

# DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE RESPALDO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL CENTRO DE SALUD CHIPAO, LUCANAS - AYACUCHO

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>11</b> %	<b>13</b> %	<b>2</b> %	<b>5</b> %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>4</b> %
<b>2</b>	<b>repositorio.unac.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>3</b> %
<b>3</b>	<b>tesis.ucsm.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2</b> %
<b>4</b>	<b>dspace.ups.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>5</b>	<b>repositorio.uide.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>6</b>	<b>repobib.ubiobio.cl</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>7</b>	<b>www.medicosdelmundo.org</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %

Excluir citas      Apagado      Excluir assignment      Activo  
Excluir bibliografía      Activo      template  
Excluir coincidencias      < 1%



UNIVERSIDAD NACIONAL  
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA  
PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN  
EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTELS**  
(Art. 45° de la ley N° 30220 – Ley)

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.unfels.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

**TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

- 1). TESIS ( X )      2). TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL ( )

**DATOS PERSONALES**

Apellidos y Nombres:	Quintanilla Cotaguispe Wilmer
D.N.I.:	44333769
Otro Documento:	
Nacionalidad:	Peruana
Teléfono:	976030985
e-mail:	2010200243@unfels.edu.pe

**DATOS ACADÉMICOS**

**Pregrado**

Facultad:	FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
Programa Académico:	TESIS
Título Profesional otorgado:	

**Postgrado**

Universidad de Procedencia:	
País:	
Grado Académico otorgado:	

**Datos de trabajo de investigación**

Título:	Diseño de un sistema fotovoltaico de respaldo para el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas - Ayacucho
Fecha de Sustentación:	01 de Diciembre del 2023
Calificación:	Aprobado por Unanimidad
Año de Publicación:	2025



### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la UNTELS especificando los siguientes términos:

Marcar con una X su elección.

- 1) Usted otorga una licencia especial para publicación de obras en el REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

Si autorizo  No autorizo

- 2) Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público conservando los derechos de autor y para ello se elige el siguiente tipo de acceso.

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO ABIERTO 12.1(*)	<b>info:eu-repo/semantics/openAccess</b> (Para documentos en acceso abierto)	(X)

- 3) Si usted dispone de una **PATENTE** puede elegir el tipo de **ACCESO RESTRINGIDO** como derecho de autor y en el marco de confiabilidad dispuesto por los numerales 5.2 y 6.7 de la directiva N° 004-2016-CONCYTEC DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de CONCYTEC (Se colgará únicamente datos del autor y el resumen del trabajo de investigación).

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO RESTRINGIDO	<b>info:eu-repo/semantics/restrictedAccess</b> (Para documentos restringidos)	( )
	<b>info:eu-repo/semantics/embargoedAccess</b> (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	( )
	<b>info:eu-repo/semantics/closedAccess</b> (para documentos confidenciales)	( )

(\*) <http://renati.sunedu.gob.pe>



UNIVERSIDAD NACIONAL  
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

Rellene la siguiente información si su trabajo de investigación es de acceso restringido:

Atribuciones de acceso restringido:

---

---

Motivos de la elección del acceso restringido:

---

---

---

---

---

Quintanilla Cotaquispe Wilmer

APELLIDOS Y NOMBRES

44333769

DNI



Firma y huella:



Lima, 3 de Abril del 20 25

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



**“DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE RESPALDO PARA EL  
SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL CENTRO DE SALUD  
CHIPAO, LUCANAS - AYACUCHO”**

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

QUINTANILLA COTAQUISPE, WILMER

ORCID: 0009-0007-5440-9644

**ASESOR**

FLORES CACERES, RICHARD

ORCID: 0000-0001-6773-3872

**Villa El Salvador**

**2023**



**DECANATO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
MECÁNICO ELECTRICISTA**

En Villa El Salvador, siendo las 1:40 a.m. del día 01 de diciembre del 2023, en la Facultad de Ingeniería y Gestión, los miembros del Jurado Evaluador, integrado por:

PRESIDENTE: ROBERTO PFUYO MUÑOZ DNI N° 23854398 C.I.P. N° 46900  
SECRETARIO: CARLOS VIDAL DAVILA IGNACIO DNI N° 07390694 C.I.P. N° 96353  
VOCAL : SOLIN EPIFANIO PUMA CORBACHO DNI N° 72491744 C.I.P. N° 224387  
ASESOR : RICHARD FLORES CACERES DNI N° 10230672 C.I.P. N° 185839

Designados mediante Resolución de Decanato N° 300-2023-UNTELS-R-D de fecha 15 de agosto de 2023 quienes dan inicio a la Sesión Pública de Sustentación y Evaluación de Tesis.

Acto seguido, el (la) aspirante al : Grado de Bachiller  Título Profesional

Don: QUINTANILLA COTAQUISPE WILMER identificado(a) con D.N.I. N° 44333769 procedió a la Sustentación de:

Trabajo de investigación  Tesis  Trabajo de suficiencia  Artículo científico

Titulado: "DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE RESPALDO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL CENTRO DE SALUD CHIPAO, LUCANAS - AYACUCHO"

Aprobado mediante Resolución de Decanato de N° 892-2023-UNTELS-R-D, de fecha 24 de noviembre de 2023 de conformidad con las disposiciones del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales vigentes, sustentó y absolvió las interrogantes que le formularon los señores miembros del Jurado Evaluador.

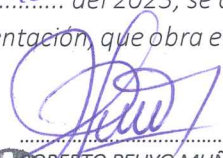
Concluida la Sustentación se procedió a la evaluación y calificación correspondiente, resultando el aspirante APROBADO por Unanimidad con la nota de: 15 (letras) Quince (números), de acuerdo al Art. 65° del Reglamento General para optar el Título Profesional.

CALIFICACIÓN		CONDICIÓN	EQUIVALENCIA
NÚMERO	LETRAS		
<u>15</u>	<u>Quince</u>	<u>Aprobado por unanimidad</u>	<u>Bueno</u>

Siendo las 17:40 horas del día 1 de Diciembre del 2023, se dio por concluido el acto de sustentación, firmando el jurado evaluador el Acta de Sustentación, que obra en el Decanato de la Facultad de Ingeniería y Gestión.

  
CARLOS VIDAL DAVILA IGNACIO  
INGENIERO MECANICO  
Reg. CIP: N° 96353

CARLOS VIDAL DAVILA IGNACIO  
SECRETARIO

  
ROBERTO PFUYO MUÑOZ  
PRESIDENTE  
Roberto Pfyoy Muñoz  
INGENIERO ELECTRICISTA  
CIP. N° 46900

  
QUINTANILLA COTAQUISPE WILMER  
BACHILLER

  
SOLIN EPIFANIO PUMA CORBACHO  
VOCAL

SOLIN EPIFANIO  
PUMA CORBACHO  
INGENIERO MECANICO  
Reg CIP N° 224387

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios, por su bendición al permitirme estar rodeado de mis padres Henry Quintanilla Palomino y María Cotaquispe Meza con quienes se ha venido superando cada prueba que la vida pone en el camino, por su constante apoyo y valores inculcados que aportaron de forma muy significativa a que siga en un constante crecimiento como profesional y sobre todo como persona, así como también dedicárselo a mi compañera de vida Luzmeth Ontiveros por su apoyo constante a lo largo de este tiempo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Un sincero agradecimiento a la Universidad UNTELS por promover el desarrollo de más profesionales titulados, a los docentes que dedicaron parte de su tiempo a la orientación del desarrollo de la presente tesis, así como también agradecer a mi centro de labores por las facilidades que se me han brindado para mi crecimiento profesional. Su apoyo, confianza, soporte y cariño han sido invaluable. Cada uno de ustedes ha contribuido a que se pueda llevar a cabo el desarrollo del presente trabajo.

## RESUMEN

En la tesis titulada Diseño de un Sistema Fotovoltaico de Respaldo para el Suministro de Energía Eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas - Ayacucho, se abordó un enfoque innovador para mejorar la confiabilidad del suministro eléctrico en entornos de salud críticos. El estudio se centró en diseñar un sistema fotovoltaico de respaldo, tomando en cuenta variables clave como la incidencia de radiación solar, el dimensionamiento preciso de los componentes del sistema, y la optimización del ángulo de inclinación de los paneles solares. A través de un meticuloso análisis y la prueba de hipótesis, se confirmó que el sistema propuesto conlleva una mejora significativa en el suministro de energía. Esta conclusión se sustenta en la evidencia empírica de una reducción sustancial en las interrupciones eléctricas: 69.57% menos en su duración, 88.83% menos en la frecuencia de interrupciones, y 78.12% menos en el tiempo requerido para el restablecimiento del suministro. Estos resultados destacan la eficacia del sistema fotovoltaico de respaldo, no solo en términos de mejoras técnicas, sino también como una solución viable y sostenible para asegurar un suministro energético estable y continuo, vital para el funcionamiento óptimo del Centro de Salud Chipao.

**Palabras Claves:** Sistema fotovoltaico, Radiación solar, Ángulo de inclinación, Suministro eléctrico.

## **ABSTRACT**

In the thesis titled "Design of a Backup Photovoltaic System for the Electric Power Supply of the Chipao Health Center, Lucanas - Ayacucho," an innovative approach was taken to improve the reliability of the electrical supply in critical health environments. The study focused on designing a backup photovoltaic system, considering key variables such as solar radiation incidence, precise sizing of system components, and optimization of the solar panels' inclination angle. Through meticulous analysis and hypothesis testing, it was confirmed that the proposed system leads to a significant improvement in the power supply. This conclusion is supported by empirical evidence of a substantial reduction in electrical interruptions: 69.57% less in duration, 88.83% less in the frequency of interruptions, and 78.12% less in the time required for the restoration of the supply. These results highlight the effectiveness of the backup photovoltaic system, not only in terms of technical improvements but also as a viable and sustainable solution to ensure a stable and continuous energy supply, vital for the optimal operation of the Chipao Health Center.

**Keywords:** Photovoltaic system, Solar radiation, Tilt angle, Electric supply.

## ÍNDICE

ACTA DE SUSTENTACIÓN .....	
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
RESUMEN .....	iv
ABSTRACT.....	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
INTRODUCCIÓN .....	x
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Motivación.....	1
1.2 Estado del Arte .....	1
1.3 Descripción del Problema.....	2
1.4 Formulación del Problema.....	3
1.4.1 Problema General .....	3
1.4.2 Problemas Específicos .....	3
1.5 Objetivos de la Investigación.....	3
1.5.1 Objetivo General.....	3
1.5.2 Objetivos Específicos .....	3
1.6 Justificación del Problema.....	4
1.6.1 Justificación Teórica.....	4
1.6.2 Justificación Práctica .....	4
1.6.3 Justificación Social .....	4
1.6.4 Justificación Metodológica .....	4
II. MARCO TEORICO .....	5
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	5
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	5
2.1.2 Antecedentes Nacionales .....	6
2.2 Bases Teóricas .....	7
III. VARIABLES E HIPÓTESIS .....	18
3.1 Operacionalización de Variables .....	18

3.2	Hipótesis de la Investigación .....	19
3.2.2	Hipótesis Específicos .....	19
IV.	METODOLOGIA .....	20
4.1	Descripción de la Metodología .....	20
4.2	Implementación de la Investigación .....	22
4.3	Población y muestra .....	28
4.4	Técnicas de recolección de datos.....	28
4.5	Instrumento de recolección de datos .....	29
4.6	Resultados.....	30
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	48
VI.	CONCLUSIONES .....	50
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	51
	ANEXOS.....	53
	Anexo 1. Matriz de consistencia .....	53
	Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos .....	54
	Anexo 3. Formato de Validación de expertos .....	56
	Anexo 4. Glosario de términos.....	62
	Anexo 5. Fichas técnicas de los equipos .....	64
	Anexo 6. Información de las cargas y facturación .....	68

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	<i>Operacionalización de las variables</i> .....	18
<b>Tabla 2</b>	<i>Prueba KMO y Bartlett</i> .....	29
<b>Tabla 3</b>	<i>Prueba alfa de Cronbach</i> .....	30
<b>Tabla 4</b>	<i>Análisis comparativo del panel policristalino y monocristalino</i> .....	33
<b>Tabla 5</b>	<i>Comportamiento de paneles considerando la variación de temperatura según ficha técnica</i> .....	34
<b>Tabla 6</b>	<i>Parámetro de los paneles solares a una temperatura de 56.1°C (según catálogos TSCT=25°C)</i> .....	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	<i>Ángulos de la geometría solar.....</i>	11
<b>Figura 2</b>	<i>Elementos de un módulo fotovoltaico.....</i>	14
<b>Figura 3</b>	<i>Ubicación del Centro de Salud Chipao.....</i>	22
<b>Figura 4</b>	<i>Pruebas realizadas .....</i>	27
<b>Figura 5</b>	<i>Incidencia de radiación solar.....</i>	31
<b>Figura 6</b>	<i>Panel solar de 340W.....</i>	36
<b>Figura 7</b>	<i>Batería 12V-200AH VRLA Gel.....</i>	37
<b>Figura 8</b>	<i>Inversor Growatt .....</i>	37
<b>Figura 9</b>	<i>Controlador de carga .....</i>	38
<b>Figura 10</b>	<i>Diseño del sistema fotovoltaico .....</i>	40
<b>Figura 11</b>	<i>Resultados hipótesis específica 1 .....</i>	41
<b>Figura 12</b>	<i>Resultados de la duración de interrupciones del suministro eléctrico.....</i>	42
<b>Figura 13</b>	<i>Resultados hipótesis específica 2 .....</i>	43
<b>Figura 14</b>	<i>Resultados del número de interrupciones del suministro eléctrico .....</i>	44
<b>Figura 15</b>	<i>Resultados hipótesis específica 3 .....</i>	45
<b>Figura 16</b>	<i>Ángulo de inclinación vs días del año .....</i>	45
<b>Figura 17</b>	<i>Resultados del tiempo total de restablecimiento del suministro eléctrico – Pretest y Postest.....</i>	46
<b>Figura 18</b>	<i>Resultados hipótesis general .....</i>	47

## INTRODUCCIÓN

En un mundo donde la demanda de energía eléctrica continúa en constante aumento y la preocupación por el cambio climático crece, la adopción de soluciones energéticas sostenibles y confiables se ha vuelto imperativa. Ante este contexto la implementación de sistemas fotovoltaicos ha emergido como una solución prometedora para mejorar la eficiencia y la confiabilidad del suministro de energía eléctrica en diversos sectores, incluyendo edificaciones residenciales, comerciales, industriales y, en particular, infraestructuras esenciales como hospitales, centros de salud, centros educativos y telecomunicaciones.

Los sistemas fotovoltaicos de respaldo, han ganado relevancia en este escenario al ofrecer una solución efectiva para mejorar la eficiencia y garantizar la continuidad del suministro eléctrico en situaciones críticas o en lugares donde la red eléctrica convencional es limitada o inestable. Estos sistemas, también conocidos como sistemas de energía solar de emergencia, se distinguen por su capacidad para proporcionar energía eléctrica autónoma y confiable, utilizando la radiación solar como fuente primaria de generación. La integración de baterías y sistemas de almacenamiento, junto con la capacidad de sincronización con la red eléctrica, ha hecho posible que estos sistemas puedan no solo proporcionar energía en momentos de emergencia, sino también contribuir activamente a la estabilidad y eficiencia del suministro energético en condiciones regulares (Bedoya & Tisalema, 2022).

El empleo de paneles solares en hospitales peruanos ha demostrado ser una opción valiosa para proporcionar energía limpia y continua, independientemente de las interrupciones en la red eléctrica. Esto es particularmente importante en lugares donde los apagones o la falta de energía son comunes, lo que podría afectar seriamente la operación de equipos médicos críticos y la prestación de servicios de atención médica. Asimismo, al utilizar energía solar, los hospitales pueden reducir su huella de carbono y su impacto en el medio ambiente, puesto que, al depender menos de fuentes de energía no renovables, se reduce la emisión de gases de efecto invernadero y se promueve el uso de energía limpia y sostenible.

En base a lo descrito, el objetivo general de esta investigación fue determinar como el diseño de un sistema fotovoltaico de respaldo puede mejorar el suministro de energía eléctrica en el mencionado centro de salud. La importancia de esta investigación radica en la búsqueda de una solución sostenible y confiable que permita cubrir las necesidades

energéticas críticas del centro de salud, salvaguardando la continuidad de los servicios médicos, la atención a pacientes y la operación de equipos médicos fundamentales.

En ese sentido, el desarrollo de la tesis se divide en 6 capítulos, estos son:

Capítulo 1, en el cual se describió detalladamente el planteamiento del problema, destacando los desafíos que enfrenta el Centro de Salud Chipao en cuanto al suministro eléctrico y los impactos negativos que estos generan en la prestación de servicios de salud. Además, se identificó las necesidades energéticas específicas del centro de salud y se establece la relevancia del diseño de un sistema fotovoltaico de respaldo como una solución viable y eficaz.

En el Capítulo 2 se muestra los antecedentes relacionados a la presente investigación, en el cual se examinó estudios relevantes que abordan el diseño de tecnologías fotovoltaicas, la eficiencia de los paneles solares, la integración de sistemas de almacenamiento y los beneficios de la energía solar como fuente de respaldo en entornos de salud y otras infraestructuras críticas. Asimismo, se describió las bases teóricas que sustentan a las variables y dimensiones de investigación, y los términos básicos que se emplean en ella.

En el Capítulo 3, se definieron las variables e indicadores claves para el diseño óptimo del sistema fotovoltaico de respaldo, y se establece la hipótesis de la investigación. El Capítulo 4 abordó la metodología de investigación utilizada para este estudio, así como su desarrollo y muestra los resultados. En el Capítulo 5, se presentó la discusión de los resultados y finalmente, en el Capítulo 6, se estableció las conclusiones de la tesis.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Motivación

La motivación principal detrás de mi elección para realizar este trabajo de tesis es el deseo de marcar una diferencia positiva y tangible en el Centro de Salud Chipao y, por extensión, en la vida de las personas que dependen de sus servicios. La oportunidad de aplicar mis conocimientos y habilidades para mejorar la confiabilidad y disponibilidad del suministro eléctrico en un entorno crítico refleja mi compromiso con la innovación, el bienestar comunitario y la sostenibilidad.

### 1.2 Estado del arte

A nivel mundial, en ciertas regiones del mundo, especialmente en áreas rurales y países en desarrollo, los hospitales pueden enfrentar problemas de suministro eléctrico inestable o deficiente debido a la infraestructura eléctrica limitada y condiciones climáticas adversas. En situaciones donde los sistemas de respaldo no son suficientes, los hospitales podrían tener que enfrentar desafíos en la prestación de atención médica en caso de apagones prolongados.

