominal de operación	acc. to IEC 60947-2 800 V DC
Tensión nominal de aislamiento ( $U_i$ )	acc. to IEC/EN 60664-1 1200 V DC
Tensión nominal soportada por impulsos ( $U_{imp}$ )	8 kV
Tipo de tensión de entrada	DC
Corriente nominal ( $I_n$ )	10 A
Corriente nominal de funcionamiento ( $I_e$ )	10 A
Capacidad nominal de corte en cortocircuito (I	(800 V DC) 5 kA

Figura 46. Especificaciones técnicas del termomagnético S802PV-S10

S802PV-S10

2

cu)	
Pérdida de potencia	1.5 W at Rated Operating Conditions per Pole 0.75 W
Indicación de la posición del contacto	ON / OFF / TRIP
Número de polos	2
Número de postes protegidos	2
Categoría de sobretensión	III
Tipo de desbloqueo	PVS
Marcado del actuador	I / O
Accesorios disponibles	Yes
Capacidad de conexión	Flexible 0...50 mm <sup>2</sup> Rigid 0...70 mm <sup>2</sup>

**Ambiente**

Temperatura ambiente	-25...60 °C
Temperatura ambiente	Funcionamiento -25...60 °C
Grado de protección	IP20
Grado de contaminación	2
Estado de RoHS	Following EU Directive 2011/65/EU
Información medioambiental	2CCY413207D0203

**Dimensiones**

Anchura en número de espacios modulares	3
Ancho del product	54 mm
Alto del product	95 mm
Largo del product	82.5 mm
Peso del product	490 g
Longitud neta del product	54 mm
Profundidad incorporada (t <sub>2</sub> )	82.5 mm

**Información de Embalaje**

Embalaje Nivel 1 Unidades	box 1 piece
Embalaje Nivel 1 Ancho	105 mm
Embalaje Nivel 1 Alto	99 mm
Embalaje Nivel 1 Largo	60 mm
Embalaje Nivel 1 Peso	510 g
Embalaje Nivel 1 EAN	7612271210939

**Clasificación**

Cantidad mínima de pedido	1 piece
Código arancelario	85362010
Número E (Suiza)	805648102
País de origen	Switzerland (CH)

Figura 47. Especificaciones técnicas del termomagnético CC

S802PV-S10

3

### Certificados y Declaraciones (Número de Documento)

Declaración de conformidad - CE	2CCC005117D0201
Información medioambiental	2CCY413207D0203
Instrucciones y manuales	2CCC413016M0008
Información sobre RoHS	9AKK107680A3903 2CCC005117D0201

### Descargas Populares

Ficha técnica, información técnica	2CCC413003C0208
Instrucciones y manuales	2CCC413016M0008

### Clasificaciones

ETIM 7	EC000042 - Miniature circuit breaker (MCB)
ETIM 8	EC000042 - Miniature circuit breaker (MCB)
Árbol de catálogo EPLAN	Electrical engineering / Protection devices / General
Categoría RAEE	5. Small Equipment (No External Dimension More Than 50 cm)
WEEE B2C / B2B	Business To Business
CN8	85362020
Clase electrónica	V11.0 : 27141901
Código de clasificación de objetos	F

### Categorías

Productos y sistemas de baja tensión → Aparatos modulares de instalación → Interruptores automáticos alto rendimiento HPCBs



Figura 48. Especificaciones técnicas del termomagnético CC HPCBs

Anexo 6. Interruptores termomagnético BTDIN NEW – AC

### INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS BTDIN<sup>NEW</sup>

Poder de corte: 6000A IEC 60898-1:92 / 10 000 A a 220 V  
 Conexión por bornes protegidas contra los contactos directos (IP20)  
 Tornillos imperdibles  
 Portaetiquetas incorporado  
 Capacidad de embomamiento:  
 25mm<sup>2</sup> flexible / 35 mm<sup>2</sup> rígido

Artículo	INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS	
	Bipolar - 230/400 Va.c.	
	In (A)	Nº de módulos
FN820YC6	6	2
FN820YC10	10	2
FN820YC16	16	2
FN820YC20	20	2
FN820YC25	25	2
FN820YC32	32	2
FN820YC40	40	2
FN820YC50	50	2
FN820YC63	63	2

