

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Diseño de un sistema de energía solar fotovoltaico
para optimizar el consumo energético en una
Institución Educativa del distrito de Mollebaya,
Arequipa - 2025**

Jesus Alejandro Valencia Arnica

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Arequipa, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Mag. Doménica Dongo Martínez
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 11 de noviembre de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

Diseño De Un Sistema De Energía Solar Fotovoltaico Para Optimizar El Consumo Energético En Una Institución Educativa Del Distrito de Mollebaya, Arequipa - 2025

Autor:

Jesus Alejandro Valencia Arnica – Carrera profesional Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 16 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (**en caso de elegir "SI"**): 10 SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por brindarme salud, fortaleza y numerosas bendiciones a lo largo de mi vida, que han sido fundamentales para mantenerme firme en el camino hacia la realización de mis más anhelados sueños.

A mis padres, por ser mi mayor ejemplo de amor, esfuerzo y perseverancia. Gracias por estar presentes en cada paso que di, por su apoyo incondicional, sus sabios consejos y por reconfortarme con sus palabras en los momentos que más lo necesité.

A mi familia, por su fe constante en mí, por su cariño inquebrantable y por acompañarme con amor y aliento durante todo este proceso.

A mi Team ambiental, por su compañerismo, motivación y colaboración constante. Gracias por compartir conmigo este camino, por las experiencias vividas y por el trabajo en equipo que hizo más enriquecedora y llevadera esta etapa académica.

A mi ídolo CR7, Cristiano Ronaldo, por ser un ejemplo de disciplina, constancia y superación. Su mentalidad ganadora, su capacidad de reinventarse ante la adversidad y su incansable trabajo han sido fuente de motivación personal durante el desarrollo de esta tesis. Aunque no relacionado directamente con el ámbito académico, su trayectoria me ha enseñado que la excelencia solo se alcanza con esfuerzo continuo, y ese principio lo he aplicado a lo largo de mi formación profesional.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida, fortaleza y sabiduría en cada paso
de este camino.

A mis padres, por su amor incondicional, sus sacrificios y por
enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mi familia, por su constante apoyo, sus palabras de aliento y
su fe en mí, incluso en los momentos más difíciles.

A mis docentes, por compartir su conocimiento, por guiarme
con paciencia y dedicación.

A mí mismo, por no rendirme, por creer en mis capacidades y
por haber llegado hasta aquí.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Formulación del problema.....	3
1.2.1 Problema general.....	3
1.2.2 Preguntas específicas.....	3
1.3 Objetivos de investigación	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Justificación e importancia.....	4
1.4.1 Justificación ambiental	4
1.4.2 Justificación social	4
1.4.3 Justificación económica.....	5
1.4.4 Importancia	5
1.5 Hipótesis y descripción de variables.....	6
1.5.1 Hipótesis alterna	6
1.5.2 Hipótesis nula.....	6
1.6 Variables	7
1.6.1 Descripción de variables.....	7

1.6.2	Operacionalización de variables	7
CAPÍTULO II.....		8
MARCO TEÓRICO.....		8
2.1	Antecedentes de la investigación.....	8
2.1.1	Antecedentes internacionales	8
2.1.2	Antecedentes nacionales.....	9
2.1.3	Antecedentes regionales	10
2.2	Bases teóricas	12
2.2.1	Energía solar fotovoltaica	12
2.2.2	Energías renovables.....	12
2.2.3	Eficiencia energética	13
2.2.4	Cambio climático	13
2.2.5	Efecto invernadero	13
2.2.6	Sistemas fotovoltaicos.....	13
2.2.7	Clasificación de los sistemas fotovoltaicos.....	14
2.2.8	Paneles solares.....	15
2.2.9	Tipos de baterías o acumuladores.....	15
2.2.10	Vida útil de una batería.....	16
2.2.11	Regulador de carga	17
2.2.12	Inversor de energía	19
2.2.13	Radiación solar	20
2.2.14	Impacto ambiental de los sistemas fotovoltaicos	21
2.2.15	Políticas reguladoras.....	22
2.2.16	Marco legal.....	23
2.3	Definición de términos básicos	23
CAPÍTULO III.....		24
METODOLOGÍA		24
3.1	Método y alcance de la investigación.....	24
3.2	Diseño de la investigación.....	24

3.3	Población y muestra	24
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	25
3.4.1	Técnica de recolección de datos	25
3.4.2	Instrumentos de recolección de datos	25
3.5	Instrumentos de análisis de datos	26
3.6	Procedimiento de cálculo del sistema fotovoltaico.....	27
3.6.1	Hora solar pico	27
3.6.2	Cálculo de paneles solares.....	27
3.6.3	Inclinación de paneles solares	28
3.6.4	Cálculo del inversor.....	28
3.6.5	Inclinación de paneles solares	28
CAPÍTULO IV		30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		30
4.1	Presentación de resultados.....	30
4.1.1	Potencia instalada	30
4.1.2	Radiación Solar	33
4.1.3	Dimensionamiento del sistema fotovoltaico	39
4.1.4	Presupuesto	41
4.1.5	Consumo y abono actual de la institución	41
4.1.6	Consumo y abono con el sistema fotovoltaico.....	42
4.1.7	Consumo y abono actual vs con sistema fotovoltaico.....	43
4.2	Prueba de hipótesis.....	44
4.2.1	Planteamiento de la prueba de hipótesis	44
4.2.2	Formulación estadística.....	44
4.2.3	Prueba de normalidad.....	44
4.2.4	Prueba estadística	45
4.2.5	Criterio de decisión	45
4.3	Discusión de resultados.....	45
CONCLUSIONES		48

RECOMENDACIONES.....	49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
ANEXOS.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de variables.	7
Tabla 2.	Inventario y potencia (KW) de las aulas.	30
Tabla 3.	Inventario y potencia (KW) del área de dirección.	31
Tabla 4.	Potencia (KW) en pasadizos.	32
Tabla 5.	Potencia instalada total (KW) de la institución educativa.	32
Tabla 6.	Índice de radiación solar según la NASA.	34
Tabla 7.	Índice de radiación solar según Atlas Solar Perú.	35
Tabla 8.	Índice de radiación solar tomado In-Situ.	37
Tabla 9.	Comparación de índices de radiación solar.	38
Tabla 10.	Presupuesto para el sistema fotovoltaico.	41
Tabla 11.	Consumo y abono actual de la institución educativa.	41
Tabla 12.	Consumo y abono con el sistema fotovoltaico.	42
Tabla 13.	Consumo - abono actual vs consumo - abono con el SF.	43
Tabla 14.	Prueba de Normalidad.	44
Tabla 15.	Prueba de Wilcoxon.	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Potencia instalada total (KW) de la institución educativa.....	32
Figura 2.	Índice de radiación solar según la NASA.....	34
Figura 3.	Índice de radiación solar según Atlas Solar Perú.....	36
Figura 4.	Índice de radiación solar tomado In-Situ.....	37
Figura 5.	Comparación de índices de radiación solar.	39

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar cómo la propuesta de un diseño de sistema de energía solar fotovoltaica puede optimizar el consumo energético en una institución educativa del distrito de Mollebaya, Arequipa – 2025. Para ello, se empleó una metodología cuantitativa de tipo descriptivo y de diseño no experimental, tomando como población de estudio a una institución educativa ubicada en Mollebaya. Se utilizaron técnicas de observación, medición directa del consumo energético y recopilación de datos de radiación solar, apoyados en instrumentos como fichas de inventario, registros de consumo y análisis comparativo de fuentes de radiación solar (NASA, Atlas Solar Perú y medición in-situ). Los resultados evidenciaron que el diseño propuesto permite cubrir hasta el 90% del consumo energético anual de la institución, reduciendo significativamente los costos y la dependencia de la red eléctrica convencional, demostrando viabilidad económica y ambiental. En conclusión, la implementación de un sistema fotovoltaico resulta una solución sostenible que optimiza el consumo energético, promueve la educación ambiental y contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Palabras clave: energía solar fotovoltaica, optimización energética, radiación solar.

ABSTRACT

The objective of this research is to determine how the proposal for a photovoltaic solar energy system design can optimize energy consumption in an educational institution in the district of Mollebaya, Arequipa – 2025. To this end, a quantitative, descriptive, and non-experimental methodology was used, with the study population being an educational institution located in Mollebaya. Observation techniques, direct measurement of energy consumption, and solar radiation data collection were used, supported by instruments such as inventory sheets, consumption records, and comparative analysis of solar radiation sources (NASA, Solar Atlas of Peru, and on-site measurement). The results showed that the proposed design can cover up to 90% of the institution's annual energy consumption, significantly reducing costs and dependence on the conventional power grid, demonstrating both economic and environmental feasibility. In conclusion, the implementation of a photovoltaic system is a sustainable solution that optimizes energy consumption, promotes environmental education, and contributes to the reduction of greenhouse gas emissions.

Keywords: photovoltaic solar energy, energy optimization, solar radiation.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio tiene como objetivo diseñar un sistema de energía solar fotovoltaico que permita optimizar el consumo eléctrico en una institución educativa del distrito de Mollebaya, contribuyendo así al ahorro económico, la eficiencia energética y la sostenibilidad ambiental en el sector educativo.

La organización de este trabajo ha sido diseñada de la siguiente manera:

La primera sección presenta el contexto general del problema, donde se describe la situación energética actual de la institución educativa; además, se formula los objetivos, justificación del estudio, formulación de hipótesis y descripción de variables.

La segunda sección presenta los antecedentes de investigación, desarrollo de las bases teóricas, políticas reguladoras y marco legal en relación al diseño de energía solar fotovoltaica.

La tercera sección corresponde al marco metodológico, que incluye el tipo de investigación, la población y muestra, técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de información.

La cuarta sección está dedicada a la presentación, análisis e interpretación de los resultados, así como a la discusión de los hallazgos obtenidos a partir del diseño propuesto.

Finalmente, el documento concluye con una sección de conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas del estudio.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento del problema

Hoy en día, a través de diversos medios, se habla cada vez más sobre la creciente preocupación por los problemas ambientales, especialmente el calentamiento global, cuyas causas están estrechamente relacionadas con la actividad humana.

El origen de este problema se relaciona con seis gases de efecto invernadero reconocidos en el Protocolo de Kioto. El más mencionado es el dióxido de carbono (CO_2), aunque no es el único que genera impacto. Entre los principales gases involucrados se encuentran el metano (CH_4), generado principalmente por la actividad ganadera y la obtención de biogás; el óxido nitroso (N_2O), emitido sobre todo durante la combustión parcial de combustibles fósiles como el petróleo; así como los perfluorocarbonos (PFC) y los hidrofluorocarbonos (HFC), vinculados al uso en sistemas de refrigeración y en aplicaciones médicas, respectivamente; y, finalmente, el hexafluoruro de azufre (SF_6), empleado en dispositivos eléctricos.

