

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**“SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA DISMINUIR  
LA FACTURACIÓN POR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN  
UNA INSTITUCIÓN DE ACTIVIDADES ADMINISTRATIVAS  
PUBLICAS - CHACHAPOYAS - DEPARTAMENTO DE AMAZONAS -  
2023”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
ELECTRICISTA**

**AUTORES:** JORDI MIJAEL CANALES PINO

ROSMERY YANETH SOLIS QUISPE

HEBER PELAGIO TALAVERANO TENORIO

**ASESOR:** Mg. JORGE ELIAS MOSCOSO SANCHEZ

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:** INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Callao, 2024

PERÚ

# TESIS\_JORDI\_ROSMERY\_HEBER

**15%**  
Textos sospechosos



**15% Similitudes**  
1% similitudes entre comillas  
< 1% entre las fuentes mencionadas  
< 1% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: TESIS\_JORDI\_ROSMERY\_HEBER.docx  
ID del documento: c19da6794b361e7d347e60d0b124c86c50ff54ca  
Tamaño del documento original: 2,23 MB

Depositante: FIEE PREGRADO UNIDAD DE INVESTIGACION  
Fecha de depósito: 16/2/2024  
Tipo de carga: Interface  
fecha de fin de análisis: 16/2/2024

Número de palabras: 17.211  
Número de caracteres: 113.455

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes de similitudes

### Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<b>TESIS_LORGIO_DANILO_GERMAN (1).docx</b>   TESIS_LORGIO_DANILO_GERM... #6c2be8 El documento proviene de mi biblioteca de referencias 6 fuentes similares	3%		Palabras idénticas: 3% (449 palabras)
2	<b>unac.edu.pe</b> https://unac.edu.pe/wp-content/uploads/documentos/transparencia/articulo-11/11-2/transparencia-... 1 fuente similar	2%		Palabras idénticas: 2% (299 palabras)
3	<b>unac.edu.pe</b> https://unac.edu.pe/wp-content/uploads/documentos/transparencia/articulo-11/11-2/transparencia-... 1 fuente similar	2%		Palabras idénticas: 2% (293 palabras)
4	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/20.500.12892/49828/1/B_Burga_CRH-Campos_HED-Carra... 3 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (291 palabras)
5	<b>repositorio.unitec.edu</b> https://repositorio.unitec.edu/xmlui/bitstream/123456789/7207/1/21743084-noviembre2021-m30.pdf	1%		Palabras idénticas: 1% (231 palabras)

### Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<b>repositorio.unitec.edu</b>   Factibilidad de un sistema de generación fotovoltaico par... http://repositorio.unitec.edu/handle/123456789/7207#:~:text=El alto costo de la factura eléctrica ha,...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)
2	<b>repositorio.upa.edu.pe</b> http://repositorio.upa.edu.pe/bitstream/20.500.12897/115/5/TESIS_ACUÑA_DIAZ_ALEXANDER.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (31 palabras)
3	<b>casaconsol.net</b>   Inversores de corriente: la clave para aprovechar al máximo tu in... https://casaconsol.net/descubre-que-es-y-como-funciona-un-inversor-de-corriente-en-tu-instalacion...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (37 palabras)
4	<b>Documento de otro usuario</b> #e4f3ee El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (35 palabras)
5	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12892/93616/Alvarado_VSM-Valdiviezo_CAY...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (29 palabras)

**Fuente ignorada** Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<b>TESIS_JORDI_ROSMERY_HEBER.docx</b>   TESIS_JORDI_ROSMERY_HEBER #49b054 El documento proviene de mi biblioteca de referencias	100%		Palabras idénticas: 100% (17.212 palabras)

**Fuente mencionada (sin similitudes detectadas)** Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1	<a href="https://www.minem.gob.pe/_detalle.php?idSector=6&amp;idTitular=644&amp;idMenu=sub115&amp;idCateg=355">https://www.minem.gob.pe/_detalle.php?idSector=6&amp;idTitular=644&amp;idMenu=sub115&amp;idCateg=355</a>
---	---

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**ACTA PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL POR LA MODALIDAD DE**  
**TESIS SIN CICLO DE TESIS**

Al día 24 del mes de mayo de 2024 siendo las 15:30 horas se reunió el Jurado Examinador de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional del Callao, aprobada mediante Resolución Decanal N°097-2024-DFIEE, conformado por los siguientes docentes ordinarios:

Mg. Ing. **CARLOS ALBERTO HUAYLLASCO MONTALVA**  
Dr. Ing. **SANTIAGO LINDER RUBIÑOS JIMÉNEZ**  
M.Sc. Ing. **CARLOS HUMBERTO ALFARO RODRÍGUEZ**

**Presidente**  
**Secretario**  
**Vocal**

Asimismo se dio inicio a la exposición de TESIS de los señores Bachilleres **CANALES PINO, Jordi Mijael; SOLIS QUISPE, Rosmery Yaneth y TALAVERANO TENORIO, Heber Pelagio**; quienes habiendo cumplido con los requisitos para obtener el Título Profesional en Ingeniería Eléctrica como lo señalan los Arts. N°s 08 al 10 del Reglamento de Grados y Títulos, sustentará la Tesis Titulada: **"SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA DISMINUIR LA FACTURACIÓN POR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UNA INSTITUCIÓN DE ACTIVIDADES ADMINISTRATIVAS PÚBLICAS - CHACHAPOYAS - DEPARTAMENTO DE AMAZONAS - 2023"**, con el quórum Reglamentario de Ley, se dio inicio a la exposición, considerando lo establecido en el Art. N° 80 del Reglamento de Grados y Títulos dado por Resolución N° 150-23-CU, en el Sub Capítulo II, corresponde al otorgamiento del Título Profesional con Tesis sin Ciclo de Tesis, efectuadas las deliberaciones pertinentes se acordó:

Dar por..... APROBADO ..... Calificativo..... BUENO ..... nota:..... 14 ..... a los expositores **CANALES PINO, Jordi Mijael; SOLIS QUISPE, Rosmery Yaneth y TALAVERANO TENORIO, Heber Pelagio**; con lo cual se dio por concluida la sesión, siendo las..... 16:30 ..... horas del día del mes y año en curso.

Es copia fiel del folio N° 259 del Libro de Actas de Sustentación de Tesis de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica – UNAC.

.....  
  
.....  
Mg. Ing. **Carlos Alberto Huayllasco Montalva**  
**PRESIDENTE**

.....  
  
.....  
Dr. Ing. **Santiago Linder Rubiños Jiménez**  
**SECRETARIO**

.....  
  
.....  
M.Sc. Ing. **Carlos Humberto Alfaro Rodríguez**  
**VOCAL**

.....  
**SUPLENTE**

## INFORMACIÓN BÁSICA

- **FACULTAD**

Facultad de ingeniería eléctrica y electrónica

- **UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:**

Unidad de Pregrado

- **TÍTULO:**

“Sistema de energía solar fotovoltaica para disminuir la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas - 2023”

- **AUTOR(ES):**

NOMBRE: Jordi Mijael Canales Pino

ORCID: 0004-4917-4121

DNI: 72032059

NOMBRE: Rosmery Yaneth Solis Quispe

ORCID: 0005-7487-0070

DNI: 71055992

NOMBRE: Heber Pelagio Talaverano Tenorio

ORCID: 0005-5364-0954

DNI: 72911533

- **ASESOR:**

NOMBRE: Jorge Elias Moscoso Sanchez

ORCID: 0000-0002-2582-9101

DNI: 07206008

- **LUGAR DE EJECUCIÓN**

El estudio se llevará a cabo en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas.

- **UNIDAD DE ANÁLISIS**

Sistema de energía solar fotovoltaica.

- **TIPO / ENFOQUE / DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

Tipo: Descriptiva y Explicativa / Enfoque: Cuantitativo

Diseño: Cuasi experimental

- **TEMA OCDE**

Ingeniería y tecnología

## **HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN**

**PRESIDENTE : Mg. Ing. CARLOS ALBERTO HUAYLLASCO MONTALVA**

**SECRETARIO : Dr. Ing. SANTIAGO LINDER RUBIÑOS JIMENEZ**

**VOCAL : M.Sc. Ing. CARLOS HUMBERTO ALFARO RODRÍGUEZ**

**ASESOR : Mg. JORGE ELIAS MOSCOSO SANCHEZ**

## **DEDICATORIA**

La presente tesis lo dedicamos especialmente a Dios, por darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener una de nuestras aspiraciones más deseadas.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. A nuestros familiares por estar presentes acompañándonos y por el apoyo moral que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi asesor académico, Jorge Elias Moscoso Sanchez, por su orientación y apoyo durante este proceso. También agradezco a mi familia y amigos por su constante ánimo y respaldo.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	4
ÍNDICE DE ABREVIATURAS .....	5
RESUMEN .....	6
ABSTRACT .....	7
INTRODUCCIÓN .....	8
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
1.1. Descripción de la realidad problemática .....	9
1.2. Formulación del problema.....	10
1.3. Objetivos .....	11
1.4. Justificación .....	11
1.4.1. Justificación teórica .....	11
1.4.2. Justificación practica .....	12
1.4.3. Justificación metodológica.....	12
1.4.4. Justificación social.....	13
1.5. Delimitantes de la investigación .....	13
1.5.1. Delimitante teórica.....	13
1.5.2. Delimitante temporal.....	13
1.5.3. Delimitante espacial .....	13
II. MARCO TEÓRICO .....	14
2.1. Antecedentes .....	14
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	14
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	16
2.2. Bases teóricas .....	19
2.2.1. Sistema de energía solar fotovoltaica.....	19
2.2.1. Consumo de energía eléctrica.....	25
2.3. Marco conceptual.....	31
2.4. Definición de términos básicos .....	32
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	33
3.1. Hipótesis .....	33
3.1.1. Operacionalización de variable.....	34
IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO.....	35

4.1. Diseño metodológico.....	35
4.2. Método de investigación .....	35
4.3. Población y muestra.....	35
4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado .....	36
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información .....	36
4.6. Análisis y procesamiento de datos.....	36
4.7. Aspectos éticos en investigación .....	36
V. RESULTADOS.....	38
5.1. Análisis de la información .....	38
5.2. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico .....	44
5.3. Cálculo de consumo real usando paneles solares usando el sistema fotovoltaico .....	53
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	61
6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados .....	61
6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares .....	62
6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.....	65
VII. CONCLUSIONES.....	66
VIII. RECOMENDACIONES .....	67
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	68
ANEXOS .....	71
ANEXO N.º 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	72

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1. Municipalidad Provincial de Chachapoyas .....	10
Figura 2. Panel Solar fotovoltaico .....	22
Figura 3. Inversor Solar.....	22
Figura 4. Batería Solar 300 Ah.....	23
Figura 5. Sistema de seguimiento Solar .....	23
Figura 6. Sistema de Gestión de energía.....	24
Figura 7. Solarímetro.....	39
Figura 8. Curva de radiación solar durante horas de sol.....	40
Figura 9. Ubicación de la Municipalidad Provincial de Chachapoyas .....	41
Figura 10. Potencia Teórica y Potencia Real .....	52
Figura 11. Potencia teórica y Potencia cosechada .....	56
Figura 12. Consumo Mensual en kW.h .....	59
Figura 13. Importe Mensual (S/.).....	59
Figura 14. Importe Mensual con paneles solares (S/.).....	60

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables .....	34
Tabla 2. Estación meteorológica .....	38
Tabla 3. Datos de estación meteorológica .....	38
Tabla 4. Radiación solar instantánea con el Solarímetro .....	39
Tabla 5. Radiación diaria método del trapecio .....	40
Tabla 6. Numero de ambientes por nivel .....	41
Tabla 7. Consumo de energía del tercer piso por día .....	43
Tabla 8. Datos técnicos del panel solar fotovoltaico .....	44
Tabla 9. Datos técnicos de la batería solar .....	46
Tabla 10. Datos técnicos del inversor .....	48
Tabla 11. Proyección del sistema solar con los resultados obtenidos .....	50
Tabla 12. Potencia eléctrica generada .....	52
Tabla 13. Resumen del sistema solar fotovoltaico .....	53
Tabla 14. Proyección del sistema solar con los resultados obtenidos .....	55
Tabla 15. Costo total del sistema solar fotovoltaico .....	57
Tabla 16. Costo de un panel solar fotovoltaico .....	58
Tabla 17. Diferencia de energía consumida y energía generada.....	58

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CFE: Comisión Federal de Electricidad

W: Watt

kW.h: kilowatt hora

VAN: Valor Actual Neto

kWp: Pico de kilowatts

VCC: Tensión a corriente continua.

VCA: Tensión a corriente alterna.

MPPT: Máxima Potencia del Punto de Seguimiento.

PV: Panel Fotovoltaico.

PWM: Modulación de Ancho de Pulso

kW.h/m<sup>2</sup>: kilowatt hora por metro cuadrado.

## RESUMEN

**Objetivo:** Determinar de qué manera el sistema de energía solar fotovoltaica disminuye la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas.

**Metodología:** La investigación es de tipo descriptiva y explicativa con un diseño cuasi experimental y un método cuantitativo. La población está conformada por el sistema eléctrico de una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas.

**Resultados:** Al realizar el análisis de la demanda energética y de los dispositivos que se usan se dimensionó el sistema fotovoltaico y se seleccionó el modelo de panel solar, batería e inversores de acuerdo a las especificaciones técnicas que se requieren dando como resultado lo siguiente: Energía total demandada de 21202 kW.h/día; número total de paneles de 14 paneles; potencia de captación de 5.94 kW; eficiencia del sistema de 0.18%; capacidad de batería de 300 Ah; profundidad de descarga de baterías de 80%; capacidad del sistema de acumulación de 2208.55 Ah y número total de baterías de 7 unidades. Además, el consumo diario del tercer piso es de 20.35 kW.h. Multiplicando esta cantidad por 30 días y sumando un 5%, obtenemos un consumo estimado de 641.15 kW.h. Utilizando una regla de tres simple, calculamos el costo en soles. Además, el gasto total en electricidad con la empresa Electro Oriente durante el año 2023 fue de S/. 32342 para reducir estos costos, se implementó un sistema solar fotovoltaico, lo que resultó en un ahorro total de S/. 8894 durante el transcurso del año.

**Conclusiones:** El sistema de energía solar fotovoltaica disminuye la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas – 2023.

**Palabras clave:** fotovoltaico, energía solar, consumo eléctrico.

## **ABSTRACT**

**Objective:** Determine how the photovoltaic solar energy system reduces billing for electricity consumption in an institution of public administrative activities - Chachapoyas - Department of Amazonas - 2023.

**Methodology:** The research is descriptive and explanatory with a quasi-experimental design and a quantitative method. The population is made up of the electrical system of an institution of public administrative activities - Chachapoyas - Department of Amazonas.

**Results:** When carrying out the analysis of the energy demand and the devices used, the photovoltaic system was sized and the model of solar panel, battery and inverters was selected according to the technical specifications required, resulting in the following: Energy total demand of 21,202 kW.h/day; total number of panels 14 panels; collection power of 5.94 kW; system efficiency of 0.18%; 300 Ah battery capacity; battery discharge depth of 80%; storage system capacity of 2208.55 Ah and total number of batteries of 7 units. Furthermore, the daily consumption of the third floor is 20.35 kW.h. Multiplying this amount by 30 days and adding 5%, we obtain an estimated consumption of 641.15 kW.h. Using a simple rule of three, we calculate the cost in soles. In addition, the total expenditure on electricity with the Electro Oriente company during the year 2023 was S/. 32342 to reduce these costs, a solar photovoltaic system was implemented, which resulted in a total savings of S/. 8894 during the course of the year.