Haciendo referencia al ámbito internacional, los cortes de suministro eléctrico afectan a 6.8 millones de personas en España, vulnerando sus derechos y afectando de manera muy negativa a su salud. La falta de suministro eléctrico aumenta la mortalidad y numerosas patologías se ven afectadas en este contexto: el riesgo para enfermedades cardiovasculares y respiratorias, gripe o asma es muy alto. Ya en un estudio de 2011, la oficina regional para Europa de la Organización Mundial de la Salud (OMS) cifraba en 38.200 las muertes prematuras anuales asociadas a la pobreza energética en 11 países europeos (MDM, 2023).

En el ámbito Nacional, en la Memoria Institucional de Osinergmin se indica que la frecuencia media de interrupciones de energía eléctrica es de 5.4 veces al año y el tiempo promedio de interrupción en el 2022 fue de 16 horas. Asimismo, el Informe Mensual de Energía y Minería 2023 señala que el departamento de Ayacucho es uno de los lugares más críticos según el Indicador de Calidad del Servicio Eléctrico por percepción de demanda (ICSE-D) (Osinergmin, 2023).

El Perú cuenta con 1298 Centros de Salud, de los cuales 60 están ubicados en Ayacucho y no cuentan con un grupo electrógeno en caso de interrupciones del

suministro eléctrico, por lo que en su plan de contingencia ante cortes de energía eléctrica solo cuentan con un cooler que mantiene refrigerado los medicamentos hasta por 4 horas, corriendo de esta manera el riesgo de quedar obsoletos y así ser descartados, ya que, no estarían cumpliendo con la RM-497-2017-MINSA “Norma Técnica de Salud para el Manejo de la Cadena de Frío en las Inmunizaciones” (MINSA, 2022).

### **1.3 Descripción del problema**

La electrificación de zonas rurales y la mejora del acceso a servicios de salud son objetivos prioritarios del gobierno. A pesar de los esfuerzos realizados para expandir la infraestructura eléctrica, todavía existen centros de salud, que enfrentan dificultades en el suministro eléctrico debido a su ubicación remota y la falta de una red eléctrica confiable. En este sentido, el uso de sistemas fotovoltaicos de respaldo se presenta como una solución prometedora para garantizar la continuidad del suministro eléctrico en estas áreas y mejorar la calidad de los servicios de salud.

En el ámbito Local, el Centro de Salud Chipao se encuentra en una zona geográfica caracterizada por la escasa infraestructura eléctrica y la frecuencia de cortes y apagones en el suministro de energía. Estas interrupciones afectan directamente a su operatividad, comprometiendo la atención médica y el funcionamiento de equipos críticos. La falta de un sistema de respaldo confiable ha llevado a situaciones de emergencia y ha limitado la capacidad de proporcionar atención médica continua.

Este problema afecta gravemente al Centro de Salud, ya que depende en gran medida de una fuente de energía continua para alimentar equipos médicos esenciales, unidades de cuidados intensivos, quirófanos, sistemas de monitoreo y ventilación, entre otros. Los apagones repentinos pueden poner en riesgo la vida de los pacientes en cuidados críticos, interrumpir cirugías importantes o afectar la conservación de medicamentos y muestras sensibles que requieren refrigeración constante.

Además de las implicaciones directas en la atención médica, la falta de suministro eléctrico también afecta la operación de equipos de soporte vital, como generadores de emergencia, que generalmente se utilizan para cubrir las necesidades energéticas del hospital en caso de apagones. Sin embargo, estos generadores a menudo tienen capacidades limitadas y no pueden mantener la operación del hospital a largo plazo durante interrupciones prolongadas.

La falta de energía también puede afectar las comunicaciones, el acceso a registros médicos electrónicos y otros sistemas de información críticos para la toma de decisiones médicas adecuadas. Asimismo, la falta de iluminación y sistemas de climatización adecuados puede crear condiciones inseguras para el personal médico y los pacientes.

Ante esta problemática, el diseño de un sistema fotovoltaico de respaldo se plantea como una solución clave para garantizar la continuidad del suministro eléctrico y mejorar la capacidad de respuesta del Centro de Salud ante situaciones de interrupción energética.

## **1.4 Formulación del problema**

### **1.4.1 Problema general**

¿Cómo el diseño del sistema fotovoltaico de respaldo mejora el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho?

### **1.4.2 Problemas específicos**

- a. ¿Cómo la incidencia de radiación solar mejora el suministro de energía eléctrica del centro de Salud Chipao, Lucanas - Ayacucho?
- b. ¿Cómo el dimensionamiento de los equipos del sistema fotovoltaico mejora el suministro de energía eléctrica del centro de Salud Chipao, Lucanas - Ayacucho?
- c. ¿Cómo el cálculo del ángulo de inclinación del sistema fotovoltaico mejora el suministro de energía eléctrica del centro de Salud Chipao, Lucanas - Ayacucho?

## **1.5 Objetivos de la investigación**

### **1.5.1 Objetivo general**

Realizar el diseño del sistema fotovoltaico de respaldo para mejorar el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas - Ayacucho.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- a. Determinar si la incidencia de radiación solar mejora el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho.
- b. Dimensionar los equipos del sistema fotovoltaico para mejorar el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho.
- c. Identificar si el ángulo de inclinación óptimo del sistema fotovoltaico mejora el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho.

## **1.6 Justificación del problema**

### **1.6.1 Justificación teórica**

La investigación busca aportar conocimientos en el campo de la energía sostenible y el diseño de sistemas fotovoltaicos de respaldo en entornos de atención médica. La investigación contribuye al desarrollo de metodologías y enfoques para mejorar el suministro eléctrico en centros de salud, utilizando fuentes renovables como la energía solar, y estableciendo mejores prácticas para el dimensionamiento y la implementación de sistemas fotovoltaicos de respaldo.

### **1.6.2 Justificación práctica**

El óptimo diseño de un sistema fotovoltaico de respaldo en el Centro de Salud Chipao permite comprobar en la práctica cómo esta solución puede mejorar la eficacia del suministro eléctrico en un entorno de atención médica. Los resultados obtenidos sirven como referencia y guía para futuras implementaciones en otros centros de salud con desafíos similares en su suministro eléctrico.

### **1.6.3 Justificación social**

La tesis tiene un impacto social significativo al mejorar la calidad de la atención médica en el Centro de Salud Chipao. La continuidad del suministro eléctrico garantiza una atención médica ininterrumpida y eficiente, lo que podría salvar vidas y mejorar el bienestar de los pacientes. Además, el acceso a servicios de salud confiables mejora la calidad de vida de la comunidad local.

### **1.6.4 Justificación metodológica**

La justificación metodológica se basa en la necesidad de generar conocimiento confiable y válido sobre un método innovador que contribuye a mejorar el suministro eléctrico en un centro de salud vital para la comunidad. La investigación plantea el diseño de un sistema fotovoltaico de respaldo como una estrategia nueva y efectiva para mejorar una vez sea implementado el suministro de energía eléctrica en situaciones de interrupciones o fallos en la red principal.

El estudio se enfoca en la explicación de la validez del diseño y funcionamiento del sistema fotovoltaico de respaldo, lo cual permite validar la eficacia de la estrategia. Se busca, además, comprobar si este sistema podrá ser empleado como una alternativa efectiva en otros centros de salud o en situaciones similares.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1 Antecedentes de la investigación**

##### **2.1.1 Antecedentes internacionales**

Faúndez y Sepúlveda (2022) en su investigación titulada “Diseño de un sistema auxiliar fotovoltaico para casa habitación”; realizada en la Universidad del Bío Bío, Chile; plantea como objetivo de su investigación Disminuir los costos en compra de energía eléctrica que consume el sistema de bombeo de agua por medio del dimensionamiento fotovoltaico. La metodología es de tipo aplicada, de nivel exploratorio y enfoque cuantitativo. Los resultados muestran que el sistema fotovoltaico genera un ahorro anual de \$82.825 lo que significa una disminución del 19% en la compra de energía. En tal sentido se concluye que el sistema es rentable para la casa habitación, ya que, disminuye de manera considerable el porcentaje de compra de energía en un corto periodo de recuperación de la inversión.

Reascos (2022) en su investigación titulada “Diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica de respaldo para estaciones multiservicio de telecomunicaciones en Chiriboga - Santo Domingo”; realizada en la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, Ecuador; plantea como objetivo de su investigación Diseñar un sistema de respaldo de energía para estaciones multiservicio de telecomunicaciones que permita aumentar la confiabilidad ante eventos de fallas de la red principal, mediante el uso de energía solar fotovoltaica y almacenamiento, destinado a la población de Chiriboga en Santo Domingo. La metodología es exploratoria. Los resultados muestran un 70% de rendimiento del banco de baterías. En tal sentido se concluye que el diseño del sistema de respaldo de energía, aumenta la confiabilidad ante eventos de falla por parte de la red eléctrica nacional mediante el uso de energía renovable satisfaciendo así los estándares de calidad de servicio hacia la población de Chiriboga-Santo Domingo.

Salazar (2021) en su investigación titulada “Diseño de un sistema de respaldo de energía fotovoltaico para cámaras de Videovigilancia PTZ para la parroquia de PIFO”; realizada en la Escuela Politécnica Nacional, Ecuador; plantea como objetivo de su investigación Diseñar un sistema de respaldo de energía fotovoltaico para cámaras de videovigilancia PTZ para la Parroquia de Pifo. La metodología es descriptiva. Los resultados determinan correctamente la capacidad nominal del banco

de baterías y la corriente de carga corregida igual a 21.36 (Ah), la selección de 1 batería de capacidad nominal de 40 (Ah) y un inversor de 250 (W) a 12 (VDC). En tal sentido se concluye que la propuesta permitirá dar una solución tanto a la seguridad como a la ausencia de energía eléctrica que existe en esta parroquia, ya que, mediante el circuito de conmutación, se podrá monitorear las zonas aún en ausencia del suministro eléctrico.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

Castillo (2022) en su investigación titulada “Diseño de un sistema de energía renovable para el alumbrado público en la avenida Gálvez de la ciudad de Barranca 2021”; realizada en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho; plantea como objetivo de su investigación Diseñar un sistema de energía renovable que permita brindar alumbrado público en la Avenida Gálvez de la ciudad de Barranca. La metodología es de tipo aplicada, de nivel descriptiva, diseño cuasi experimental y enfoque cuantitativo. Los resultados determinan que la energía requerida tiene una máxima demanda de 25.2 KWh, una radiación solar promedio mensual de 5.25 KWh/m, la cantidad de energía acumulada será de 372.96 KWh y la eficiencia del sistema es de 16.89% de eficiencia. En tal sentido se concluye que al realizar un óptimo diseño empleando los criterios adecuados de los cálculos de radiación solar, permite dimensionar y seleccionar de manera idónea los elementos y equipos del sistema.

Benites (2021) en su investigación titulada “Diseño de un sistema fotovoltaico flotante para mejorar el acceso a la energía eléctrica en las localidades ubicadas sobre la superficie del lago Titicaca en el Perú”; realizada en la Universidad Nacional de Callao, Lima; plantea como objetivo de su investigación Diseñar un sistema fotovoltaico flotante para mejorar el acceso a la energía eléctrica en las localidades ubicadas sobre la superficie del Lago Titicaca en el Perú. La metodología es de tipo aplicada, de nivel explicativo, diseño no experimental y enfoque cuantitativo. Los resultados determinan que el sistema fotovoltaico flotante tiene una potencia instalada de 237.84 kW, suficiente para cubrir la demanda energética de 380.04 kWh-día en la zona. En tal sentido se concluye que el diseño idóneo del sistema fotovoltaico flotante, ha repercutido en la mejora del acceso a la energía eléctrica en las localidades ubicadas sobre la superficie del Lago Titicaca en el Perú.

Helfer (2021) en su investigación titulada “Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico en la Compañía de bomberos de Yanahuara - Arequipa”; realizada en la Universidad Católica de Santa María, Arequipa; plantea como objetivo de su investigación Diseñar e implementar un sistema de energía fotovoltaico para la alimentación de los principales equipos de comunicación de emergencias en la compañía de bomberos en la zona de Yanahuara – Arequipa. La metodología es de tipo aplicada, de nivel exploratorio. Los resultados determinan que se incrementó la confiabilidad del suministro de energía eléctrica hasta un 95.9% de confiabilidad considerando una carga desde el 75% de la capacidad de las baterías. En tal sentido se concluye que el diseño e implementación del sistema de energía fotovoltaica híbrido en la compañía de bomberos Yanahuara, logra aumentar la confiabilidad de la energía eléctrica.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Diseño de un sistema fotovoltaico**

Para realizar el diseño del sistema fotovoltaico, se debe tener en cuenta los siguientes conceptos.

Según Ramos y Luna (2014):

El sistema solar fotovoltaico es un conjunto de dispositivos y componentes que convierten la energía solar en energía eléctrica utilizable. Este sistema está compuesto principalmente por paneles solares que capturan la radiación solar y la transforman en electricidad mediante el efecto fotovoltaico. Además de los paneles solares, el sistema incluye otros elementos como inversores solares, baterías de almacenamiento, dispositivos de control y protección, y componentes eléctricos para conectar el sistema a la red eléctrica o a los equipos que requieren la energía generada. El sistema solar fotovoltaico es una fuente de energía renovable y sostenible, que contribuye a reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables y a disminuir el impacto ambiental. (p.28)

Para poder aprovechar este efecto se utiliza un material semiconductor que al combinarlo con otros materiales es posible crear un campo electromagnético que genere una diferencia de potencial. El silicio es un semiconductor por excelencia para su uso en celdas fotovoltaicas, esto debido que es un material tetravalente que forma una red cristalina bien ordenada. (Helfer, 2021, p. 26)

Asimismo, Flores (2020) señala que:

Un sistema solar fotovoltaico de respaldo es especialmente diseñado para mantener la continuidad del suministro eléctrico ante posibles interrupciones o fallos en la red eléctrica principal. Este tipo de sistema se caracteriza por almacenar la energía generada por los paneles solares en baterías, lo que permite contar con una fuente de energía confiable y constante durante períodos de falta de suministro eléctrico externo. El sistema solar fotovoltaico de respaldo es una solución sostenible y eficiente, ya que aprovecha la energía solar, una fuente renovable y abundante, para garantizar la continuidad de la energía eléctrica sin depender únicamente de la red convencional. Durante el funcionamiento normal, el sistema utiliza la energía solar generada en tiempo real para alimentar los equipos y dispositivos del centro de salud, y cualquier exceso de energía se almacena en las baterías para su uso en momentos de emergencia. (p.12)

Según Benites (2021) en los centros de salud, donde la disponibilidad de energía eléctrica es fundamental para el funcionamiento de equipos médicos, iluminación, refrigeración y otros servicios esenciales, la implementación de un sistema solar fotovoltaico de respaldo es especialmente relevante. Estos sistemas aseguran que el centro de salud pueda operar de manera ininterrumpida incluso en situaciones de cortes de energía o emergencias, brindando un soporte vital para la atención médica y la calidad de vida de los pacientes. Además, al utilizar energía solar, se contribuye a reducir costos de electricidad y se promueve un enfoque más sostenible y ecológico en la prestación de servicios de salud.

**2.2.1.1 Incidencia de radiación solar.** Para describir a la dimensión incidencia de radiación solar, es fundamental primero describir el concepto de radiación solar. Con respecto a ello, Faúndez y Sepúlveda (2022), señalan que es “la cantidad de irradiancia recibida en un lapso de tiempo. La radiación global es la suma de todos los valores de intensidad multiplicado por el tiempo. Por lo general se considera la radiación durante todo el día” (p. 9).

En el contexto del sistema fotovoltaico de respaldo, la incidencia de radiación solar se convierte en un factor determinante, ya que representa la cantidad y la intensidad de energía solar que llega a la ubicación del Centro de Salud. Comprender la incidencia de radiación solar en esta zona

geográfica permitirá evaluar de manera precisa la capacidad de generación eléctrica del sistema fotovoltaico de respaldo y asegurar su eficiencia y efectividad ante posibles interrupciones o fallos en el suministro eléctrico principal.

**2.2.1.1.1 Unidades de medida de la radiación solar.** Las cantidades de radiación se expresan comúnmente en términos de exposición radiante o irradiancia. “La irradiancia es una medida del flujo de energía recibida por unidad de área en un instante específico y se mide en Watts por metro cuadrado ( $W/m^2$ ), donde un Watt equivale a un Joule por segundo” (Sánchez, 2019).

La exposición radiante es la medida de la radiación solar, en la cual la radiación es integrada en el tiempo como energía/área y cuya unidad es el  $kWh/m^2$  por día (si es integrada en el día) ó  $MJ/m^2$  por día. Por ejemplo, 1 minuto de exposición radiante es una medida de la energía recibida por metro cuadrado sobre un periodo de un minuto. Sin embargo, un minuto de exposición radiante = irradiancia media ( $W/m^2$ ) x 60 (s) y tiene unidades de Joule por metro cuadrado ( $J/m^2$ ). (Sánchez, 2019, pp 15-16)

**2.2.1.1.2 Constante solar.** Según Sánchez (2019) la constante solar es la cantidad total de energía solar que llega a la parte superior de la atmósfera de la Tierra en un minuto, por unidad de área. Es una medida de la radiación solar que alcanza la Tierra desde el Sol y representa la cantidad de energía que recibimos del Sol constantemente. Esta constante es importante para comprender el suministro de energía solar que sustenta la vida en nuestro planeta y tiene implicaciones en diversos aspectos, como el clima, el clima espacial y la energía renovable que podemos aprovechar a través de tecnologías como los paneles solares. El valor medio de la constante solar es alrededor de  $2 \text{ cal/cm}^2 \text{ min}$ . Sin embargo, esta cantidad no es constante, ya que parece ser que varía un 0.2 % en un periodo de 30 años.

Expresada en otras unidades la constante solar es igual a:

$$C = 1.353 \text{ W/m}^2$$

(Sánchez, 2019)

Helfer (2021) señala que en la superficie terrestre, la intensidad de energía solar real disponible es menor que la constante solar, debido a la absorción y dispersión de la radiación que ocurre por la interacción de los fotones con la atmósfera. En unidades diferentes, esta constante solar se expresa como un flujo de radiación solar promedio de 800 a 900 vatios por metro cuadrado ( $\text{W/m}^2$ ). Es de suma importancia monitorear constantemente el valor de la constante solar, ya que se ha planteado que una modificación de apenas el 1% de su magnitud podría ocasionar una variación de uno a dos grados en la temperatura de nuestro planeta.