Estos gases, al ser menos densos que el aire, ascienden y se concentran en la atmósfera, generando un obstáculo para que la radiación solar pueda liberarse al espacio debido al efecto albedo. De esta manera, la energía se queda atrapada en la superficie terrestre, lo que ocasiona un incremento de la temperatura global. Este fenómeno, denominado calentamiento global, se reconoce como una de las principales causas del cambio climático.

Según datos de la ONU citados por el Ministerio del Ambiente, en el año 2000 más del 50% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero se originaron en la combustión total o parcial de combustibles fósiles (MINAM, 2009). Dentro de este panorama, la producción de energía eléctrica representó cerca de una cuarta parte del total de emisiones, equivalente a aproximadamente 10 gigatoneladas (GT) de dióxido de carbono (CO_2), de las cuales más de 0,5 GT correspondieron únicamente al consumo de sistemas de iluminación en todo el planeta.

Estas estadísticas ponen en evidencia la urgencia de impulsar alternativas limpias y sostenibles, entre ellas la energía fotovoltaica. En este sentido, Arequipa posee un gran potencial para el aprovechamiento solar, pues, según el SENAMHI, toda la región se ubica en un rango de radiación ultravioleta extremadamente alto durante el mediodía en días despejados, lo que la convierte en un espacio propicio para la implementación de tecnologías basadas en energía solar.

El cambio climático y la dependencia de la energía convencional plantean desafíos críticos para la sostenibilidad ambiental y el bienestar humano. Existe una preocupación a nivel mundial, ya que hay disminución de las reservas de combustibles fósiles, lo cual ha generado una contaminación ambiental y esto desencadena en el calentamiento global (Espinel, 2020). Con la reducción progresiva de las reservas de combustibles fósiles, las industrias han optado por técnicas de extracción más intensivas y perjudiciales, entre ellas la fracturación hidráulica y la explotación de arenas bituminosas. Estas técnicas requieren un mayor consumo energético y generan emisiones significativas de gases contaminantes, como el dióxido de carbono.

Esta contaminación no solo afecta la salud humana, sino que también ejerce presión sobre los ecosistemas, la biodiversidad y los recursos naturales, intensificando los impactos del cambio climático y amenazando la estabilidad ambiental a largo plazo. Ante este panorama, Gonzales (2015) propone que el uso de energías renovables, como los sistemas de paneles fotovoltaicos, contribuye a disminuir el consumo de electricidad y, al mismo tiempo, reduce los costos económicos. Además, su implementación genera un impacto ambiental positivo al disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. Asimismo, los paneles fotovoltaicos representan una alternativa limpia, sostenible y ecológica para la generación de energía eléctrica, aportando beneficios significativos en la mitigación del cambio climático, la mejora de la calidad del aire y la preservación de los recursos naturales.

La energía solar fotovoltaica brinda la posibilidad de que las comunidades gestionen sus propios recursos energéticos con mayor autonomía y eficiencia. Esta característica resulta especialmente valiosa en zonas rurales, donde la conexión a la red eléctrica convencional suele ser insuficiente o incluso inexistente. En este contexto, el diseño de sistemas solares representa una alternativa clave para disminuir la dependencia de infraestructuras eléctricas centralizadas.

El limitado acceso a la energía eléctrica en la Institución Educativa del distrito de Mollebaya representa un obstáculo crítico para el desarrollo académico y tecnológico de sus estudiantes. Esta limitación se expresa en cortes prolongados e impredecibles del suministro eléctrico, con períodos de interrupción que pueden durar varias horas o incluso días, sobre todo en temporadas de lluvia o cuando ocurren fallas en la infraestructura, impidiendo el funcionamiento regular de equipos esenciales para la enseñanza y el aprendizaje.

La falta de un suministro eléctrico constante y confiable no solo afecta el desarrollo de actividades pedagógicas modernas, como el uso de computadoras, proyectores, conexión a internet y laboratorios, sino que perpetúa la desigualdad en el acceso al conocimiento digital frente a instituciones urbanas con mejores condiciones. Esta brecha energética y tecnológica condiciona negativamente las perspectivas educativas y profesionales de los estudiantes rurales,

reduciendo sus oportunidades de inserción en un mundo cada vez más interconectado y tecnológico.

En respuesta a esta situación, resulta pertinente plantear un diseño de sistema de paneles fotovoltaicos que pueda satisfacer las necesidades energéticas de una institución educativa en Mollebaya. Este enfoque busca proporcionar una solución sostenible y viable para garantizar un suministro de energía accesible y confiable, permitiendo así el acceso a recursos tecnológicos, facilitando el desarrollo académico y formativo de los estudiantes en un entorno educativo óptimo.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo la propuesta de un diseño de sistema de energía solar fotovoltaica puede optimizar el consumo energético en una institución educativa del distrito de Mollebaya, Arequipa - 2025?

1.2.2 Preguntas específicas

- a) ¿Cuál será el consumo energético de la institución, así como la demanda máxima para la equipación de un sistema solar fotovoltaico en una institución educativa del distrito de Mollebaya, Arequipa – 2025?
- b) ¿Cuál es el número de paneles solares y la inclinación necesaria para la equipación de un sistema solar fotovoltaico en la institución educativa del distrito de Mollebaya, Arequipa – 2025?
- c) ¿Cuál es la viabilidad económica de la propuesta de diseño de una planta solar fotovoltaica para optimizar el consumo energético en una institución educativa del distrito de Mollebaya, Arequipa - 2025?

1.3 Objetivos de investigación

1.3.1 Objetivo General

Determinar cómo la propuesta de un diseño de sistema de energía solar fotovoltaica puede optimizar el consumo energético en una institución educativa del distrito de Mollebaya, Arequipa – 2025.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Evaluar el consumo energético de la institución, así como la demanda máxima para la equipación de un sistema solar fotovoltaico en una institución educativa del distrito de Mollebaya, Arequipa – 2025.
- b) Determinar el número de paneles solares y la inclinación necesaria para la equipación de un sistema solar fotovoltaico en la institución educativa del distrito de Mollebaya, Arequipa – 2025.
- c) Examinar la viabilidad económica de la propuesta de diseño de una planta solar fotovoltaica para optimizar el consumo energético en una institución educativa del distrito de Mollebaya, Arequipa – 2025.”

1.4 Justificación e importancia

1.4.1 Justificación ambiental

La instalación de una planta solar fotovoltaica en una institución educativa del distrito de Mollebaya constituye una estrategia clave frente al cambio climático. Al optar por una fuente de energía renovable y libre de contaminación, se contribuye a reducir la emisión de gases de efecto invernadero. Esta disminución en el uso de combustibles fósiles reduce la huella de carbono y promueve la mitigación de los impactos negativos del cambio climático, como los fenómenos meteorológicos extremos, las alteraciones en los patrones climáticos y el aumento del nivel del mar.

Además, esta iniciativa impulsa una responsabilidad ambiental y el desarrollo de una cultura de sostenibilidad, al integrar en la formación escolar valores y conocimientos que fomentan el respeto por el entorno. De esta manera, la comunidad educativa asume un rol protagonista en la transformación, impulsando acciones sostenibles frente al clima y fortaleciendo la responsabilidad de cuidar el planeta en beneficio de las próximas generaciones.

1.4.2 Justificación social

La implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica en una institución educativa del distrito de Mollebaya tiene un efecto directo en el desarrollo social de la comunidad. En contextos donde el acceso a la electricidad es insuficiente o presenta interrupciones, la energía solar se convierte en una solución eficiente que garantiza la continuidad de los servicios educativos y mejora las condiciones de aprendizaje de los estudiantes.

Al asegurar una fuente de energía limpia y constante, se posibilita el uso de recursos tecnológicos (como computadoras, proyectores o acceso a internet), posible conservación de alimentos del programa escolar y el funcionamiento regular de las instalaciones. Estos elementos impactan de forma positiva en la calidad educativa, por ende, en las oportunidades de desarrollo de los estudiantes, quienes forman parte activa de la comunidad local.

El proyecto también tiene un efecto educativo y cultural en la población. Al incorporar el uso de energía solar en una escuela, se promueve una cultura de sostenibilidad y conciencia ambiental desde edades tempranas. Esto puede influir en la comunidad, incentivando a las familias a explorar el uso de tecnologías limpias en sus hogares.

La integración de sistemas de energía solar en instituciones educativas y edificaciones públicas contribuye significativamente al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y a la reducción de la huella de carbono. A nivel nacional, la aplicación de este tipo de proyectos puede impulsar transformaciones importantes en la estructura energética, promoviendo una transición hacia fuentes más limpias y sostenibles.

1.4.3 Justificación económica

La inversión inicial resulta significativa, pero los beneficios que se generan a largo plazo son altamente favorables, ya que los paneles solares permiten generar energía eléctrica sin costo a partir de la radiación solar. Esta autonomía energética posibilita destinar los recursos económicos ahorrados a la mejora de la infraestructura educativa o a la adquisición de nuevos materiales pedagógicos. Asimismo, los incentivos tributarios y los programas de financiamiento vigentes facilitan la implementación de este tipo de tecnologías, haciéndolas más accesibles. En conjunto, la adopción de sistemas solares contribuye tanto a la sostenibilidad ambiental como a una gestión económica más eficiente dentro del ámbito educativo.

1.4.4 Importancia

Esta investigación cobra relevancia al comprender los beneficios y desafíos que acompañan a la adopción de la energía solar. Su aporte no se limita a impulsar la transición hacia modelos sostenibles, sino que también abre espacios para la innovación tecnológica y el fortalecimiento del desarrollo económico. Del mismo modo, resaltar su importancia contribuye a generar mayor conciencia social acerca de la urgencia de implementar acciones concretas frente a la crisis climática y en defensa del entorno natural para las próximas generaciones. En definitiva, este estudio posee el potencial de promover transformaciones significativas en las prácticas y en la manera de concebir un futuro más limpio, saludable y sostenible.

1.5 Hipótesis y descripción de variables

1.5.1 Hipótesis alterna

La propuesta de un diseño de sistema de energía solar fotovoltaica optimizará el 90% del consumo energético en una institución educativa del distrito de Mollebaya, Arequipa – 2025.

1.5.2 Hipótesis nula

La propuesta de un diseño de sistema de energía solar fotovoltaica no optimizará el 90% del consumo energético en una institución educativa del distrito de Mollebaya, Arequipa – 2025.

1.6 Variables

1.6.1 Descripción de variables

- a) Variable X: diseño de sistema de energía solar fotovoltaico

Es un conjunto de equipos eléctricos y electrónicos que operan de manera integrada para convertir la radiación solar en energía eléctrica utilizable (Caamal-Chan, 2024).

- b) Variable Y: consumo energético

Es la cantidad de energía consumida en una infraestructura o sistema durante un periodo determinado (Quito, 2023).