**Conclusions:** The photovoltaic solar energy system reduces billing for electricity consumption in an institution of public administrative activities - Chachapoyas - Department of Amazonas - 2023.

**Keywords:** photovoltaic, solar energy, electricity consumption.

## **INTRODUCCIÓN**

Un sistema solar fotovoltaico es una forma de generar electricidad utilizando la energía del sol. Este sistema consta de paneles solares, inversores y otros componentes electrónicos que convierten la energía solar en electricidad utilizable.

El uso de un sistema solar fotovoltaico puede tener un gran impacto en el consumo de energía eléctrica, especialmente en hogares y empresas que tienen una alta demanda de electricidad. Al instalar paneles solares en un techo o en una estructura separada, se puede generar suficiente electricidad para cubrir una gran parte, o incluso la totalidad, de las necesidades de electricidad de una casa o empresa.

En algunos casos, la electricidad generada por un sistema solar fotovoltaico puede ser suficiente para alimentar completamente un hogar o empresa, y en otros casos puede reducir significativamente la cantidad de electricidad que se necesita comprar de la red eléctrica. Esto puede resultar en una reducción importante en las facturas de electricidad.

Además, el uso de sistemas solares fotovoltaicos también puede tener un impacto positivo en el medio ambiente. Al generar electricidad a partir de energía solar, se reduce la cantidad de combustibles fósiles que se queman para producir electricidad, lo que puede disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes que contribuyen al cambio climático.

# **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1. Descripción de la realidad problemática**

En muchos países, la energía solar fotovoltaica es una opción cada vez más atractiva para reducir los costos de energía eléctrica, ya que los precios de los paneles solares han disminuido significativamente en los últimos años, lo que los hace más accesibles y rentables. Además, el uso de sistemas de energía solar fotovoltaica permite a los usuarios generar su propia energía eléctrica, lo que reduce la dependencia de las compañías eléctricas y los precios fluctuantes de la energía eléctrica.

En países con altos costos de energía eléctrica, el uso de sistemas de energía solar fotovoltaica puede ser una solución rentable y sostenible para reducir la facturación por consumo de energía eléctrica. Además, en áreas remotas donde no hay acceso a la red eléctrica, los sistemas de energía solar fotovoltaica pueden proporcionar una fuente de energía limpia y confiable.

El uso de sistemas de energía solar fotovoltaica en el Perú ha aumentado en los últimos años debido a los altos costos de la energía eléctrica y la falta de acceso a la red eléctrica en algunas zonas del país. Los sistemas de energía solar fotovoltaica pueden ayudar a reducir la dependencia de la red eléctrica nacional y proporcionar una fuente de energía limpia y renovable a un costo menor.

Además, el gobierno peruano ha implementado diversas políticas y programas para fomentar el uso de energías renovables en el país, incluyendo la energía solar fotovoltaica. Entre ellos, destaca el programa "Fondo MiVivienda Verde", que ofrece créditos para la compra e instalación de sistemas de energía solar fotovoltaica en viviendas, y el programa "Energía Sostenible para Todos", que busca mejorar el acceso a la energía renovable en zonas rurales y alejadas de la red eléctrica.

En una institución de actividades administrativas públicas que se encuentra en Chachapoyas, departamento de Amazonas; entidad gubernamental encargada de la gestión y administración del gobierno local en la provincia de Chachapoyas, en la región de Amazonas, Perú. La sede de la Municipalidad se encuentra en la

ciudad de Chachapoyas, que es la capital de la provincia. Entre las principales actividades que realiza, destacan la construcción y mantenimiento de carreteras, el mejoramiento de los servicios de transporte y el desarrollo de proyectos turísticos. También se encarga de la promoción y preservación del patrimonio cultural y arqueológico de la provincia, que incluye sitios como la Fortaleza de Kuelap y la Catarata de Gocta.

Figura 1. Municipalidad Provincial de Chachapoyas



Fuente: Autoría propia

## 1.2. Formulación del problema

### Problema general

¿De qué manera el sistema de energía solar fotovoltaica disminuye la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas?

### Problemas específicos

- ¿De qué manera la radiación solar en un sistema fotovoltaico incide en la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas?
- ¿De qué manera el nivel de potencia eléctrica generada en un sistema fotovoltaico incide en la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas?

- ¿De qué manera los paneles solares en un sistema fotovoltaico inciden en la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas?

### **1.3. Objetivos**

#### **Objetivo general**

Determinar de qué manera el sistema de energía solar fotovoltaica disminuye la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas.

#### **Objetivos específicos**

- Determinar de qué manera la radiación solar en un sistema fotovoltaico incide en la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas.
- Determinar de qué manera el nivel de potencia eléctrica generada en un sistema fotovoltaico incide en la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas.
- Determinar de qué manera los paneles solares en un sistema fotovoltaico inciden en la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas.

### **1.4. Justificación**

#### **1.4.1. Justificación teórica**

La justificación en el ámbito teórico se da debido a que la energía solar es una fuente de energía renovable y limpia que no emite gases de efecto invernadero durante su uso. Esto significa que el uso de energía solar fotovoltaica puede contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y a la lucha contra el cambio climático; y el costo de los sistemas de energía solar

fotovoltaica ha disminuido significativamente en las últimas décadas, lo que hace que sea una opción cada vez más asequible para disminuir la facturación por consumo de energía eléctrica. Según Restrepo et al. (2021) los sistemas de energía solar fotovoltaica requieren poco mantenimiento y tienen una larga vida útil, lo que los convierte en una inversión a largo plazo.

#### **1.4.2. Justificación practica**

La justificación en el ámbito practico se da debido a que el uso de sistemas de energía solar fotovoltaica puede reducir significativamente la dependencia de la red eléctrica nacional y disminuir la facturación por consumo de energía eléctrica. Esto es especialmente importante en países donde el costo de la energía eléctrica es alto. Al utilizar la energía solar fotovoltaica, las empresas pueden generar su propia energía eléctrica y reducir su dependencia de la red eléctrica nacional, lo que puede resultar en una disminución de la facturación; el uso de sistemas de energía solar fotovoltaica puede proporcionar una mayor estabilidad y predictibilidad en la facturación de energía eléctrica a largo plazo. A diferencia de los combustibles fósiles, la energía solar es una fuente de energía gratuita y renovable que no está sujeta a la volatilidad de los precios de los combustibles fósiles. Como menciona Mejía (2023) el uso de energía solar fotovoltaica puede proporcionar una mayor estabilidad y previsibilidad a la facturación por consumo de energía eléctrica a largo plazo.

#### **1.4.3. Justificación metodológica**

La justificación metodológica radica en la necesidad de implementar soluciones sostenibles que reduzcan los costos operativos y promuevan el uso de energías renovables en el sector público. Este estudio se fundamenta en un enfoque cuantitativo que permitirá evaluar el impacto económico y ambiental de la instalación de un sistema fotovoltaico mediante la recopilación y análisis de datos sobre el consumo energético actual y las proyecciones de ahorro. Nava, Dávila y López (2018)

#### **1.4.4. Justificación social**

La justificación social se fundamenta en la necesidad de fomentar la sostenibilidad y la eficiencia energética en el sector público, contribuyendo a la reducción de la huella de carbono y al mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad local. La implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica no solo permitirá reducir los costos de electricidad, liberando recursos que pueden ser destinados a otros servicios públicos esenciales, sino que también promoverá la adopción de tecnologías limpias y renovables, sirviendo como un modelo a seguir para otras instituciones y ciudadanos. Además, este proyecto apoyará la sensibilización y educación ambiental, incentivando prácticas responsables y sostenibles que beneficien tanto al medio ambiente como a la economía regional. Reascos (2022)

#### **1.5. Delimitantes de la investigación**

##### **1.5.1. Delimitante teórica**

La delimitante teórica de sistemas de energía solar para disminuir la facturación por consumo de energía eléctrica se basa en la exploración de los factores que influyen en la eficiencia, rentabilidad y adopción de sistemas de energía solar fotovoltaica, así como en los efectos de estos sistemas en la estabilidad de la red eléctrica nacional, el medio ambiente y la economía.

##### **1.5.2. Delimitante temporal**

La delimitante temporal se da debido a que la investigación tendrá una duración máxima de 6 meses teniendo su inicio en abril y su fin en setiembre del 2023.

##### **1.5.3. Delimitante espacial**

La delimitante espacial se da ya que la investigación se llevará a cabo únicamente en las instalaciones de una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes**

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

En la investigación realizada por Arrazola y Perdomo (2021) titulada "Factibilidad de un sistema de generación fotovoltaico para reducir facturación energética en Merrill S.A.", se planteó como objetivo evaluar la viabilidad de implementar un sistema solar fotovoltaico que genere al menos un 27% de la energía consumida por la empresa. Utilizando una metodología descriptiva y transversal con un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental, se analizaron los aspectos técnicos y económicos en MERRIL S.A. Los resultados indicaron un consumo anual de 87,600 kW.h, con un perfil de carga que justificó la instalación de una granja solar de 15.13 kWp en 161.98 metros cuadrados de techo, suficientes para 40 paneles. La evaluación económica arrojó un VAN de LPS 255,442.15, un IR de 1.53% y un periodo de recuperación de 3.76 años, concluyendo que, tanto desde el punto de vista técnico como económico, es factible generar el 27% de la energía consumida.

En la investigación realizada por Nava, Dávila y López (2018) titulada "Diseño de un sistema fotovoltaico para disminuir el pago del consumo eléctrico en el taller Mecánico HO", se planteó como objetivo reducir el pago del servicio eléctrico en un 60% en el taller mecánico "HO" en Naucalpan de Juárez, Estado de México, mediante la implementación de fuentes alternas de generación de energía. Utilizando una metodología descriptiva y transversal, se determinaron el tamaño y los componentes del sistema fotovoltaico basándose en la facturación de los seis bimestres anteriores. Se diseñó un sistema con 44 paneles, organizados en 4 cadenas de 11 paneles cada una, predominando los de 250W y 300W. La conclusión indicó que la implementación del sistema propuesto reduciría significativamente el pago de electricidad, demostrando la sustentabilidad y los beneficios económicos, sociales y ambientales de los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red.

En la investigación realizada por Reascos (2022), titulada "Diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica de respaldo para estaciones multiservicio de telecomunicaciones en Chiriboga Santo Domingo", se planteó como objetivo concebir un sistema de respaldo energético basado en energía solar fotovoltaica y almacenamiento para mejorar la confiabilidad de las estaciones multiservicio de telecomunicaciones ante fallos en la red principal. Empleando una metodología explicativa y un diseño preexperimental, se analizó la carga de la estación y los eventos de falla, revelando una demanda constante y más de 7 días sin suministro de energía en 2020 y 2021. El sistema diseñado aumenta la confiabilidad de la estación gracias a la radiación solar suficiente en Ecuador, que mantiene cargado el banco de acumuladores, proporcionando un suministro eléctrico híbrido y, ocasionalmente, devolviendo el excedente de energía a la red nacional. En conclusión, el sistema de respaldo energético propuesto mejora la confiabilidad frente a fallos en la red eléctrica, aprovechando fuentes de energía renovable y cumpliendo con los estándares de calidad de servicio para la población de Chiriboga-Santo Domingo.

En la investigación realizada por Restrepo et al. (2021) la cual titula "Desarrollo de un sistema de iluminación portátil alimentado por energía solar fotovoltaica: Caso de aplicación comunidad Chucheros-Buenaventura" se planteó como objetivo la creación de un sistema de iluminación portátil impulsado por energía solar fotovoltaica, centrándose en el caso de aplicación de la comunidad Chucheros-Buenaventura. La metodología empleada fue de carácter explicativo, respaldada por un diseño preexperimental. Los resultados obtenidos revelaron que el análisis de diversos materiales para la construcción de la carcasa del sistema demostró características favorables en la mezcla (50/50) de materiales reciclados, específicamente Polipropileno y Polietileno de alta densidad (PPr/PEADr), en comparación con otras combinaciones, en términos de transferencia térmica y resistencia a impactos. Adicionalmente, la elección cuidadosa de los dispositivos electrónicos dentro del sistema de iluminación condujo a una autonomía energética de aproximadamente 4 horas, suministrando una corriente de 500 mA. En última instancia, la aplicación de tecnologías disponibles en el entorno local y el aprovechamiento de fuentes de

energía renovable culminaron en el desarrollo exitoso de una luminaria solar portátil. Esta innovación abre oportunidades para la realización de diversas actividades básicas por parte de la comunidad, subrayando la importancia de utilizar tecnologías sostenibles. Se concluye que la implementación de un sistema de iluminación portátil alimentado por energía solar fotovoltaica presenta beneficios significativos para la comunidad Chucheros-Buenaventura.

En la investigación realizada por Andrade (2021) titulada "Descripción, utilización y proyecciones de la energía solar fotovoltaica en el departamento del Caquetá", se planteó como objetivo determinar el uso y las perspectivas para la integración de la energía solar en el Departamento de Caquetá, proporcionando una alternativa para la electrificación rural. La metodología fue exploratoria y descriptiva con un diseño no experimental. Los resultados indicaron que los sistemas solares fotovoltaicos son una solución viable para áreas rurales no interconectadas, mejorando las condiciones sociales, facilitando el acceso a educación y salud de mejor calidad, y aumentando la productividad y los ingresos en las comunidades rurales. También se destacó la contribución a la conservación ambiental mediante la sustitución de combustibles fósiles y el uso eficiente del suelo y agua en actividades agropecuarias. La investigación reveló una alta satisfacción de los usuarios, una demanda significativa de energía en áreas no interconectadas, un buen potencial de radiación solar, incentivos nacionales y territoriales, y condiciones sociales, económicas y ambientales favorables, estableciendo un potencial prometedor para la energía solar en Caquetá. En conclusión, se determinó que la energía solar fotovoltaica permite diversificar la matriz energética del Departamento, ofreciendo una solución a la necesidad de energía eléctrica en poblaciones rurales apartadas y contribuyendo positivamente a la conservación ambiental, el bienestar social y el crecimiento económico mediante el aumento de la productividad agropecuaria.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

En la investigación realizada por Bejarano (2022), titulada "Dimensionamiento de un sistema de paneles solares para reducir la facturación por energía eléctrica de una empresa de Servicios Portuarios en Ilo, 2022", se planteó como objetivo

dimensionar la instalación de un sistema de paneles solares para la empresa de servicios portuarios en Ilo. Utilizando una metodología de investigación aplicada, con diseño no experimental y correlacional, se recopilaron datos a través de recibos de luz y cotizaciones, y se analizaron con Excel y Word. Los resultados mostraron que para una carga solicitada de 15,126.880 W.h/día, se necesitan 08 paneles solares de 450W, 01 batería de litio de 48v-200 Ah para una carga de 1,681 W.h/día, y 01 inversor híbrido de 5000 W-48v. La inversión necesaria es de S/19,369.00, con un retorno de inversión de 6 años, 2 meses y 29 días, y un mantenimiento práctico y sencillo. Se concluyó que, mediante la recolección de recibos de luz de los últimos 6 meses, se evaluó el escenario energético actual de la empresa, identificando un consumo mensual máximo de 334 kW.h en febrero.

En la investigación realizada por Burga, Campos, Carrasco y Castro (2020) titulada "Implementación de energía fotovoltaica para reducir el consumo de energía eléctrica en el Centro Ganadero Cortez – Motupe", se planteó como objetivo implementar energía fotovoltaica para reducir el consumo de energía eléctrica en dicho centro ganadero. La metodología fue de tipo aplicada, con un diseño no experimental, considerando como población los paneles solares implementados en todos los centros ganaderos de Motupe. Los resultados mostraron que el consumo diario del centro ganadero Cortez es de 25.862 kW.h, y el consumo mensual es de 775.86 kW.h, con un factor de rendimiento global de 0.686 para los sistemas fotovoltaicos. Se determinó que el área total ocupada por los paneles solares es de 56.455 m<sup>2</sup>. Se concluyó que, tras diagnosticar el consumo de energía eléctrica del centro ganadero (14.906 kW.h en el área 01 y 10.956 kW.h en el área 02), se diseñó un sistema fotovoltaico que cubre los requerimientos energéticos del centro, logrando una generación de 37,699 W de energía real, disminuyendo significativamente el consumo eléctrico.