Artículo	INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS	
	Tripolar - 230/400 Va.c.	
	In (A)	Nº de módulos
FN830YC6	6	3
FN830YC10	10	3
FN830YC16	16	3
FN830YC20	20	3
FN830YC25	25	3
FN830YC32	32	3
FN830YC40	40	3
FN830YC50	50	3
FN830YC63	63	3

### INTERRUPTORES DIFERENCIALES BTDIN<sup>NEW</sup>

Conforme a la norma IEC 61008-1:96  
 Tornillos imperdibles  
 Portaetiquetas incorporado  
 Capacidad de embomamiento:  
 25mm<sup>2</sup> flexible / 35 mm<sup>2</sup> rígido

Artículo	INTERRUPTORES DIFERENCIALES	
	Bipolar - 230/400 Va.c. IΔN=0.03A	
	In (A)	Nº de módulos
G7230AC25	25	2
G7230AC40	40	2
G7230AC63	63	2

Artículo	INTERRUPTORES DIFERENCIALES	
	Tetrapolar - 230/400 Va.c. IΔN=0.03A	
	In (A)	Nº de módulos
G7430AC25	25	4
G7430AC40	40	4
G7430AC63	63	4

BTDIN

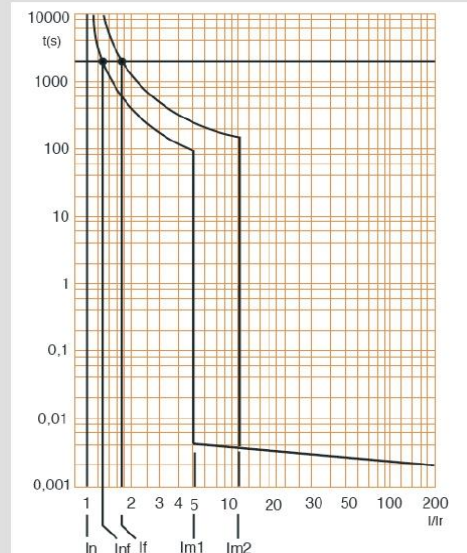
Figura 49. Especificaciones técnicas del termomagnético y diferencial AC

## BTDIN Interruptores termomagnéticos BTDIN

### Corrientes de referencia

Las curvas características de intervención de los interruptores automáticos se definen en base a las siguientes corrientes de referencia

- $I_n$**  = Corriente nominal  
Es la corriente a la cual se refieren las características constructivas del interruptor y el valor unitario de las características de intervención.
- $I$**  = Corriente real
- $I_r$**  = Corriente nominal del interruptor
- $I_f$**  = Corriente de funcionamiento  
Mínimo valor de sobrecorriente que hace intervenir certeramente el interruptor dentro del tiempo convencional.
- $I_{nf}$**  = Corriente de no funcionamiento  
Máximo valor de sobrecorriente que no dispara al interruptor dentro del tiempo convencional.
- $I_{m1}$**  = Mínimo valor de sobrecorriente (cortocircuito)  
que puede hacer intervenir la bobina para el disparo electromagnético.
- $I_{m2}$**  = Mínimo valor de sobrecorriente (cortocircuito)  
que hace intervenir certeramente la bobina para el disparo electromagnético.
- T(s)** = Tiempo en segundos



Características de intervención termomagnética según la norma IEC EN 60898 (IEC 23-3 IV ed)

### Características de intervención magnética

La norma IEC EN 60898 (IEC 23-3 IV ed) provee la siguiente característica de intervención magnética indicando los valores mínimos y máximos.