1.6.2 Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente Diseño de sistema de energía solar fotovoltaico	Es un conjunto de dispositivos eléctricos y electrónicos que trabajan en conjunto para transformar la luz solar en electricidad se conoce como sistema fotovoltaico (Caamal-Chan, 2024).	Un sistema Solar fotovoltaico es una estructura que aprovecha la energía de las radiaciones solares, para transformarlas en energía eléctrica.	Radiación Solar Potencia Inclinación	Kw/h/m2 Kilowatts hora por metro cuadrado Kw Kilowatts Grados °
Variable dependiente Consumo energético	Es la cantidad de energía consumida en una infraestructura o sistema durante un periodo determinado (Quito, 2023).	Es la cantidad de energía necesaria para realizar un proceso o actividad específica, permite analizar, controlar y optimizar su eficiencia	Potencia Económico	Kw Kilowatts S/.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Rincón y Rodríguez (2021), en su tesis “Diseño de un sistema solar fotovoltaico de tipo inyección a la red para aportar el 41,5 kWh/día del consumo de energía eléctrica requerido por el colegio IETD en Monterrey, Casanare”, realizaron el diseño de un sistema fotovoltaico con el fin de atender la demanda energética del colegio y promover el desarrollo sostenible. La investigación, de tipo aplicada con enfoque deductivo y comparativo, tuvo como población al colegio IETD y contempló la instalación de 40 paneles solares como muestra tecnológica. Los autores aplicaron técnicas de cálculo energético y proyecciones de consumo, y demostraron que el sistema cubre la demanda diaria, elimina la huella de carbono y genera excedentes vendibles a la red municipal, lo que representa ingresos adicionales.

Lopez Fernandez y Lopez Fernández (2022), en su tesis “Diseño eléctrico de un sistema fotovoltaico on-grid para el complejo de concientización y cuidado del mar, Yubarta”, realizaron el diseño de un sistema solar conectado a la red para reducir el consumo eléctrico y el impacto ambiental del complejo. La investigación, de tipo aplicada, incluyó cálculos de demanda y simulaciones con PVsyst y AutoCAD sobre las cargas eléctricas. Los autores demostraron la viabilidad técnica y eficiencia del sistema para abastecer los circuitos de iluminación, constituyendo un referente metodológico para proyectos similares en contextos educativos y comunitarios.

Rojas y Limón (2017), en su tesis “Diseño, Selección, Instalación y Puesta en Marcha de un Sistema Fotovoltaico para el Hotel Mesón San Sebastián con Conexión a Red de CFE”, realizaron la selección, instalación y puesta en operación de un sistema de paneles solares con el objetivo de reducir los gastos por facturación eléctrica del hotel. La investigación, de tipo aplicada, empleó el levantamiento de datos de consumo energético, la selección de equipos adecuados y la instalación conforme a normativas, además de la gestión de interconexión con la CFE. Los autores identificaron que el consumo real del hotel superaba lo registrado en los recibos de luz, lo que justificó la implementación del sistema, y concluyeron que la modernización de equipos y la optimización de la iluminación mejorarían su eficiencia.

Martínez Peralta et al. (2022) en su tesis “Diseño de una instalación solar fotovoltaica para suministro de energía eléctrica en una vivienda unifamiliar rural en Vuelta Larga, Esmeraldas”, realizaron el diseño de un sistema fotovoltaico para una vivienda aislada de seis personas en un entorno rural costero. El objetivo fue reducir la contaminación ambiental, conservar recursos y mejorar la calidad de vida de los habitantes. La investigación, de tipo aplicada, incluyó el análisis de necesidades energéticas, la optimización de electrodomésticos y horarios de uso, además del dimensionamiento mediante el software PVsyst considerando factores técnicos, económicos y estéticos. Como resultado, los autores lograron un diseño adaptado a las condiciones de alta radiación y temperaturas de la zona, aportando criterios valiosos para el dimensionamiento y optimización de instalaciones similares.

Cangas Salas y Azcona (2024) en su tesis “Diseño de un sistema de energía renovable basado en paneles solares fotovoltaicos para mercados de Ibarra, Ecuador”, diseñaron un sistema fotovoltaico para abastecer la demanda energética de 4,648 comerciantes y productores, equivalente a 581,000 kW/mes. La investigación, con metodología mixta, incluyó encuestas, análisis técnico y evaluación de impacto ambiental, obteniendo resultados positivos en el ámbito socioeconómico. El estudio financiero estimó una inversión de \$3,295,147.25, con un VAN de \$860,472.30, una TIR del 22.4% y un periodo de recuperación de 4 años y 4 meses. Los autores demostraron la viabilidad técnica, económica y ambiental de implementar energía solar en mercados urbanos, generando beneficios sostenibles para los comerciantes y reduciendo la huella ambiental.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Flores Rosales (2024) en su tesis “Diseño de un sistema fotovoltaico Off-Grid para suministrar energía eléctrica a los colegios nivel primaria y secundaria de la comunidad Jancapampa Pomabamba”, desarrolló una propuesta para dotar de electricidad a dichas instituciones mediante un sistema solar aislado. La investigación, de tipo tecnológica, aplicó conocimientos científicos al análisis de la demanda y alternativas energéticas. Los resultados evidenciaron que el sistema fotovoltaico es una opción confiable y eficiente para atender colegios con cargas similares, además de resultar más económico que el uso de grupos electrógenos. Este estudio representa una contribución relevante al desarrollo e implementación de alternativas energéticas sostenibles en zonas rurales, generando un impacto positivo en la calidad educativa y en las oportunidades de formación de los jóvenes.

Soberón Becerra (2023) en su tesis “Diseño de un sistema solar fotovoltaico conectado a red en la municipalidad distrital de Cayaltí”, diseñó un sistema fotovoltaico para reducir costos eléctricos y promover energías renovables en el ámbito municipal. La investigación, de tipo

aplicada, analizó una demanda promedio de 11,84 kWh diarios y evaluó el potencial solar con datos de NASTEC, PVGIS y NASA, registrando una irradiación de 5,38 a 5,84 kWh/m²/día. El autor propuso un sistema on-grid con 4 paneles ECOGREEN de 350 Wp y un inversor Fronius, concluyendo que la inversión de S/ 10.605,47 es viable, con VAN positivo, TIR del 14 % y recuperación en poco más de 7 años.

Flores y Tapia (2023) en su tesis “Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para abastecer energía eléctrica a los pabellones de la Institución Educativa Betesda School Moquegua 2022”, realizaron el diseño de un sistema solar autónomo para cubrir las necesidades energéticas de la institución. La investigación, de tipo aplicada, analizó una demanda de 42,953 kWh/día y evaluó el potencial solar con datos de NASA, PGIS y METEONORM. Los autores propusieron un sistema compuesto por 38 paneles de 470 Wp, 4 reguladores de 80 A, 32 baterías de 6 V y 600 AH, además de 2 inversores de 24 kW. El estudio demuestra la viabilidad de implementar sistemas autónomos en instituciones educativas, aportando una alternativa sostenible para el suministro eléctrico.

Chiroque et al. (2022) en su estudio “Diseño de un sistema de energía limpia mediante paneles fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica en una vivienda rural de Cusco, 2022”, desarrollaron un estudio cuantitativo y aplicado con encuestas pre y post implementación en una vivienda rural. El análisis con prueba T mostró mejoras significativas en la generación de energía y reducción de costos. Se concluye que los paneles fotovoltaicos son una alternativa viable con beneficios económicos, sociales, ambientales y técnicos para comunidades rurales.

Cuadros Curie (2020) en su investigación titulada “Propuesta de equipación y evaluación económica de un sistema solar fotovoltaico conectado a red para el Centro Educativo Hellen Keller, Arequipa”, tuvo como objetivo plantear una propuesta de instalación y análisis económico de un sistema solar. El estudio fue de tipo descriptivo con diseño cuasiexperimental, aplicando la metodología científica. Los resultados establecieron la necesidad de seis paneles de 340 Wp y un inversor de 2 Kw, evidenciando una reducción significativa en los gastos eléctricos del centro educativo. Se concluye que esta propuesta representa una alternativa sostenible con impacto positivo en lo económico, ambiental y social dentro del ámbito educativo.

2.1.3 Antecedentes regionales

Gutiérrez Lopez y Vásquez Puntillo (2019) en su tesis titulada “Instalación de Sistema Fotovoltaico eficiente para generación y suministro de energía eléctrica de Instituciones Educativas de Arequipa”, tuvieron como objetivo producir energía limpia para cubrir gran parte

de la demanda eléctrica en una institución educativa. La investigación incluyó el dimensionamiento del generador, la ubicación e inclinación de los paneles, el diseño energético, el diagrama unifilar y una propuesta de mantenimiento. Los resultados demostraron la viabilidad de un sistema fotovoltaico de 25 kW conectado a la red de media tensión (10,5 kV), logrando reducir el consumo eléctrico. Se concluye que esta instalación ofrece ahorro energético y promueve la transición hacia energías renovables en el ámbito educativo.

Alcedo y Gonzales (2018) en su investigación titulada “Diseño de un sistema fotovoltaico de conexión a red de 500 KW para reducir la facturación en el consumo de la demanda de energía eléctrica. Centro de datos Bitel-Arequipa”, tuvieron como objetivo diseñar un sistema de 500 kW para disminuir en 10% el consumo energético del centro de datos. La investigación fue aplicada, con metodología no experimental, considerando la facturación, el diseño del sistema, la selección de paneles e inversores, y el cálculo de consumo de equipos. El ahorro se evaluó con cálculos teóricos validados en PVSYST. Los resultados mostraron una reducción del 10% en la facturación mensual, concluyendo que este sistema constituye una solución práctica y efectiva para instalaciones de alto consumo eléctrico.

Quispe Nuñez (2021) en su estudio titulado “Diseño de un sistema solar fotovoltaico de 8kWp para el suministro de energía eléctrica del nodo de distribución Cabanaconde-Arequipa”, tuvo como objetivo diseñar un sistema que reduzca las caídas de servicio eléctrico y el uso de grupos electrógenos contaminantes. La metodología se basó en conceptos de Labouret y Villos, evaluando la radiación solar y el consumo de cargas del nodo. El sistema se dimensionó con 16 módulos de 60 Wp, dos controladores MPPT, un inversor de 8 kW y un banco de baterías de 3000 Ah. Los resultados demostraron la viabilidad del diseño para asegurar el suministro eléctrico. Se concluye que este modelo es una alternativa eficaz para infraestructuras críticas en zonas con redes inestables.

Helfer Lazo (2021) en la tesis “Diseño de un sistema de energía fotovoltaica para una Compañía de Bomberos en Yanahuara, Arequipa”, tuvo como objetivo desarrollar una alternativa de suministro autónomo y renovable mediante energía solar. El diseño se realizó con el software PVSyst, considerando criterios de eficiencia, confiabilidad, costos, funcionamiento y disponibilidad de componentes. Además, se rediseñó la instalación eléctrica conforme al CNE Utilización y la NTP vigente, adaptando los circuitos al nuevo esquema. Las simulaciones en condiciones críticas permitieron definir la configuración más adecuada, concluyendo con un sistema seguro y eficiente, útil como referencia para instituciones públicas que demandan energía continua [19].