En la investigación realizada por Juan de Dios (2018) titulada "Propuesta de diseño del sistema solar fotovoltaico para el sistema eléctrico en el anexo de Tinco, distrito de Alis, provincia de Yauyos y departamento de Lima - 2017", se planteó como objetivo formular una propuesta de diseño del sistema solar para mejorar el sistema eléctrico en el anexo de Tinco. La metodología aplicada fue

de naturaleza aplicada, con un enfoque exploratorio y un diseño mixto, y la población de estudio consistió en 25 viviendas multifamiliares rurales. Los resultados mostraron que un sistema de 500W de potencia, compuesto por un inversor de onda modificada HAMI SOLAR 12V 600W, un controlador de carga de 20A y una batería solar de descarga profunda de 100Ah, sería adecuado para cubrir el consumo promedio diario de energía de 1287 Wh/día en las viviendas, con capacidad de hasta 3000 Wh/día. Se planificó un plan de desarrollo comunitario para garantizar la sostenibilidad del proyecto, incluyendo charlas técnicas semestrales personalizadas para asegurar el compromiso y la apropiación comunitaria del proyecto. En conclusión, se determinó que la energía solar a través de sistemas fotovoltaicos presenta un futuro prometedor como alternativa energética, especialmente para comunidades rurales con recursos económicos limitados, anticipando una mayor accesibilidad con la continua reducción de costos en paneles solares e instalación.

En la investigación realizada por Mejía (2023) titulada "Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica", se formuló un diseño para un sistema fotovoltaico destinado a proveer energía eléctrica al laboratorio mencionado. La metodología adoptada fue descriptiva, sin elementos experimentales. Los resultados revelaron que la radiación solar mensual promedio oscila entre 3.88 kW.h/m<sup>2</sup>/día en febrero y 5.12 kW.h/m<sup>2</sup>/día en noviembre, con un ángulo óptimo de inclinación de 5°. El sistema fue dimensionado para una carga total estimada de 2944 W, con una demanda teórica semanal de 21168 kW.h y diaria de 7056 Wh. La instalación fotovoltaica mostró un rendimiento global del 78.57%, utilizando 28 paneles de 135 Wp, conectados en serie y paralelo, un regulador de carga de 85 A, un inversor monofásico de 4000 W, y 24 baterías de 85 Ah, proporcionando una autonomía de 2 días. Se concluyó que el sistema satisface completamente la demanda energética del laboratorio de Ingeniería Mecánica, asegurando su operación eficiente y sostenible con mantenimiento adecuado y gestión racionalizada.

En la investigación realizada por Cayotopa (2019) la cual titula "Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico aislado para electrificar al caserío

Flor del Valle en Yambrasbamba provincia de Bongará departamento de Amazonas” el propósito de la investigación consistió en dimensionar un sistema fotovoltaico aislado con el fin de electrificar el caserío Flor del Valle en Yambrasbamba, ubicado en la provincia de Bongará, departamento de Amazonas. La metodología empleada fue de carácter aplicado, haciendo uso de técnicas de investigación que incluyeron la observación, entrevistas y análisis documental. Los resultados obtenidos reflejaron el dimensionamiento del sistema fotovoltaico aislado, compuesto por 20 paneles fotovoltaicos de 320 Wp de la marca YINGLI SOLAR, 16 baterías de acumuladores de 260 Ah de la marca RITAR, 2 reguladores de carga 150/70 de la marca VICTRON ENERGY, y 2 inversores 48/3000-230 V de la marca VICTRON ENERGY, además de los elementos de protección necesarios. Se llevó a cabo la planificación de la red de distribución secundaria, encargada de transmitir la energía eléctrica generada por el sistema fotovoltaico a cada una de las viviendas. El costo total del sistema fotovoltaico aislado se estimó en S/ 206,019.36. En conclusión, se determinó que el sistema fotovoltaico estará compuesto por los elementos mencionados anteriormente, garantizando así la electrificación del caserío Flor del Valle de manera eficiente.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Sistema de energía solar fotovoltaica**

Como menciona Espejo y Aparicio (2019), el sistema de energía solar fotovoltaica consta de varios componentes, incluyendo los paneles solares, un inversor, un medidor de energía y una batería de almacenamiento opcional. Los paneles solares capturan la energía del sol y la convierten en corriente eléctrica continua. El inversor convierte esta corriente continua en corriente alterna, que es la forma en que se utiliza la electricidad en los hogares y edificios. El medidor de energía mide la cantidad de electricidad producida y utilizada por el sistema, y la batería de almacenamiento puede almacenar la electricidad producida por el sistema para su uso posterior. (p. 67)

Los paneles solares fotovoltaicos están hechos de células solares, que convierten la energía de la luz del sol en electricidad. Estas células solares están

hechas de materiales semiconductores, como el silicio, y están diseñadas para capturar la energía de la luz solar y convertirla en una corriente eléctrica continua.

Los sistemas de energía solar fotovoltaica son una forma limpia y renovable de producir electricidad. Son cada vez más populares debido a su capacidad para reducir los costos de energía a largo plazo y su impacto ambiental reducido en comparación con los sistemas de energía tradicionales que utilizan combustibles fósiles.

Según Rivera (2022), es crucial considerar el diseño adecuado de los sistemas fotovoltaicos en todas las instalaciones. En la literatura se han documentado diversas metodologías y estudios de proyectos para el dimensionamiento de estos sistemas, como el diseño intuitivo, analítico y basado en métodos numéricos. La elección de los componentes es una tarea importante para el diseñador, ya que deben tener en cuenta tanto las necesidades del diseño como los aspectos económicos del proyecto, debido a la gran cantidad de variables implicadas en el dimensionamiento del sistema solar. (p. 20)

### **Principios y Tecnologías Fotovoltaicas:**

La conversión de energía solar en electricidad a través de celdas fotovoltaicas se basa en los principios fundamentales de la fotogeneración de corriente eléctrica. Este fenómeno, conocido como el efecto fotovoltaico, implica la liberación de electrones en un material semiconductor cuando es expuesto a la luz solar. Los materiales semiconductores más comúnmente utilizados en celdas fotovoltaicas son el silicio cristalino, que puede ser monocristalino o policristalino.

En términos más específicos, cuando los fotones de la luz solar inciden en la superficie de una celda fotovoltaica, estos son absorbidos por los átomos del material semiconductor, generando pares electrón-hueco. Los electrones liberados en este proceso pueden ser inducidos a fluir a través de un circuito externo, creando así una corriente eléctrica utilizable. Este flujo de electrones constituye la corriente eléctrica continua, que es la forma de energía que se

puede aprovechar para alimentar dispositivos eléctricos o almacenarse en baterías para su uso posterior.

En cuanto a las tecnologías fotovoltaicas, existen varias categorías, siendo las más prominentes las celdas de silicio cristalino, que son apreciadas por su eficiencia y durabilidad. Las celdas de silicio amorfo y las células solares de película delgada ofrecen una alternativa que a menudo es más ligera y flexible, aunque con eficiencias ligeramente inferiores. Además, las células solares orgánicas están emergiendo como una opción innovadora debido a su capacidad para ser fabricadas a bajo costo y en formas diversas.

Cada tecnología tiene sus propias ventajas y desventajas, y la elección entre ellas depende de factores como la aplicación específica, los requisitos de eficiencia y los costos asociados.

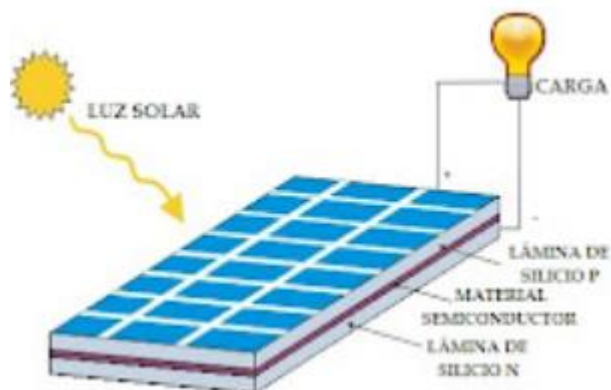
### **Diseño y Funcionamiento de Sistemas Fotovoltaicos:**

El diseño eficiente de sistemas fotovoltaicos es esencial para maximizar la captura y conversión de la energía solar en electricidad. Un sistema típico consta de varios componentes clave, cada uno desempeñando un papel crucial en el funcionamiento general del sistema.

- **Paneles Solares:**

Son los elementos primarios encargados de capturar la luz solar y convertirla en electricidad. El diseño óptimo de disposición y orientación de los paneles debe considerar factores como la inclinación, la dirección y la sombra para garantizar una exposición solar máxima.

Figura 2. Panel Solar fotovoltaico



Fuente: Espejo y Aparicio (2019)

- Inversores:

Desempeñan un papel crucial al convertir la corriente continua (CC) generada por los paneles solares en corriente alterna (CA), que es la forma de electricidad utilizada en la mayoría de las aplicaciones domésticas y comerciales.

Figura 3. Inversor Solar



Fuente: Web de AutoSolar

- Baterías:

Almacenamiento de energía esencial para garantizar un suministro constante incluso durante períodos sin luz solar. La capacidad y la

tecnología de las baterías deben seleccionarse cuidadosamente según los requisitos del sistema y las necesidades del usuario.

*Figura 4. Batería Solar 300 Ah*

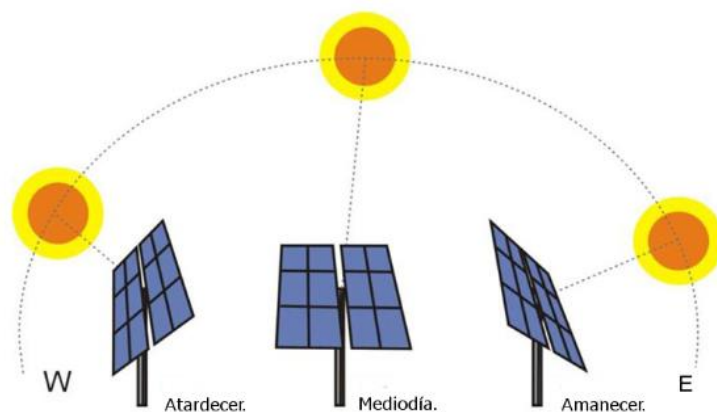


Fuente: CAMED

- **Sistemas de Seguimiento Solar:**

Mejoran la eficiencia al ajustar la posición de los paneles solares para seguir la trayectoria del sol durante el día. Esto optimiza la captura de luz solar en diferentes momentos, aumentando así la producción de energía.

*Figura 5. Sistema de seguimiento Solar*



Fuente: Espejo y Aparicio (2019)

- **Gestión de Energía:**

Implica la regulación y distribución eficiente de la energía generada. Los sistemas de gestión de energía garantizan que la electricidad se utilice de manera efectiva y que cualquier excedente se almacene o redirija según sea necesario.

*Figura 6. Sistema de Gestión de energía*



Fuente: Ladeuth, López y Socarrás (2021)

El diseño de sistemas fotovoltaicos debe adaptarse a las condiciones específicas del entorno, como la ubicación geográfica y las variaciones estacionales en la disponibilidad de luz solar. La elección de componentes y su interconexión debe optimizarse para lograr la máxima eficiencia y fiabilidad del sistema.

### **Impacto Ambiental y Económico de los Sistemas Fotovoltaicos:**

La adopción de sistemas de energía solar fotovoltaica no solo implica beneficios en términos de generación de energía limpia, sino que también conlleva importantes implicaciones ambientales y económicas. Analizar el impacto en estos dos aspectos es esencial para evaluar la sostenibilidad y la viabilidad a largo plazo de dichos sistemas.

- Impacto Ambiental:

Los sistemas fotovoltaicos son reconocidos por su contribución positiva a la mitigación del cambio climático al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. La producción de electricidad mediante tecnologías fotovoltaicas tiene una huella de carbono significativamente menor en

comparación con fuentes de energía convencionales, como los combustibles fósiles.

Sin embargo, es crucial abordar aspectos ambientales relacionados con la fabricación, transporte y disposición de los materiales utilizados en los paneles solares y otros componentes. La evaluación del ciclo de vida completa del sistema proporciona una visión más completa de su impacto ambiental.

- **Impacto Económico:**

La viabilidad económica de los sistemas fotovoltaicos está influenciada por varios factores, incluidos los costos iniciales de instalación, el mantenimiento, la vida útil del sistema y las tasas de retorno de inversión. La disponibilidad de incentivos gubernamentales, subsidios y políticas de apoyo también desempeña un papel crucial.

Los estudios de casos económicos pueden ilustrar la rentabilidad de la inversión en sistemas fotovoltaicos a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta factores como la disminución de costos de tecnología, los ahorros en facturas de electricidad y posibles ingresos derivados de la venta de excedentes de energía a la red.

### **2.2.1. Consumo de energía eléctrica**

Como menciona Ladeuth, López y Socarrás (2021), el consumo de energía eléctrica puede ser medido a nivel individual, en el hogar o en la empresa, o a nivel de una región o país completo. El consumo de energía eléctrica está influenciado por diversos factores, como la cantidad de electrodomésticos y dispositivos electrónicos utilizados, el tipo de iluminación, la eficiencia energética de los equipos y la temperatura ambiente.

El consumo de energía eléctrica puede ser reducido mediante prácticas de eficiencia energética, como el uso de electrodomésticos y equipos con una mayor eficiencia energética, la iluminación LED, el apagado de los dispositivos electrónicos que no se estén utilizando, y el uso de fuentes de energía renovable, como la energía solar o la energía eólica. (p. 103)

Según Mejía y Gonzales (2019), se refiere a la cantidad de energía eléctrica que se utiliza en el país en un determinado período de tiempo. El consumo de energía eléctrica en Perú ha ido en aumento en los últimos años debido al crecimiento económico y a la expansión de la industria y el sector de servicios. (p. 182)

Según el Ministerio de Energía y Minas de Perú (2020), el consumo de energía eléctrica en el país fue de 49,067 gigavatios-hora (GWh), lo que representa un incremento del 1.8% con respecto al año anterior. El sector residencial y el comercial son los mayores consumidores de energía eléctrica en el país, representando más del 60% del consumo total.

En cuanto a la generación de energía eléctrica, el Perú cuenta con una amplia variedad de fuentes energéticas, incluyendo hidroeléctricas, térmicas y renovables. Las hidroeléctricas son la principal fuente de generación de energía eléctrica en el país, representando más del 50% de la capacidad instalada. La energía renovable, como la energía solar y la energía eólica, está experimentando un crecimiento significativo en Perú en los últimos años.

### **Análisis de Tendencias en el Consumo de Energía Eléctrica:**

El análisis de tendencias en el consumo de energía eléctrica es esencial para comprender la evolución histórica y los patrones que han caracterizado este aspecto crucial de la sociedad moderna. Aquí se presentan pasos específicos para abordar este punto en tu monografía:

- **Recopilación de Datos Históricos:**

Inicia tu análisis recopilando datos históricos sobre el consumo de energía eléctrica en la región o área de estudio. Estos datos pueden provenir de fuentes gubernamentales, empresas de servicios públicos, o investigaciones previas.