**2.2.1.1.3 Irradiancia solar.** La irradiancia solar es una medida que cuantifica la intensidad de la radiación solar que llega a una superficie determinada en un instante específico. Se expresa en unidades de potencia por unidad de área, generalmente en vatios por metro cuadrado ( $\text{W/m}^2$ ). Los autores la irradiancia solar es un parámetro importante en el estudio de la energía solar y su aprovechamiento a través de sistemas fotovoltaicos. Permite determinar la cantidad de energía solar que incide sobre un área determinada y es fundamental para calcular la cantidad de energía eléctrica que se puede generar mediante paneles solares. Además, la irradiancia solar varía durante el día debido a la posición del sol en el cielo y puede verse afectada por factores como la latitud, la estación del año, la cobertura de nubes y la presencia de obstáculos que puedan sombrear la superficie receptora. Es un dato crucial en el diseño y dimensionamiento adecuado de sistemas solares para aprovechar la energía del sol de manera eficiente. (Chiron & Cachorro, 2003).

**2.2.1.1.4 Geometría solar.** Para Sánchez (2019) “el conocimiento de la geometría solar es esencial para el diseño adecuado de sistemas fotovoltaicos, es

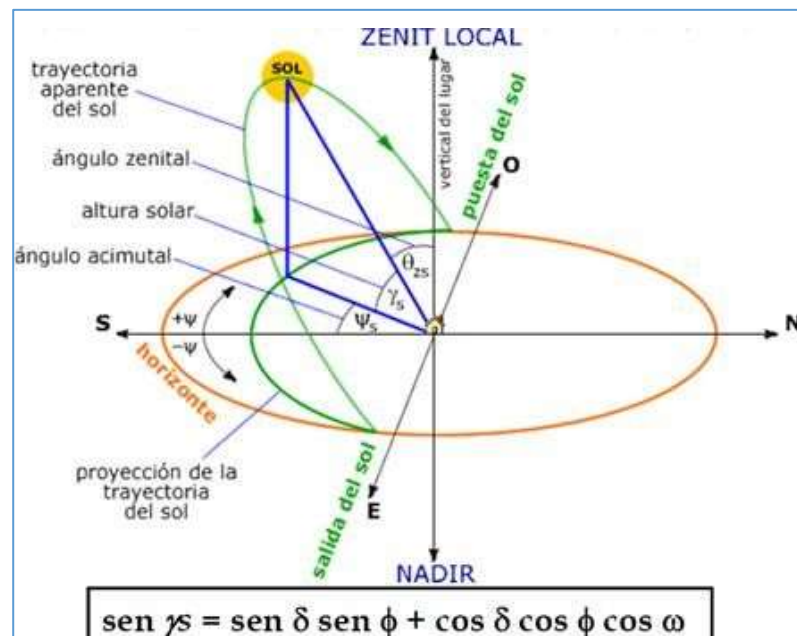
fundamental para entender cómo la radiación solar incide sobre la superficie terrestre” (p. 22). Los ángulos en la geometría solar son:

- Ángulo acimutal o azimut ( $\Psi_S$ ): es el ángulo entre la proyección de la línea Tierra - Sol respecto a la recta Norte - Sur. Es positiva hacia el Oeste y negativa hacia el Este.
- Ángulo cenital ( $\theta_{ZS}$ ): es el ángulo entre la línea Tierra - Sol con la vertical del lugar. Su complementario es la altura solar ( $a$ ).
- Altura solar ( $\gamma_S$ ): ángulo entre la línea Tierra - Sol y el plano horizontal al lugar.
- Ángulo de inclinación del panel ( $\beta$ ): ángulo que forma el plano que contiene al panel con respecto al plano horizontal.
- Acimut del panel o captador ( $\Phi$ ): ángulo de desviación entre el plano del panel con la línea Norte - Sur.

En la Figura 1 se muestra la incidencia de la radiación solar sobre la superficie terrestre a través de los ángulos de la geometría solar.

**Figura 1**

*Ángulos de la geometría solar*



Nota. Adaptado de *KiloWatio.net* [Imagen], s.f., (<http://kilowatio.net/coordenadas-solares..html>)

**2.2.1.1.5 Recorrido óptico de la radiación solar.** Salazar (2021) señala que el recorrido óptico de la radiación solar se refiere a la distancia que debe atravesar la radiación solar a través de la atmósfera antes de llegar a la superficie terrestre. Cuanto menor es el ángulo cenital del Sol (más perpendicular), menor será la distancia que la radiación solar debe recorrer en la atmósfera. Por el contrario, para ángulos cenitales mayores (menor altura solar), la radiación solar debe atravesar una mayor distancia en la atmósfera antes de alcanzar la superficie terrestre. Esto tiene un efecto en la intensidad de la radiación solar que finalmente llega a la superficie terrestre, siendo menor en ángulos cenitales mayores debido al mayor recorrido óptico.

Se define la masa de aire (AM), como la que representa el cociente entre el recorrido óptico de un rayo solar y el recorrido de la normal a la superficie terrestre, cuando el ángulo cenital del Sol es cero. Esta masa de aire está directamente relacionada con la altura solar ( $\alpha$ ) y se obtiene mediante la siguiente expresión matemática:

$$AM = 1/\cos(90^\circ - \alpha)$$

**2.2.1.1.6 Hora sol pico (H.S.P).** Según Reascos (2022) en energía solar fotovoltaica, se utiliza el concepto de "horas de sol pico" como una medida relevante para calcular la producción de un sistema fotovoltaico. Estas horas de sol pico representan el número de horas en un día en las que se asume una irradiancia ficticia de 1000 W/m<sup>2</sup>, que en conjunto proporcionan la misma irradiación total que la real recibida durante ese día.

La radiación (kWh/m<sup>2</sup>), es igual al producto de la irradiancia de referencia y las horas pico solares, HPS. Como la irradiancia de referencia es 1 kW/m<sup>2</sup>, se tiene entonces que los valores numéricos de la radiación y las horas pico solares son iguales. (Sánchez, 2019, p. 24)

Este enfoque de referir las horas de sol pico a una irradiancia de 1000 W/m<sup>2</sup> es esencial, ya que la potencia de los paneles solares se relaciona con esta irradiancia específica. Conociendo las horas de sol pico y considerando

un factor de pérdidas, es posible calcular la cantidad de paneles necesarios para el sistema fotovoltaico (Reascos, 2022).

**2.2.1.2 Dimensionamiento de los equipos de generación fotovoltaica.** Los componentes de un Sistema Solar, según Ramos y Luna (2014) son también conocidos como módulos solares, son dispositivos utilizados en la tecnología fotovoltaica para convertir la energía solar en electricidad. Están compuestos por celdas fotovoltaicas, generalmente hechas de silicio, que capturan la luz solar y la convierten en corriente eléctrica mediante el efecto fotovoltaico.

Tal como describen los autores cada panel solar consiste en varias celdas fotovoltaicas conectadas en serie y/o en paralelo para aumentar la tensión y la corriente eléctrica producida. La disposición de las celdas en el panel depende del diseño y la eficiencia del sistema. Un panel fotovoltaico está compuesto por varios elementos clave que trabajan juntos para convertir la luz solar en electricidad utilizable, entre ellos tenemos:

- Celdas fotovoltaicas: Son el componente central del panel y están hechas de material semiconductor, generalmente silicio. Las celdas fotovoltaicas absorben la luz solar y generan una corriente eléctrica a través del efecto fotovoltaico.
- Capa frontal o vidrio templado: Esta capa es transparente y protege las celdas fotovoltaicas de factores ambientales como la lluvia, el viento y el polvo. El vidrio templado es resistente y duradero, permitiendo que la luz solar pase a través de él sin afectar la eficiencia de las celdas.
- Estructura metálica: El panel está enmarcado por una estructura metálica que proporciona soporte y protección a las celdas fotovoltaicas y a la capa frontal. Esta estructura también facilita la instalación del panel en diferentes aplicaciones.
- Conexiones eléctricas: Las celdas fotovoltaicas están conectadas entre sí para formar circuitos eléctricos que permiten la transferencia de corriente generada por la luz solar hacia los cables del panel.

Estos elementos trabajan en conjunto para generar electricidad a partir de la radiación solar y componen la estructura básica de un panel fotovoltaico. La combinación de tecnologías y materiales utilizados en la

fabricación de paneles solares puede variar según el tipo y grado de eficiencia del panel.

En la siguiente Figura 2 se muestra los elementos que conforman un módulo fotovoltaico.

**Figura 2**

*Elementos de un módulo fotovoltaico*



Nota. Adaptado de Aprean [Imagen], s.f., (<https://www.aprean.com/energia-fotovoltaica/panel-fotovoltaico/>)

Los inversores son utilizados para convertir la corriente continua generada por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna y de esta manera poder inyectarla en la red eléctrica. Así mismo también son utilizados en instalaciones eléctricas aisladas donde la energía que se produce se consume en el mismo lugar sin que se inyecte nada a la red principal. (Sánchez, 2019, p.47)

Faúndez y Sepúlveda (2022) señalan que el inversor es capaz de adaptar la energía de los paneles para que sea compatible con la red eléctrica o con el sistema eléctrico interno de una instalación. Además de convertir la corriente, el inversor también tiene otras funciones importantes, como monitorear y controlar el rendimiento de los paneles, garantizar la seguridad eléctrica y optimizar la eficiencia de conversión.

Como se establece en Díaz (2022), el rendimiento de los inversores se encuentra en un rango que va desde el 90% hasta el 97%. Este

rendimiento está influenciado por la variación en la potencia del sistema de paneles solares. Se busca que el inversor funcione con potencias cercanas o iguales a la potencia nominal, ya que, si la potencia de entrada proveniente de los paneles fotovoltaicos varía, el rendimiento del inversor disminuye. Asimismo, hay diferentes tipos de inversores utilizados en sistemas solares fotovoltaicos, como los inversores de cadena, que se utilizan en sistemas más pequeños y se conectan en serie a los paneles, y los inversores centrales, que se utilizan en sistemas de mayor escala y están diseñados para manejar mayores capacidades de energía.

**2.2.1.3 Ángulo de inclinación.** Según García (2022) el cálculo del ángulo de inclinación en un sistema fotovoltaico es una etapa crucial para maximizar la eficiencia y la captación de energía solar. Este ángulo determina la posición en la que se colocarán los paneles solares con respecto al plano horizontal. El ángulo de inclinación óptimo varía según la ubicación geográfica del sistema y la estación del año. El objetivo es orientar los paneles solares de tal manera que reciban la máxima radiación solar durante el día y a lo largo del año. La inclinación “ $\alpha$ ” de un generador fotovoltaico conectado a red se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$\begin{aligned} \delta &= 0.006918 - 0.399912 \cos(\Gamma) + 0.070257 \sin(\Gamma) \\ &\quad - 0.006758 \cos(2\Gamma) + 0.000907 \sin(2\Gamma) \\ &\quad - 0.002697 \cos(3\Gamma) + 0.00148 \sin(3\Gamma) \\ \Gamma &= 2\pi(N (\text{número de día del año}) - 1) / 365 \\ \alpha_n &= 90 - L + \delta \\ \beta_o &= 90 - \alpha_n \end{aligned}$$

(Helfer, 2021)

Un punto importante a tener en cuenta en la instalación de los paneles solares, es el porcentaje de sombra por el cual el panel dejará de ser útil, es entorno al 20% de su superficie. Por encima de este dejará de funcionar, en todo caso se buscará que la superficie sombreada del panel no sea superior al 5% en los días más desfavorables. (Sánchez, 2019, p. 83)

## 2.2.2 Suministro de energía eléctrica

En la investigación de Bedoya y Tisalema (2022) se describe al suministro de energía eléctrica como al proceso mediante el cual se provee electricidad a los hogares, empresas, industrias y otras instalaciones para su uso diario. Este suministro es esencial para el funcionamiento de dispositivos electrónicos, electrodomésticos, maquinarias y equipos en nuestra vida cotidiana.

El suministro de energía eléctrica se realiza a través de una red eléctrica que consta de generadores de electricidad, como plantas de energía, que producen la electricidad y la inyectan a la red. La electricidad se transporta a través de cables de transmisión y subestaciones, y finalmente se distribuye a los consumidores finales a través de líneas de distribución.

Asimismo Castillo (2022) indican que para garantizar un suministro eléctrico confiable, la red eléctrica está diseñada para adaptarse a las variaciones en la demanda de energía a lo largo del día y las estaciones del año. Los operadores del sistema de energía monitorean constantemente la demanda y ajustan la producción para asegurarse de que siempre haya suficiente electricidad disponible.

La Calidad de Suministro se expresa en función de la continuidad del servicio eléctrico a los Clientes, es decir, de acuerdo a las interrupciones del servicio. Para evaluar la Calidad de Suministro, se toman en cuenta indicadores que miden el número de interrupciones del servicio eléctrico, la duración de las mismas y la energía no suministrada a consecuencia de ellas. (MINEM, 1997, p. 30)

El suministro de energía eléctrica es fundamental para nuestra sociedad moderna, ya que nos permite iluminar nuestros hogares, utilizar dispositivos electrónicos, mantener nuestras industrias en funcionamiento y mejorar nuestra calidad de vida en general. Además, el uso creciente de fuentes de energía renovable, como la solar y la eólica, está transformando gradualmente la forma en que se suministra y consume la energía eléctrica, con el objetivo de lograr un sistema más sostenible y respetuoso con el medio ambiente (Castillo, 2022).

**2.2.2.1 Continuidad del suministro eléctrico.** La continuidad del suministro eléctrico es un aspecto crucial para garantizar un funcionamiento ininterrumpido de los dispositivos y equipos que dependen de la electricidad.

Se considera como interrupción a toda falta de suministro eléctrico en un punto de entrega. Las interrupciones pueden ser causadas, entre otras razones, por salidas de equipos de las instalaciones del Suministrador u otras instalaciones que lo alimentan, y que se producen por mantenimiento, por maniobras, por ampliaciones, etc., o aleatoriamente por mal funcionamiento o fallas; lo que incluye, consecuentemente, aquellas que hayan sido programadas oportunamente. (MINEM, 1997, p. 30)

En la tesis, se estudia cómo el diseño de un sistema fotovoltaico de respaldo puede mejorar esta continuidad en el Centro de Salud Chipao, Lucanas - Ayacucho. Para medir la eficacia del sistema de respaldo, se utilizan tres indicadores principales:

- Número de interrupciones: Según MINEM (1997) “es el número total de interrupciones en el suministro de cada Cliente durante un Período de Control” (p.31), cuantas menos interrupciones ocurran, mayor será la continuidad del suministro.
- Duración total de las interrupciones: Este indicador mide el tiempo acumulado durante el cual el suministro eléctrico se encuentra interrumpido a lo largo del año. Una duración total reducida indica que las interrupciones son breves y se solucionan rápidamente.
- Tiempo de restablecimiento del suministro: Este indicador calcula el tiempo que toma restablecer el suministro eléctrico después de una interrupción. Un tiempo de restablecimiento más corto es indicativo de un sistema de respaldo efectivo y una pronta recuperación.

Estos indicadores permiten evaluar objetivamente cómo el sistema fotovoltaico de respaldo contribuye a mejorar la continuidad del suministro eléctrico en el Centro de Salud Chipao, asegurando que el centro pueda mantener sus operaciones críticas sin interrupciones prolongadas y ofrecer servicios de atención médica de manera ininterrumpida.

## CAPÍTULO III

### VARIABLES E HIPÓTESIS

#### 3.1 Operacionalización de variables

En la siguiente tabla 1 se muestra la operacionalización de las variables.

**Tabla 1**

*Operacionalización de las variables*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>Independiente</b>  Sistema fotovoltaico de respaldo	Según Flores (2020) es el proceso de planificación y creación de un sistema que utiliza paneles solares fotovoltaicos para proporcionar una fuente alternativa de energía eléctrica en caso de interrupciones o fallos en la red eléctrica principal.	Se determinará los componentes del sistema fotovoltaico, como el tipo de paneles solares utilizados, la capacidad de almacenamiento de la batería, el dimensionamiento del sistema, y otros aspectos técnicos relacionados con el diseño y funcionamiento del sistema de respaldo.	Incidencia de radiación solar	Índice de radiación solar promedio (kWh/m <sup>2</sup> /día)
			Dimensionamiento de los equipos de generación fotovoltaica	Diseño del sistema fotovoltaico (Cálculos) -Cálculo del número de paneles -Selección del inversor
<b>Dependiente</b>  Suministro de energía eléctrica	El Suministro de energía eléctrica se refiere a la disponibilidad y provisión de electricidad para alimentar los equipos, dispositivos y sistemas eléctricos (Bedoya & Tisalema, 2022).	La variable dependiente se medirá mediante registros periódicos de la cantidad y calidad de energía eléctrica suministrada al Centro de Salud Chipao. Se evaluarán indicadores como la continuidad del servicio, la frecuencia y duración de las interrupciones.	Ángulo de inclinación	$\delta = 0.006918 - 0.399912 \cos(\Gamma) + 0.070257 \sin(\Gamma)$ $-0.006758 \cos(2\Gamma) + 0.000907 \sin(2\Gamma)$ $-0.002697 \cos(3\Gamma) + 0.00148 \sin(3\Gamma)$ $\Gamma = 2\pi(N (\text{número de día del año}) - 1) / 365$ $\alpha_n = 90 - L + \delta$ $\beta_o = 90 - \alpha_n$
			Continuidad del suministro eléctrico	-Número de interrupciones - Duración total de las interrupciones = $\Sigma$ (Duración de cada interrupción (min. u horas)) -Tiempo de restablecimiento del suministro = Tiempo promedio de restablecimiento en minutos u horas * Número de interrupciones

## **3.2 Hipótesis de la investigación**

### **3.2.1 Hipótesis general**

El diseño del sistema fotovoltaico de respaldo mejora significativamente el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas - Ayacucho.

### **3.2.2 Hipótesis específicos**

- a. La determinación de la incidencia de radiación solar mejora significativamente el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho.
- b. El dimensionamiento de los equipos del sistema fotovoltaico mejora significativamente el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho.
- c. La identificación del ángulo de inclinación del sistema fotovoltaico mejora significativamente el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho.