Juarez Rivera (2018) en la tesis “Diseño y evaluación de un módulo fotovoltaico de 3 Kw conectado a la Red en Socabaya, Arequipa”, tuvo como propósito diseñar y analizar un sistema que reduzca el consumo de energía convencional durante el día. La investigación, de tipo aplicada, consideró el análisis de consumo y estudios de viabilidad en sectores domésticos y empresariales de Socabaya. Los resultados demostraron que el módulo de 3 kW disminuye costos eléctricos y emisiones de CO₂, fomentando el uso de energía limpia. Se concluye que su instalación es viable y beneficiosa, aportando en lo económico, ambiental y en la transición hacia energías renovables.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica se fundamenta en el uso de materiales semiconductores, como el silicio, capaces de convertir la radiación del sol en energía eléctrica a través de celdas fotovoltaicas. Estas celdas pueden ser de distintos tipos, destacando las de silicio monocristalino, policristalino y de capa delgada. Las de tipo monocristalino ofrecen una mayor eficiencia, alcanzando valores cercanos al 25%, mientras que las demás suelen registrar rendimientos entre el 10% y el 20%. Cada una de estas tecnologías presenta ventajas y limitaciones específicas en relación con su costo, rendimiento y ámbito de aplicación.

Este proceso de conversión ocurre cuando los paneles solares, compuestos por materiales semiconductores, reciben la radiación solar, provocando la excitación de electrones y generando así una diferencia de potencial eléctrico (Juárez, 2018). Para obtener voltajes más útiles y elevados, los módulos suelen conectarse en serie, lo que incrementa su capacidad de producción energética.

En general, la energía solar fotovoltaica constituye una fuente renovable y limpia que contribuye significativamente a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, promoviendo al mismo tiempo la transición hacia un sistema energético más sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

2.2.2 Energías renovables

Las energías renovables constituyen una alternativa frente a los sistemas convencionales sustentados en combustibles fósiles. Se distinguen por su carácter inagotable, su origen natural y su menor impacto sobre el entorno. Particularmente, en lo que respecta a la energía solar, la transformación de la radiación en electricidad mediante paneles fotovoltaicos permite cubrir las

necesidades energéticas sin agotar los recursos naturales ni generar emisiones que afecten al medio ambiente.

2.2.3 Eficiencia energética

La noción de eficiencia energética hace referencia al aprovechamiento máximo de un proceso o sistema empleando la menor cantidad de energía posible. En instituciones como los colegios, su aplicación resulta clave, pues permite optimizar el uso de la electricidad, disminuir gastos operativos y reducir la huella ambiental generada por el consumo eléctrico.

2.2.4 Cambio climático

El cambio climático se reconoce como uno de los principales desafíos ambientales del siglo XXI, evidenciado por alteraciones en los patrones del clima, el aumento de fenómenos meteorológicos extremos y el deterioro progresivo de los ecosistemas. Su causa principal está relacionada con la emisión de gases de efecto invernadero derivados del uso excesivo de fuentes de energía contaminantes, lo que establece una conexión directa con los modelos convencionales de producción eléctrica.

2.2.5 Efecto invernadero

El efecto invernadero es un proceso natural mediante el cual determinados gases presentes en la atmósfera retienen una parte del calor irradiado por la superficie terrestre, manteniendo así temperaturas adecuadas para el desarrollo de la vida en el planeta. No obstante, las actividades humanas han incrementado de forma significativa la concentración de estos gases, intensificando el calentamiento global. La implementación de tecnologías limpias, como los sistemas solares fotovoltaicos, representa una alternativa para disminuir dichas emisiones y mitigar sus efectos.

2.2.6 Sistemas fotovoltaicos

Un sistema fotovoltaico se compone de diversos dispositivos eléctricos y electrónicos diseñados para captar la radiación solar y convertirla en energía eléctrica utilizable (Caamal-Chan, 2024). Este tipo de sistemas integra diferentes componentes que trabajan de manera conjunta para hacer posible dicho proceso de conversión.

En este sentido, los sistemas fotovoltaicos representan un componente esencial en la transición hacia una matriz energética más sostenible y ecológica, ya que permiten generar electricidad

limpia a partir de la luz solar, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero y contribuyendo a la mitigación del cambio climático.

Un conjunto fotovoltaico para aprovechamiento solar comprende varios componentes fundamentales, incluidos los módulos captadores, el convertidor de corriente y los dispositivos de almacenamiento energético (Lopez, 2018). Particular relevancia tienen estos últimos elementos acumuladores, pues desempeñan un papel crucial para garantizar la eficiencia operativa de toda la instalación. Estos sistemas constan de los siguientes componentes clave:

- Paneles solares
- Baterías
- Regulador
- Inverso

2.2.7 Clasificación de los sistemas fotovoltaicos

Las configuraciones de los sistemas fotovoltaicos dependen de factores como el tipo de aplicación, el espacio disponible y los recursos existentes, lo que da lugar a distintas modalidades:

- Sistema conectado a la red (on-grid): estos se vinculan directamente con la red eléctrica, lo que permite que el excedente de energía solar producido sea inyectado en la misma, generando créditos que pueden compensar el consumo en periodos de baja generación. Esta modalidad busca reducir la dependencia del suministro convencional mediante la autogeneración de electricidad (Osinermin, 2019).
- Sistema aislado (off-grid): operan de manera independiente y suelen incorporar baterías para almacenar la energía generada. Se utilizan principalmente en zonas rurales o alejadas donde no existe acceso a la red pública. Tal como señala Osinermin (2019), son una alternativa viable en lugares apartados o de difícil acceso.
- Sistema híbrido: combinan la energía solar con otras fuentes, como la eólica o los generadores a diésel, con el propósito de aumentar la autonomía operativa y la confiabilidad del sistema energético.

En resumen, los sistemas fotovoltaicos constituyen una alternativa esencial en el camino hacia la sostenibilidad energética, al ofrecer electricidad renovable, adaptable a diversas condiciones y con bajo impacto ambiental.

2.2.8 Paneles solares

Los paneles solares están conformados por un conjunto de celdas semiconductoras encapsuladas en materiales protectores que las aíslan de factores ambientales adversos (Martínez, 2022). Gracias a estas propiedades, los paneles logran captar la radiación solar, en particular los fotones, y convertirla en energía eléctrica a través del efecto fotovoltaico.

Por su parte, Díaz (2018) indica que los paneles pueden clasificarse en tres tipos principales: silicio monocristalino, caracterizado por cristales uniformes de tonalidad azul; silicio policristalino, con cristales azules irregulares; y silicio amorfo, de apariencia homogénea y color marrón.

2.2.9 Tipos de baterías o acumuladores

Los sistemas fotovoltaicos pueden adoptar diferentes configuraciones en función de su aplicación y del modo en que operan. Estas variantes buscan optimizar tanto la captación como el aprovechamiento de la radiación solar, ajustándose a las necesidades energéticas particulares de cada contexto.

La eficiencia en la captación solar mediante paneles fotovoltaicos está condicionada por factores como la estacionalidad o la duración de las horas nocturnas (Díaz, 2018). Debido a estas variaciones en la disponibilidad de radiación, resulta esencial incorporar un sistema de almacenamiento energético.

Esta tarea recae en las baterías o acumuladores, dispositivos capaces de guardar la energía en forma química y liberarla posteriormente en forma de electricidad cuando se requiere. De esta manera, aseguran un suministro continuo incluso en situaciones en las que la radiación solar no es suficiente para que el sistema funcione con normalidad. A continuación, se describen las principales clasificaciones de estos sistemas:

- a) **Baterías de plomo-ácido:** este tipo de acumuladores es de los más utilizados en sistemas fotovoltaicos, principalmente por su bajo costo y porque su tecnología resulta familiar gracias a su uso en automóviles. Están constituidos por placas elaboradas con aleaciones de plomo y un electrolito de ácido sulfúrico; además, suelen incorporar otros materiales en la aleación para incrementar su resistencia mecánica.
- b) **Baterías tipo VRLA:** las baterías de válvula regulada (VRLA) corresponden a una versión más moderna. Aunque no son totalmente selladas, cuentan con un sistema que permite la recombinación de oxígeno e hidrógeno liberados durante la carga, evitando

la pérdida de agua siempre que no se produzcan sobrecargas. Pueden instalarse en diferentes posiciones y se dividen en dos variedades principales: de electrolito en gel y de fibra de vidrio absorbente (AGM).

- c) Baterías de gel: el uso de un electrolito en gel permite que estas baterías estén totalmente selladas y operen en cualquier posición, al tiempo que disminuyen la corrosión y presentan una mayor tolerancia a bajas temperaturas. Asimismo, poseen una vida útil superior a la de las baterías con electrolito líquido y muestran una mejor resistencia frente a descargas profundas.

Los acumuladores tipo gel destacan por su diseño hermético que permite su operación en distintas posiciones. Entre sus principales ventajas se encuentra su robustez ante la corrosión y el frío, además de ofrecer una durabilidad superior y mejor tolerancia a descargas completas. No obstante, presentan algunas limitaciones como una mayor resistencia interna, requieren un proceso de carga más cuidadoso y su costo es más elevado. Son particularmente comunes en aplicaciones industriales y equipos de telecomunicaciones.

Una característica distintiva de estas baterías es que su electrolito está gelificado, lo que mejora su longevidad y capacidad de ciclado comparado con otros tipos como las AGM. Si bien requieren poco mantenimiento, no son la mejor opción para entornos con altas temperaturas o situaciones de descarga excesiva.

- d) Baterías tipo AGM: en este tipo de baterías, el electrolito se absorbe en separadores de fibra de vidrio, lo que proporciona mayor estabilidad y permite la recombinación de gases durante el proceso de carga, reduciendo así la evaporación o pérdida de agua. Son una opción adecuada tanto para sistemas solares como eólicos, gracias a su baja resistencia interna que permite altas corrientes y una eficiencia cercana al 95 %. Además, ofrecen un buen rendimiento en climas fríos. Sus principales limitaciones son el costo elevado y su menor tolerancia a descargas profundas.

2.2.10 Vida útil de una batería

La vida útil de una batería se mide a través del número de ciclos que puede realizar, los cuales corresponden a los procesos completos de carga y descarga hasta llegar al nivel de profundidad de descarga establecido como óptimo. La vida útil de un acumulador corresponde al tiempo durante el cual conserva un rendimiento adecuado, sin que sus propiedades se degraden por debajo de un límite previamente establecido (Lopez, 2018).

En condiciones óptimas de mantenimiento, un acumulador del tipo OpzS/MSP puede alcanzar una duración mínima de diez años, considerando un promedio de un ciclo diario. No obstante, su longevidad está determinada por múltiples factores, entre ellos el grosor de las placas, el nivel de descarga y la temperatura de operación. Descargas más profundas o condiciones térmicas inadecuadas reducen la cantidad total de ciclos que puede soportar, acortando así su periodo de servicio.

Por otro lado, la temperatura incide directamente en el rendimiento del acumulador. Las temperaturas elevadas incrementan las reacciones químicas internas y la capacidad momentánea, mientras que los ambientes fríos ralentizan estos procesos químicos y reducen la capacidad operativa. De este modo, las condiciones térmicas constituyen un factor determinante en la durabilidad del dispositivo de almacenamiento energético.