- **Desglose Temporal:**

Divide los datos en períodos temporales significativos, como décadas o años específicos, para identificar patrones a lo largo del tiempo. Examina

si hay incrementos, disminuciones o fluctuaciones notables en el consumo.

- **Consideración de Factores Económicos y Tecnológicos:**

Analiza eventos económicos y avances tecnológicos que podrían haber influido en el consumo de energía eléctrica. Por ejemplo, la industrialización, la introducción de tecnologías eficientes o cambios en las políticas económicas.

- **Comparación Regional:**

Si es relevante para tu investigación, compara el consumo de energía eléctrica entre regiones o países. Esto puede proporcionar insights sobre patrones globales o diferencias significativas basadas en contextos geográficos.

- **Identificación de Picos y Tendencias Estacionales:**

Examina la existencia de picos en el consumo, como durante estaciones específicas o eventos particulares. Esto puede ser crucial para entender patrones estacionales y la demanda energética en momentos específicos del año.

- **Análisis de Cambios en el Estilo de Vida:**

Considera cómo los cambios en el estilo de vida de la sociedad han influido en el consumo de energía eléctrica. Por ejemplo, la adopción masiva de dispositivos electrónicos o cambios en los hábitos de trabajo.

- **Visualización de Datos:**

Utiliza gráficos, tablas y otros medios visuales para representar los datos de manera clara. Esto facilitará la comprensión de las tendencias por parte de los lectores.

Este enfoque estructurado en el análisis de tendencias proporcionará una base sólida para entender cómo ha evolucionado el consumo de energía eléctrica a lo

largo del tiempo y permitirá a los lectores contextualizar los factores que han contribuido a dicha evolución.

### **Factores que Influyen en el Consumo de Energía Eléctrica:**

El análisis de los factores que afectan el consumo de energía eléctrica es esencial para comprender las dinámicas subyacentes que impulsan las variaciones en la demanda. Aquí se detallan los pasos específicos para abordar este punto en tu monografía:

- **Crecimiento Económico:**

Investiga y analiza cómo el crecimiento económico impacta el consumo de energía eléctrica. Examina la relación entre el Producto Interno Bruto (PIB) y la demanda energética, identificando tendencias de crecimiento o contracción.

- **Avances Tecnológicos:**

Explora cómo los avances tecnológicos han influido en el consumo de energía eléctrica. Por ejemplo, la adopción de electrodomésticos eficientes, la implementación de sistemas de iluminación LED o el desarrollo de tecnologías industriales más eficientes.

- **Comportamientos del Consumidor:**

Analiza cómo los comportamientos del consumidor afectan la demanda de energía eléctrica. Esto podría incluir cambios en los patrones de consumo residencial, la adopción de vehículos eléctricos o la conciencia ambiental del consumidor.

- **Regulaciones Gubernamentales:**

Examina el papel de las regulaciones gubernamentales en el consumo de energía eléctrica. Estudia políticas relacionadas con la eficiencia energética, los estándares de construcción sostenible y las incentivos para el uso de fuentes de energía renovable.

- **Eficiencia Energética:**

Dedica un segmento a explorar iniciativas y tecnologías enfocadas en la eficiencia energética. Evalúa cómo mejoras en la eficiencia pueden influir en la reducción del consumo sin sacrificar la calidad de vida.

- **Desarrollo Industrial:**

Analiza cómo el desarrollo industrial impacta el consumo de energía eléctrica. Observa las necesidades energéticas de diferentes sectores industriales y cómo cambios en la producción pueden afectar la demanda.

- **Globalización y Comercio:**

Considera cómo la globalización y el comercio internacional pueden influir en el consumo de energía eléctrica. Por ejemplo, la producción de bienes en países con estándares energéticos diferentes y su impacto en el transporte de mercancías.

- **Innovación en Fuentes de Energía:**

Examina la influencia de la innovación en fuentes de energía, como la transición hacia fuentes renovables. Analiza cómo estas innovaciones pueden afectar la matriz energética y, por ende, el consumo de energía eléctrica.

Este enfoque detallado en los factores que influyen en el consumo de energía eléctrica proporcionará una visión comprehensiva de las fuerzas impulsoras detrás de las variaciones en la demanda, permitiendo a los lectores apreciar la complejidad del panorama energético contemporáneo.

### **Impacto Ambiental y Sostenibilidad:**

Examinar el impacto ambiental y las perspectivas de sostenibilidad asociadas con el consumo de energía eléctrica es crucial para entender las implicaciones a largo plazo de las elecciones energéticas. Aquí se presentan pasos específicos para abordar este punto en tu monografía:

- **Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI):**

Investiga y analiza las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la generación de energía eléctrica. Identifica las fuentes principales, como la quema de combustibles fósiles, y evalúa cómo estas emisiones contribuyen al cambio climático.

- Impactos Ambientales Locales y Regionales:

Examina los impactos ambientales locales y regionales del consumo de energía eléctrica. Esto podría incluir la contaminación del aire y del agua, la alteración de ecosistemas y la generación de residuos.

- Transición hacia Energías Renovables:

Analiza la viabilidad y el impacto de la transición hacia fuentes de energía renovable. Estudia casos de éxito, desafíos y lecciones aprendidas en la implementación de tecnologías como la solar, eólica, hidroeléctrica y geotérmica.

- Eficiencia Energética como Estrategia Sostenible:

Examina cómo las prácticas de eficiencia energética pueden contribuir a la sostenibilidad. Esto incluye tecnologías y políticas que buscan maximizar la producción de energía con un menor impacto ambiental.

- Evaluación de Ciclo de Vida (ACV):

Introduce el concepto de la evaluación de ciclo de vida para evaluar el impacto ambiental de las diferentes fuentes de energía. Compara la ACV de las opciones convencionales con las renovables para entender las implicaciones desde la extracción de materias primas hasta la disposición final.

- Políticas Gubernamentales y Acuerdos Internacionales:

Analiza el papel de las políticas gubernamentales y los acuerdos internacionales en la promoción de prácticas sostenibles. Esto podría incluir compromisos para reducir emisiones, establecer metas de energía renovable y fomentar la innovación tecnológica.

- **Participación Comunitaria y Concientización:**

Examina la importancia de la participación comunitaria y la concientización pública en la adopción de prácticas sostenibles. Considera cómo la educación y la participación activa pueden influir en el comportamiento del consumidor y en la demanda de energía.

- **Desafíos y Oportunidades en la Sostenibilidad Energética:**

Aborda los desafíos actuales y las oportunidades futuras en el camino hacia una energía más sostenible. Esto podría incluir barreras tecnológicas, económicas o sociales, así como avances prometedores en investigación y desarrollo.

Este enfoque exhaustivo sobre el impacto ambiental y la sostenibilidad relacionados con el consumo de energía eléctrica proporcionará a tus lectores una comprensión profunda de las implicaciones medioambientales de las decisiones energéticas, destacando la importancia de consideraciones sostenibles en la toma de decisiones futuras.

### **2.3. Marco conceptual**

#### Sistema de energía solar fotovoltaica

- **Radiación Solar:** La radiación solar es la energía electromagnética emitida por el sol. Esta radiación se compone de diferentes longitudes de onda, que incluyen luz visible, rayos infrarrojos y rayos ultravioleta.
- **Potencia eléctrica generada:** La potencia eléctrica generada es la cantidad de energía eléctrica producida por una fuente de energía en un determinado período de tiempo. Se mide en vatios (W) o kilovatios (kW) y se utiliza para describir la capacidad de una central eléctrica o de un sistema de generación de energía para producir electricidad.
- **Paneles solares:** Los paneles solares son dispositivos diseñados para captar la energía de la radiación solar y convertirla en energía eléctrica utilizable. Están compuestos por celdas solares, que son dispositivos que convierten la luz solar en electricidad mediante el efecto fotovoltaico.

## Consumo de energía eléctrica

- Facturación por consumo de energía eléctrica: La facturación por consumo de energía eléctrica es el proceso mediante el cual una compañía eléctrica cobra a sus clientes por la cantidad de energía eléctrica que han consumido en un período de tiempo determinado, generalmente un mes.

### 2.4. Definición de términos básicos

- Célula solar: Es el componente básico de los paneles solares. Está hecha de materiales semiconductores y es capaz de convertir la luz solar en electricidad.
- Panel solar: Es un conjunto de células solares que están conectadas eléctricamente entre sí para producir una cantidad determinada de energía eléctrica.
- Inversor: Es un dispositivo que convierte la corriente continua (CC) producida por los paneles solares en corriente alterna (CA), que es la forma de electricidad utilizada en los hogares y negocios.
- Batería: Es un dispositivo que almacena la energía eléctrica generada por los paneles solares para su uso posterior. Las baterías son útiles para proporcionar energía en momentos en que los paneles solares no están generando suficiente energía, como en la noche o en días nublados.
- Sistemas interconectados a la red: Son sistemas fotovoltaicos que están conectados a la red eléctrica pública y pueden suministrar energía eléctrica a la red y recibir energía eléctrica de la red cuando sea necesario.
- Celda solar: es la unidad más pequeña de un panel solar que convierte la energía solar en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico.
- Tarifa eléctrica: es el precio que se cobra por la energía eléctrica consumida. Las compañías eléctricas establecen diferentes tarifas eléctricas según el consumo, el tipo de usuario, la hora del día y otros factores.
- Demanda eléctrica: es la cantidad máxima de energía eléctrica que se consume en un momento dado. Es un factor importante en la determinación

de las tarifas eléctricas y puede influir en el tamaño y capacidad del sistema eléctrico necesario

### **III. HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1. Hipótesis**

##### **Hipótesis General**

El sistema de energía solar fotovoltaica disminuye la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas.

##### **Hipótesis Especifica**

- La radiación solar en un sistema fotovoltaico incide en la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas.
- El nivel de potencia eléctrica generada en un sistema fotovoltaico incide en la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas.
- Los paneles solares en un sistema fotovoltaico inciden en la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas.

### 3.1.1. Operacionalización de variable

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variable	Definición Operacional	Dimensión	Indicador
Sistema de energía solar fotovoltaico	Es un conjunto de componentes eléctricos y electrónicos que se utilizan para convertir la energía solar en electricidad mediante el efecto fotovoltaico. Estos sistemas están compuestos por paneles solares que captan la energía solar y la convierten en energía eléctrica de corriente continua (CC), un inversor que convierte la energía eléctrica de corriente continua (CC) en energía eléctrica de corriente alterna (CA), un sistema de almacenamiento de baterías para almacenar la energía generada, y otros componentes eléctricos y electrónicos que permiten controlar, monitorear y proteger el sistema.	Radiación Solar	W/m <sup>2</sup>
		Potencia eléctrica generada	Cantidad de potencia eléctrica generada
		Paneles solares	Cantidad de paneles solares
Consumo de energía eléctrica	Se puede definir operacionalmente como la cantidad de energía eléctrica utilizada por un dispositivo o sistema eléctrico durante un período de tiempo determinado. Para medir el consumo de energía eléctrica se utiliza la unidad de medida "kilovatio-hora" (kW.h), que representa la cantidad de energía consumida por un dispositivo eléctrico de 1 kilovatio (kW) en una hora.	Facturación por consumo de energía eléctrica	Monto del recibo de consumo de energía eléctrica

Fuente: Elaboración propia del autor

## **IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO**

### **4.1. Diseño metodológico**

La investigación es de tipo descriptiva y explicativa:

La investigación descriptiva se enfoca en la descripción y medición de los hechos tal como son, sin establecer relaciones de causa y efecto. Su objetivo es la recolección de datos que permitan una descripción detallada y precisa del fenómeno que se está estudiando. Los resultados obtenidos se presentan en forma de tablas, gráficos y descripciones.

La investigación explicativa, por otro lado, busca explicar las relaciones entre variables y establecer una relación de causa y efecto. Su objetivo es identificar las variables que influyen en el fenómeno estudiado y explicar cómo se relacionan. Este tipo de investigación se basa en la recolección de datos y la aplicación de técnicas estadísticas para establecer relaciones entre variables.

El diseño cuasi experimental es un enfoque de investigación que busca determinar los efectos de una intervención o tratamiento, pero no se puede establecer una asignación aleatoria de los sujetos a los grupos de tratamiento y control. En otras palabras, se busca establecer una relación causal entre la intervención y los efectos observados, pero no se puede garantizar que los grupos sean equivalentes al inicio del estudio

### **4.2. Método de investigación**

La investigación será realizada bajo un método cuantitativo, el cual es un enfoque de investigación que se basa en el análisis numérico y estadístico de datos objetivos y medibles para descubrir patrones y relaciones entre variables. Se enfoca en la recolección y análisis de datos cuantificables y se utiliza comúnmente en estudios que buscan establecer relaciones causales entre variables y en la medición de fenómenos sociales y psicológicos

### **4.3. Población y muestra**

#### **Población**

La población estará conformada por el sistema eléctrico de una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas.

### **Muestra**

La muestra estará conformada por el sistema eléctrico de una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas.

#### **4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado**

El estudio se llevará a cabo en una empresa de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas.

#### **4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información**

La recolección de información tendrá varias etapas en la primera se tendrá una entrevista a la persona a cargo de una empresa de actividades administrativas públicas, posteriormente una ficha de observación mediante la cual se capturar la energía total consumida y el importe que se paga por ello; y finalmente habrá una ficha de toma de datos donde se evaluará la radiación solar.

#### **4.6. Análisis y procesamiento de datos**

El análisis y procesamiento de datos se dará mediante el software Excel y el paquete estadístico SPSS 2016 donde se tabulará la información obtenida para consolidar los datos en estadísticas descriptivas e inferenciales, con los cálculos de máxima demanda y de radiación solar se obtendrá el impacto que se tiene sobre el importe de energía solar.

#### **4.7. Aspectos éticos en investigación**

Los aspectos éticos de la investigación son:

Consentimiento informado: Antes de participar en la investigación, es necesario obtener el consentimiento informado de los participantes, lo cual implica informarles sobre el objetivo de la investigación, los métodos que se utilizarán,

los posibles riesgos y beneficios, y su derecho a detener la investigación en cualquier momento sin consecuencias.

**Confidencialidad y anonimato:** Es fundamental mantener la confidencialidad de los datos recolectados durante el estudio y brindar a los participantes la opción de permanecer en el anonimato. Es importante implementar medidas de seguridad para salvaguardar la privacidad y proteger la información personal recopilada.

**Beneficios y riesgos:** Es fundamental evaluar minuciosamente tanto los beneficios como los riesgos asociados a la investigación. Los investigadores tienen la responsabilidad de reducir al mínimo los posibles riesgos para los participantes y garantizar que los beneficios potenciales sean proporcionales y justifiquen los riesgos implicados.

**Conflictos de interés:** Es importante que los investigadores eviten cualquier conflicto de intereses que pueda comprometer la objetividad y validez de su investigación.

## V. RESULTADOS

### 5.1. Análisis de la información

#### Cálculo del consumo requerido total

##### Datos para realizar los cálculos

Los datos para el cálculo se obtuvieron de la estación meteorológica:

*Tabla 2. Estación meteorológica*

Código	Estación	Departa.	Prov.	Lat. (s)	Long. (w)	Alt. (msnm)
106011	Chachapoyas	Amazonas	Chachapoyas	6° 12' 29.88"	77° 52' 1.62"	2442

Fuente: SENAMHI

La estación de chachapoyas es la que se encuentra ubicada más cerca de la institución de actividades administrativas públicas, siendo la más útil para analizar los datos de precipitación, temperatura máxima y mínima.