## CAPÍTULO IV

### METODOLOGIA

#### 4.1 Descripción de la metodología

La presente investigación focalizo su atención e interés en el diseño del sistema fotovoltaico de respaldo, con el firme propósito de contribuir significativamente a la mejora del suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas - Ayacucho. Esta delimitación se rige por la premisa de que un diseño meticuloso y ajustado a las necesidades específicas del centro de salud. Aunque se reconoce que existen diversos factores que podrían influir en la estabilidad del suministro eléctrico, este estudio se centrará exclusivamente en las implicancias, beneficios y desafíos que encierra el desarrollo de un sistema fotovoltaico de respaldo, pues representa un campo aún fértil para explorar, entender y aprovechar su potencial en el contexto específico de la localidad en estudio. Por lo tanto, la investigación no solo se rige como un estudio de caso concreto, sino también aspira a arrojar luz y ofrecer un modelo replicable que pueda ser adaptado y aplicado en otras instituciones de salud en regiones similares, contribuyendo así al avance académico y práctico en el ámbito de los sistemas fotovoltaicos y su aplicación en el sector salud.

En tal sentido, la investigación es de tipo aplicada, ya que se caracterizó en buscar soluciones prácticas a problemas específicos y aplicar los conocimientos teóricos y científicos a situaciones reales. En este caso, el objetivo general de la tesis es diseñar un sistema fotovoltaico de respaldo para mejorar el suministro de energía eléctrica en el Centro de Salud Chipao, lo que implica resolver un problema concreto relacionado con la disponibilidad y confiabilidad del suministro eléctrico.

El tipo de investigación aplicada tiene como fin principal resolver un problema en un periodo de tiempo corto. Dirigida a la aplicación inmediata de acciones concretas para enfrentar el problema. Por tanto, se dirige a la acción inminente y no al desarrollo de la teoría, ello mediante actividades precisas para enfrentar el problema. (Chávez, 2007, p. 134)

El nivel de la investigación es explicativo, según Hernández, Fernández y Baptista (2014) “esta investigación pretende establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian” (p. 95).

En este caso, los objetivos específicos de la tesis estuvieron enfocados en determinar cómo ciertos factores, como la incidencia de radiación solar, el dimensionamiento de los equipos de generación fotovoltaica y el cálculo del ángulo de inclinación del sistema fotovoltaico, afectan o contribuyen a mejorar el suministro de energía eléctrica en el Centro de Salud Chipao.

El método de la investigación es cuantitativo, debido a su enfoque medible y cuantificable. Dado que el objetivo de la tesis es determinar cómo el diseño de un sistema fotovoltaico de respaldo mejora el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, el método cuantitativo permite recopilar y analizar los datos de los indicadores de la variable dependiente.

La investigación se puede diseñar como cuasiexperimental, según Hernández, Fernández y Baptista (2014) “los diseños cuasiexperimentales manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables dependientes” (p. 151). En esta investigación se mide la variable dependiente y se observa sus efectos a causa del sistema fotovoltaico de respaldo (variable independiente).

#### **4.1.1 Etapas del desarrollo de la tesis**

El desarrollo se estructura de la siguiente manera, tomando en cuenta los objetivos de la investigación:

- Determinar la incidencia de radiación solar en el Centro de Salud Chipao, Lucanas - Ayacucho.
  - ✓ Realizar mediciones y registros de la radiación solar en diferentes momentos del día y a lo largo del año.
  - ✓ Analizar los datos recopilados para determinar la variabilidad de la radiación solar y su impacto en el suministro de energía eléctrica.
- Dimensionar los equipos de generación fotovoltaica.
  - ✓ Realizar los cálculos respectivos para el dimensionamiento de equipos (Calcular la cantidad de paneles solares y su capacidad de generación necesaria para cubrir la demanda eléctrica).
  - ✓ Considerar factores como la ubicación geográfica, la eficiencia de los paneles y las condiciones ambientales.

- Calcular el ángulo de inclinación óptimo del sistema fotovoltaico.
  - ✓ Realizar cálculos y simulaciones para determinar el ángulo de inclinación que maximice la captación de radiación solar durante todo el año.
- Evaluar la mejora en el suministro de energía eléctrica.
  - ✓ Analizar los datos de consumo energético y duración de interrupciones para medir la efectividad del sistema fotovoltaico de respaldo.
  - ✓ Realizar análisis estadísticos para determinar si existe una mejora significativa en la continuidad del suministro eléctrico.
- Presentar conclusiones.

## 4.2 Implementación de la investigación

### 4.2.1 Incidencia de radiación solar

En el desarrollo del presente estudio, se ha establecido como uno de los objetivos específicos determinar la incidencia de radiación solar en el Centro de Salud Chipao, situado en Lucanas, Ayacucho. En la Figura 3 se muestra la ubicación del Centro de Salud Chipao.

- Latitud: -14.3655
- Longitud: -73.8797

**Figura 3**

Ubicación del Centro de Salud Chipao



*Nota.* Fuente: Google Maps

La relevancia de este análisis radica en la necesidad de comprender las condiciones climáticas específicas de la zona y su impacto potencial en las operaciones y la infraestructura del centro de salud. Los datos fueron recolectados a intervalos regulares a lo largo del año 2022, asegurando que las mediciones reflejaran tanto las variaciones estacionales como las condiciones diarias de radiación. Para ello se hizo uso del software PVSyst 7.2 que ofrece una interpretación fiable y representativa de la exposición solar en la ubicación estudiada.

#### 4.2.2 Dimensionamiento de los equipos

La fase de implementación para el dimensionamiento de equipos del sistema fotovoltaico en el Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho, se centró en la realización de cálculos, criterios técnicos detallados y análisis comparativos, asimismo parte de estos datos son extraídos del recibo de electricidad del centro de salud y de la determinación de cargas (kWh), los cuales se muestran en el Anexo 6. Para ser efectivo el dimensionamiento, se debe emplear las siguientes formulas:

**a.** Calculo del consumo diario y pico

- Consumo diario promedio (CDP)

$$CPD = \frac{\textit{Sumatoria de Consumo Mensual}}{\textit{días}}$$

(Helfer, 2021)

- Carga Pico (Pmax)

$$Pmax = \frac{\textit{Consumo máximo mensual}}{\textit{Número de días del mes x horas de sol}}$$

(Helfer, 2021)

**b.** Número de paneles (Np)

$$Np = lAD / (lP + d)$$

(Helfer, 2021)

Donde:

lAD = Lado del área disponible [mm]

lP = Lado del panel fotovoltaico [mm]

d= Distancia entre paneles fotovoltaicos [mm]

- Horizontalmente:  $NpH = lADL/(IP + d)$

(Helfer, 2021)

Donde:

NpH= Número de paneles horizontales

- Verticalmente:

$$NpV = lADA/(IP + d)$$

(Helfer, 2021)

Donde:

NpV= Número de paneles verticales

**c. Intensidad y capacidad del inversor**

$$Paf = Nptotal \times Ppanel$$

(Benites, 2021)

Donde:

Paf = potencia total del arreglo fotovoltaico

Nptotal = número total de paneles

Ppanel = potencia por panel

Potencia máxima:

$$Pmax = Paf \times 1.25$$

(Benites, 2021)

**d. Capacidad del conductor eléctrico**

$$Imax = \frac{Pmax}{V}$$

(Benites, 2021)

Realizado los cálculos, se realiza una revisión minuciosa de las fichas técnicas

de los diferentes tipos de paneles solares, disponibles en el mercado (monocristalino

y policristalino). Esta revisión se orienta a identificar aquellos productos que mejor se adaptan a las condiciones meteorológicas y de irradiación solar específicas de la región de Lucanas, Ayacucho. Se evalúan criterios como la potencia máxima de salida, el tipo de célula solar, la eficiencia del módulo, la rigidez estructural, las dimensiones y el peso de los paneles, así como la garantía ofrecida por el fabricante y el costo unitario.

La adaptabilidad de los paneles a las condiciones de luz y su rendimiento bajo diferentes temperaturas operativas son factores clave en esta evaluación. Se consideran también las especificaciones de rendimiento bajo variaciones de temperatura, utilizando fórmulas estandarizadas para calcular la temperatura de las celdas fotovoltaicas en condiciones reales de operación, lo cual es fundamental para prever la eficiencia y la producción energética del sistema.

$$T_{Celda} = T_{Ambiente} + \left[ \left( \frac{Temp\ Nominal\ de\ Operación\ de\ Célula\ a\ NOCT}{-Temp\ Ambiente\ Prueba\ NOCT} \right) * \left( \frac{E_{Sitio}}{E^{NOCT}} \right) \right]$$

(Helfer, 2021)

Donde:

$T_{Celda}$  = Temperatura de la celda

$E_{NOCT}$  = Energía nocturna

Tambiente prueba NOCT

Temp Nominal de Operación de célula a NOCT

$E_{Sitio}$  = Energía en el sitio

Con ello se procede a seleccionar el tipo de panel solar más adecuado, así como las baterías que complementarán el sistema fotovoltaico. Se decide el número de baterías requeridas para garantizar un suministro de energía confiable durante las horas sin sol o en períodos de baja irradiación solar, mientras se mantiene un equilibrio entre capacidad de almacenamiento y eficiencia de costos.

Con los paneles y baterías definidas, se elige un inversor que se ajuste a las necesidades del sistema, considerando la potencia máxima, el voltaje de operación, y las características adicionales como la facilidad de monitorización y control, y las funciones de protección de la batería. La elección del inversor es crítica para asegurar

la conversión eficiente de energía solar en electricidad utilizable y para gestionar de manera óptima la interacción entre los paneles solares, las baterías y la carga.

Finalmente, se selecciona un controlador de carga adecuado para regular la energía que fluye desde los paneles solares a las baterías. Este componente es vital para optimizar la carga de las baterías y para protegerlas contra sobrecargas o descargas profundas. La elección del controlador de carga se basa en su capacidad para manejar la corriente y el voltaje del sistema, así como en su capacidad de adaptarse a la variabilidad de la irradiación solar y a las diferentes necesidades de carga.

### 4.2.3 Ángulo de inclinación

El ángulo de inclinación se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned}\delta = & 0.006918 - 0.399912 \cos(\Gamma) + 0.070257 \sin(\Gamma) \\ & -0.006758 \cos(2\Gamma) + 0.000907 \sin(2\Gamma) \\ & -0.002697 \cos(3\Gamma) + 0.00148 \sin(3\Gamma)\end{aligned}$$

(Helfer, 2021)

En la cual  $\Gamma$  representa el ángulo diario en radianes y se puede determinar por la fórmula:

$$\Gamma = 2\pi(N (\text{número de día del año}) - 1) / 365$$

(Helfer, 2021)

El ángulo de inclinación del panel óptimo en un día se determina con la altura solar al medio día solar, se calcula con la siguiente fórmula:

$$\alpha_n = 90 - L + \delta$$

(Helfer, 2021)

Donde:

$\delta$  = Ángulo de declinación solar [Grados]

L = Latitud local [Grados]

Se determina en ángulo de inclinación del panel como:

$$\beta_o = 90 - \alpha_n$$

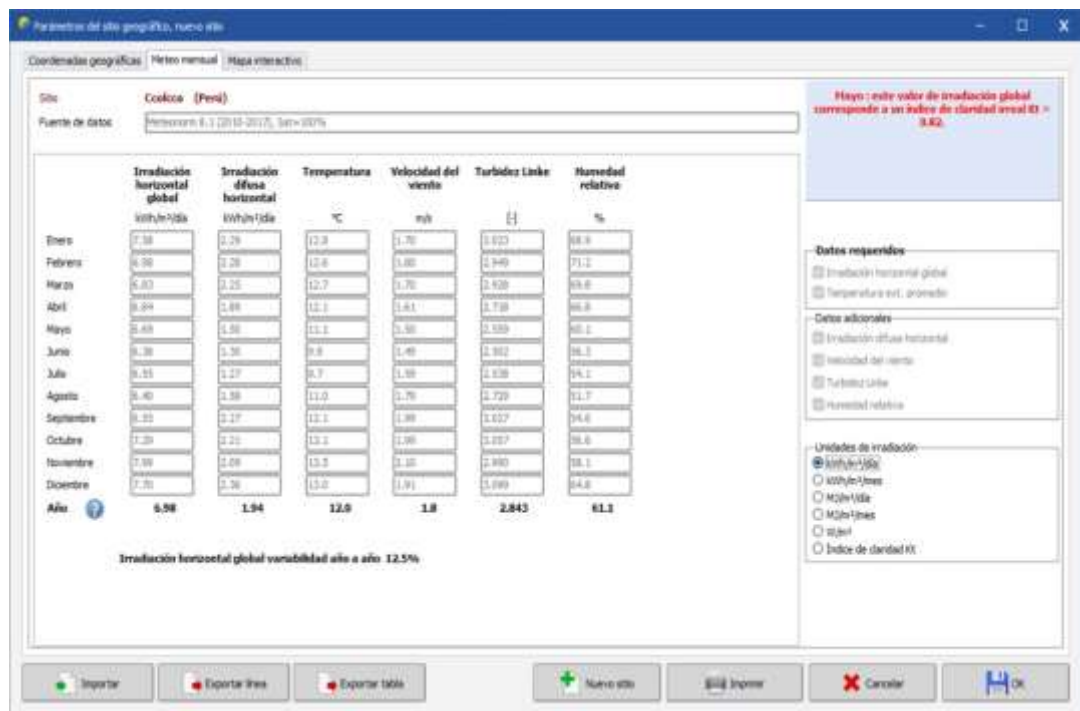
(Helfer, 2021)

#### 4.2.4 Pruebas realizadas

El diseño del sistema fotovoltaico, meticulosamente orientado hacia la mejora del suministro de energía eléctrica en el Centro de Salud Chipao, ha sido substancialmente influenciado por una serie de pruebas y análisis previos de variables climatológicas críticas, ejecutadas mensualmente a lo largo de un año (enero a diciembre). En la Figura 4 se muestra los resultados obtenidos.

**Figura 4**

*Pruebas realizadas*



*Nota.* Fuente: PVsyst

Las pruebas realizadas, proporcionaron los siguientes resultados, la irradiación horizontal global, tiene un promedio anual de 6.98 kWh/m<sup>2</sup>/día y una variabilidad año a año del 12.5%, estos resultados se establecen como un pilar fundamental en el estudio, dada su directa incidencia en la cantidad de energía que el sistema fotovoltaico puede potencialmente generar y, por ende, su capacidad para satisfacer las demandas energéticas del centro de salud.

Se determinó un promedio de irradiación difusa horizontal de 1.94 kWh/m<sup>2</sup>/día, esta prueba ha sido esencial para comprender y maximizar la captura de luz en días nublados o de baja irradiación directa. En este contexto, la temperatura promedio es de 12°C, y la velocidad del viento 1.8 m/s, determinar estos factores es crucial para

considerar los paneles solares y otros componentes del sistema, garantizando que estos están optimizados para las condiciones ambientales locales.

Además, se determinó una turbidez Linke promedio de 2.843 y una humedad relativa de 61.1%, estos factores son fundamentales para entender su impacto en la transmisión de la luz solar y en la operación general del sistema, respectivamente, asegurando que el diseño final no solo sea robusto y resiliente, sino también optimizado para el entorno específico de Chipao.

Cada una de estas variables ha sido sometida a un escrutinio minucioso, asegurando que el diseño resultante del sistema fotovoltaico no solo sea técnica y operacionalmente viable, sino también una solución energética sustentable y confiable en el tiempo y bajo las específicas condiciones ambientales de la localidad.

### **4.3 Población y muestra**

#### **4.3.1 Población**

El objeto de estudio se centró en el proceso de diseño del sistema fotovoltaico de respaldo y como este contribuye a mejorar el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas - Ayacucho.

#### **4.3.2 Muestra**

En esta investigación la muestra está conformada por los datos técnicos medidos de la variable dependiente; en este contexto, no se requiere una muestra en el sentido tradicional, ya que no involucra la selección de una población o grupo de individuos, sino más bien la recopilación y análisis de datos técnicos y condiciones específicas para el diseño del sistema fotovoltaico de respaldo.

### **4.4 Técnicas de recolección de datos**

La técnica de investigación que se utilizó es la observación y medición. La investigación se basó en la recopilación de datos de los indicadores de la variable dependiente. La elección de estas técnicas se fundamenta en la naturaleza cuantitativa y objetiva de los datos requeridos para un análisis preciso. La observación directa y la medición detallada son esenciales en estudios ambientales y de sostenibilidad, ya que proporcionan una base sólida de evidencia.

## 4.5 Instrumento de recolección de datos

El instrumento de recolección de datos es la ficha técnica de trabajo, en la cual se incluye los datos históricos en relación al número de interrupciones del suministro eléctrico por año, la duración total de las interrupciones (horas) y el tiempo de restablecimiento del suministro (horas). (Ver Anexo 2)

### 4.5.1 Validez

Se ha prestado una atención meticulosa en la validez de esta investigación, tanto en términos de diseño experimental como en la calidad de la recolección de datos. La tabla 2 muestra dos pruebas que indican la idoneidad de los datos para la detección de estructuras. La Medida Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) es un estadístico que indica la proporción de varianza en las variables que pueden ser causadas por factores subyacentes. Los valores altos (cerca de 1.0) generalmente indican que un análisis factorial puede ser útil con los datos. Si el valor es menor que 0,50, los resultados del análisis factorial probablemente no serán muy útiles (IBM, 2022).

Por otro lado, la prueba de esfericidad de Bartlett contrasta la hipótesis. Los valores pequeños (menores que 0,05) del nivel de significación indican que un análisis factorial puede ser útil con los datos.

**Tabla 2**

*Prueba KMO y Bartlett*

Prueba de KMO y Bartlett	
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo	,610
Prueba de esfericidad de Bartlett	Sig. ,000

Tal como se observa en la Tabla 2, la medida KMO, indica un valor aceptable de 0.610, de igual manera el nivel de significancia (sig.) menor a 0.05 indica que los datos son útiles.

### 4.5.2 Confiabilidad

La confiabilidad de los datos recolectados se evaluó mediante la prueba de alfa de Cronbach, que es una medida de la consistencia interna de los datos. En particular, se aplicó esta prueba a los datos recopilados a través de la ficha técnica de trabajo, que

incluye información sobre el número de interrupciones del suministro eléctrico, la duración total de las interrupciones y el tiempo de restablecimiento antes y después de la implementación del sistema fotovoltaico de respaldo. La tabla 3 muestra el valor obtenido.

El resultado de la prueba de alfa de Cronbach se encuentra en el rango de 0 a 1, donde:

- Si el valor del coeficiente alfa de Cronbach es mayor que 0.7, se considera que los datos son altamente confiables y muestran una fuerte consistencia interna.
- Si el valor está entre 0.6 y 0.7, los datos se consideran moderadamente confiables.
- Si el valor es menor de 0.6, se debe considerar la revisión y posible mejora de las preguntas o ítems en la ficha técnica de trabajo para aumentar la confiabilidad de los datos.