Cuando la temperatura de operación es elevada, las reacciones químicas dentro del acumulador se aceleran, lo que reduce considerablemente su vida útil. En contraste, en ambientes fríos, la duración de la batería puede prolongarse, aunque temperaturas demasiado bajas generan el riesgo de congelación del electrolito. Para prevenir este inconveniente, es aconsejable conservar la batería con un nivel de carga elevado, lo que contribuye a reducir el riesgo de congelación. Asimismo, es fundamental no modificar la concentración del electrolito, ya que cualquier alteración podría afectar su funcionamiento y seguridad.

2.2.11 Regulador de carga

El regulador de carga es un elemento fundamental en los sistemas fotovoltaicos, pues garantiza que las baterías funcionen dentro de parámetros adecuados durante los procesos de carga y descarga. Su principal tarea consiste en evitar sobrecargas o elevaciones de temperatura que puedan afectar el rendimiento, contribuyendo así a extender la vida útil del sistema (Calderón, 2021).

Este dispositivo trabaja mediante circuitos electrónicos que supervisan de manera continua el nivel de tensión del acumulador; cuando este alcanza su límite máximo, el regulador actúa restringiendo el ingreso de corriente. Asimismo, está diseñado para que los paneles solares puedan seguir transfiriendo energía a la batería incluso en situaciones de elevada temperatura en las celdas, que ocasionan una reducción del voltaje. Esto es fundamental, ya que los arreglos solares generalmente se diseñan con un voltaje mayor al requerido para la carga completa de las baterías.

El regulador de carga también se encarga de gestionar la corriente que llega a la batería, con el propósito de prevenir sobrecargas que puedan afectar su funcionamiento o poner en riesgo la seguridad del sistema. Para ello, realiza una supervisión continua del voltaje y del estado de carga del acumulador. Una vez que este alcanza el valor límite previamente establecido (correspondiente a la tensión máxima permitida), el dispositivo interrumpe parcial o totalmente el flujo de corriente, garantizando que la batería se mantenga en plena carga sin exceder su capacidad. La corriente residual que se aplica en esta etapa, destinada únicamente a conservar la carga completa, se conoce como corriente de flotación.

Dentro de los sistemas fotovoltaicos, los controladores de carga pueden presentarse en diversas modalidades, siendo las más utilizadas el regulador por modulación de ancho de pulso (PWM) y el seguidor del punto de máxima potencia (MPPT), los cuales poseen propiedades y usos particulares según las necesidades del sistema.

- Reguladores PWM: los controladores PWM representan una alternativa de bajo costo ideal para instalaciones reducidas. Su funcionamiento se basa en un mecanismo de conmutación que permite vincular los módulos fotovoltaicos con el acumulador, adaptando sus niveles de voltaje. Este tipo de regulador opera eficientemente en zonas de clima templado donde los paneles alcanzan temperaturas entre 40 y 80 grados centígrados.

En contraste, existe un controlador que opera mediante derivación, el cual redirige el flujo eléctrico hacia un elemento que disipa la energía mediante resistencia. Su diseño incorpora un sistema de control que monitorea los niveles de voltaje para mantener la carga óptima del acumulador mediante desviaciones periódicas. Para mejorar la gestión térmica, cuenta con una estructura de aluminio con aletas en su parte posterior.

Esta tecnología de regulación por derivación, al desviar la electricidad hacia componentes resistivos, genera calor considerable y sufre degradación progresiva. Estas características limitan su capacidad de manejo de corriente a valores relativamente bajos, haciéndolo principalmente útil en sistemas fotovoltaicos de pequeña escala.

Por otro lado, Díaz (2018) realiza una clasificación según la posición del interruptor de control de generación, que pueden ser:

- a) Serie: el regulador de carga en serie actúa interrumpiendo el paso de corriente hacia la batería de acuerdo con el nivel de voltaje que está presente. Su diseño le permite gestionar distintos estados de carga mediante un interruptor progresivo. Para conservar

la batería en estado de flotación, puede aplicar corrientes de baja intensidad o alternar periodos de carga y reposo, evitando así procesos de gasificación. Este tipo de regulador se conecta en serie entre los paneles solares y la batería; su diseño evita la generación de calor adicional, lo que permite un tamaño más compacto y facilita su instalación en lugares cerrados o con espacio limitado.

- b) Paralelo: es un dispositivo que protege las baterías en un sistema de energía solar evitando sobrecargas. Funciona desviando el exceso de energía hacia una carga secundaria en lugar de interrumpir el flujo de corriente, manteniendo así la estabilidad del sistema.

2.2.12 Inversor de energía

Los elementos que integran un sistema fotovoltaico tienen como propósito convertir la corriente continua producida por los paneles o las baterías en diferentes tipos de energía eléctrica, ya sea manteniéndola en corriente continua, transformándola en corriente alterna o inyectándola directamente a la red eléctrica.

Los dispositivos de conversión energética tienen como propósito esencial modificar las características de la electricidad, ajustándolas a los requerimientos y condiciones de uso de cada aplicación en particular (Calderón, 2021).

Un componente clave de estos sistemas es el convertidor DC-AC, o inversor, cuya función es transformar la corriente continua (DC) proveniente de los paneles en corriente alterna (AC), apta para el uso en equipos eléctricos convencionales. Esta conversión resulta indispensable, dado que gran parte de los equipos eléctricos y la red de distribución trabajan con corriente alterna, mientras que las fuentes renovables como los sistemas fotovoltaicos y las baterías producen energía en corriente continua. Gracias a los inversores, la energía almacenada en DC puede ser utilizada en aparatos domésticos y en instalaciones que requieren AC, constituyendo así el enlace esencial entre la generación/almacenamiento y el consumo eléctrico tradicional.

Datos técnicos de un inversor DC/AC:

- Estructura de montaje: se encarga de fijar y asegurar los paneles solares, ya sea sobre techos, superficies de suelo o estructuras diseñadas específicamente para ello.
- Tensión nominal DC: este valor debe coincidir con la tensión del sistema fotovoltaico para garantizar un funcionamiento adecuado.
- Corriente de salida AC: debe ser mayor que la relación existente entre la potencia de funcionamiento del inversor y el voltaje nominal de salida en corriente alterna.

- Potencia de operación: se determina comparando la demanda de la carga con la capacidad del inversor.
- Tensión nominal AC: depende directamente de las características de la carga que será alimentada por el sistema.
- Eficiencia del inversor: en sistemas de baja tensión de entrada, estos equipos suelen alcanzar rendimientos que oscilan entre el 90 % y el 94 % cuando operan a plena carga.

2.2.13 Radiación solar

La energía solar proviene de las reacciones de fusión nuclear que se desarrollan en el interior del Sol, lo que la convierte en la fuente principal que sustenta la mayoría de los procesos naturales del planeta. Es importante destacar que la radiación que alcanza la superficie terrestre es tan abundante que supera en más de 10,000 veces el consumo energético global actual.

La Agencia Estatal de Meteorología de España menciona que este fenómeno de radiación constituye un mecanismo de transferencia energética mediante ondas electromagnéticas que se desplazan desde su origen en todas direcciones (Agencia Estatal de Meteorología de España, 2019). Una característica distintiva de estas ondas es su capacidad de propagarse en el vacío, sin requerir un medio material, permitiendo así su viaje desde el sol hasta nuestro planeta.

La radiación solar se puede clasificar y medir de diferentes formas:

- a) Radiación directa: se distingue por llegar a la superficie terrestre sin sufrir alteraciones atmosféricas ni interferencias. Su cuantificación se lleva a cabo mediante instrumentos especializados denominados pirheliómetros, los cuales cuentan con características técnicas particulares: un ángulo de medición cercano a 2,5 grados desde el centro del Sol, un sistema de alineación óptica que garantiza la perpendicularidad con el haz solar y mecanismos de obturación que permiten aislar la lectura. Para su correcto desempeño, estos equipos requieren un sistema de seguimiento solar de alta precisión.
- b) Radiación global: se define como la cantidad total de energía solar que llega a una superficie horizontal dentro de un ángulo sólido de 2π estereorradianes. Este parámetro comprende tanto la radiación directa emitida por el sol como la radiación difusa dispersada por la atmósfera. Su medición se realiza mediante piranómetros, instrumentos que también pueden emplearse en superficies inclinadas o para evaluar el albedo. Para determinar únicamente la radiación difusa, se utilizan pantallas especiales que impiden el paso de la componente directa.

2.2.14 Impacto ambiental de los sistemas fotovoltaicos

Aunque los sistemas fotovoltaicos representan una alternativa mucho más limpia en comparación con las fuentes energéticas basadas en combustibles fósiles, su ciclo de vida completo, desde la fabricación hasta la fase de uso y disposición final, también implica ciertos impactos ambientales. A continuación, se detallan los principales impactos, tanto beneficiosos como adversos, asociados a esta tecnología:

a) Impactos ambientales positivos

El uso de sistemas solares fotovoltaicos genera efectos ambientales favorables, ya que emplean una fuente renovable y libre de emisiones directas de carbono. Esto contribuye a una reducción considerable de las emisiones de gases de efecto invernadero y, por ende, ayuda en la mitigación de los efectos del cambio climático. La energía solar se presenta como una alternativa viable para impulsar un desarrollo sostenible y respetuoso con el medio ambiente (García, 2025).

Al no depender de la quema de combustibles fósiles ni de la explotación de recursos naturales finitos, esta tecnología ayuda a preservar los ecosistemas y a mantener los recursos disponibles para las futuras generaciones. De acuerdo con el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico en España (2022), la generación de electricidad a partir de energía solar evita aproximadamente 500 kg de CO₂ por cada MWh producido, lo que supone una reducción considerable respecto de las fuentes convencionales. Por ejemplo, una planta fotovoltaica de 50 MW puede evitar la emisión de unas 25.000 toneladas de CO₂ al año.

En línea con ello, Romero (2024) evidenciaron que la instalación de un sistema de 281,57 kW con 1.210 paneles solares distribuidos en 2.407 m² logró satisfacer la demanda energética proyectada, disminuyendo la dependencia de combustibles fósiles y reduciendo de manera cuantificable la huella de carbono institucional. Este tipo de proyectos demuestran que es posible reducir varias toneladas de CO₂ anuales, dependiendo del tamaño de la instalación y del nivel de irradiación solar.

Otro beneficio importante se relaciona con la mejora de la calidad del aire, dado que los sistemas solares no generan contaminantes atmosféricos como los óxidos de nitrógeno (NO_x), ni el dióxido de azufre (SO₂). Este aspecto es especialmente significativo en zonas urbanas, donde la contaminación del aire afecta de manera directa la salud de las personas.

Un estudio realizado por Suárez (2024) mostró que la instalación de paneles solares en edificaciones institucionales contribuyó a disminuir en un 8 % la concentración de contaminantes locales en su entorno inmediato.