Tipo	$I_{m1}$	$I_{m2}$	Empleo típico
C	$5 I_n$	$10 I_n$	protección térmica y magnética de conductores e instalaciones que alimentan equipo de uso general

Característica C

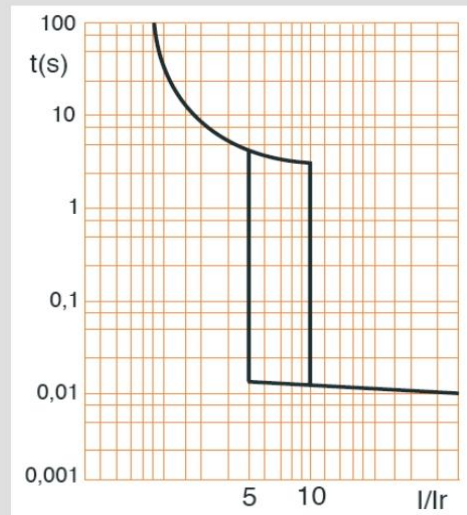


Figura 50. Características del interruptor termomagnético y diferencial AC

## INTERRUPTOR DIFERENCIAL E INTERRUPTORES HORARIO características técnicas

### Interruptor diferencial BT DIN<sup>NEW</sup>

Características técnicas		
Artículo	GE723/...	GE743/...
Norma de fabricación	NTP-IEC 61008-1	NTP-IEC 61008-1
Nº de polos	2P	4P
Nº módulos	2	4
Curva característica de intervención	AC	AC
Corriente nominal In (A) a 30°C	25 a 63	25 a 63
Corriente diferencial nominal I $\Delta$ n (A)	0.03	0.03
Tensión máxima de empleo V $\Delta$ max (V a.c.)	440	440
Tensión nominal de aislamiento Vi (V a.c.)	500	500
Tensión mínima del test (V a.c.)	100	100
Frecuencia nominal (Hz)	50 - 60	50-60
Capacidad interruptiva I $\Delta$ n (kA)	1.5	1.5
Temperatura de empleo (°C)	-25 a 60	-25 a 60
Grado de protección en bornes	IP20	IP20
Número máximo de maniobras eléctricas	10000	10000
Número máximo de maniobras mecánicas	20000	20000
Sección del conductor máxima permisible	35 mm <sup>2</sup>	35 mm <sup>2</sup>

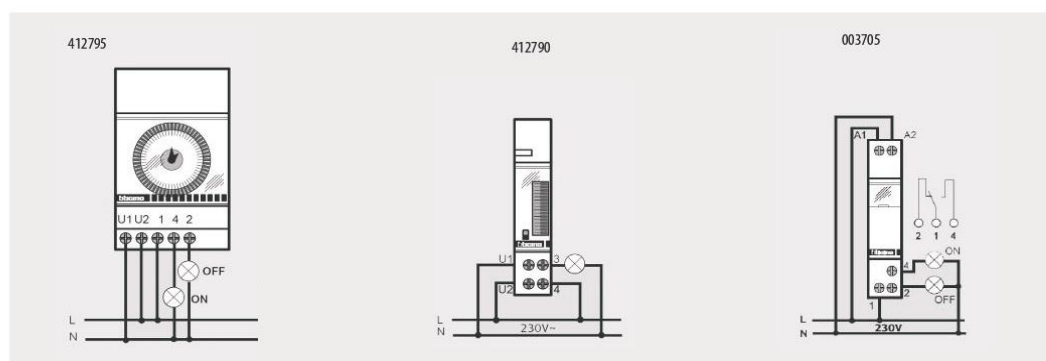


### Interruptores horario Legrand

#### Características técnicas



Artículo	412790	412795	003705
Nº módulos	1	3	1
Tipo de programación	Diaria	Diario	Semanal
Cuadrante	24 hrs (vertical)	24 hrs (horizontal)	
Tensión nominal Vn (V a.c.)	230	230	230
Frecuencia nominal (Hz)	50 - 60	50-60	50-60
Número de programas	1	1	8
Corriente nominal en contacto salida (A)	16	16	16
Tipo de contacto	1 NA	1NA/NC	1 NA/NC
Reserva de carga (hr)	100	100	100
Funcionamiento	Manual/Auto	Manual/Auto	Manual/Auto
Regulación mínima (min)	15	15	1
Precisión T conmutación (+/-)	5 min.	5 min.	1 seg.