**Tabla 3**

*Prueba alfa de Cronbach*

<b>Estadísticas de fiabilidad</b>	
Alfa de Cronbach	N de elementos
,815	8

Analizados los datos en el programa SPSS, se obtuvo un valor de coeficiente alfa de Cronbach igual a 0.815 (Tabla 3), este valor se traduce como una buena consistencia interna y confiabilidad de los datos. (Ver Anexo 3)

## **4.6 Resultados**

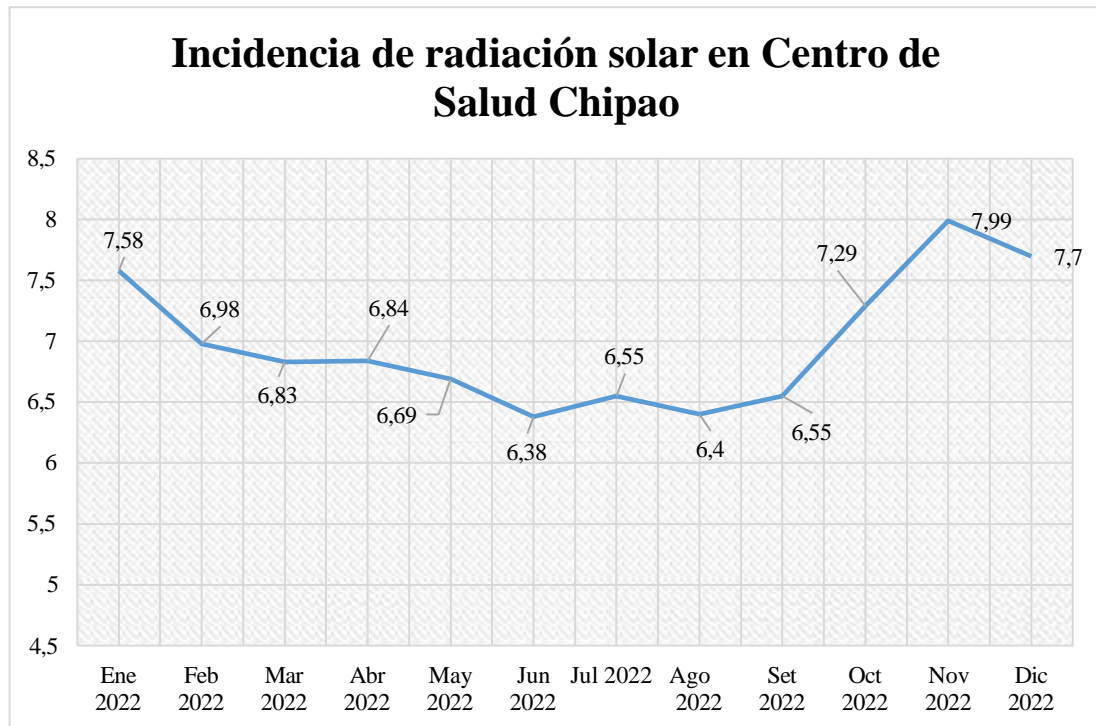
### **4.6.1 Resultados descriptivos**

#### **1. Determinación de la incidencia de radiación solar**

Como parte del desarrollo de los objetivos específicos, se determinó la incidencia de radiación solar en el Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho, en la Figura 5, se muestra la incidencia durante el año 2022.

**Figura 5**

*Incidencia de radiación solar*



El análisis de los datos de la Figura 5, reflejo que la incidencia promedio de radiación solar en el Centro de Salud Chípao, Lucanas – Ayacucho, durante el periodo observado, es de 6.98 kWh/m<sup>2</sup>/día. Esto indica una medida consolidada de la exposición solar en dicha ubicación, proporcionando una perspectiva cuantitativa sobre las condiciones climáticas y su impacto potencial en el centro de salud.

## **2. Dimensionamiento de los equipos del sistema fotovoltaico**

Con la finalidad de realizar el dimensionamiento de los equipos se realizó el diseño del sistema fotovoltaico de respaldo del Centro de Salud Chipao, Lucanas - Ayacucho. (Ver Anexo 6)

### **a. Cálculo del consumo diario y pico**

- Consumo diario promedio (CPD)

$$CPD = \frac{\text{Sumatoria de Consumo Mensual}}{\text{días}}$$

$$CPD = 35.75 \text{ kWh/día}$$

- Carga Pico (Pmax)

$$P_{max} = \frac{\text{Consumo máximo mensual}}{\text{Número de días del mes x horas de sol}}$$

$$P_{max} = 12.8 \text{ kW}$$

**b. Número de paneles (Np)**

La dimensión de los paneles es 1956mm x 992mm x 40mm.

$$Np = lAD/(IP + d)$$

- Horizontalmente:

$$NpH = lADL/(IP + d)$$

$$NpH = 4.10 \approx 4$$

- Verticalmente:

$$NpV = lADA/(IP + d)$$

$$NpV = 3 \approx 3$$

$$N_{ptotal} = NpH \times NpV$$

$$N_{ptotal} = 12$$

Por lo tanto, para un área de 25.38m<sup>2</sup>, se podría colocar 12 paneles solares, según las dimensiones 1956mm x 992mm y el espacio entre paneles de 40mm.

**c. Intensidad y capacidad del inversor**

Considerando 12 paneles de 300w cada uno, la potencia del inversor sería:

$$P_{af} = N_{ptotal} \times P_{panel}$$

$$P_{af} = 3600 \text{ W}$$

La potencia total del arreglo fotovoltaico es 3600W, con ello se procede a calcular la potencia máxima.

$$P_{max} = P_{af} \times 1.25$$

$$P_{max} = 4500 \text{ W}$$

**d. Capacidad del conductor eléctrico**

$$I_{max} = \frac{P_{max}}{V}$$

$$I_{max} = 20.45A$$

Hecho los cálculos se realizó el dimensionamiento de los equipos del sistema fotovoltaico a emplear en el Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho. Con el fin de determinar el tipo de panel solar más adecuado (policristalino y monocristalino), en la Tabla 4 se muestra el análisis comparativo en base a las fichas técnicas (Ver Anexo 5) de ambos equipos.

**Tabla 4**

*Análisis comparativo del panel policristalino y monocristalino*

Característica	Policristalino Marca ERA	Monocristalino modelo RD340M RENEVP	Razones para Elegir Monocristalino
Potencia del Panel Solar	340W	340W	Igual potencia, adecuado para la misma aplicación
Tipo de Célula del Panel Solar	Policristalino	Monocristalino	Monocristalino tiene un mayor rendimiento
Costo unitario S/.	S/.658.32	S/680.00	Monocristalino, Más costoso inicialmente, pero su mejor rendimiento y durabilidad ofrecen una inversión rentable a largo plazo.
Adaptabilidad a Condiciones de Luz	Moderada	Alta	Los paneles monocristalinos son más eficientes en diversas condiciones de luz y temperatura, haciéndolos adecuados para distintos climas, a diferencia de los policristalinos que requieren irradiación solar ideal.
Dimensiones del Panel Solar	1956 x 992 x 40 mm	1956 x 992 x 40 mm	Dimensiones idénticas para una integración similar
Eficiencia del Módulo	17.5%	17.52%	Ligeramente con una mayor eficiencia
Amperios Máximos de Salida (Imp)	8.84A	9.01A	Mayor corriente de salida sugiere mejor rendimiento bajo carga
Voltaje de Trabajo	24V	24V (típico)	Estándar para ambos, ideal para sistemas de este voltaje
Peso del Panel Solar	21.9Kg	20.2 kg	Ligeramente más pesado.
Garantía del Panel Solar	25 años	12 años + 25 años rendimiento	Larga garantía de rendimiento sugiere confiabilidad en la durabilidad

*Nota.* Fuente: Soltronix. <https://www.soltronixperu.com/wp-content/uploads/2022/02/RD340M2-.pdf>; Era Solar <https://cdn.autosolar.pe/pdf/ERA-340w.pdf>

Continuando con el análisis, la Tabla 5 proporciona una comparativa esencial sobre el comportamiento de paneles solares monocristalinos y policristalinos, centrada en cómo la variación de temperatura impacta en dos parámetros clave de rendimiento: el voltaje y la potencia. La tabla se basa en especificaciones técnicas detalladas que permiten entender las diferencias en la eficiencia de estos dos tipos de tecnología de paneles bajo condiciones de temperatura variables.

**Tabla 5**

*Comportamiento de paneles considerando la variación de temperatura según ficha técnica*

<b>Parámetro</b>	<b>Monocristalino</b>	<b>Policristalino</b>
Voltaje (%/°C)	-0.304	-0.295
Potencia (%/°C)	-0.370	-0.380

De lo observado en la Tabla 5, es evidente que ambos tipos de paneles experimentan una disminución en su rendimiento con el aumento de la temperatura, lo cual es un comportamiento típico en dispositivos semiconductores como las células fotovoltaicas. Los paneles monocristalinos muestran una reducción ligeramente menor en voltaje con el aumento de la temperatura en comparación con los paneles policristalinos, lo que puede indicar una mejor estabilidad en condiciones de temperatura elevada. Por otro lado, la pérdida de potencia por grado centígrado es marginalmente superior en los paneles policristalinos, lo cual sugiere una mayor sensibilidad de los paneles policristalinos a las variaciones térmicas en términos de producción energética.

Para determinar la eficiencia de los paneles solares monocristalinos y policristalinos bajo condiciones específicas de temperatura, es crucial calcular la temperatura de las celdas fotovoltaicas. Según Migan (2013), la temperatura de las celdas se puede calcular con la siguiente fórmula, que tiene en cuenta la temperatura ambiente, las condiciones estándar de prueba (NOCT), y la irradiación en el sitio:

$$T_{Celda} = T_{Ambiente} + \left[ \left( \frac{Temp\ Nominal\ de\ Operación\ de\ Célula\ a\ NOCT}{-Temp\ Ambiente\ Prueba\ NOCT} \right) * \frac{E_{Sitio}}{E^{NOCT}} \right]$$

$$E_{NOCT} = 800 \text{ Watt/ m}^2$$

Tambiente prueba NOCT= 20°C

Temp Nominal de Operación de célula a NOCT = 44°C

$$E_{Sitio} = 1020 \text{ Watt/M}^2$$

Reemplazando:

$$T_{Celda} = 56.1^\circ\text{C}$$

Se identifica que la temperatura de la celda alcanza los 56.1°C.

En la Tabla 6, se observa los parámetros de rendimiento de los paneles solares a la temperatura calculada de 56.1°C. Esta tabla es una herramienta valiosa para comprender cómo se espera que los paneles operen en condiciones reales y más cálidas que las de las pruebas estándar.

**Tabla 6**

*Parámetro de los paneles solares a una temperatura de 56.1°C (según catálogos TSCT=25°C)*

<b>Parámetro</b>	<b>Monocristalino</b>	<b>Policristalino</b>
Voltaje (V)	34.155	34.968
Potencia (W)	300.924	299.819
Eficiencia (%)	88.51	88.18

Los datos de la Tabla 6 resaltan que a una temperatura de celda de 56.1°C, ambos tipos de paneles muestran una disminución en el voltaje y la potencia en comparación con las condiciones estándar de prueba. Sin embargo, el panel monocristalino mantiene una eficiencia ligeramente superior de 88.51% frente al 88.18% del panel policristalino. Aunque la diferencia es pequeña, indica que los paneles monocristalinos pueden ser ligeramente más eficientes en condiciones de alta temperatura.

Teniendo en consideración de las condiciones de operación, en cuanto a temperatura y diferencia mínima en los costos, se puede señalar que los paneles solares monocristalinos son preferibles debido a su rendimiento superior en condiciones variadas, asegurando energía consistente durante todo el año considerando que nos brinda además una mayor garantía.

Por ello, se selecciona 12 Paneles Solares de 340W Monocristalino modelo RD340M de la marca RENEVP, este tipo de paneles es el más adecuados para climas con condiciones meteorológicas variables, como el que se presenta en Lucanas, Ayacucho. En la Figura 6, se muestra el panel seleccionado.

### **Figura 6**

*Panel solar de 340W*



*Nota.* Fuente: Soltronix. <https://www.soltronixperu.com/wp-content/uploads/2022/02/RD340M2-.pdf>

Continuando con el dimensionamiento de componentes se selecciona 10 baterías de 200Ah marca Novum Solar (Figura 7), para un sistema de 12 paneles de 340W. Si las baterías tienen un voltaje de 12V y se utiliza una profundidad de descarga (DoD) del 50%. Esta capacidad sería suficiente para cubrir las necesidades críticas durante las horas sin sol o los períodos cortos de baja irradiación solar, asumiendo que gran parte del consumo ocurre durante el día cuando los paneles generan energía, manteniendo así un equilibrio entre la capacidad de almacenamiento y el costo de inversión (S/ 999.23 precio unitario).

## Figura 7

*Batería 12V-200AH VRLA Gel*



Nota. Fuente: Ecosolares. <https://ecosolares.pe/product/bateria-12v-200ah-vrla-gel/>

Asimismo, se selecciona 1 Inversor Híbrido 5000W 48V de la marca Voltronic Axpert VMIII (Figura 8), que presenta una potencia máxima de 5000W y opera con baterías de cualquier tipo hasta 48V. Este inversor es versátil, con salidas de 48V DC y 120/240V AC, y cuenta con un sistema de control de carga y descarga para optimizar la vida útil de la batería. Incluye una pantalla LCD extraíble para monitorizar el estado de la batería, carga, descarga, voltaje y corriente, y un software de gestión remota para control a través de red. Ofrece funcionalidades como ecualización de batería para prolongar la vida útil de baterías de plomo ácido, posibilidad de funcionamiento sin batería, y una interfaz fácil de usar. La inversión es de S/. 3,818.86.

## Figura 8

*Inversor Growatt*



Nota. Fuente: Autosolar. <https://cdn.autosolar.pe/pdf/Ficha-Voltronic-Axpert-VMIII.pdf>

Es crucial garantizar la eficiencia y seguridad del sistema fotovoltaico por tal motivo se selecciona un controlador de carga solar como el Controlador 80Ah PRO 200V de la marca LD Solar (Figura 9). Su elección se basa en la capacidad de manejar corrientes de hasta 80 amperios y voltajes de hasta 200 voltios, lo que lo hace adecuado para sistemas de tamaño medio a grande con altas tensiones de panel.

**Figura 9**

*Controlador de carga*



*Nota.* Fuente: Soltronix Perú. <https://www.soltronixperu.com/product/controlador-80ah-pro-200v-ld-solar/>

Este controlador es esencial para regular el flujo de energía desde los paneles a las baterías, optimizando la carga y protegiendo las baterías de sobrecargas o descargas excesivas. Su uso asegura la longevidad de la batería y la eficiencia del sistema, y es especialmente importante en instalaciones que requieren una gestión robusta de la energía solar, adaptándose a variaciones en la irradiación solar y a las necesidades específicas de diferentes tipos de baterías, la inversión es de S/1,100.00. Además, se selecciona además 15 metros de cable 2x10 Negro (costo por metro s/.10.00)

### 3. Identificación del ángulo de inclinación

Asimismo, se identificó el ángulo de inclinación óptimo del sistema fotovoltaico del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho. El ángulo de inclinación se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned}\delta = & 0.006918 - 0.399912 \cos(\Gamma) + 0.070257 \sin(\Gamma) \\ & -0.006758 \cos(2\Gamma) + 0.000907 \sin(2\Gamma) \\ & -0.002697 \cos(3\Gamma) + 0.00148 \sin(3\Gamma)\end{aligned}$$

En la cual  $\Gamma$  representa el ángulo diario en radianes y se puede determinar por la fórmula:

$$\Gamma = 2\pi(N \text{ (número de día del año)} - 1) / 365$$

El ángulo de inclinación del panel óptimo en un día se determina con la altura solar al medio día solar, se calcula con la siguiente fórmula:

$$\alpha_n = 90 - L + \delta$$

Se determina en ángulo de inclinación del panel como:

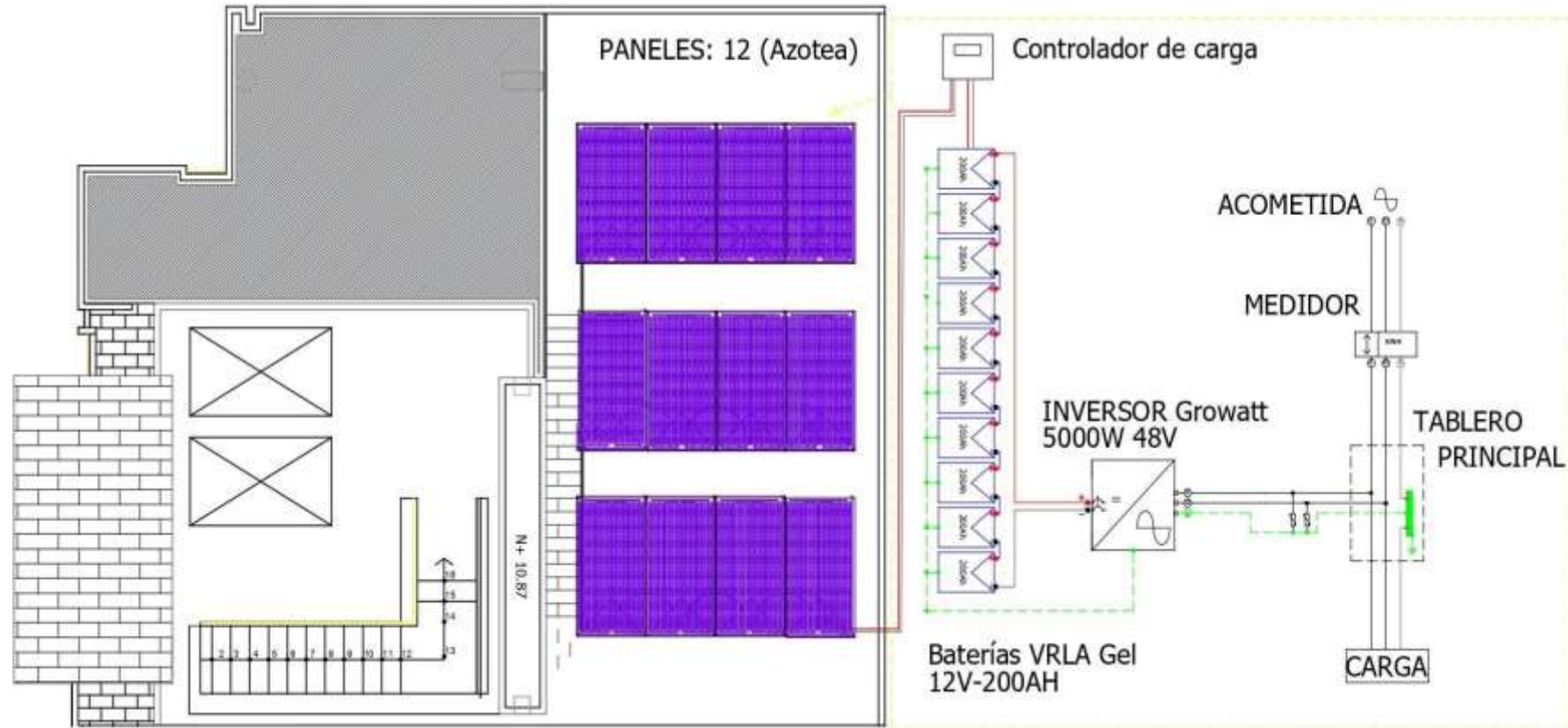
$$\beta_o = 90 - \alpha_n$$

Dadas las fórmulas, se calcula el ángulo de inclinación óptimo tomando como referencia los 120 primeros días (época de invierno en la sierra), determinando con ello un ángulo óptimo de  $7.79^\circ$ .