Finalmente, estos sistemas requieren un consumo mínimo de agua en comparación con otras fuentes de energía. Mientras las plantas termoeléctricas utilizan grandes volúmenes en procesos de refrigeración, los paneles solares únicamente demandan agua de forma ocasional para labores de limpieza. Tal característica representa una ventaja significativa en zonas con escasez hídrica, como lo confirma Bluegold (2022).

b) Impactos ambientales negativos

A pesar de sus beneficios durante la operación, los sistemas fotovoltaicos también generan impactos ambientales negativos que no deben ser ignorados. Uno de los principales está relacionado con la fabricación de los paneles solares, que requiere el uso intensivo de minerales y metales raros como el litio, el cobalto, el cadmio y el telurio (López, 2023). La extracción de estos recursos se asocia frecuentemente a actividades mineras intensivas, que pueden provocar degradación ambiental, contaminación de suelos y agua, así como conflictos sociales con las comunidades locales (Zheng, 2023).

Otro aspecto preocupante es la gestión del final de vida útil de los paneles solares. Estos dispositivos contienen materiales tóxicos y de difícil reciclaje, como el plomo o el selenio, lo que genera desafíos significativos para su disposición segura (Sierra, 2020). Sin una gestión adecuada, podrían convertirse en una nueva fuente de residuos peligrosos.

Así, aunque los sistemas fotovoltaicos no emiten contaminantes durante su uso, su ciclo de vida genera impactos que deben ser considerados para una evaluación ambiental más completa. Por tanto, es indispensable promover políticas de economía circular, mejoras en el reciclaje y una planificación energética.

2.2.15 Políticas reguladoras

En Perú, los sistemas solares fotovoltaicos se articulan con diversas políticas ambientales y energéticas. Su aplicación se enmarca en la Ley de Promoción de Inversiones en Energías Renovables, que impulsa el uso de fuentes limpias y contribuye a la reducción de gases de efecto invernadero en coherencia con la Política Nacional de Cambio Climático. Asimismo, juegan un papel importante en la electrificación rural sostenible, respaldada por el Programa Nacional de Electrificación Rural Sostenible. Al mismo tiempo, estos sistemas aportan a la

diversificación de la matriz energética y se alinean con los lineamientos de eficiencia propuestos en el Plan Nacional de Energía y en la Política Nacional de Eficiencia Energética.

2.2.16 Marco legal

Esta investigación se fundamenta en el marco jurídico que se detalla a continuación:

- Decreto Supremo N° 012-2011-EM, que detalla las normas reglamentarias para implementar efectivamente la legislación sobre el fomento de inversiones en la generación eléctrica basada en recursos energéticos renovables.
- Este decreto es complementado por el Decreto Legislativo N° 1002, que establece las disposiciones fundamentales para incentivar y promover las inversiones destinadas a la producción de energía eléctrica mediante fuentes renovables.

2.3 Definición de términos básicos

- Sistema fotovoltaico: diseñados para captar la energía solar y transformarla en electricidad, integrando paneles, acumuladores y dispositivos de control que permiten suministrar energía de manera independiente.
- Panel solar: módulo formado por celdas fotovoltaicas que, a través del efecto fotoeléctrico, convierte directamente la radiación solar en corriente continua, la cual puede ser utilizada o almacenada.
- Batería: dispositivo de almacenamiento que conserva en forma química la electricidad producida por los paneles solares, garantizando el suministro energético en ausencia de sol o cuando la producción resulta insuficiente.
- Regulador: dispositivo responsable de monitorear y regular los procesos de carga y descarga de las baterías, garantizando su protección y prolongando su vida útil.
- Inversor: dispositivo electrónico que convierte la corriente continua generada por los paneles solares o almacenada en las baterías en corriente alterna, indispensable para el funcionamiento de la mayoría de los equipos eléctricos comunes.
- Radiación solar: energía proveniente del sol que se transmite en forma de ondas electromagnéticas hasta la Tierra y constituye la fuente principal utilizada por los sistemas fotovoltaicos.
- Consumo energético: cantidad de electricidad utilizada por diferentes equipos y dispositivos durante un tiempo específico, expresada comúnmente en kilovatios-hora (kWh).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Método y alcance de la investigación

El estudio adoptó una metodología cuantitativa rigurosa que comprende tres componentes principales: mediciones directas de los parámetros relevantes, cálculos analíticos basados en modelos matemáticos establecidos, simulaciones computacionales para validar y optimizar los resultados obtenidos.

Según Hernández-Sampieri (2018), el enfoque cuantitativo se distingue por la recolección y el análisis de datos numéricos con el propósito de comprobar hipótesis. Para lograrlo, se utilizan métodos estadísticos y diversos instrumentos de medición que facilitan la obtención de resultados objetivos y generalizables a diferentes contextos.

3.2 Diseño de la investigación

El estudio se desarrolló bajo un diseño de tipo no experimental, con un enfoque prospectivo y de corte transversal. Se clasifica como no experimental, ya que las variables fueron observadas y analizadas sin intervención o manipulación directa en su contexto natural. A su vez, se considera prospectivo porque plantea el diseño de un sistema que será implementado en el futuro, y transversal porque la recolección de datos se efectuó en un único momento temporal.

3.3 Población y muestra

Se define población como el grupo total de individuos o elementos que comparten ciertas características específicas establecidas para un estudio (Hernández-Sampieri, 2018). En este estudio, la población correspondió a una institución educativa ubicada en el distrito de Mollebaya, Arequipa, lo que abarcó su infraestructura, los sistemas eléctricos instalados y los registros de consumo energético del plantel.

Por otra parte, el muestreo por conveniencia implica que el investigador determina, de manera discrecional, la cantidad de elementos que integran el estudio (Hernández, 2021). Bajo este criterio, se utilizó un muestreo no probabilístico de tipo por conveniencia, tomando como muestra los registros de consumo eléctrico de la institución, específicamente 24 recibos de luz, los cuales sirvieron de base para el análisis económico y energético del sistema fotovoltaico proyectado.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnica de recolección de datos

Para obtener la información necesaria se empleó la técnica de observación, que permitió registrar los hechos y fenómenos de forma directa y sistemática dentro de su contexto natural. Este método facilitó la recopilación de datos precisos y relevantes para el análisis, siguiendo las pautas metodológicas propuestas por Sampieri Hernández (2017), lo que aseguró la validez y confiabilidad de los resultados alcanzados.

3.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Como parte fundamental del diseño del sistema fotovoltaico, se llevó a cabo una medición empírica de la radiación solar en el distrito de Mollebaya, con el propósito de obtener datos precisos y confiables que permitan dimensionar adecuadamente el sistema y optimizar su eficiencia operativa. La precisión de los datos obtenidos fue fundamental para asegurar la confiabilidad del diseño, puesto que una evaluación exacta del recurso solar disponible es determinante para estimar la generación de energía y garantizar el rendimiento previsto del sistema durante toda su vida útil. A continuación, se detallan los instrumentos empleados.

- Piranómetro: para registrar la radiación solar se empleó un piranómetro CMP3 de la marca Kipp & Zonen, considerado un equipo de segunda clase según la norma ISO 9060. Este dispositivo, adecuado para proyectos de factibilidad energética en instalaciones de pequeña y mediana escala, permite medir la radiación solar global en superficie horizontal. La elección del modelo CMP3 se debió a su equilibrio entre precisión, costo y confiabilidad en la obtención de datos solares.
- Protocolo de medición: la toma de datos se realizó siguiendo las directrices técnicas de la Organización Meteorológica Mundial (WMO) y lo establecido en la norma IEC 61724 para sistemas fotovoltaicos. De esta manera, se garantizó la precisión de las mediciones y la posibilidad de establecer comparaciones entre los resultados obtenidos. El procedimiento se desarrolló en las siguientes etapas:
 - a) Instalación: el sensor se instaló en una zona libre de sombras, minimizando obstrucciones y garantizando la recepción directa de la radiación solar. La altura de instalación fue de 2 metros sobre el nivel del suelo.
 - b) Nivelación: la nivelación precisa del piranómetro se realizó mediante una burbuja de nivel y se verificó semanalmente para mantener la exactitud de las mediciones.

- c) Registro de datos: se utilizó un datalogger Campbell Scientific CR1000 para registrar los datos cada 10 minutos. Este intervalo permitió capturar las variaciones en la radiación solar sin comprometer la capacidad de almacenamiento del datalogger.
 - d) Mantenimiento: la limpieza del sensor previno la interferencia del polvo y otros residuos, asegurando mediciones precisas y consistentes.
 - e) Gestión de datos: los datos se almacenaron y respaldaron digitalmente para un análisis posterior, garantizando su integridad y disponibilidad.
- Período de toma de datos: la campaña de medición se desarrolló entre enero del 2024 y diciembre de 2024. Este período estratégico abarcó tanto la estación seca, caracterizada por cielos despejados y alta radiación solar, como el inicio de la temporada lluviosa en la región de Arequipa, permitiendo capturar la variabilidad estacional de la radiación solar local. La inclusión de ambos períodos climáticos proporciona un conjunto de datos más completo y representativo.
 - Calibración del equipo: para asegurar la exactitud de las mediciones, el piranómetro fue calibrado antes de su uso por un laboratorio acreditado, utilizando estándares trazables al World Radiometric Reference (WRR). Este proceso garantizó la conformidad de las mediciones con los estándares internacionales. Adicionalmente, se realizaron comparaciones semanales con un segundo piranómetro patrón durante el período de medición para verificar la consistencia de los datos y detectar posibles desviaciones en la calibración. Estas comparaciones permitieron aplicar correcciones en caso de ser necesario, mejorando la precisión de los datos recopilados.

3.5 Instrumentos de análisis de datos

Con el propósito de analizar la información recopilada, se recurrió a diversas herramientas informáticas y técnicas estadísticas que posibilitaron un procesamiento estructurado y un examen detallado de los datos. En este estudio, se recurrió principalmente a hojas de cálculo en Microsoft Excel, a través de las cuales se organizaron los registros de consumo eléctrico, se elaboraron gráficos comparativos y se calcularon indicadores energéticos relevantes. Asimismo, se aplicaron pruebas estadísticas en SPSS con el fin de contrastar la hipótesis planteada y evaluar la viabilidad económica del sistema fotovoltaico propuesto.

3.6 Procedimiento de cálculo del sistema fotovoltaico

3.6.1 Hora solar pico

Se calcula dividiendo la irradiación solar total recibida en un lugar específico entre la irradiancia estándar de referencia (1000 W/m²):

$$HSP = \frac{I}{G} \quad (1)$$

Donde:

- I = Irradiación solar del sitio (W/m²).
- G = Irradiancia estándar (1000 W/m²).

Este procedimiento permite determinar el valor de HSP en cualquier ubicación y constituye un parámetro clave para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos, ya que permite calcular con mayor precisión la cantidad de energía producida por los paneles solares.

3.6.2 Cálculo de paneles solares

La cantidad de paneles solares requeridos se determina mediante la siguiente fórmula:

$$N_p = \frac{E}{W_p \times HSP} \quad (2)$$

Donde:

- N_p = Número de paneles solares.
- E = Demanda energética total (Wh).
- W_p = Potencia nominal del panel seleccionado (340 W).
- HSP = Horas Solar Pico.”