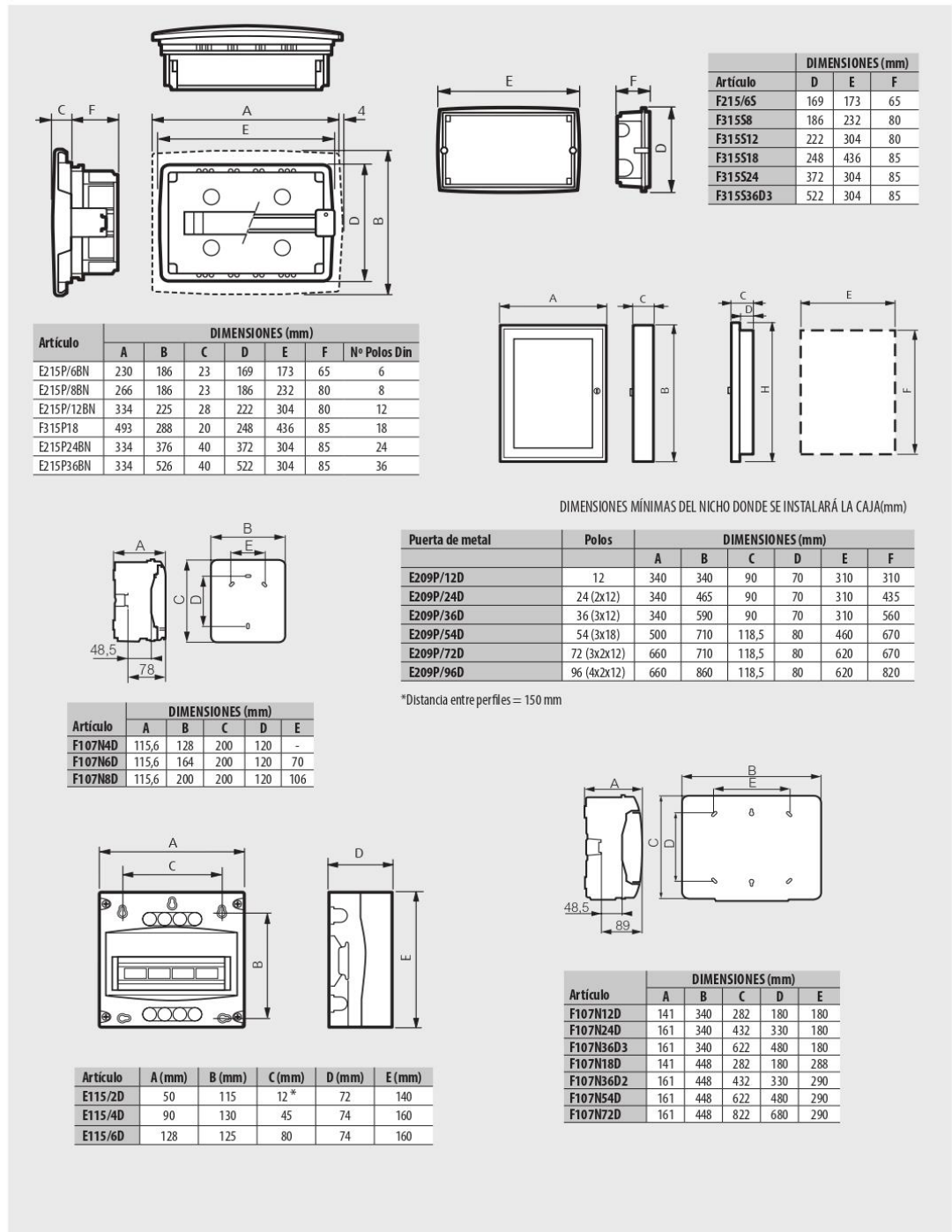
BT DIN

Figura 51. Especificaciones técnicas del interruptor diferencial horario AC



### TABLEROS EN RIEL DIN

#### Datos dimensionales



**bticino** BT DIN

Figura 52. Especificaciones técnicas del tablero en riel DIN



**Anexo 7: Matriz de consistencia**

**Título: ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE LA CIUDAD DE JULIACA – 2022**

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Método	Instrumento
<b>Problema general:</b> ¿En qué medida el análisis y diseño de un sistema fotovoltaico suministrará de energía eléctrica a una vivienda multifamiliar de la ciudad de Juliaca para los beneficios energéticos?	Objetivo general: Analizar y diseñar un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica de una vivienda multifamiliar de la ciudad de Juliaca.	Hipótesis general: Si se diseña un Sistema Fotovoltaico, entonces se suministrará energía eléctrica para satisfacer la demanda de la vivienda multifamiliar de la ciudad de Juliaca.	Variables: Independiente: Energía eléctrica Dependiente: Diseño de un sistema fotovoltaico	Potencia, Corriente, Voltaje, Energía suministrada, Componentes del SFV	Potencia (W), Corriente (A), Voltaje (V), Energía (kWh), Número de módulos, Reguladores, Inversores	Método no experimental, descriptivo, diseño transversal	Fichas técnicas, recibos de consumo eléctrico, software PVGIS, PVsyst, Excel
Problema específico 1: ¿En qué medida se obtendrán los datos del consumo de energía para determinar la máxima demanda de la vivienda multifamiliar?	Objetivo específico 1: Analizar la energía consumida total, para determinar la máxima demanda de la vivienda multifamiliar y mejorar la eficiencia del sistema eléctrico.	Hipótesis específica 1: Si se obtiene los datos del consumo de energía eléctrica, entonces se logra determinar la máxima demanda de la vivienda multifamiliar.	Variable: Energía eléctrica	Potencia, Corriente, Voltaje, Consumo diario	kWh/mes, kWh/día, Máxima demanda	Método descriptivo, cuantitativo	Recibos eléctricos, fichas técnicas
Problema específico 2: ¿En qué medida se realizará los cálculos para dimensionar el sistema de generación fotovoltaico de la vivienda multifamiliar?	Objetivo específico 2: Realizar el cálculo para dimensionar el sistema de generación fotovoltaico de la vivienda multifamiliar tomando en cuenta la máxima demanda consumida.	Hipótesis específica 2: Si se conoce la máxima demanda, entonces se hará el dimensionamiento del sistema de generación fotovoltaico de la vivienda multifamiliar.	Variable: Diseño de un sistema fotovoltaico	Número de módulos, Reguladores, Baterías, Inversores	Cantidad de módulos, reguladores, acumuladores, potencia del inversor	Método de simulación, análisis comparativo	Software PVGIS, PVsyst, Excel, fichas técnicas