Realizado el dimensionamiento y determinado el ángulo de inclinación en la Figura 10 se muestra el diseño propuesto del sistema fotovoltaico del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho.

**Figura 10**

*Diseño del sistema fotovoltaico*



#### 4.6.2 Resultados inferenciales

Para la prueba de hipótesis, se empleó el estadístico de Mann-Whitney-Wilcoxon, un método robusto especialmente pertinente dada la falta de normalidad en las distribuciones de los datos recolectados. A través del software estadístico SPSS, se realizó el análisis de los datos, facilitando un manejo eficiente y preciso de la información disponible. Para la toma de decisiones respecto a la hipótesis, se estableció un nivel de significancia  $\alpha=0.05$ , este fue el criterio mediante el cual se determinó si las diferencias observadas son estadísticamente significativas. En este contexto, un valor de p (significancia) inferior al nivel de significancia preestablecido ( $\alpha=0.05$ ) indica que se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ), proporcionando apoyo empírico a la hipótesis de investigación ( $H_1$ ).

##### 1. Incidencia de radiación solar – Hipótesis específica 1

Ante lo descrito, se procedió a plantear la hipótesis nula y de investigación para la hipótesis específica 1, cuya variable dependiente se basó en el indicador duración de interrupciones del suministro eléctrico. En la Figura 11 se muestra los resultados.

- $H_0$ : La determinación de la incidencia de radiación solar no mejora significativamente el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho.
- $H_1$ : La determinación de la incidencia de radiación solar mejora significativamente el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho.

**Figura 11**

*Resultados hipótesis específica 1*

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre Duracion_de_las_interrupciones_pretest y Duracion_de_las_interrupciones_postest es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,002	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

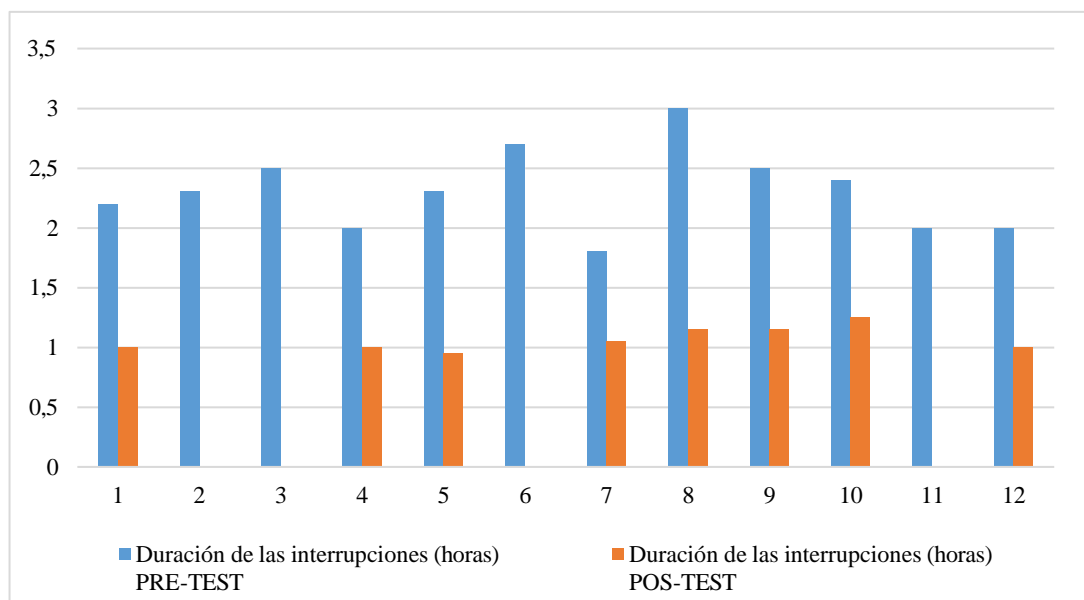
*Nota.* Fuente: SPSS

Los resultados de la Figura 11, muestran un p (sig.) menor al nivel de significancia ( $\alpha=0.05$ ), tomando por ello la decisión de rechazar la hipótesis nula, de esta manera se valida que la determinación de la incidencia de radiación solar mejora significativamente el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho. (Ver Anexo 3)

Validada la hipótesis de la investigación y determinada la incidencia de radiación solar en la localidad de Chipao durante el periodo de un año, en la Figura 12 se muestra los resultados obtenidos sobre el impacto de la variable independiente en el suministro de energía eléctrica en base a su indicador tiempo de duración de las interrupciones.

**Figura 12**

*Resultados de la duración de interrupciones del suministro eléctrico*



Tal como se muestra en la Figura 12, la determinación de la incidencia de radiación solar tuvo un impacto directo en la mejora del suministro de energía eléctrica, evidenciando una reducción del -69.57% en la duración de las interrupciones de energía. Este dato indica que el aprovechamiento de la radiación solar ha sido crucial para mitigar las interrupciones y mejorar la confiabilidad del suministro eléctrico.

## 2. Dimensionamiento de los equipos del sistema fotovoltaico – Hipótesis específica 2

Seguidamente se procede a plantear la hipótesis nula y de investigación para la hipótesis específica 2 cuya variable dependiente se basa en el indicador número de interrupciones del suministro eléctrico. En la Figura 13 se muestra los resultados.

- H0: El dimensionamiento de los equipos del sistema fotovoltaico no mejora significativamente el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho.
- H1: El dimensionamiento de los equipos del sistema fotovoltaico mejora significativamente el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho.

**Figura 13**

*Resultados hipótesis específica 2*

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre Numero_de_interrupciones_pretest y Numero_de_interrupciones_postest es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,002	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

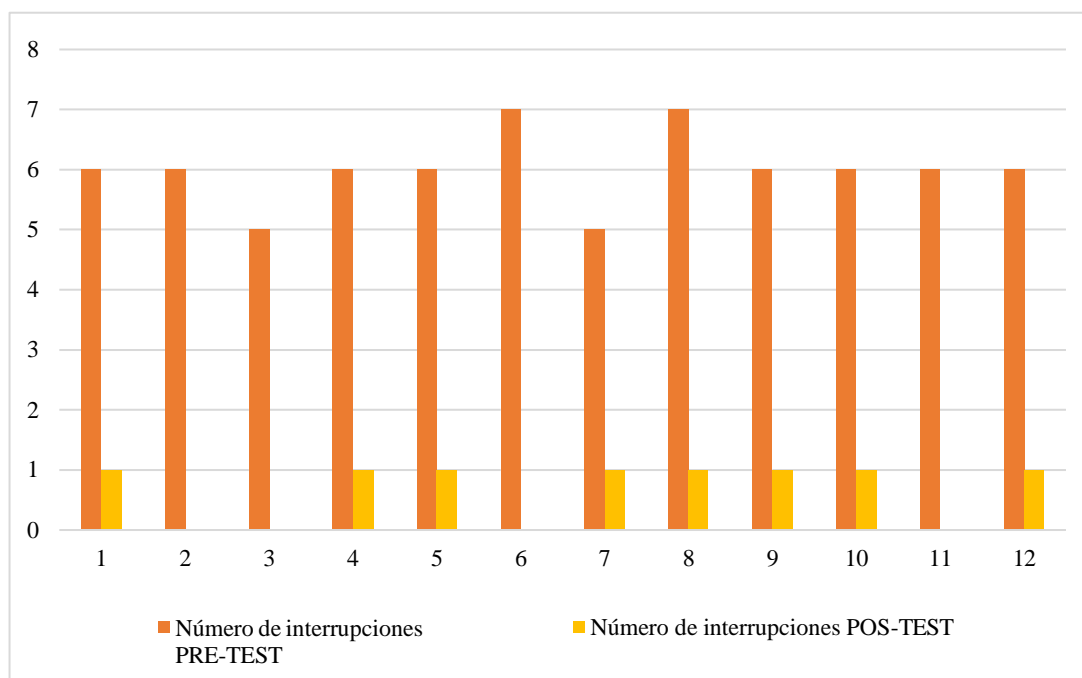
*Nota.* Fuente: SPSS

Los resultados de la Figura 13, muestran un p (sig.) igual a 0.002 este valor es menor al nivel de significancia ( $\alpha=0.05$ ), tomando por ello la decisión de rechazar la hipótesis nula, de esta manera se valida que el dimensionamiento de los equipos del sistema fotovoltaico mejora significativamente el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho.

Validada la hipótesis, en la Figura 14 muestra los resultados obtenidos sobre el impacto del dimensionamiento de los equipos en el suministro de energía eléctrica en base a su indicador número de interrupciones del suministro de energía eléctrica.

**Figura 14**

*Resultados del número de interrupciones del suministro eléctrico*



En la Figura 14, el dimensionamiento de los equipos ha contribuido de manera significativa en la mejora de la estabilidad del suministro de energía eléctrica, evidenciándose una reducción del -88.83% en el número de interrupciones. Este alto porcentaje de mejora sugiere que los equipos han sido dimensionados y desplegados efectivamente para satisfacer las demandas y desafíos energéticos del Centro de Salud.

### **3. Ángulo de inclinación – Hipótesis específica 3**

Se procede a plantear la hipótesis nula y de investigación para la hipótesis específica 3 cuya variable dependiente se basa en el indicador tiempo total del restablecimiento del suministro eléctrico. En la Figura 15 se muestra los resultados.

- H0: La óptima identificación del ángulo de inclinación del sistema fotovoltaico no mejora significativamente el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho.
- H1: La óptima identificación del ángulo de inclinación del sistema fotovoltaico mejora significativamente el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho.

**Figura 15**

*Resultados hipótesis específica 3*

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre Tiempo_total_de_restablecimiento_pretest y Tiempo_total_de_restablecimiento_postest es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,002	Rechazar la hipótesis nula.

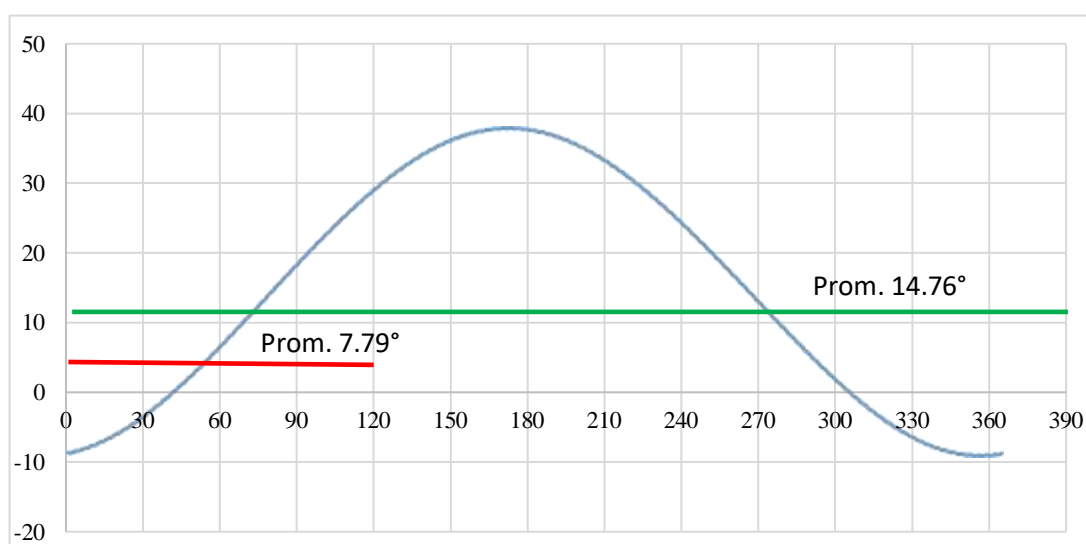
Nota. Fuente: SPSS

Los resultados de la Figura 15, muestran un p (sig.) igual a 0.002 este valor es menor al nivel de significancia ( $\alpha=0.05$ ), tomando por ello la decisión de rechazar la hipótesis nula, de esta manera se valida que la óptima identificación del ángulo de inclinación óptimo del sistema fotovoltaico mejora significativamente el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho.

Al realizar el cálculo del ángulo de inclinación óptimo tomando como referencia los 120 primeros días (época de invierno en la sierra), se determinó un ángulo óptimo de  $7.79^\circ$ , tal como se observa en la Figura 16.

**Figura 16**

*Ángulo de inclinación vs días del año*

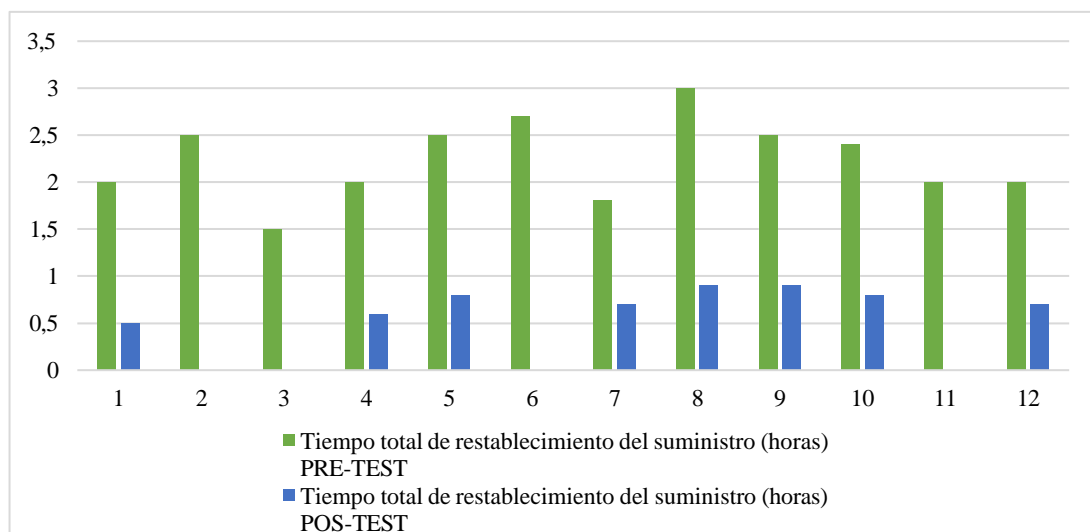


NOTA. La figura nos permite identificar el ángulo de inclinación óptimo en el Centro de Salud Chipao varía desde  $-9.08^\circ$  A  $37.87^\circ$ , sin embargo, nos enfocamos en los cuatro primeros meses por ser críticos obteniendo un ángulo de inclinación de  $7.79^\circ$ . Fuente propia

Validada la hipótesis y determinado el ángulo de inclinación, en la Figura 17 se muestra los resultados obtenidos sobre el impacto de la óptima identificación del ángulo de inclinación en el suministro de energía eléctrica en base a su indicador tiempo total de restablecimiento del suministro de energía eléctrica.

**Figura 17**

*Resultados del tiempo total de restablecimiento del suministro eléctrico – Pretest y Postest*



En la Figura 17, se evidencia que la identificación del ángulo de inclinación en el sistema fotovoltaico propicia una mejora significativa, representada por una reducción del -78.12% del tiempo de restablecimiento del suministro eléctrico. Esto respalda la hipótesis de que una óptima orientación e inclinación del sistema es fundamental para maximizar la eficiencia y la consecuente mejora en el suministro eléctrico.

#### **4. Hipótesis general**

Validadas las hipótesis específicas, se procede a plantear la hipótesis nula y de investigación para la hipótesis general. En la Figura 18 se muestra los resultados.

- H0: El óptimo diseño del sistema fotovoltaico de respaldo no mejora significativamente el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas - Ayacucho.

- H1: El óptimo diseño del sistema fotovoltaico de respaldo mejora significativamente el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas - Ayacucho.

### Figura 18

#### Resultados hipótesis general

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre VD_PRETEST y VD_POSTEST es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,002	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

Nota. Fuente: SPSS

La Figura 18, muestra un p (sig.) igual a 0.002 este valor es menor al nivel de significancia ( $\alpha=0.05$ ), tomando por ello la decisión de rechazar la hipótesis nula, de esta manera se valida que el óptimo diseño del sistema fotovoltaico de respaldo mejora significativamente el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas - Ayacucho.

Con los resultados obtenidos, se puede concluir que con el sistema fotovoltaico de respaldo se logró una mejora global en la continuidad del suministro eléctrico de - 78.84%. Esto se traduce en una reducción significativa en las interrupciones del suministro eléctrico, apoyando así las operaciones del Centro de Salud de manera continua y fiable.

Es imperativo señalar que los resultados obtenidos, muestran una mejora porcentual significativa en los indicadores clave de la continuidad del suministro eléctrico, de tal manera que corroboran las hipótesis planteadas. A la luz de los datos recogidos, el nuevo sistema no solo estabiliza el suministro eléctrico, sino que también asegura que las operaciones críticas del Centro de Salud no se vean obstaculizadas por las interrupciones del suministro eléctrico, haciendo eco de las afirmaciones de diversas investigaciones respecto al papel crucial de las soluciones fotovoltaicas en distintos sectores.

## CAPÍTULO V

### 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de la hipótesis 1 (Figura 11), validan que la determinación de la incidencia de radiación solar (promedio anual de 6.98 kWh/m<sup>2</sup>/día) mejora significativamente el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho. Debido a la reducción del -69.57% en la duración de las interrupciones de energía (Figura 12), lo que indica que el aprovechamiento de la radiación solar ha sido crucial para mitigar las interrupciones y mejorar la confiabilidad del suministro eléctrico. Tomando en consideración la investigación de Benites (2021), el autor resalta las ventajas de los sistemas fotovoltaicos flotantes para la mejora del acceso de la energía eléctrica, señalando que los recursos renovables que el sistema utiliza para generar energía eléctrica dependen considerablemente de la ubicación geográfica, en este caso, el suministro de energía mediante tecnología solar fotovoltaica depende en gran medida de la latitud y el clima (radiación solar, temperatura media, velocidad del viento).