Obteniendo los siguientes datos:

*Tabla 3. Datos de estación meteorológica*

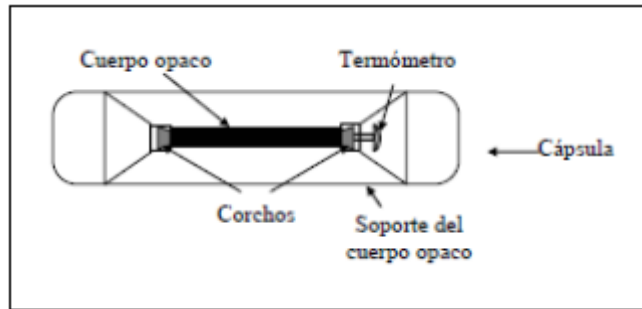
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/02/2024	20	11	86.4	19.5
2/02/2024	20	11.4	86.6	4.8
3/02/2024	17.8	11.6	88.5	0.0
4/02/2024	18.8	12	80.4	1.5
5/02/2024	S/D	12	S/D	S/D

Fuente: SENAMHI

##### Estimación de la radiación solar

Con el propósito de mejorar la calidad de los datos de investigación y los resultados obtenidos para la próxima tesis, se diseñó un dispositivo casero conocido como solarímetro, destinado a la medición de la radiación solar instantánea. A continuación, se presentan los hallazgos obtenidos.

Figura 7. Solarimetro



Fuente: Elaboración propia

Este se trabaja bajo la siguiente ecuación:

$$R = \frac{J \times \Delta T}{t}$$

Donde:

R: Radiación solar -  $W/m^2$

J: Constante del Solarimetro – 52162

$\Delta T$ : Diferencia de temperatura del  $H_2O$  después de un tiempo “t” –  $C^\circ$

t: Tiempo de exposición a la radiación solar – segs.

**Radiación solar instantánea para cada medición:**

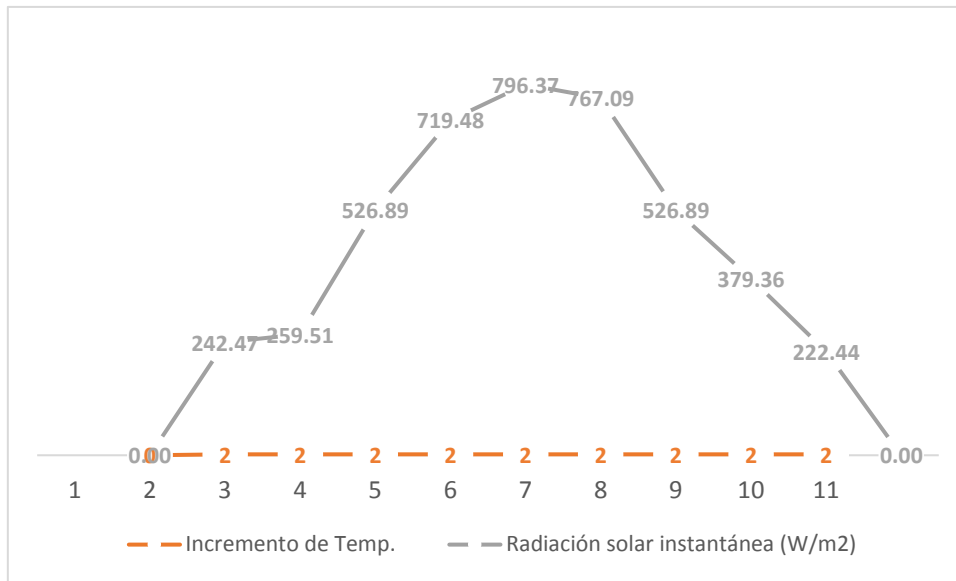
Estas mediciones fueron realizadas el 7 de noviembre del 2023, donde se obtuvo como resultado la radiación solar en Chachapoyas.

Tabla 4. Radiación solar instantánea con el Solarimetro

N.º	Hora	Temp. AMB ( $C^\circ$ )	Tiempo (seg.)	Incremento de Temp.	Radiación solar instantánea ( $W/m^2$ )
1	6	3	-	-	0
2	7	5	491	2	242.47
3	8	9	402	2	259.51
4	9	12	198	2	526.89
5	10	13	145	2	719.48
6	11	14	131	2	796.37
7	12	14	136	2	767.09
8	13	13	198	2	526.89
9	15	11	275	2	379.36
10	16	9	469	2	222.44
11	18	6	-	-	0

Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Curva de radiación solar durante horas de sol



Fuente: Rivera (2022)

Haciendo uso del método del trapecio calcularemos la radiación solar diaria para ello emplearemos la siguiente ecuación:

$$H_d = \sum_{1}^{n-1} \left( \frac{(R_n + R_{n+1}) * (t_{n+1} - t_n)}{2} \right)$$

Donde:

H<sub>d</sub>: Radiación solar diaria – W-h/m<sup>2</sup>

R<sub>n</sub>: Radiación instantánea – W-h/m<sup>2</sup>

t<sub>n</sub>: tiempo para la medición “n” – horas

n: número de medidas de radiación obtenidas

Realizando los cálculos correspondientes se obtuvo 4627.9 W-h/m<sup>2</sup> en base a los datos obtenidos del Solarimetro obtenemos que la radiación solar diaria en un plano inclinado es de 4.63 kW – h/m<sup>2</sup> con base en ello realizaremos los siguientes cálculos y toma de decisiones.

Tabla 5. Radiación diaria método del trapecio

Irradiación solar diaria										Diario W – h/m <sup>2</sup>
213	236	393	623	758	782	647	453	301	222	<b>4627.9</b>

Fuente: Elaboración propia

### La radiación solar con la data center NASA

La agencia NASA de meteorología superficial y energía solar proporciona datos sobre la radiación solar en la Ciudad de Chachapoyas. Los parámetros esenciales para este programa son la longitud y latitud. A continuación, se presenta un resumen del cuadro correspondiente:

Latitud: -6.2294652145650815

Longitud: -77.87289043126701

*Figura 9. Ubicación de la Municipalidad Provincial de Chachapoyas*



Fuente: Google Maps

Según la base de datos de la NASA, la radiación solar media anual asciende a 5.79 kW.h/m<sup>2</sup>, proporcionando así información pertinente y fiable para llevar a cabo el cálculo del rendimiento del sistema de paneles solares.

### **Cálculo de la potencia total**

Para realizar el cálculo de la potencia total primero se debe entender que son 3 pisos y cada uno de los niveles es de material noble.

*Tabla 6. Numero de ambientes por nivel*

Primer piso	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hall de ingreso</li><li>• Mesa de partes</li></ul>
-------------	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Archivos</li> <li>• Omaped</li> <li>• Oficina de Rentas y Electrificación</li> <li>• Programa Vaso de Leche</li> <li>• Demuna</li> </ul>
Segundo piso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oficina OPI</li> <li>• Logística</li> <li>• Subgerencia de Obras</li> <li>• Registro Civil</li> <li>• Gerencia de Desarrollo Urbano</li> <li>• Tesorería</li> </ul>
Tercer piso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oficina Gerencia Municipal</li> <li>• Oficina Alcaldía</li> <li>• Contabilidad</li> <li>• Asesoría Legal</li> <li>• Sala Consistorial</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

En total son 18 ambientes los que están en funcionamiento en la Municipalidad Provincial de Chachapoyas, cuentan con: luminarias, computadoras, impresoras y el ascensor que están instaladas uniformemente, siendo su máxima demanda de 3,586.00 watts; a continuación, se realizarán los cálculos para el sistema solar fotovoltaico:

Por tanto:

$$Et = \text{Máxima demanda} \times h$$

Donde:

Et: consumo teórico

P efecto: potencia del equipo

h: número de horas por cada día (h/día)

Consumo teórico diario para el tercer piso por el total de la máxima demanda es lo siguiente:

*Tabla 7. Consumo de energía del tercer piso por día*

Descripción del equipo	Potencia (W)	Horas/día de funcionamiento	Consumo (W-h/día)
Luminaria	576	4	2304
Computadora	1720	8	13760
Impresora	800	4	3200
Televisor	90	1	90
Proyector	200	1	200
Cargador de celular	200	4	800
Total (Energía consumida)			20354

Fuente: Elaboración propia

A continuación, vamos a calcular el consumo real energético (E), lo cual permitirá conocer las pérdidas que existen en el circuito eléctrico.

$$E = \frac{Et}{R}$$

Primero, se debe calcular R el cual es el rendimiento global de la instalación fotovoltaica.

$$R = (1 - Kb - Kc - Kv) \cdot \left(1 - \frac{Ka \cdot N}{Pd}\right)$$

Donde:

Kb: Coeficiente de pérdidas por rendimiento del acumulador – 0.005

Kc: Coeficiente de pérdidas en el inversor – 0.005

Kv: Coeficiente de pérdidas en el panel solar – 0.005

Ka: Coeficiente de autodescarga diario – 0.005

N: Número de días autonomía de la instalación – 2

Pd: Profundidad de descarga de la batería – 0.5

$$R = (1 - 0.005 - 0.005 - 0.005) \cdot \left(1 - \frac{0.005 \cdot 2}{0.5}\right)$$

$$R = 0.96$$

Ahora regresamos al cálculo del consumo real energético:

$$E = \frac{20354W \cdot h/día}{0.96}$$

$$E = 21202.08 \frac{Wh}{día}$$

Entonces tenemos que el consumo real energético es de 21202.08 Wh/día.

## 5.2. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

### Dimensionamiento del panel fotovoltaico

Para realizar el cálculo de la cantidad de paneles fotovoltaicos se trabajó con la siguiente ecuación:

$$Np = \frac{E}{(Wp \cdot HSD)}$$

$$Np = \frac{21202.08}{(300.5)}$$

$$Np = 14.1$$

Donde:

HSD: Número de horas de sol por día

Con ello tendríamos que son necesarios 14 paneles fotovoltaicos de 300 Watts, de acuerdo a ello se seleccionan paneles fotovoltaicos con sus especificaciones técnicas.

*Tabla 8. Datos técnicos del panel solar fotovoltaico*

Potencia	300 watts
Modelo	Panel Solar 300W 24V Policristalino ERA
Voltaje máximo	32.6 V
Corriente máxima	9.31 A
Corriente de corto circuito	9.38 A
Eficiencia	17.89%
Grado de protección	IP65
Largo	1675 mm
Ancho	1001 mm
Peso	18 Kg
Temperatura de operación	-40 C° A +80 C°
Certificados	IEC 61730 - UL 1703

Garantía	25 años
Procedencia	Perú

Fuente: AutoSolar

En el proceso de selección del panel solar, se evaluaron las ventajas y características distintivas de varias opciones. Entre ellas, el panel fotovoltaico monocristalino se destaca por las siguientes propiedades:

- Elaborado con silicio de alta pureza.
- Ofrece una eficiencia óptima que oscila entre el 15% y el 21%.
- Posee una vida útil que alcanza los 25 años.
- Es capaz de generar electricidad incluso en condiciones de baja luminosidad solar.

Para la implementación del sistema solar fotovoltaico en su totalidad, se requieren 14 paneles fotovoltaicos monocristalinos, cubriendo un área total de 23.47 metros cuadrados en el techo de la Municipalidad Provincial de Chachapoyas. Este conjunto de paneles tiene un peso total de 252 kilogramos. Dado que la estructura de la Municipalidad está construida con concreto armado, no se anticipan dificultades para su instalación.

#### Posicionamiento de los paneles solares

Un panel solar monocristalino tiene la capacidad de generar energía eléctrica incluso en condiciones de poca luz solar, lo que significa que también puede producir energía en días nublados. Sin embargo, es crucial que la orientación del panel solar sea adecuada para aprovechar al máximo la radiación solar a lo largo del año.

Dado que el Perú se encuentra en el hemisferio sur, es recomendable que los paneles solares estén orientados hacia el norte para optimizar su rendimiento.

#### Inclinación

Los paneles solares alcanzan su máxima eficiencia cuando están alineados con el sol. Para cada latitud geográfica, existe un ángulo de inclinación óptimo que permite generar energía eléctrica de manera eficiente durante todo el año. Para

la ciudad de Morococha, cuya latitud es 11.587, se determina que el ángulo de inclinación ideal para el drenaje del agua de lluvia es de 15 grados.

### Dimensionamiento del sistema de acumulación

Para determinar el tamaño del acumulador solar, es necesario tener en cuenta los días de autonomía del sistema fotovoltaico, que representan el período durante el cual el sistema puede operar sin recibir luz solar directa. En este caso, se considerarán dos días para dicho cálculo.

$$Cap. total acumulador = \frac{(N^{\circ} \text{ días de autonomía} \times \text{Consumo de energía diario})}{\text{Voltaje nominal} \times \text{Profundidad de descarga}}$$

$$Cap. total acumulador = \frac{(2 \times 21202.08)}{24 \times 0.8}$$

$$Cap. total acumulador = 2208.55 Ah$$

Ya habiendo obtenido la capacidad del acumulador, se procede a calcular la cantidad de baterías solares que se requiere:

$$N^{\circ} \text{ de acumuladores} = \frac{\text{Capacidad total del acumulador (Ah)}}{\text{Capacidad del acumulador (Ah)}}$$

$$N^{\circ} \text{ de acumuladores} = \frac{2208.55 Ah}{300 Ah}$$

$$N^{\circ} \text{ de acumuladores} = 7.3$$

En conjunto, se disponen de 7 acumuladores de descarga profunda con una capacidad del 80% de 300 ampere-hora y una tensión de salida de 24 VCC. Las especificaciones de esta batería solar se detallan en el cuadro adjunto.

Tabla 9. Datos técnicos de la batería solar

Capacidad de acumulación	300 Ah
Modelo	Batería Narada 300Ah AGM
Ciclo de vida	2200 ciclos
Voltaje de operación	24 Vcc
Profundidad de descarga	80%
Peso	18.5 Kg
Vida útil	20 años
Temperatura de operación	-40 C° A +70 C°

Medida	522x240x223 mm
Mantenimiento de recarga	Cada 2 años

Fuente: Panel Solar Perú

El sistema de almacenamiento está compuesto por 7 baterías solares, con un peso combinado de 129.5 kilogramos. Estas baterías se colocarán en la parte inferior del tablero del sistema solar fotovoltaico, aprovechando su posición abierta y ventilada.

### **Dimensionamiento del regulador**

Para calcular las dimensiones del regulador, es necesario determinar la corriente máxima que circula a través de los conductores.

$$P = V \cdot I \cong I = \frac{P}{V}$$

Donde:

P: Potencia

V: V batería

### **Batería – carga**

$$I = \frac{3586W}{24 V_{cc}} = 149.42 \text{ Amperios}$$

### **Panel - Batería**

$$I = \frac{2600W}{24 V_{cc}} = 175 \text{ Amperios}$$

Por lo tanto, el controlador destinado al sistema fotovoltaico debe tener una capacidad máxima de corriente de 200 ampere.

### **Dimensionamiento del inversor**

Al elegir el inversor, se consideran varios datos de relevancia. El inversor debe cumplir con las siguientes especificaciones técnicas:

La potencia instalada para el tercer piso en la Municipalidad es de 3,586.00 watts.

- Se requiere una potencia máxima de 20.35 kW por día de funcionamiento.
- El voltaje de entrada debe ser de 24 VCC.
- El voltaje de salida debe ser de 220 VCA.
- La frecuencia de operación debe ser de 60 Hz.

Para la selección del inversor, se toma en cuenta la potencia máxima requerida por día, que es de 20.35 kW. Para el sistema solar fotovoltaico en cuestión, se utilizarán 2 inversores que cumplan con estas especificaciones técnicas.