Problema específico 3: ¿Este tipo de sistema usada en esta vivienda multifamiliar será eficiente a corto o largo plazo?	Objetivo específico 3: Diseñar el sistema fotovoltaico que satisfaga la demanda de la vivienda multifamiliar.	Hipótesis específica 3: Si el sistema es eficiente, entonces podrá abastecer la demanda de la vivienda multifamiliar.	Variable: Eficiencia del sistema fotovoltaico	Producción anual, Cobertura de la demanda	kWh/año generados, % cobertura de demanda, eficiencia del inversor	Método de análisis de resultados, comparación consumo vs generación	Reportes de simulación, software PVsyst, recibos eléctricos



ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS  
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN  
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 20/08/2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: LIBER CHIPANA CALSIN

Dirección: JR. PUERTO RICO MZ F LT 10B URB. SAN CRISTOBAL

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 46118225

Teléfono: 996012242 email: liberchipanalbr@gmail.com

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ email: \_\_\_\_\_

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

Asesor: Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO  
DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE LA CIUDAD  
DE JULIACA - 2022

Palabras claves, (3 a 5 términos): Diseño, sistema fotovoltaico, radiación solar.

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1,2</sup>?

2

<sup>1</sup> Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

<sup>2</sup> Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller  Titulo  2da Especialidad  Maestría  Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

**Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.**

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

**Autorizo su publicación (marque con una X)**

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): \_\_\_\_\_
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

**¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?**

**Sí:** significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

**No:** significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



**Jurisdicción de su Licencia**

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA ELÉCTRICA – P18



Firma de Autor



huella digital

20 de Agosto del 2025

Fecha