Los resultados de la hipótesis 2, validan que el dimensionamiento de los equipos del sistema fotovoltaico (12 paneles monocristalino 340W, 10 baterías 12v-200Ah, 1 Inversor de 5000W 48V, 1 Controlador de carga 80Ah 200V) mejora significativamente el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho (Figura 13). Debido a la reducción del -88.83% en el número de interrupciones del suministro eléctrico (Figura 14). Este alto porcentaje de mejora sugiere que los equipos han sido dimensionados y desplegados efectivamente para satisfacer las demandas y desafíos energéticos del Centro de Salud. Comparativamente con los hallazgos de Sánchez (2019) se destaca la importancia del diseño y dimensionamiento adecuado del sistema fotovoltaico, debido a que este puede satisfacer una porción significativa del consumo total de energía cuando se dimensiona y se selecciona adecuadamente.

Los resultados de la hipótesis 3, validan que la identificación del ángulo de inclinación óptimo (7.79°) del sistema fotovoltaico mejora significativamente el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho (Figura 15). Debido a la reducción del -78.12% del tiempo de restablecimiento del suministro eléctrico (Figura 17). En cuanto a las condiciones climáticas y su influencia en la eficiencia del sistema

fotovoltaico, Helfer (2021) señala que una inclinación adecuada asegura que los paneles reciban la máxima irradiación posible, especialmente en regiones con variaciones estacionales en la posición del sol. De igual manera, Villegas y Alcivar (2020) indican la importancia de la orientación e inclinación de los paneles solares, ello muestra que no basta con simplemente instalar paneles solares, sino que se debe considerar su orientación para maximizar la captación de radiación solar.

Ante ello se puede indicar, que si bien estas investigaciones, difieren en su aplicación, comparten una perspectiva común: la necesidad de un diseño adaptativo basado en las condiciones y demandas particulares del entorno; no es solo el diseño o implementación de una tecnología, sino la forma en que se adapta y optimiza, lo que determina su éxito y eficacia.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES

- Se determinó que la incidencia de radiación solar (promedio anual de 6.98 kWh/m<sup>2</sup>/día) mejora significativamente el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho. Debido a la reducción del -69.57% en la duración de las interrupciones de energía eléctrica, lo que indica que el aprovechamiento de la radiación solar ha sido crucial para mitigar las interrupciones y mejorar la confiabilidad del suministro eléctrico.
- Se realizó el dimensionamiento de los equipos del sistema fotovoltaico (12 paneles monocristalino 340W, 10 baterías 12v-200Ah, 1 Inversor de 5000W 48V, 1 Controlador de carga 80Ah 200V) determinado su relación en la mejora significativamente el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho. Debido a la reducción del -88.83% en el número de interrupciones del suministro eléctrico.
- Se identificó que el ángulo de inclinación óptimo (7.79°) del sistema fotovoltaico mejora significativamente el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho. Debido a la reducción del -78.12% del tiempo de restablecimiento del suministro eléctrico.

Se concluye de manera general que el diseño del sistema fotovoltaico de respaldo mejora significativamente el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas - Ayacucho, debido a la mejora global en la continuidad del suministro eléctrico de -78.84%. Esta mejora significativa representa la reducción de interrupciones del suministro eléctrico, asegurando con ello un soporte energético confiable y continuo para el Centro de Salud.

## CAPÍTULO VII

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bedoya, J., & Tisalema, H. (2022). Diseño e implementación de un sistema automatizado de iluminación fotovoltaico de respaldo. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.
- Benites, K. (2021). Diseño de un sistema fotovoltaico flotante para mejorar el acceso a la energía eléctrica en las localidades ubicadas sobre la superficie del lago Titicaca en el Perú. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Nacional de Callao, Lima.
- Castillo, J. (2022). Diseño de un sistema de energía renovable para el alumbrado público en la avenida Gálvez de la ciudad de Barranca 2021. (*Tesis de pregrado*). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho.
- Chiron, A., & Cachorro, V. (2003). *La radiación solar en el sistema tierra-atmósfera*. Paris, Francia: Editions Publibook.
- Díaz, E. (2022). Diseño de un sistema fotovoltaico aislado para suministro eléctrico a una vivienda unifamiliar en el Caserío Nuevo Valle, distrito Soritor, provincia Moyobamba – San Martín. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Politécnica Amazónica, Bagua Grande, Perú.
- Faúndez, F., & Sepúlveda, P. (2022). Diseño de un sistema auxiliar fotovoltaico para casa habitación. (*Tesis de Pregrado*). Universidad del Bío Bío, Chile.
- Flores, W. (2020). “Diseño de un sistema de respaldo fotovoltaico para abastecer de energía eléctrica a la Institución Educativa San Juan - Sallique”. (*Tesis de Pregrado*). Universidad César Vallejo, Lima, Perú.
- García, P. (2022). *Energía Solar Fotovoltaica para todos* (2da edición ed.). Madrid, España: Marcombo.
- Helfer, A. (2021). Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico en la Compañía de bomberos de Yanahuara - Arequipa. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Lima.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (Vol. 6ta Edición). México: McGRAW-HILL.
- IBM. (2022). *SPSS Statistics*. Obtenido de [ibm.com/docs/es/spss-statistics/29.0.0?topic=detection-kmo-bartletts-test](https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/29.0.0?topic=detection-kmo-bartletts-test)
- MDM. (2023). *Médicos del Mundo*. Obtenido de <https://www.medicosdelmundo.org/actualidad-y-publicaciones/noticias/medicos-del-mundo-alerta-del-drama-sanitario-que-provoca-la>
- Migan, G.-A. (2013). *Study of the temperature of a PV module*. Suecia: MVK160 Heat and Mass Transfer.

- MINEM. (1997). *NORMAS TÉCNICAS DE LOS SERVICIOS ELÉCTRICOS DECRETO SUPREMO N° 020-97-EM*. Lima, Perú: Ministerio de Energía y Minas.
- MINSA. (2022). *Diagnóstico de brechas de infraestructura y equipamiento del sector salud salud*. Lima, Perú: MINSA. Obtenido de <https://www.minsa.gob.pe/Recursos/OTRANS/08Proyectos/2022/diagnostico-brechas-infraestructura-sector-salud-2022.pdf>
- Osinermin. (2023). *Memoria Institucional 2022*. Lima, Perú: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4666230/Memoria%20Osinermin%202022%20.pdf?v=1686320153>
- Ramos, H., & Luna, R. (2014). Diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la Red para el área de estacionamiento de la Universidad Tecnológica de Salamanca. (*Tesis de Pregrado*). Universidad tecnológica de Salamanca, Chihuahua, Salamanca.
- Reascos, B. (2022). Diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica de respaldo para estaciones multiservicio de telecomunicaciones en Chiriboga - Santo Domingo. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.
- Salazar, W. (2021). Diseño de un sistema de respaldo de energía fotovoltaico para cámaras de Videovigilancia PTZ para la parroquia de PIFO. (*Tesis de Pregrado*). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Sánchez, G. (2019). Sistema fotovoltaico conectado a la red para el centro de salud “El Arenal” en el centro poblado El Arenal, distrito El Arenal, Paita – Piura. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, Lambayeque, Perú.
- Villegas, E., & Alcivar, L. (2020). Diseño y Implementación de un Sistema Fotovoltaico para la Escuela de Educación Básica Simón Bolívar en la Comunidad Masa 2, Golfo de Guayaquil. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Politécnica Salesiana, Sede Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de consistencia

Título: “DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE RESPALDO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL CENTRO DE SALUD CHIPAO, LUCANAS - AYACUCHO”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA			
<p><b>Problema General</b> ¿Cómo el diseño del sistema fotovoltaico de respaldo mejora el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho?</p> <p><b>Problema Específico 1</b> ¿Cómo la incidencia de radiación solar mejora el suministro de energía eléctrica del centro de Salud Chipao, Lucanas - Ayacucho?</p> <p><b>Problema Específico 2</b> ¿Cómo el dimensionamiento de los equipos del sistema fotovoltaico mejora el suministro de energía eléctrica del centro de Salud Chipao, Lucanas - Ayacucho?</p> <p><b>Problema Específico 3</b> ¿Cómo el cálculo del ángulo de inclinación del sistema fotovoltaico mejora el suministro de energía eléctrica del centro de Salud Chipao, Lucanas - Ayacucho?</p>	<p><b>Objetivo General</b> Realizar el diseño del sistema fotovoltaico de respaldo para mejorar el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas - Ayacucho.</p> <p><b>Objetivo Específico 1</b> Determinar si la incidencia de radiación solar mejora el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho.</p> <p><b>Objetivo Específico 2</b> Dimensionar los equipos del sistema fotovoltaico para mejorar el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho.</p> <p><b>Objetivo Específico 3</b> Identificar si el ángulo de inclinación óptimo del sistema fotovoltaico mejora el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho.</p>	<p><b>Hipótesis General</b> El diseño del sistema fotovoltaico de respaldo mejora significativamente el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas - Ayacucho.</p> <p><b>Hipótesis Específica 1</b> La determinación de la incidencia de radiación solar mejora significativamente el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho.</p> <p><b>Hipótesis Específica 2</b> El dimensionamiento de los equipos del sistema fotovoltaico mejora significativamente el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho.</p> <p><b>Hipótesis Específica 3</b> La identificación del ángulo de inclinación óptimo del sistema fotovoltaico mejora significativamente el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas – Ayacucho.</p>	<p><b>Variable 1 Independiente</b> Sistema fotovoltaico de respaldo</p>	<p>Incidencia de radiación solar</p>	<p>Índice de radiación solar promedio (kWh/m<sup>2</sup>/día)</p>	<p><b>Metodología</b> Tipo aplicada, nivel de la investigación es explicativo, método de la investigación es cuantitativo y diseño cuasiexperimental.</p> <p><b>Población y Muestra</b> Objeto de estudio se centra en el proceso de diseño del sistema fotovoltaico.</p> <p><b>Escenario de Estudio</b> Centro de Salud Chipao, Lucanas - Ayacucho</p> <p><b>Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos</b> La técnica es la de observación y medición. El instrumento de recolección es la ficha técnica de trabajo.</p>			
				<p>Dimensionamiento de los equipos de generación fotovoltaica</p>	<p>Diseño del sistema fotovoltaico (Cálculos)</p>				
				<p>Ángulo de inclinación</p>	$\delta = 0.006918 - 0.399912 \cos(\Gamma) + 0.070257 \sin(\Gamma)$ $-0.006758 \cos(2\Gamma) + 0.000907 \sin(2\Gamma)$ $-0.002697 \cos(3\Gamma) + 0.00148 \sin(3\Gamma)$ $\Gamma = 2\pi(N (\text{número de día del año}) - 1) / 365$ $\alpha_n = 90 - L + \delta$ $\beta_o = 90 - \alpha_n$				
							<p><b>Variable 2 Dependiente</b> Suministro de energía eléctrica</p>	<p>Continuidad del suministro eléctrico</p>	<p>Número de interrupciones</p>
								<p>Duración total de las interrupciones = <math>\Sigma</math> (Duración de cada interrupción en minutos u horas)</p>	
								<p>Tiempo total de restablecimiento del suministro = Tiempo promedio de restablecimiento en minutos u horas * Número de interrupciones</p>	

Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS								
FICHA TÉCNICA DE TRABAJO								
<b>Proyecto:</b> “Diseño de un sistema fotovoltaico de respaldo para el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas - Ayacucho”								
MES	<b>Variable Dependiente:</b>	SUMINISTRO DE ENERGÍA			<b>Dimensión:</b>	Continuidad del Suministro Eléctrico		
	<b>Diseño:</b>	Cuasi-Experimental			<b>Período:</b>	2021-2023		
	PRE-TEST (PERÍODO 2021-2022)				POS-TEST (PERÍODO 2022-2023)			
	<b>Indicadores</b>							
	<b>Indicador 1</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>Indicador 2 (a*b)</b>	<b>Indicador 1</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>Indicador 2 (a*b)</b>
Duración de las interrupciones (horas)	Tiempo promedio de restablecimiento del suministro (horas)	Número de interrupciones	Tiempo total de restablecimiento del suministro (horas)	Duración de las interrupciones (horas)	Tiempo promedio de restablecimiento del suministro (horas)	Número de interrupciones	Tiempo total de restablecimiento del suministro (horas)	
<b>Octubre</b>								
<b>Noviembre</b>								
<b>Diciembre</b>								
<b>Enero</b>								
<b>Febrero</b>								
<b>Marzo</b>								
<b>Abril</b>								
<b>Mayo</b>								
<b>Junio</b>								
<b>Julio</b>								
<b>Agosto</b>								
<b>Setiembre</b>								

**INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

**FICHA TÉCNICA DE TRABAJO**

**Proyecto:** “Diseño de un sistema fotovoltaico de respaldo para el suministro de energía eléctrica del Centro de Salud Chipao, Lucanas - Ayacucho”

<b>MES</b>	<b>Variable Dependiente:</b>	SUMINISTRO DE ENERGÍA			<b>Dimensión:</b>	Continuidad del Suministro Eléctrico		
	<b>Diseño:</b>	Cuasi-Experimental			<b>Período:</b>	2021-2023		
	<b>PRE-TEST (PERÍODO 2021-2022)</b>				<b>POS-TEST (PERÍODO 2022-2023)</b>			
	<b>Indicadores</b>							
	<b>Indicador 1</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>Indicador 2 (a*b)</b>	<b>Indicador 1</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>Indicador 2 (a*b)</b>
Duración de las interrupciones (horas)	Tiempo promedio de restablecimiento del suministro (horas)	Número de interrupciones	Tiempo total de restablecimiento del suministro (horas)	Duración de las interrupciones (horas)	Tiempo promedio de restablecimiento del suministro (horas)	Número de interrupciones	Tiempo total de restablecimiento del suministro (horas)	
<b>Octubre</b>	2,20	0,33	6	2,00	1,00	0,50	1	,50
<b>Noviembre</b>	2,30	0,42	6	2,50	0,00	0,00	0	,00
<b>Diciembre</b>	2,50	0,30	5	1,50	0,00	0,00	0	,00
<b>Enero</b>	2,00	0,33	6	2,00	1,00	0,60	1	,60
<b>Febrero</b>	2,30	0,42	6	2,50	0,95	0,80	1	,80
<b>Marzo</b>	2,70	0,39	7	2,70	0,00	0,00	0	,00
<b>Abril</b>	1,80	0,36	5	1,80	1,05	0,70	1	,70
<b>Mayo</b>	3,00	0,43	7	3,00	1,15	0,90	1	,90
<b>Junio</b>	2,50	0,42	6	2,50	1,15	0,90	1	,90
<b>Julio</b>	2,40	0,40	6	2,40	1,25	0,80	1	,80
<b>Agosto</b>	2,00	0,33	6	2,00	0,00	0,00	0	,00
<b>Setiembre</b>	2,00	0,33	6	2,00	1,00	0,70	1	,70

## Anexo 3. Resultados obtenidos en el SPSS

### Alfa de Cronbach

RELIABILITY

```
/VARIABLES=Duracion_de las_interrupciones_pretest Tiempo_total_de_restablecimiento_pretest  
Numero_de_interrupciones_pretest Duracion_de las_interrupciones_postest  
Tiempo_total_de_restablecimiento_postest Numero_de_interrupciones_postest  
Tiempo_promedio_de_restablecimiento_pretest Tiempo_promedio_de_restablecimiento_postest.  
/SCALE('ALL VARIABLES') ALL.  
/MODEL=ALPHA.
```

➤ **Fiabilidad**

**Escala: ALL VARIABLES**

**Resumen de procesamiento de casos**

Casos	Válido	N	%
	Válido	12	100,0
	Excluido <sup>a</sup>	0	,0
	Total	12	100,0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

**Estadísticas de fiabilidad**

Alfa de Cronbach	N de elementos
,815	8

IBM SPSS Statistics Processor está listo | Unicode:ON

## Prueba KMO

IBM SPSS Statistics Processor está listo    Unicode:ON

Archivo    Editar    Ver    Datos    Transformar    Insertar    Formato    Analizar    Gráficos    Utilidades    Ampliaciones    Ventana    Ayuda

Resultado2 [Documento2] - IBM SPSS Statistics Visor

Resultado

- Registro
- Fiabilidad
  - Título
  - Notas
  - Escala: ALL VARI
    - Título
    - Resumen de
    - Estadísticas
- Registro
- Análisis factorial
  - Título
  - Notas
  - Prueba de KMO y
  - Comunalidades
  - Varianza total expl
  - Matriz de compon

.815    8

FACTOR

```

/VARIABLES Duracion_de las_interrupciones_pretest Tiempo_total_de_restablecimiento_pretest
  Numero_de_interrupciones_pretest Duracion_de las_interrupciones_postest
  Tiempo_total_de_restablecimiento_postest Numero_de_interrupciones_postest
/MISSING LISTWISE
/ANALYSIS Duracion_de las_interrupciones_pretest Tiempo_total_de_restablecimiento_pretest
  Numero_de_interrupciones_pretest Duracion_de las_interrupciones_postest
  Tiempo_total_de_restablecimiento_postest Numero_de_interrupciones_postest
/PRINT INITIAL KMO EXTRACTION
/FORMAT BLANK(.05)
/CRITERIA MINEIGEN(1) ITERATE(25)
/EXTRACTION PC
/ROTATION NOROTATE
/METHOD=CORRELATION.
  
```

➤ **Análisis factorial**

**Prueba de KMO y Bartlett**

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		.610
Prueba de esfericidad de Bartlett.	Aprox. Chi-cuadrado	79,395
	gl	15
	Sig.	,000

**Comunalidades**

## Prueba de hipótesis específica 1

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

\*Nonparametric Tests: Related Samples.  
 NPTESTS  
 /RELATED TEST(Duracion\_de\_las\_interrupciones\_pretest Duracion\_de\_las\_interrupciones\_postest)  
 /MISSING SCOPE=ANALYSIS USERMISSING=EXCLUDE  
 /CRITERIA ALPHA=0.05 CILEVEL=95.