Este procedimiento permite calcular la cantidad de módulos requeridos para cubrir la demanda energética de la institución, considerando tanto la irradiación solar disponible como la capacidad del panel elegido.

3.6.3 Inclinación de paneles solares

El ángulo óptimo de inclinación de los paneles solares en el sistema fotovoltaico se obtuvo aplicando la fórmula indicada en la Norma Técnica EM-080 (9)(10).

$$\beta = L + 10^\circ \quad (3)$$

Donde:

- β = Ángulo de inclinación del panel solar ($^\circ$).
- L = Latitud de la ubicación (-16.4866°).

Este procedimiento asegura que la orientación de los módulos aproveche al máximo la radiación solar durante todo el año, considerando la posición geográfica del distrito de Mollebaya.

3.6.4 Cálculo del inversor

El dimensionamiento del inversor se efectuó considerando la operación simultánea de todos los equipos eléctricos, incorporando un margen de seguridad que garantice un suministro confiable y eficiente.

La potencia del inversor se determina con la siguiente fórmula:

$$P_{INV} = \%Seg \times Wh \quad (4)$$

Donde:

- P_{INV} = Potencia del Inversor (W)
- $\%Seg = 1.25\%$
- $Wh = 9\ 282.0\ Wh$

Este procedimiento asegura que el inversor seleccionado sea capaz de soportar tanto la carga máxima prevista como los picos de consumo, contribuyendo a la estabilidad y durabilidad del sistema fotovoltaico.

3.6.5 Inclinación de paneles solares

La facturación mensual se estimó aplicando la siguiente expresión:

$$\text{Facturacion} = P \times \text{Mes} \times \text{Costo de Kwh en Perú}$$

(5)

Donde:

- P = Potencia (kWh/día)
- Mes = 30 días
- Costo del kWh en Perú = S/. 0.58

Este procedimiento permite calcular el monto promedio de la facturación eléctrica mensual a partir de la potencia demandada y el costo unitario de la energía.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación de resultados

Se presentan los datos obtenidos de fuentes confiables, mediante un análisis de carácter empírico.

4.1.1 Potencia instalada

La determinación de la capacidad eléctrica instalada se llevó a cabo mediante un inventario y registro técnico de cada uno de los dispositivos, equipos e instrumentos eléctricos que operan en la Institución. Este proceso de documentación ordenada hizo posible la elaboración de una base de datos que representa fielmente la demanda energética existente. A continuación, se detallan los componentes específicos que conforman dicha demanda:

a) Área de aulas

Tabla 2. Inventario y potencia (KW) de las aulas.

Nº	Bien	Marca	Modelo	Cant.	Potencia (KW)	Potencia Instalada (kw)	Frecuencia de Uso (H)	Potencia Instalada (kw/h)
1	Minicomponente	Philips	Mcm166/55	5	0.015	0.075	3	0.225
2	Televisor a Colores	LG	21fc2rl-ld	5	0.15	0.75	2	1.5
3	DVD	Philips	Idvd-202	5	0.01	0.05	1	0.05
4	Fluorescentes	No Tiene	No tiene	40	0.018	0.72	4	2.88
Total						1.60		4.6600

Análisis e interpretación:

Como se observa en la Tabla 2, la institución cuenta con un total de 55 equipos eléctricos distribuidos en 5 minicomponentes Philips (0.075 Kw), 5 televisores LG a colores (0.75 Kw), 5 reproductores DVD Philips (0.05 Kw) y 40 fluorescentes (0.72 Kw), sumando una potencia instalada total de 1.60 Kw y un consumo energético de 4.66 kWh/día, siendo los fluorescentes los que representan el mayor consumo (2.88 kWh/día) debido a su mayor cantidad y tiempo de

uso, seguidos por los televisores (1.5 kWh/día) que, aunque son pocos, tienen una potencia individual considerable.

b) Área de dirección

Tabla 3. Inventario y potencia (KW) del área de dirección.

Nº	Bien	Marca	Modelo	Cant.	Potencia (KW)	Potencia Instalada (kw)	Frecuencia de Uso (H)	Potencia Instalada (kw/h)
1	Computadora de escritorio completa	Power	No tiene	1	0.5	0.5	8	4
2	Cámara Fotográfica digital	Canon	Eos 1100	1	0.045	0.045	0.1	0.045
3	Equipo Multifuncional	xerox	Da1101	1	0.5	0.5	3	1.5
4	Sistema de Proyección Multimedia	Epson	H384a	1	0.5	0.5	0.2	0.1
5	Impresora	canon	Mg 3510	1	0.25	0.25	4	1
6	Equipo De Sonido	Sony	Mhc-esx9ypf	1	0.2	0.2	3	0.6
7	Parlante	Megabass	No tiene	1	0.6	0.6	0.3	0.18
8	Consola para control de audio	Dexum	No tiene	1	1	1	0.3	0.3
9	Televisor	Samsung	40036xp	1	0.05	0.5	0.2	0.01
10	Fluorescente	No tiene	No tiene	1	0.018	0.018	8	0.144
11	Celular/ Teléfono	No tiene	No tiene	1	0.005	0.005	0.2	0.001
Total								7.8800

Análisis e interpretación

Como se muestra en la Tabla 3, el área de dirección cuenta con 11 equipos eléctricos que suman una potencia instalada total de 3.613 Kw y un consumo energético diario de 7.88 kWh/día, donde la computadora de escritorio Power representa el mayor consumo individual (4 kWh/día) debido a sus 8 horas de funcionamiento diario, seguida por el equipo multifuncional Xerox (1.5 kWh/día) y la impresora Canon (1 kWh/día), mientras que los dispositivos de uso esporádico como la cámara fotográfica, el teléfono celular y el televisor tienen un impacto energético mínimo; este patrón de consumo refleja el uso intensivo de equipos informáticos y de oficina propios de un área administrativa.

c) Área de pasadizos

Tabla 4. Potencia (KW) en pasadizos.

N°	Bien	Marca	Modelo	Cant.	Potencia (KW)	Potencia Instalada (kw)	Frecuencia de Uso (H)	Potencia Instalada (kw/h)
1	Fluorescente	No tiene	No tiene	5	0.018	0.09	8	0.72
Total								0.72

Análisis e interpretación

En la Tabla 4, muestra que en los pasadizos de la institución cuenta con 5 fluorescentes, cada uno con una potencia individual de 0.018 Kw, sumando una potencia instalada total de 0.09 Kw; estos equipos operan durante 8 horas diarias, lo que genera un consumo energético diario de 0.72 kWh/día, representando un consumo relativamente bajo pero necesario para la iluminación de las áreas de tránsito.

d) Resumen de potencia instalada de las diferentes áreas

Tabla 5. Potencia instalada total (KW) de la institución educativa

Área	Potencia Instalada (kwh/día)	%	Potencia a Utilizar
Aulas	4.6600	35.1432881	
Dirección	7.8800	59.4268477	70%
Pasadizo	0.72	5.42986425	
Total	13.2600	100	9.2820

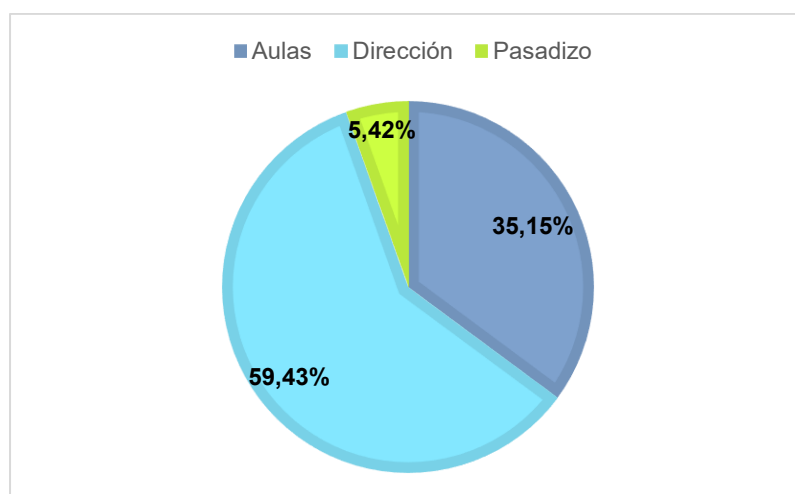


Figura 1. Potencia instalada total (KW) de la institución educativa.

Análisis e interpretación

Como se puede observar en la Tabla 5, la potencia instalada total de la institución asciende a 13.2600 kWh/día, considerando todos los artefactos eléctricos distribuidos en aulas (35.15%), dirección (59.43%) y pasadizos (5.42%). No obstante, para los cálculos de dimensionamiento, se aplicará un factor de uso del 70%, lo que resulta en una potencia efectiva de 9.2820 kWh/día, siendo esta la demanda energética real que deberá ser cubierta por el sistema eléctrico.

La aplicación del factor de uso del 70% sobre la potencia instalada total se fundamenta en criterios técnicos establecidos para sistemas fotovoltaicos en instituciones educativas. Diversos estudios reportan performance ratios (PR) en el rango de 0,65 a 0,75, lo que representa un aprovechamiento real cercano al 70 % de la capacidad nominal. Por ejemplo, Yildirim y Bilir (2017) evaluaron un sistema fotovoltaico en un edificio escolar y encontraron un PR aproximado de 0,7, mientras que Usman et al. (2020) reportó valores similares en instalaciones educativas de distinta escala.

Estas evidencias respaldan el uso de un factor de simultaneidad del 70% en el presente estudio, al reflejar el comportamiento real de los sistemas en contextos educativos.

Adicionalmente, un análisis de los registros históricos de consumo de la institución reveló que la demanda máxima real nunca superó el 73% de la potencia total instalada durante el periodo 2023-2024, lo que valida empíricamente la aplicación del factor seleccionado.

Por tanto, el factor de uso del 70% representa un valor técnicamente fundamentado y conservador que permite dimensionar el sistema fotovoltaico de manera eficiente, evitando tanto el sobredimensionamiento (que incrementaría innecesariamente los costos) como el subdimensionamiento (que comprometería la funcionalidad del sistema).

4.1.2 Radiación Solar

La información sobre la radiación solar en la zona de estudio se recopiló a partir de tres fuentes: los registros proporcionados por la NASA, los datos del Atlas Solar del Perú y las mediciones directas realizadas en campo.

a) NASA

Tabla 6. Índice de radiación solar según la NASA.

NASA	
Latitud: -16.4866	Longitud: -71.468
Mes	Valor (kwh/m2/día)
Enero	6.65
Febrero	6.66
Marzo	5.91
Abril	6.45
Mayo	5.96
Junio	5.54
Julio	5.71
Agosto	6.58
Setiembre	7.38
Octubre	8.44
Noviembre	8.21
Diciembre	7.09
Anual	6.72

Fuente. Datos obtenidos de Nasa's Powers Data Access.