*Tabla 10. Datos técnicos del inversor*

Capacidad de acumulación	10 kW
Modelo	PIP5048HS Inverter Plus DC/AC
Ciclo de vida	48 Vcc
Voltaje de operación	230 Vca
Profundidad de descarga	60 Hz
Peso	27 Kg
Vida útil	455x295x194 mm

Fuente: MPP Solar

### **Dimensionamiento del cable eléctrico**

Al calcular las dimensiones del cable, se considerarán las pérdidas, incluyendo la caída de tensión y el efecto Joule. Esto implica realizar el cálculo de la resistencia del conductor.

$$R = \frac{(V_a - V_b)}{I}$$

Donde:

$V_a - V_b$ : Diferencia potencial entre a y b

I: Es la intensidad de corriente que atraviesa el conductor

R: Resistencia de un conductor la cual es proporcional a la Longitud e inversa al área transversal:

$$R = \frac{L}{\sigma \cdot S}$$

Donde:

R: Resistencia

L: Longitud

S: Sección del conductor

$\sigma$ : Resistividad del material conductor

Ahora trabajamos con ambas formulas igualando y despejando S:

$$\frac{(V_a - V_b)}{I} = \frac{L}{\sigma \cdot S}$$

$$S = \frac{LI}{\sigma(V_a - V_b)}$$

Ahora se tiene en cuenta que la resistividad para el conductor de cobre es de:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{0.01786} = 56$$

Ahora el valor obtenido se reemplaza en la ecuación para calcular S:

$$S = \frac{LI}{56(V_a - V_b)}$$

Ahora hay que obtener los demás valores para ello los componentes del panel solar se encuentra separados a la siguiente distancia:

- Longitud entre panel – regulador: 10 m
- Longitud entre regulador – batería: 0.5 m
- Longitud entre batería – inversor: 0.5 m
- Longitud entre inversor – luminaria: 14 m

La máxima corriente que fluirá a través de los conductores es la corriente de cortocircuito (Isc) del panel solar, que, según los catálogos, tiene un valor de 9.83 ampere.

Ahora hay que determinar Va-Vb:

$$(V_a - V_b) = (24V_{cc})(3\%) = 0.72$$

Habiendo calculado la diferencia potencial entre los puntos a y b regresamos a la ecuación principal para calcular S:

$$S = \frac{2(10)(9.83)}{56(0.72)} = 4.88\text{mm}^2$$

$$4.88\text{mm}^2 = \frac{\pi\phi^2}{4} = 2.49\text{mm}$$

El cable eléctrico seleccionado de acuerdo al diámetro es un conductor de calibre #10 AWG o 6 mm<sup>2</sup>. Se procedió a realizar un análisis de la energía producida por cada mes, considerando la radiación solar específica de Chachapoyas, el área y la eficiencia del panel solar seleccionado.

Tras obtener los resultados de los cálculos matemáticos y la radiación solar a través del uso de un solarímetro, Atlas Solar del Perú y datos de la NASA Surface Meteorology and Solar Energy, se realizó un modelado utilizando el programa Excel. Esto permitió analizar el comportamiento de nuestro sistema solar fotovoltaico.

*Tabla 11. Proyección del sistema solar con los resultados obtenidos*

Mes/Año	Rad. Solar kW.h/m <sup>2</sup> -día	Horas Sol Día	Pot. Teórica W/m <sup>2</sup>	Energía teórica diaria	Efic. del panel	Área panel m <sup>2</sup>	Energía W-h/m <sup>2</sup> -día	Pot. Real panel W/m <sup>2</sup>
Julio 2023	4.83	5	966	4830	17.89%	1.67	1443.02	481.97
Junio 2023	4.71	5	942	4710	17.89%	1.67	1407.17	470.00
Mayo 2023	4.44	5	888	4440	17.89%	1.67	1326.50	443.05
Abril 2023	4.26	5	852	4260	17.89%	1.67	1272.73	425.09
Mar. 2023	4.72	5	944	4720	17.89%	1.67	1410.16	470.99
Febr. 2023	4.54	5	908	4540	17.89%	1.67	1356.38	453.03
Ene. 2023	4.68	5	936	4680	17.89%	1.67	1398.21	467.00
Dic. 2022	4.25	5	850	4250	17.89%	1.67	1269.74	424.09
Nov. 2022	4.84	5	968	4840	17.89%	1.67	1446.01	482.97
Oct. 2022	4.72	5	944	4720	17.89%	1.67	1410.16	470.99
Set. 2022	4.43	5	886	4430	17.89%	1.67	1323.52	442.06
Agos. 2022	4.26	5	852	4260	17.89%	1.67	1272.73	425.09
Julio 2022	4.73	5	946	4730	17.89%	1.67	1413.14	471.99

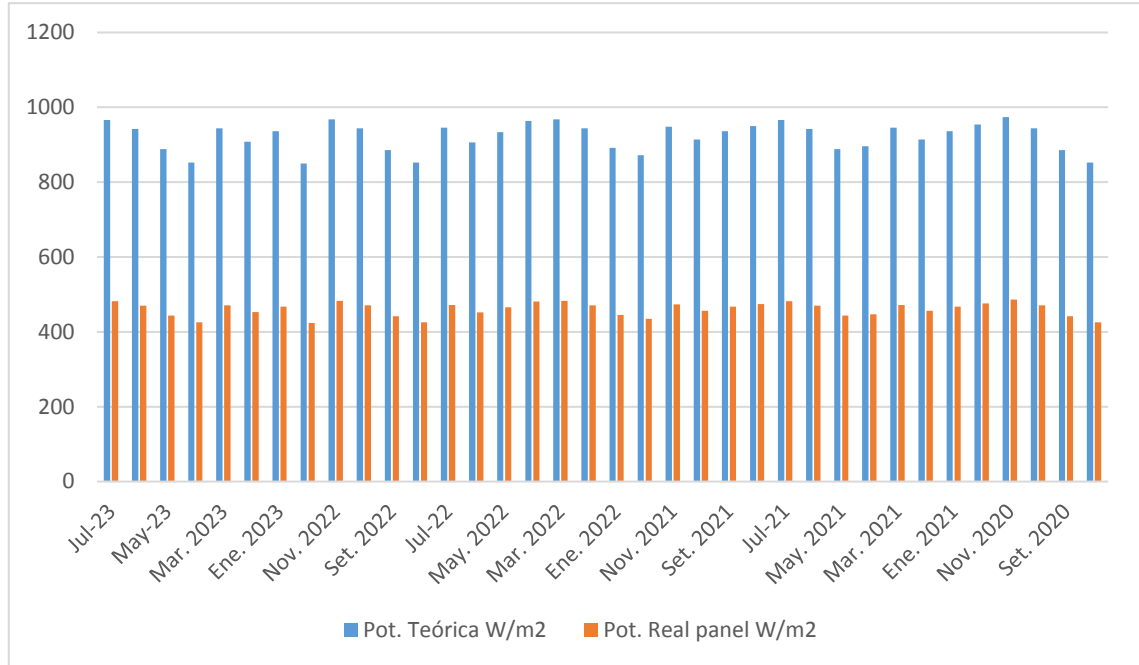
Jun. 2022	4.53	5	906	4530	17.89%	1.67	1353.39	452.03
May. 2022	4.67	5	934	4670	17.89%	1.67	1395.22	466.00
Abril 2022	4.82	5	964	4820	17.89%	1.67	1440.03	480.97
Mar. 2022	4.84	5	968	4840	17.89%	1.67	1446.01	482.97
Feb. 2022	4.72	5	944	4720	17.89%	1.67	1410.16	470.99
Ene. 2022	4.46	5	892	4460	17.89%	1.67	1332.48	445.05
Dic. 2021	4.36	5	872	4360	17.89%	1.67	1302.60	435.07
Nov. 2021	4.74	5	948	4740	17.89%	1.67	1416.13	472.99
Oct. 2021	4.57	5	914	4570	17.89%	1.67	1365.34	456.03
Set. 2021	4.68	5	936	4680	17.89%	1.67	1398.21	467.00
Agos. 2021	4.75	5	950	4750	17.89%	1.67	1419.12	473.99
Julio 2021	4.83	5	966	4830	17.89%	1.67	1443.02	481.97
Jun. 2021	4.71	5	942	4710	17.89%	1.67	1407.17	470.00
May. 2021	4.44	5	888	4440	17.89%	1.67	1326.50	443.05
Abril 2021	4.48	5	896	4480	17.89%	1.67	1338.45	447.05
Mar. 2021	4.73	5	946	4730	17.89%	1.67	1413.14	471.99
Feb. 2021	4.57	5	914	4570	17.89%	1.67	1365.34	456.03
Ene. 2021	4.68	5	936	4680	17.89%	1.67	1398.21	467.00
Dic. 2020	4.77	5	954	4770	17.89%	1.67	1425.09	475.98
Nov. 2020	4.87	5	974	4870	17.89%	1.67	1454.97	485.96
Oct. 2020	4.72	5	944	4720	17.89%	1.67	1410.16	470.99
Set. 2020	4.43	5	886	4430	17.89%	1.67	1323.52	442.06
Ago. 2020	4.26	5	852	4260	17.89%	1.67	1272.73	425.09

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se examinó el valor más bajo registrado por el solarímetro, el cual se registró en diciembre de 2022 y fue de 4.25 kW.h/m<sup>2</sup>. Basándonos en este dato, se determinó que la potencia real del panel solar fotovoltaico es de 424.09 W/m<sup>2</sup>. Este resultado proporciona una indicación del nivel de potencia

eléctrica generada. Cabe destacar que la radiación solar medida en las mediciones es de 1000 W/m<sup>2</sup>, como se muestra en el siguiente detalle.

*Figura 10. Potencia Teórica y Potencia Real*



Fuente: Elaboración propia del autor

*Tabla 12. Potencia eléctrica generada*

Nivel	Potencia Real W/m <sup>2</sup>
Alto	1000
	668
Medio	667
	334
Bajo	333
	0

Fuente: Atlas Solar Perú

Podemos concluir que la potencia efectiva del panel solar fotovoltaico, que es de 424.09 W/m<sup>2</sup>, se encuentra dentro del rango promedio indicado por los datos.

Dimensionamiento del sistema de captación (generador solar)

Potencia nominal del panel seleccionado > 300 watts

Potencia de captación del panel seleccionado > 424.09 watts

Números de paneles > 14

Potencia de captación > 5.94 Kw

Número de horas de sol por día > 5 horas

A continuación, planteamos el cuadro resumen del sistema solar fotovoltaico.

Tabla 13. Resumen del sistema solar fotovoltaico

Energía total demandada	21202 kW.h/día
Número total de paneles	14 paneles
Potencia de captación	5.94 kW
Eficiencia del sistema	0.18%
Capacidad de batería	300 Ah
Profundidad de descarga de baterías	80%
Capacidad del sistema de acumulación	2208.55 Ah
Número total de baterías	7 unid.

Fuente: Elaboración propia

### 5.3. Cálculo de consumo real usando paneles solares usando el sistema fotovoltaico

Se instaló este sistema solar como un proyecto piloto con el propósito de monitorear el rendimiento del panel solar y la radiación solar en la Ciudad de Chachapoyas, con el fin de obtener resultados confiables.

Potencia: 200 Watts

Tiempo: 4 horas

Energía solar disponible 5 horas pico solar

$$Et = P \times H = 200 \times \frac{4 \text{ horas}}{\text{día}}$$

$$Et = 800 \frac{Wh}{\text{día}}$$

Obteniendo el consumo real con la siguiente ecuación:

$$R = (1 - Kb - Kc - Kv) \cdot \left(1 - \frac{Ka \cdot N}{Pd}\right)$$

Realizamos los cálculos:

$$R = (1 - 0.005 - 0.005 - 0.005) \cdot \left(1 - \frac{0.005 \cdot 2}{0.5}\right) = 0.96$$

$$E = \frac{800Wh/día}{0.96} = 833.33 \frac{Wh}{día}$$

### **Dimensionamiento del panel fotovoltaico**

Teniendo en cuentas los consumos reales tenemos que:

$$Np = \frac{E}{(Wp \cdot HPS)} = \frac{833.33}{(200 \times 5)} = 0.83$$

Esto quiere decir que se requeriría 1 panel fotovoltaico de 200Watts

### **Dimensionamiento del acumulador**

$$Cap. total acumulador = \frac{(2 \times 833.33)}{24 \times 0.8} = 86.81 Ah$$

Teniendo la capacidad de la batería solar calculamos la cantidad de baterías para el sistema fotovoltaico.

$$N^{\circ} de acumuladores = \frac{Capacidad total del acumulador}{Capacidad de acumulador} = \frac{86.81}{100} = 0.86$$

Un acumulador de descarga profunda de 80% con tensión de salida de 24Vcc.

### **Dimensionamiento del regulador de carga**

- Batería – carga

$$I = \frac{P}{V} = \frac{200W}{24 V_{cc}} = 8.33 \text{ Amperios}$$

- Panel – batería

$$I = \frac{P}{V} = \frac{200W}{24 V_{cc}} = 8.33 \text{ Amperios}$$

### **Dimensionamiento del inversor**

El inversor debe contar con las siguientes especificaciones:

- Capacidad máxima de potencia de 800 vatios en un periodo de funcionamiento de 4 horas.
- Voltaje de entrada de 24 VCC.
- Voltaje de salida de 220 VCA.
- Frecuencia de operación de 60 Hz.

Los datos recopilados, que se presentarán en el cuadro siguiente, abarcarán todo el año y mostrarán la energía eléctrica generada por el panel fotovoltaico.

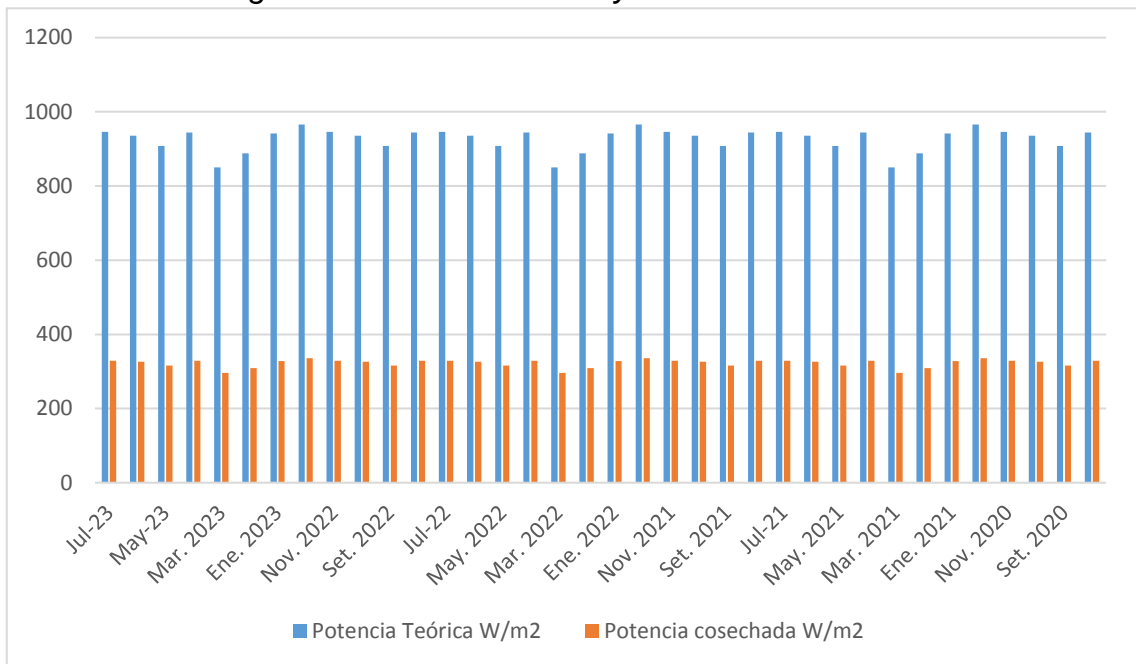
Ahora se analiza la energía producida por 1 panel fotovoltaico de 200Watts a fin de comprobar las expectativas de minimizar costos.