➔ **Pruebas no paramétricas**

**Resumen de prueba de hipótesis**

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre Duracion_de_las_interrupciones_pretest y Duracion_de_las_interrupciones_postest es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,002	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

IBM SPSS Statistics Processor está listo      Unicode ON

## Prueba de hipótesis específica 2

The screenshot shows the IBM SPSS Statistics Visor interface. The left pane displays a tree view of the analysis results, with 'Pruebas no paramétricas' selected. The main pane shows the output for the 'Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas' test. The output includes the test name, the variables being compared, the significance level, and the decision to reject the null hypothesis.

es\_postest

Método de extracción: análisis de componentes principales.  
a. 2 componentes extraídos.

\*Nonparametric Tests: Related Samples.  
NPTTESTS  
/RELATED TEST (Numero\_de\_interrupciones\_pretest Numero\_de\_interrupciones\_postest)  
/MISSING SCOPE=ANALYSIS USERMISSING=EXCLUDE  
/CRITERIA ALPHA=0.05 CILEVEL=95.

➔ **Pruebas no paramétricas**

**Resumen de prueba de hipótesis**

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La mediana de las diferencias entre Numero_de_interrupciones_pretest y Numero_de_interrupciones_postest es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,002	Rechazar la hipótesis nula

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

IBM SPSS Statistics Processor está listo Unicode.ON

### Prueba de hipótesis específica 3

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

\*Nonparametric Tests: Related Samples.  
NPTTESTS  
/RELATED TEST(Tiempo\_total\_de\_restablecimiento\_pretest Tiempo\_total\_de\_restablecimiento\_postest)  
/MISSING SCOPE=ANALYSIS USERMISSING=EXCLUDE  
/CRITERIA ALPHA=0.05 CILEVEL=95.

➔ **Pruebas no paramétricas**

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre Tiempo_total_de_restablecimiento_pretest y Tiempo_total_de_restablecimiento_postest es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,002	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

IBM SPSS Statistics Processor está listo | Unicode:ON

## Hipótesis general

The screenshot displays the IBM SPSS Statistics Processor interface. The left sidebar shows a tree view of the analysis process, with 'Pruebas no paramétricas' (Non-parametric tests) selected. The main window contains the following text:

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

\*Nonparametric Tests: Related Samples.  
NPTESTS  
/RELATED TEST(VD\_PRETEST VD\_POSTEST)  
/MISSING SCOPE=ANALYSIS USERMISSING=EXCLUDE  
/CRITERIA ALPHA=0.05 CILEVEL=95.

➔ **Pruebas no paramétricas**

**Resumen de prueba de hipótesis**

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1 La mediana de las diferencias entre VD_PRETEST y VD_POSTEST es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,002	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

At the bottom of the window, the status bar indicates 'IBM SPSS Statistics Processor está listo' and 'Unicode:ON'.


#### **Anexo 4. Glosario de términos**

- **Autonomía energética:** Es la capacidad de un sistema o instalación para generar y satisfacer su propia demanda energética sin depender completamente de la red eléctrica externa.
- **Dimensionamiento de equipos:** Es el proceso de calcular y seleccionar el tamaño y capacidad adecuada de los equipos, como paneles solares y baterías, para satisfacer las necesidades energéticas de un sistema.
- **Dispositivo de almacenamiento:** Es un equipo o componente que permite almacenar la energía generada por el sistema fotovoltaico para su uso posterior, como baterías o acumuladores.
- **Duración de las Interrupciones:** Es el tiempo total durante el cual el suministro eléctrico está interrumpido, o sea, el suministro de electricidad no está disponible.
- **Eficiencia de conversión:** Es el porcentaje de energía solar que un panel fotovoltaico es capaz de convertir en energía eléctrica.
- **Eficiencia energética:** Es la relación entre la cantidad de energía utilizada y la cantidad de energía generada o consumida en un sistema, buscando minimizar pérdidas y desperdicios.
- **Energía fotovoltaica:** Es la energía eléctrica generada a partir de la radiación solar mediante el uso de paneles solares fotovoltaicos.
- **Energía renovable:** Es aquella fuente de energía que proviene de fuentes naturales y se regenera de manera constante, como la energía solar, eólica, hidráulica, entre otras.
- **Impacto ambiental:** Es la evaluación de los efectos positivos o negativos que una actividad, proyecto o sistema tiene sobre el medio ambiente.
- **Inversor solar:** Es un dispositivo que convierte la energía generada por los paneles solares de corriente continua a corriente alterna, que es la forma de energía utilizada en la mayoría de aplicaciones eléctricas.
- **Potencia nominal:** Es la capacidad máxima de generación de energía de un dispositivo o sistema, expresada en watts o kilowatts.
- **Radiación solar:** Es la energía emitida por el sol en forma de ondas electromagnéticas, que incluye luz visible, infrarrojo y ultravioleta.
- **Red eléctrica:** Es una red interconectada de infraestructuras y líneas de transmisión que suministra energía eléctrica a una región o país.

- Respaldo de energía: Es una fuente de energía alternativa que se activa en caso de interrupciones o fallas en el suministro eléctrico principal.
- Sistema fotovoltaico: Es un conjunto de paneles solares y componentes eléctricos que generan y entregan energía eléctrica a un sistema.
- Sostenibilidad: Es la capacidad de un sistema o práctica para mantenerse en el tiempo sin agotar los recursos naturales ni comprometer la calidad de vida de las futuras generaciones.
- Suministro eléctrico: Es el abastecimiento de energía eléctrica a un sistema, equipo o lugar específico.
- Tiempo Total de Restablecimiento del Suministro Eléctrico: Tiempo que se toma para restablecer el suministro después de cada interrupción.

## Anexo 5. Fichas técnicas de los equipos

### Panel Monocristalino 340W


Mono-crystalline 156.75(5BB) Solar Module

**RD340M2 (72 Cells)**

**340Wp Output Power**

**Max system voltage 1500V standard**

**Key Features**


- Outstanding Performance in weak-light conditions
- Excellent temperature coefficient
- 0~+5W positive tolerance guarantee reliable power output
- Shortened current collection, path, low series resistance
- More uniform stress distribution, higher anti-crack ability
- Excellent anti-PID module design
- Certified to withstand high wind loads(2400pa) and snow loads(5400pa) of the latest standard test of module mechanical load
- Salt mist and ammonia corrosion resistant


**Quality & Environment Certification System**


ISO 9001:2015 Quality management systems

ISO 14001:2015 Environment management systems

OHSAS 18001:2007 Occupational health and safety management systems

**Linear Warranty For Module**

12

12-year materials and workmanship Warranty

25

25-year linear performance Warranty



■ RENEPV standard  
■ Industry standard

IEC61215    IEC61730    UL1703    IEC61701    IEC62716

NINGBO RENELED NEW ENERGY CO.,LTD

Add:NO.35 jintong road,binhai industrial park,xiangshan,ningbo city,china

Tell: +86-574-65786319      Fax: +86-574-65786317

Email: [info@renewpv.com](mailto:info@renewpv.com)      Website: [www.renewpv.com](http://www.renewpv.com)





## Mono-crystalline 156.75(5BB) Solar Module

### Electrical Data (STC)

Module Type	RD340M2	
Power output	W	340
Module efficiency	%	17.52
Voltage at Pmax	V	37.72
Current at Pmax	A	9.01
Open circuit voltage	V	45.96
Short circuit current	A	9.39

STC: 1000W/m<sup>2</sup> irradiance, 25°C cell temperature, AM1.5g spectrum according to EN 60904-3. Average relative efficiency reduction of 5% at 200W/m<sup>2</sup> according to EN 60904-1

### Electrical Data (NOCT)

Module Type	RD340M2	
Power output	W	254.4
Voltage at Pmax	V	34.53
Current at Pmax	A	7.48
Open circuit voltage	V	41.97
Short circuit current	A	8.60

NOCT: Open-circuit module operation temperature at 800W/m<sup>2</sup> irradiance, 20°C ambient temperature, 1m/s wind

### Mechanical Data

Cell (quantity)	Mono156.75×156.75 72pcs(6*12)
Sealing material	EVA
Back sheet	White sheet
Front Cover (material / thickness)	low-iron tempered glass / 3.2mm
Frame material	anodized aluminum alloy
Junction box (protection degree)	≥ IP67 with bypass-diode
Cable (length / cross sectional area)	900MM-Section4.0mm <sup>2</sup> /TUV
Plug connector(type/protection degree)	MC4 / IP67
Fire Safety Classification (IEC 61730)	Class C

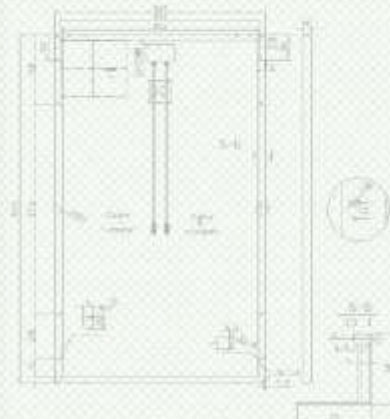
### Working Conditions & Temperature

Nominal operating cell temperature	NOCT	44°C±2°C
Temperature coefficient of P <sub>max</sub>	δ[%/°C]	-0.370
Temperature coefficient of V <sub>OC</sub>	β[%/°C]	-0.304
Temperature coefficient of I <sub>SC</sub>	α[%/°C]	0.046
Maximum system voltage (IEC)	VDC	1500
Maximum series fuse rating	A	20
Operating & Storage temperature	°C	-40~+85

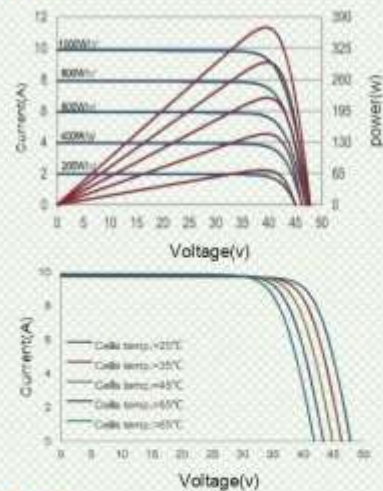
### Dimensions of PV Module(mm)

Module Dimension	1956×992×40mm
Weight	20.2 kg

Unit:MM



### IV-Curves



### Packing

packing unit	30pcs/box
1*40HQ	22Pallets660pcs

NINGBO RENIELED NEW ENERGY CO.,LTD All rights reserved

Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

Off-Grid Inverter

# Axpert VM III Off-Grid Inverter



LCD Display Panel



OFF-GRID INVERTER

- **Detachable LCD control module with various communications**  
This detachable LCD control module can be turned to remote panel. Users can install the LCD panel in accessible area away from inverter up to 20 meters.



- **Integrated Bluetooth interface with Android App**  
VM III series is integrated Bluetooth interface ready for mobile monitoring. This technology allows wireless communication up to 6~7m in an open space. Now, WatchPower App is available in google store.



- **Supports USB On-the-Go function**  
VM III series supports USB On-the-Go function to facilitate data upload/download.



- **Reserved communication port (RS-485, CAN-BUS or RS-232) for BMS**  
This third generation inverter is reserved communication port for BMS. For the detailed information, please contact sales directly.



- **Battery equalization extends lifecycle**  
This inverter charger is built in battery equalization function. This function will help remove sulfation to optimize battery performance and even extend lifecycle.
- **Battery independency**  
Inverter can keep supplying power to the loads from PV energy or the grid without battery connected.



- **User-friendly LCD operation**  
Users can easily set up or change the charging current, output source and charger source prioritization through LCD control panel to optimize inverter performance.



- **Replaceable fan design**  
VM III series is designed with replaceable fan. It will simplify the maintenance and reduce the maintenance cost.



### Expert VM III Off-Grid Inverter Selection Guide

MODEL	Expert VM III-1500-24	Expert VM III-3000-24	Expert VM III-5000-48
Rated Power	1500VA/1500W	3000VA/3000W	5000VA/5000W
<b>INPUT</b>			
Voltage	230 VAC		
Selectable Voltage Range	170-280 VAC (For Personal Computers) 90-280 VAC (For Home Appliances)		
Frequency Range	50 Hz/60 Hz (Auto sensing)		
<b>OUTPUT</b>			
AC Voltage Regulation (Batt. Mode)	230VAC $\pm$ 5%		
Surge Power	3000VA	6000VA	10000VA
Efficiency (Peak)	90% - 93%		
Transfer Time	10 ms (For Personal Computers) 20 ms (For Home Appliances)		
Waveform	Pure sine wave		
<b>BATTERY</b>			
Battery Voltage	24 VDC		48 VDC
Floating Charge Voltage	27 VDC		54 VDC
Overcharge Protection	33 VDC		63 VDC
<b>SOLAR CHARGER &amp; AC CHARGER</b>			
Solar Charger type	MPPT		
Maximum PV Array Power	2000W	4000W	5000W
MPP Range @ Operating Voltage	120 - 380 VDC	120 - 450 VDC	
Maximum PV Array Open Circuit Voltage	400 VDC	500 VDC	
Maximum Solar Charge Current	60A	80A	
Maximum AC Charge Current	40A	60A	
Maximum Charge Current	60A	80A	
<b>PHYSICAL</b>			
Dimension, D x W x H (mm)	100 x 280 x 390	115 x 300 x 400	
Net Weight (kgs)	8.5	9	10
Communication Interface	USB/RS232/RS485/Bluetooth/Dry-contact		
<b>OPERATING ENVIRONMENT</b>			
Humidity	5% to 95% Relative Humidity (Non-condensing)		
Operating Temperature	-10°C to 50°C		
Storage Temperature	-15°C to 60°C		

Product specifications are subject to change without further notice.

## Anexo 6. Información de las cargas y facturación

### Recibo de electricidad – Chipao

Síguenos en:  
 @electrodunas.official ElectroDunas www.electrodunas.com

**ElectroDunas**  
 Pasamaritana Sur Km. 300.5 La Angostura Ica  
 RUC 20506156400  
 www.electrodunas.com

**NIS 501002701**

Recibo Nro. S001 - 38917443  
**CENTRO DE SALUD CHIPAO**  
 JRN ARNALDO ALVARADO Nro. Tapa Medidor 12000350 Cercado Pucallpa PUCUJIO

Vencimiento de Contrato : 31/10/2023  
 Período de Facturación : 06/2023  
 Fecha de Emisión : 05/07/2023  
 Vencimiento de pago : 31/07/2023

Medidor: 605429088 SHEN ZEN STAR  
 R:05 - t:4445 Hoja 01

**Datos del Suministro**

Domicilio: JRN MIGUEL GRAU Nro. Tapa Medidor 12000350 0  
 Chipao CHIPAO  
 Acceso: JRON GRAU S/N

Sistema Eléctrico: PUCUJIO RURAL  
 Sector Típico: 4  
 Tarifa: BT05 No Residencial  
 Tensión: Baja 220 V  
 Pot.Cont. (Kw): 3

Medidor: 605429088 SHEN ZEN STAR  
 Tipo de Medidor: Electrónico 2 hilos  
 Tipo de Conexión: C1.1 Monofásico - Aire

Período de Consumo: 02/06/2023 - 03/07/2023

Tipo de Consumo	Lea. Ant.	Lecl. Act.	Cte.	Consumo
Energía Activa	120110	121124	1.00	1,014

Consumo mensual (kWh):  
 Jun-22: 1,143 | Jul-22: 964 | Ago-22: 1,029 | Sep-22: 810 | Oct-22: 816 | Nov-22: 827 | Dic-22: 1,195 | Ene-23: 1,289 | Feb-23: 1,034 | Mar-23: 1,237 | Abr-23: 1,202 | May-23: 1,099 | Jun-23: 1,014

Recargo FOSE 25.38

**Concepto de Facturación**

Descripción	Importe
Cargo Fijo Mensual	4.20
Energía Activa (1,014 kWh * 0.7367 S/ / kWh)	747.01
Interés Compensatorio 38356721	2.03
Interés Compensatorio	1.90
Ahorros Públicos	71.41
Mantenimiento y Reparación	1.56
<b>SUBTOTAL</b>	<b>827.11</b>
I.G.V. 18.00 %	148.93
Interés Moratorio 38356721	0.33
Aporte E. Rural Ley 28749 1/1	10.04
<b>TOTAL DEL MES</b>	<b>986.47</b>
Redondeo Anterior	0.08
Redondeo Actual	-0.06
Deuda anterior 1 mes	1,001.70

**TOTAL A PAGAR S/ \*\*\*\*\*1,988.20**

**Información Complementaria**

**CrediDunas!**  
 Consume más y gana CUPÓN INICIAL  
 056 - 581 660  
 Opérate 0

**Información Importante**

UNICO AVISO DE SUSPENSION : Estimado Cliente, al día de emisión de esta factura no consta en nuestros registros el pago de las facturas detalladas en este botón. De no registrarse su pago hasta el 01/08/2023 procederemos a la suspensión del suministro. Si canceló la deuda desestime este aviso.

Período	Importe S/	Consumo Histórico en Soles
05/2023	1,001.70	May-23 : S/ 1,001.70
		Abr-23 : S/ 1,141.30

¡ElectroDunas y SENASA, trabajando juntos por la inocuidad agroalimentaria, de la región Ica!

**ElectroDunas**

Período Facturado: **06/2023**  
 Fecha de Vencimiento: **31/07/2023**

**TOTAL A PAGAR S/ \*\*\*\*\*1,988.20**

Recibo Nro. 38917443

0.901002701.01 - 03/07/23 1,988.20 DV: 1

Impreso por Impresión y Soluciones T1 S.A.C. RUC: 2085357825

## Cargas centro de Salud

Equipo	Marca y modelo	Potencia (W)	Cant.	Horas/día	Potencia total (kWh)
Analizador bioquímico	SINNOWA BS 300	600	1	1	0.6
Espectrofotómetro	GENESYS™ 20	150	1	1	0.15
Servocuna	SM 401	500	1	4	2
Baño María	HUBNER	800	1	3	2.4
Fototerapia infantil	YSBL-40 A	50	1	6	0.3
Incubadora Neonatal	FANEM 1186 C	400	1	3	1.2
Incubadora	Arsa AR-130	100	1	3	0.3
Máquina de esterilización	COTECNO	1450	1	3	4.35
Estufa Universal	Memmert UF-260	3400	1	3	10.2
Esterilizador	Ovens 12 L	400	1	3	1.2
Centrifuga analítica	CLAY ADAMS	800	1	5	4
Microscopio binocular	OLYMPUS CH2	488	1	1	0.488
Refrigerador para vacunas	Vestfrost VLS 404 AC	34	4	24	3.264
Refrigeradora	Style Clase	300	2	24	14.4
Fluorescentes		35	30	6	6.3
Computadora		200	4	8	6.4
				Potencia / día	57.552
				Potencia / mes	1496.352