*Tabla 14. Proyección del sistema solar con los resultados obtenidos*

Mes/Año	Rad. Solar kW.h/m <sup>2</sup> -día	Potencia Teórica W/m <sup>2</sup>	Potencia cosechada W/m <sup>2</sup>
Julio 2023	4.73	946	329
Junio 2023	4.68	936	326
Mayo 2023	4.54	908	316
Abril 2023	4.72	944	329
Mar. 2023	4.25	850	296
Febr. 2023	4.44	888	309
Ene. 2023	4.71	942	328
Dic. 2022	4.83	966	336
Nov. 2022	4.73	946	329
Oct. 2022	4.68	936	326
Set. 2022	4.54	908	316
Agos. 2022	4.72	944	329
Julio 2022	4.73	946	329
Jun. 2022	4.68	936	326
May. 2022	4.54	908	316
Abril 2022	4.72	944	329
Mar. 2022	4.25	850	296
Feb. 2022	4.44	888	309
Ene. 2022	4.71	942	328
Dic. 2021	4.83	966	336
Nov. 2021	4.73	946	329
Oct. 2021	4.68	936	326
Set. 2021	4.54	908	316
Agos. 2021	4.72	944	329
Julio 2021	4.73	946	329
Jun. 2021	4.68	936	326
May. 2021	4.54	908	316
Abril 2021	4.72	944	329
Mar. 2021	4.25	850	296
Feb. 2021	4.44	888	309
Ene. 2021	4.71	942	328
Dic. 2020	4.83	966	336
Nov. 2020	4.73	946	329
Oct. 2020	4.68	936	326
Set. 2020	4.54	908	316
Ago. 2020	4.72	944	329

Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Potencia teórica y Potencia cosechada



Fuente: Elaboración propia del autor

La cantidad de paneles solares calculada parece ser adecuada. Sin embargo, con el propósito de realizar un análisis y observar su desempeño, se llevará a cabo un estudio utilizando un solo panel solar de 200 vatios. Este panel será exclusivamente dedicado a evaluar su comportamiento. Se espera que la energía generada por este panel fotovoltaico cumpla con las expectativas establecidas para reducir los costos en la factura eléctrica emitida por la empresa distribuidora, Electro Oriente.

### **Análisis económico de los paneles fotovoltaicos**

Es crucial disponer de los datos precisos de los cálculos realizados para el análisis de la instalación del sistema de paneles fotovoltaicos. Estos datos son necesarios para determinar con exactitud las cantidades de los componentes del sistema fotovoltaico. En este contexto, la Municipalidad Provincial de Chachapoyas deberá solicitar un presupuesto al Ministerio de Economía y Finanzas para la adquisición del mencionado sistema. Se llevarán a cabo cálculos matemáticos para estimar el tiempo necesario para recuperar la inversión y determinar los beneficios asociados con la instalación de este sistema solar fotovoltaico.

El análisis se lleva a cabo utilizando las cantidades obtenidas, además de seleccionar las marcas de todos los componentes del sistema solar fotovoltaico.

*Tabla 15. Costo total del sistema solar fotovoltaico*

N.º	Equipo	Cant.	Precio Unit.	Total
1	Panel mono 300 Watts	14	1230	17220
2	Batería Narada 300Ah AGM	7	951	6657
3	Inversor onda pura 24Vcd a 230 Vca, 60 Hz 4 kW	2	4100	8200
4	Tablero de distribución 1x0.64x0.21m	1	250	250
5	Tubería PVC-SAP eléctrica de 3/4"	6	3,25	19.5
6	Plancha metálica de 1.20 X 2.40 m x 0.90 mm	1	45	45
7	Perno de F°G° DE 1/4" x 1½" INCL T/C	100	0,26	26
8	Ángulo de hierro 1" x 1" x 2.0 6m	1	13	13
9	Ángulo de hierro 1 1/4" x 1 1/4" x 2.0 6m	3	19	57
10	Cable THW 6 mm <sup>2</sup> (m)	60	3,2	192
11	Mano de obra (días)	5	1090	5450
12	Mantenimiento cada 2 años	10	500	5000
13	Transporte de materiales	1	300	300
14	Kit de limpieza	1	800	800
<b>S/ .44229.5</b>				

Fuente: Elaboración propia

Se realizó mantenimiento de los paneles solares, para eliminar el polvo, la grasa y otros contaminantes que podrían reducir la eficiencia del panel.

*Tabla 16. Costo de un panel solar fotovoltaico*

N.º	Equipo	Cant.	Precio Unit.	Total
1	Panel policristalino 200 watts	1	425	425
2	Baterías 100 Ah/24Vcc secas	1	403	403
3	Inversor cargador onda pura 24Vcc a 230 Vca, 800w 16 A.	1	415	415
4	Regulador máx. 10 Amp Victron	1	120	120
5	Tablero de control	1	60	60
<b>S/.1423</b>				

Fuente: Elaboración propia

### **Análisis del consumo y la generación con paneles solares**

Al considerar los equipos eléctricos, la potencia total instalada en la Municipalidad Provincial de Chachapoyas es de 29.88 kW. Ahora, al conocer la potencia instalada específica del tercer piso, que es de 3,586 watts, calculamos las horas de funcionamiento diario para dicho piso, siendo 20.36 kW.h por día.

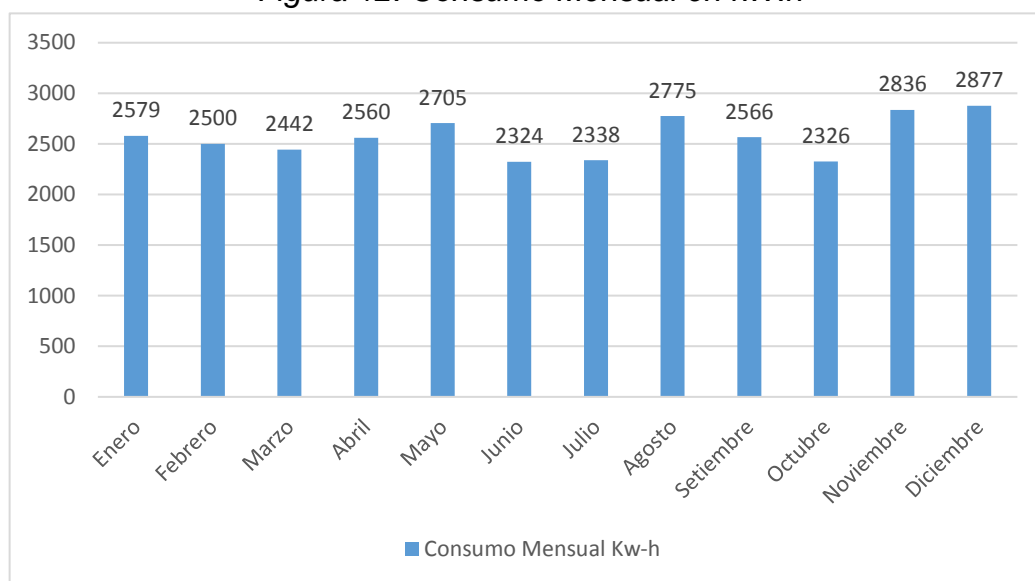
*Tabla 17. Diferencia de energía consumida y energía generada*

Año 2023/mes	Consumo Mensual kW.h	Importe Mensual S/.	Consumo Mensual con paneles kW.h	Importe Mensual S/.
Enero	2579,00	2756,00	641	740,00
Febrero	2500,00	2733,00	641	700,00
Marzo	2442,00	2583,00	641	709,00
Abril	2560,00	2515,00	641	715,00
Mayo	2705,00	2743,00	641	775,00
Junio	2324,00	2807,00	641	704,00
Julio	2338,00	2696,00	641	793,00
Agosto	2775,00	2702,00	641	787,00
Setiembre	2566,00	2585,00	641	781,00
Octubre	2326,00	2811,00	641	743,00
Noviembre	2836,00	2762,00	641	747,00
Diciembre	2877,00	2649,00	641	700,00
<b>TOTAL</b>		<b>S/. 32342,00</b>		<b>S/. 8894,00</b>

Fuente: Elaboración propia del autor

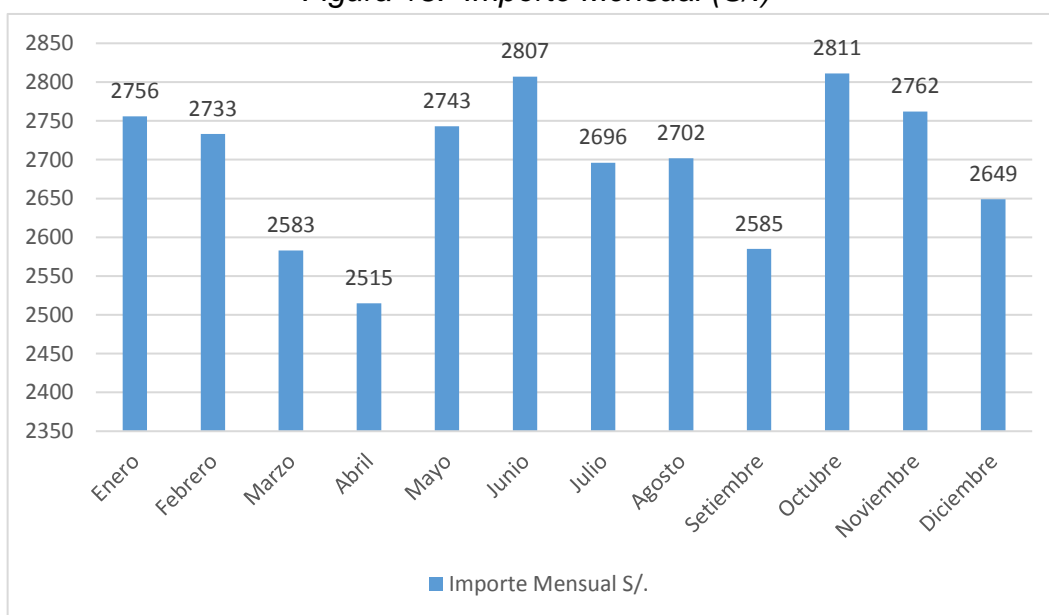
A partir de los datos presentados en esta tabla, podemos inferir que el consumo diario del tercer piso es de 20.35 kW.h. Multiplicando esta cantidad por 30 días y sumando un 5%, obtenemos un consumo estimado de 641.15 kW.h. Utilizando una regla de tres simple, calculamos el costo en soles. Además, el gasto total en electricidad durante el año 2023 fue de S/. 32342 para reducir estos costos, se implementó un sistema solar fotovoltaico, lo que resultó en un ahorro total de S/. 8894 durante el transcurso del año.

*Figura 12. Consumo Mensual en kW.h*



Fuente: Elaboración propia del autor

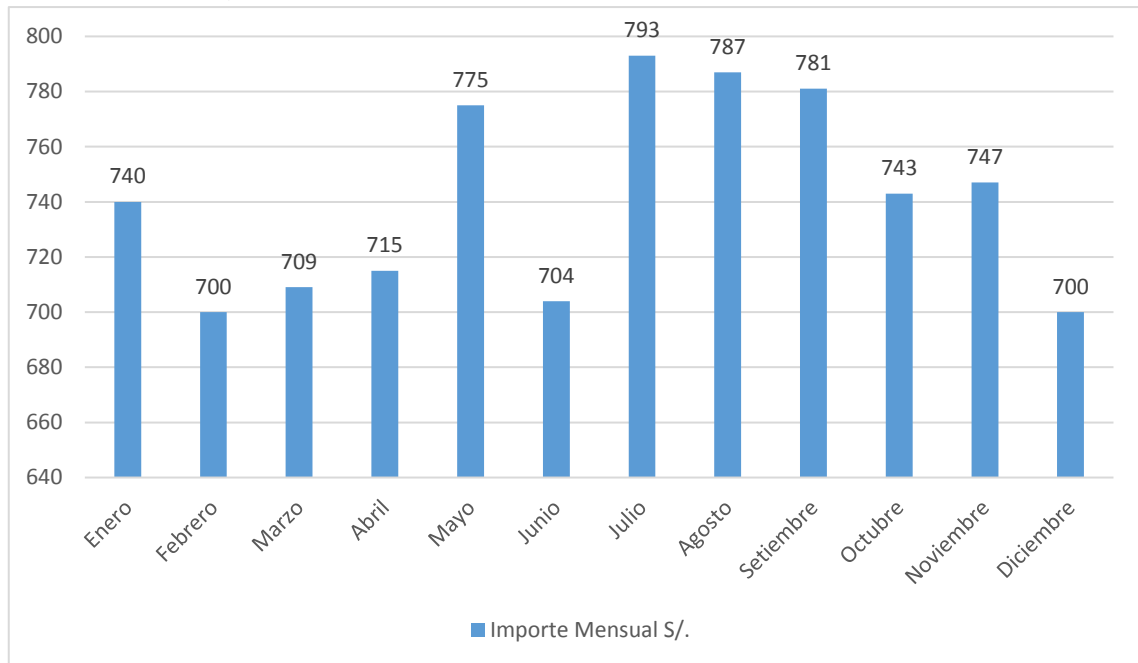
*Figura 13. Importe Mensual (S/.)*



Fuente: Elaboración propia del autor

Ahora analizamos los gráficos con los paneles solares:

*Figura 14. Importe Mensual con paneles solares (S/.)*



Fuente: Elaboración propia del autor

En resumen, el beneficio obtenido por parte de la implementación tiene como base el costo de la implementación del sistema fotovoltaico para ello se consideró un monto de S/ 44229.5, como se observa en la tabla N.º. 17 de una media de consumo mensual de S/ 2700 se redujo a una media de S/ 750 y ello al cabo de 23 meses aproximadamente ya se habría recuperado el costo de la inversión con el ahorro realizado mes a mes.

## **VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados**

#### **Hipótesis General**

El sistema de energía solar fotovoltaica disminuye la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas – 2023. Esta hipótesis general se confirma a través de los resultados obtenidos en tu estudio. Los datos recopilados muestran un ahorro total de S/. 8894 durante el año 2023 después de la implementación del sistema de energía solar fotovoltaica. Esto demuestra que, efectivamente, la instalación y utilización del sistema fotovoltaico ha contribuido a una disminución significativa en la facturación por consumo de energía eléctrica en la institución.

#### **Hipótesis Específica 1**

La radiación solar en un sistema fotovoltaico incide en la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas – 2023. Los resultados respaldan esta hipótesis específica. La cantidad de energía generada por el sistema fotovoltaico depende en gran medida de la radiación solar disponible en la región. Al dimensionar el sistema fotovoltaico, se consideró la demanda energética y la disponibilidad de radiación solar en Chachapoyas. Por lo tanto, la radiación solar tiene un impacto directo en la cantidad de energía eléctrica generada por el sistema fotovoltaico, lo que a su vez incide en la facturación por consumo de energía eléctrica.

#### **Hipótesis Específica 2**

El nivel de potencia eléctrica generada en un sistema fotovoltaico incide en la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas – 2023. Se valida con los resultados obtenidos. El nivel de potencia eléctrica generada por el sistema fotovoltaico, como se menciona en los resultados, fue de 5.94 kW.

Este nivel de potencia influye directamente en la cantidad de energía disponible para cubrir la demanda de la institución. Un mayor nivel de potencia generada permite satisfacer una mayor parte de la demanda interna de energía eléctrica, lo que reduce la necesidad de recurrir a la red eléctrica convencional y, por ende, disminuye la facturación por consumo de energía eléctrica.

### **Hipótesis Específica 3**

Los paneles solares en un sistema fotovoltaico inciden en la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas – 2023. Se confirma mediante los resultados que muestran la selección y dimensionamiento de los paneles solares en función de la demanda energética y la radiación solar disponible. Los 14 paneles solares instalados proporcionan la capacidad necesaria para generar la energía requerida por la institución, contribuyendo así a la reducción de la facturación por consumo de energía eléctrica.

## **6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares**

En la investigación realizada por Arrazola y Perdomo (2021) la cual planteó como objetivo realizar la factibilidad de implementar un sistema solar fotovoltaico que genere al menos un 27% de la energía consumida por las instalaciones de la empresa MERRIL S.A. Los resultados fueron que el consumo por mes siendo el más alto el mes de septiembre. Teniendo un consumo anual de 87,600 kW.h. El perfil de carga de la empresa el cual en base a los registros periódicos de la potencia máxima que demanda las operaciones de la empresa de MERRIL, se establece como una granja solar con una capacidad de 15.13 kWp para abastecer un 27% del consumo. Cuenta con un área disponible total de 2,298.36 metros cuadrados de techo de los cuales utilizaremos aproximadamente 161.98 metros cuadrados para la instalación de los 40 paneles y pasillos de circulación para el mantenimiento a dichas máquinas. Esto se ve reflejado de manera similar en nuestra investigación ya que se dimensionó el sistema en función del perfil de consumo de energía de la empresa y de la capacidad de generación solar disponible, lo que condujo a la instalación de un sistema con una capacidad de 15.13 kWp, que representa un porcentaje específico del consumo anual de

energía. Además, se identificaron áreas disponibles para la instalación de los paneles solares, considerando tanto la superficie disponible como la necesidad de acceso para el mantenimiento del sistema. Estas similitudes destacan la relevancia y aplicabilidad de la implementación de sistemas de energía solar fotovoltaica en diferentes contextos empresariales para reducir los costos de energía y promover la sostenibilidad.

En la investigación realizada por Nava, Dávila y López (2018) la cual planteó como objetivo reducción de pago de servicio en un 60% por el consumo de energía eléctrica suministrada por Comisión Federal de Electricidad (CFE) en el taller mecánico "HO" ubicado en el municipio de Naucalpan de Juárez en el Estado de México, mediante la implementación de fuentes alternas para la generación de energía eléctrica. Los resultados fueron que para determinar el tamaño y los componentes a emplear en el diseño del sistema fotovoltaico se toma como base a la facturación correspondiente a los 6 bimestres anteriores, teniendo la potencia total del sistema podemos empezar a dimensionar nuestro sistema fotovoltaico dividiendo entre la potencia de uno de los paneles que se elijan de entre el mercado, entre las potencias más comerciales entre diferentes marcas predominan los de 250W y 300W. Se utilizaron 44 paneles para tener un sistema balanceado de 4 cadenas de 11 paneles cada una. Esto se ve reflejado en nuestra investigación ya que se utilizó el histórico de facturación como base para determinar el tamaño y los componentes necesarios para el diseño del sistema fotovoltaico. Este enfoque garantiza que el sistema sea dimensionado adecuadamente para satisfacer la demanda energética del establecimiento y maximizar el ahorro en los costos eléctricos. Asimismo, se identificó el número y tipo de paneles solares necesarios para el sistema, asegurando un diseño balanceado y eficiente. Estas similitudes resaltan la importancia y efectividad de la implementación de sistemas fotovoltaicos como una estrategia viable para reducir los costos de energía eléctrica en diversos tipos de establecimientos comerciales.

En la investigación realizada por Bejarano (2022) la cual planteó como objetivo dimensionar la instalación de un sistema de paneles solares, para la empresa de servicios portuarios en Ilo. Se tuvo como resultado para una carga solicitada de,

15,126.880 W.h/día, 08 paneles solares de 450W, 01 batería de litio de 48v- 200 Ah para abastecer una carga de 1,681 W.h/día, y 01 inversor híbrido de 5000 W-48v. En cuanto al aspecto económico, se requerirá una inversión de S/19,369.00, el cual tiene un retorno de inversión de 6 años con 2 meses y 29 días y en cuanto a su mantenimiento es práctico y sencillo. Esto se ve reflejado de manera similar en nuestra investigación ya que se incluyeron aspectos económicos, como el costo de inversión y el tiempo de retorno de la inversión, lo que demuestra un enfoque integral que considera tanto los aspectos técnicos como financieros de la implementación del sistema de paneles solares. Estas similitudes subrayan la importancia y versatilidad de la energía solar como una solución efectiva para satisfacer las necesidades energéticas de diferentes tipos de empresas, así como para reducir los costos asociados al consumo de energía eléctrica.

En la investigación realizada por Burga, Campos, Carrasco y Castro (2020) la cual planteó como objetivo implementar energética fotovoltaica para reducir el consumo de energía eléctrica en el Centro Ganadero Cortez – Motupe. Los resultados fueron que el consumo diario del centro ganadero Cortez es de 25.862 kW.h. El consumo mensual del centro ganadero Cortez es de 775.86 kW.h. Considerando estas pérdidas el factor de rendimiento global para sistemas fotovoltaicos es: 0.686 con lo cual identificamos la siguiente fórmula que nos llevó a conocer la energía real, posterior a esta tabla mostramos las dimensiones de los paneles solares usados: 1.636 m \* 0.986 m. El área total ocupada por los paneles solares es de 1.613 m<sup>2</sup> \* 35 = 56.455 m<sup>2</sup>. Esto se ve reflejado de manera similar en nuestra investigación ya que la investigación también incluyó el cálculo del área total ocupada por los paneles solares, lo que indica una evaluación detallada de los requisitos espaciales para la instalación del sistema. Estas similitudes resaltan la importancia y efectividad de la implementación de soluciones de energía renovable, como la energía fotovoltaica, para reducir el consumo de energía eléctrica y promover la sostenibilidad en diversos tipos de establecimientos comerciales y ganaderos.

### **6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes**

La responsabilidad ética implica garantizar la integridad y el bienestar de todas las partes involucradas en la investigación y aplicación de los resultados. Esto incluye:

- **Respeto por los participantes:** Se debe garantizar el consentimiento informado y voluntario de todas las personas que participen en el estudio, así como proteger su privacidad y confidencialidad de acuerdo con las normativas éticas y legales vigentes.
- **Rigor científico:** Se debe llevar a cabo la investigación de manera imparcial, objetiva y transparente, utilizando métodos y técnicas científicamente validadas para garantizar la precisión y fiabilidad de los resultados.
- **Honestidad y transparencia:** Se deben presentar los hallazgos de manera honesta y transparente, sin distorsionar la información o manipular los resultados para favorecer intereses particulares.
- **Beneficio público:** Se debe considerar el impacto social y medioambiental de la implementación del sistema de energía solar fotovoltaica, asegurando que sus beneficios superen cualquier riesgo potencial y contribuyan al bienestar general de la comunidad.
- **Responsabilidad ambiental:** Se debe minimizar el impacto ambiental negativo asociado con la instalación y operación del sistema fotovoltaico, tomando medidas para mitigar cualquier daño al medio ambiente y promover prácticas sostenibles.
- **Divulgación de resultados:** Se deben compartir los resultados de la investigación de manera clara y accesible, tanto con la comunidad científica como con el público en general, para fomentar el aprendizaje y la colaboración en el campo de la energía renovable.

## **VII. CONCLUSIONES**

El sistema de energía solar fotovoltaica disminuye la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas – 2023.

La radiación solar en un sistema fotovoltaico incide en la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas – 2023.

El nivel de potencia eléctrica generada en un sistema fotovoltaico incide en la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas – 2023.

Los paneles solares en un sistema fotovoltaico inciden en la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas – 2023.

## VIII. RECOMENDACIONES

- Se sugiere llevar a cabo un análisis detallado del sistema de almacenamiento de energía asociado al sistema fotovoltaico. Evaluar la capacidad de almacenamiento, eficiencia de carga y descarga, así como posibles mejoras en tecnologías de baterías para maximizar la utilización de la energía generada.
- Recomendamos investigar e implementar sistemas avanzados de monitoreo y control. La integración de tecnologías IoT (Internet de las cosas) y plataformas de monitoreo en tiempo real permitirá un seguimiento más preciso del rendimiento del sistema, facilitando la identificación temprana de posibles fallos o áreas de mejora.
- Se propone realizar un estudio de rentabilidad a largo plazo, considerando factores como el mantenimiento, la vida útil de los componentes y posibles actualizaciones tecnológicas. Además, realizar una evaluación económica exhaustiva que contemple el retorno de inversión y los beneficios económicos sostenibles para la institución a lo largo del tiempo.
- Para diversificar y fortalecer la matriz energética, se sugiere investigar la posibilidad de integrar otras fuentes de energía renovable, como la eólica o la hidroeléctrica, de manera complementaria al sistema fotovoltaico existente. Esto podría aumentar la eficiencia energética y garantizar un suministro continuo.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEJARANO Otazu, Annie. Dimensionamiento de un sistema de paneles solares para reducir la facturación por energía eléctrica de una empresa de Servicios Portuarios en Ilo, 2022. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica). Trujillo: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2022. 68 pp.

BURGA Cruzado, Richard; CAMPOS Huanambal, Elmer; CARRASCO Rodríguez, Jhon y CASTRO Maco, Luis. Implementación de energía fotovoltaica para reducir el consumo de energía eléctrica en el Centro Ganadero Cortez – Motupe. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica). Chiclayo: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2020. 30 pp.

ARRAZOLA Izaguirre, Ernesto y PERDOMO Castillo, Kelly. Factibilidad de un sistema de generación fotovoltaico para reducir facturación energética en Merrill S.A. Tesis (Maestría en Gestión de energías renovables). Honduras: Universidad Tecnológica Centroamericana, Facultad de Postgrado, 2021. 167 pp.

NAVA Hernández, Israel; DÁVILA Zenón, Angel y LÓPEZ Cortés, Omar. Diseño de un sistema fotovoltaico para disminuir el pago del consumo eléctrico en el taller Mecánico HO. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Eléctrica). México: Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, 2018. 88 pp.

ESPEJO Marín, Cayetano y APARICIO Guerrero, Ana. La Producción de Electricidad con Energía Solar Fotovoltaica en España en el Siglo XXI. Revista de Estudios Andaluces (REA) [en línea]. febrero – abril 2020, vol. 1, n. °39. [Fecha de consulta: 18 de marzo del 2023]. Disponible en <https://dx.doi.org/10.12795/rea.2020.i39>

RIVERA Velásquez, Leidy. La Energía solar: La solución para los hogares en Colombia. Revista de divulgación en estudios socio territoriales [en línea]. julio-agosto 2022, vol. 14, n. °2. [Fecha de consulta: 18 de marzo del 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.15332/27113833.8381>

LADEUTH, Yelenis; LÓPEZ, Danny y SOCARRÁS, Carlos. Diagnóstico del consumo de energía eléctrica en la planificación de un sistema de gestión y norma técnica de calidad ISO 50001:2011. Revista Información Tecnológica [en línea]. febrero 2021, vol. 32, n. °1. [Fecha de consulta: 18 de marzo del 2023]. Disponible en <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642021000100101>

MEJÍA Vásquez, Eduar y GONZALES Chávez, Salome. Predicción del consumo de energía eléctrica residencial de la Región Cajamarca mediante modelos Holt-Winters. Revista Ingeniería Energética [en línea]. septiembre – diciembre 2019, vol. 40, n. °3. [Fecha de consulta: 18 de marzo del 2023]. Disponible en [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59012019000300181&script=sci\\_arttext&lng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59012019000300181&script=sci_arttext&lng=en)

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Indicadores del Sector Eléctrico a Nivel Nacional, 2020. Disponible en: [https://www.minem.gob.pe/detalle.php?idSector=6&idTitular=644&idMenu=su\\_b115&idCateg=355](https://www.minem.gob.pe/detalle.php?idSector=6&idTitular=644&idMenu=su_b115&idCateg=355)

REASCOS Masapanta, Byron. Diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica de respaldo para estaciones multiservicio de telecomunicaciones en Chiriboga Santo Domingo. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Eléctrica). Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, 2022. 69 pp.

RESTREPO Alvarez, Andrés; MUÑOZ Arias, Catalina; VILLAMIL Villar, Byron; BOLIVAR Chaves, Omar. Desarrollo de un sistema de iluminación portátil alimentado por energía solar fotovoltaica: Caso de aplicación comunidad Chucheros-Buenaventura. Revista Ingeniería y Competitividad [en línea]. Noviembre – marzo 2021, vol. 23, n. °2. [Fecha de consulta: 20 de setiembre del 2023]. Disponible en [https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria\\_y\\_competitividad/issue/view/881](https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/issue/view/881)

ANDRADE Baquero, Nelson. Descripción, utilización y proyecciones de la energía solar fotovoltaica en el departamento del Caquetá. Tesis (Maestría en Desarrollo Regional y Planificación de Territorio). Colombia: Universidad

Autónoma de Manizales, Facultad de Estudios Sociales y Empresariales, 2021. 185 pp.

JUAN DE DIOS Ortiz, Percy. Propuesta de diseño del sistema solar fotovoltaico para el sistema eléctrico en el anexo de Tinco, distrito de Alis, provincia de Yauyos y departamento de Lima – 2017. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Eléctrica). Huancayo: Universidad Continental, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Eléctrica, 2018. 92 pp.

MEJÍA Vásquez, Eduar. Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica. Revista Pakamuros [en línea]. Setiembre – noviembre 2019, vol. 7, n. °2. [Fecha de consulta: 20 de setiembre del 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.37787/9psac759>

CAYOTOPA Medina, José. Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico aislado para electrificar al caserío Flor del Valle en Yambrasbamba provincia de Bongará departamento de Amazonas. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica). Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, 2019. 161 pp.

## ANEXOS

## ANEXO N.º 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

<b>TEMA: SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA DISMINUIR LA FACTURACIÓN POR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UNA INSTITUCIÓN DE ACTIVIDADES ADMINISTRATIVAS PÚBLICAS - CHACHAPOYAS - DEPARTAMENTO DE AMAZONAS - 2023</b>						
<b>Problema</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Metodología</b>
<b>General:</b>	<b>General:</b>	<b>Principal:</b>	<b>V.I.</b> Sistema de energía solar fotovoltaica	Radiación Solar	W/m2	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b> Descriptiva Explicativa  <b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</b> Cuasi Experimental  <b>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN:</b> Cuantitativo
¿De qué manera el sistema de energía solar fotovoltaica disminuye la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas?	Determinar de qué manera el sistema de energía solar fotovoltaica disminuye la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas.	El sistema de energía solar fotovoltaica disminuye la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas.		Potencia eléctrica generada	Cantidad de potencia eléctrica generada	
				Paneles solares	Cantidad de paneles solares	
<b>Específicos:</b>	<b>Específicos:</b>	<b>Secundarias</b>	<b>V.D.</b> Consumo de energía eléctrica	Facturación por consumo de energía eléctrica	Monto del recibo de consumo de energía eléctrica	<b>POBLACIÓN:</b> La población estará conformada por el sistema eléctrico de una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas.  <b>MUESTRA:</b> La muestra estará conformada por el sistema eléctrico de una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas.
¿De qué manera la radiación solar en un sistema fotovoltaico incide en la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas?	Determinar de qué manera la radiación solar en un sistema fotovoltaico incide en la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas.	La radiación solar en un sistema fotovoltaico incide en la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas.				
¿De qué manera el nivel de potencia eléctrica generada en un sistema fotovoltaico incide en la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas?	Determinar de qué manera el nivel de potencia eléctrica generada en un sistema fotovoltaico incide en la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas.	El nivel de potencia eléctrica generada en un sistema fotovoltaico incide en la facturación por consumo de energía eléctrica en una institución de actividades administrativas públicas - Chachapoyas - Departamento de Amazonas.				