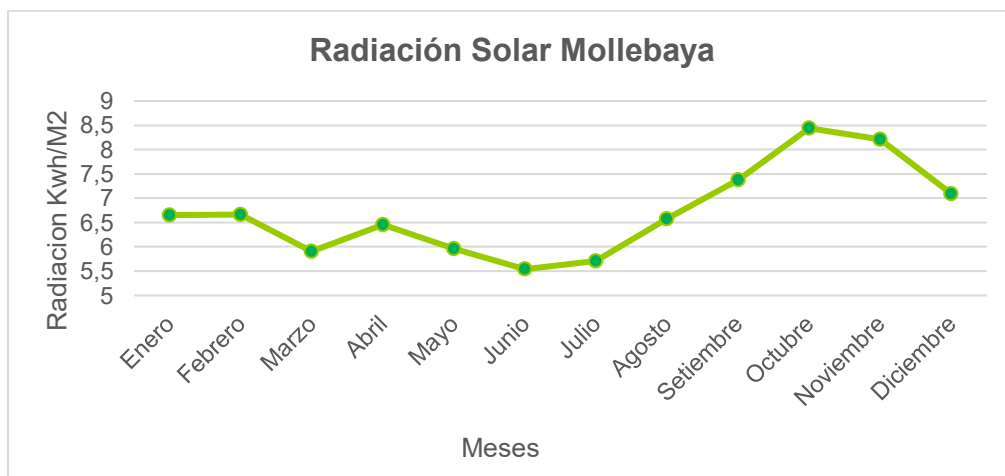


Figura 2. Índice de radiación solar según la NASA. Tomada de: Nasa's Powers Data Access.

Análisis e interpretación

Al examinar con precisión la Tabla 6 y la figura 2, se revela un comportamiento significativo de la radiación solar según los datos proporcionados por la NASA. Los registros indican una variabilidad energética que fluctúa en un espectro bien definido, comprendido entre 5.7 y 8.4 kWh/m²/día.

Esta distribución radiativa presenta un patrón estacional claramente marcado, caracterizado por una intensificación sustancial durante los períodos de primavera y verano, cuando la incidencia solar alcanza sus valores máximos debido a factores astronómicos favorables. En contraste, durante las temporadas de otoño e invierno, se observa una disminución considerable en los niveles de radiación, consecuencia directa de la menor exposición solar y el cambio en el ángulo de incidencia.

Estos datos satelitales de la NASA proporcionan una perspectiva global del potencial fotovoltaico en la región estudiada, ofreciendo información crucial para el dimensionamiento óptimo de sistemas de aprovechamiento solar. La amplitud del rango registrado, que alcanza una diferencia de 2.7 kWh/m²/día entre su valor mínimo y máximo, subraya la importancia de considerar esta variabilidad estacional en cualquier proyecto energético basado en recursos solares.

b) Atlas Solar Perú

Tabla 7. Índice de radiación solar según Atlas Solar Perú.

ATLAS SOLAR PERU		
	Latitud: -16.4866	Longitud: -71.468
Mes	Rango (kwh/m2/dia)	Valor promedio (kwh/m2/dia)
Enero	7 – 7.5	7.25
Febrero	6 – 6.5	6.25
Marzo	6.5 – 7	6.75
Abril	6 – 6.5	6.25
Mayo	5.5 – 6	5.75
Junio	5 – 5.5	5.25
Julio	4.5 – 5	4.75
Agosto	5 – 5.5	5.25
Setiembre	6 – 6.5	6.25
Octubre	6.5 – 7	6.75
Noviembre	7.5 – 8	7.75
Diciembre	7 – 7.5	7.25
Anual	6.5 – 7	6.37

Fuente. Datos obtenidos de Atlas Solar Perú.

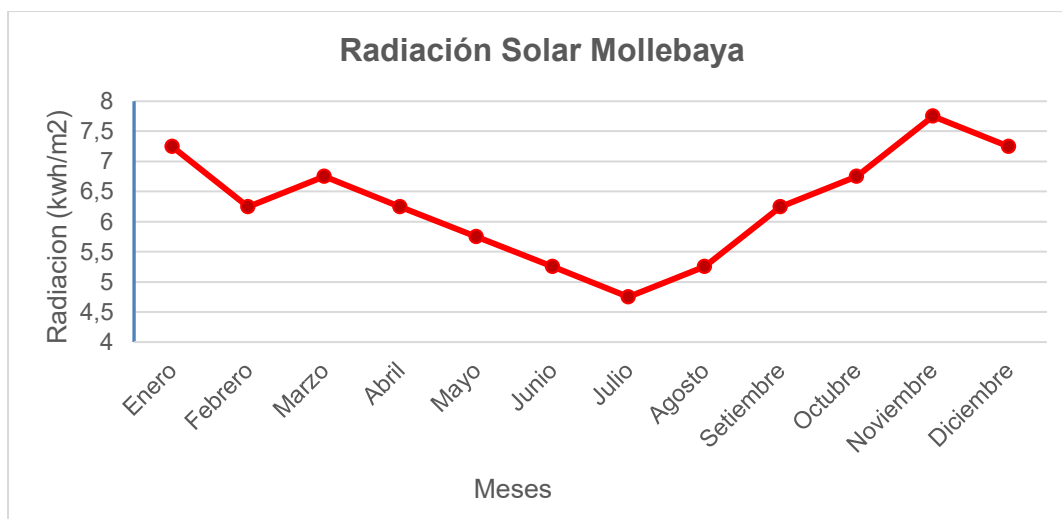


Figura 3. Índice de radiación solar según Atlas Solar Perú. Tomada de: Atlas Solar Perú.

Análisis e interpretación

Al analizar detalladamente la Tabla 7 y la Figura 3, se evidencia que la radiación solar documentada en el Atlas Solar del Perú, recurso oficial proporcionado por el SENAMHI a través de su plataforma GeoIDEP, presenta una variabilidad significativa. Los registros muestran un espectro de intensidad que va desde 4.75 hasta 7.75 kWh/m²/día, valores que representan promedios calculados a partir de los intervalos establecidos por el SENAMHI.

Esta distribución energética exhibe un marcado comportamiento estacional, caracterizado por picos de intensidad durante las estaciones de primavera y verano, cuando la inclinación terrestre favorece una mayor exposición solar en el hemisferio sur. Consecuentemente, se registra una disminución sustancial durante los períodos de otoño e invierno, cuando la radiación incidente se reduce considerablemente.

Estas fluctuaciones estacionales constituyen un factor determinante que debe considerarse en cualquier proyecto de aprovechamiento energético solar, permitiendo optimizar el diseño de sistemas fotovoltaicos según la disponibilidad energética a lo largo del año.

c) Medición empírica

Tabla 8. Índice de radiación solar tomado In-Situ.

MEDICIÓN EMPÍRICA	
Latitud: -16.4866	Longitud: -71.468
Mes	Valor (kwh/m2/dia)
Enero	6.55
Febrero	6.86
Marzo	6.65
Abril	6.12
Mayo	5.87
Junio	5.58
Julio	5.85
Agosto	6.90
Setiembre	6.32
Octubre	6.80
Noviembre	7.38
Diciembre	7.20
Anual	6.42

Fuente. Datos obtenidos a partir de la medición empírica.

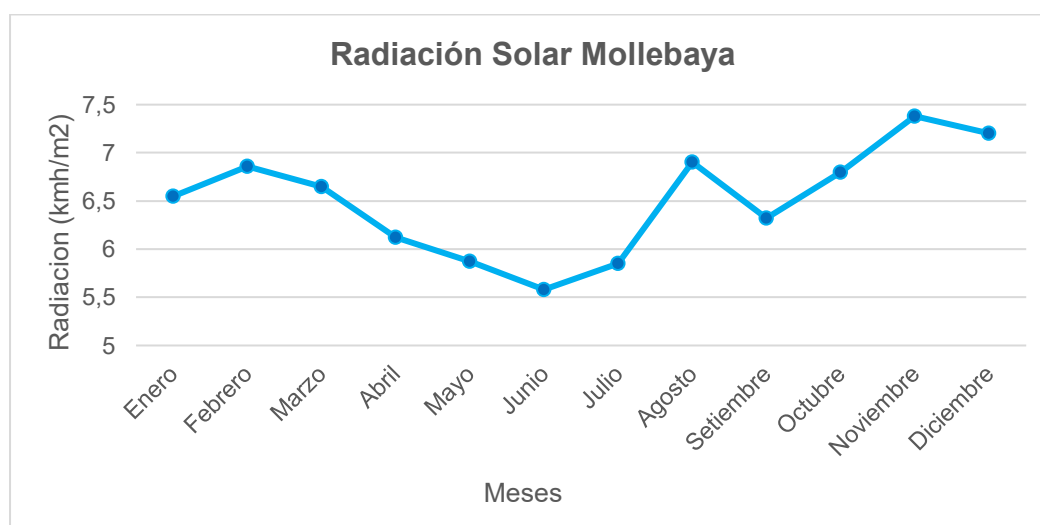


Figura 4. Índice de radiación solar tomado In-Situ. Datos obtenidos a partir de la medición empírica.

Análisis e interpretación

Al examinar con detenimiento la Tabla 8 y el Gráfico 4, se evidencia que los niveles de radiación solar obtenidos mediante mediciones empíricas realizadas con un pirómetro presentan

una variabilidad significativa. Los valores registrados fluctúan en un rango específico que se extiende desde 5.58 hasta 7.38 kWh/m²/día.

Esta distribución energética revela un característico patrón estacional, donde se observa un notable incremento de la radiación durante los períodos de primavera y verano, épocas en que la incidencia solar alcanza su máxima expresión. Contrariamente, durante las temporadas de otoño e invierno, los registros experimentan una disminución considerable, siguiendo la misma tendencia cíclica documentada en las dos fuentes de información previamente analizadas.

Estas mediciones instrumentales directas confirman el comportamiento estacional de la radiación solar en la zona estudiada, proporcionando datos empíricos de gran valor para la planificación de sistemas de aprovechamiento energético solar que requieren estimaciones precisas del recurso disponible a lo largo del año.

d) Comparación de medidas

Tabla 9. Comparación de índices de radiación solar.

Comparación			
Latitud: -16.4866		Longitud: -71.468	
Mes	Nasa (kwh/m2/dia)	Atlas Solar (kwh/m2/dia)	Medicion Empirica (kwh/m2/dia)
Enero	6.65	7.25	6.55
Febrero	6.66	6.25	6.86
Marzo	5.91	6.75	6.65
Abril	6.45	6.25	6.12
Mayo	5.96	5.75	5.87
Junio	5.54	5.25	5.58
Julio	5.71	4.75	5.85
Agosto	6.58	5.25	6.9
Setiembre	7.38	6.25	6.32
Octubre	8.44	6.75	6.8
Noviembre	8.21	7.75	7.38
Diciembre	7.09	7.25	7.2
Anual	6.72	6.29	6.42

Fuente. Datos obtenidos de la NASA, Atlas Solar Perú y medición empírica.

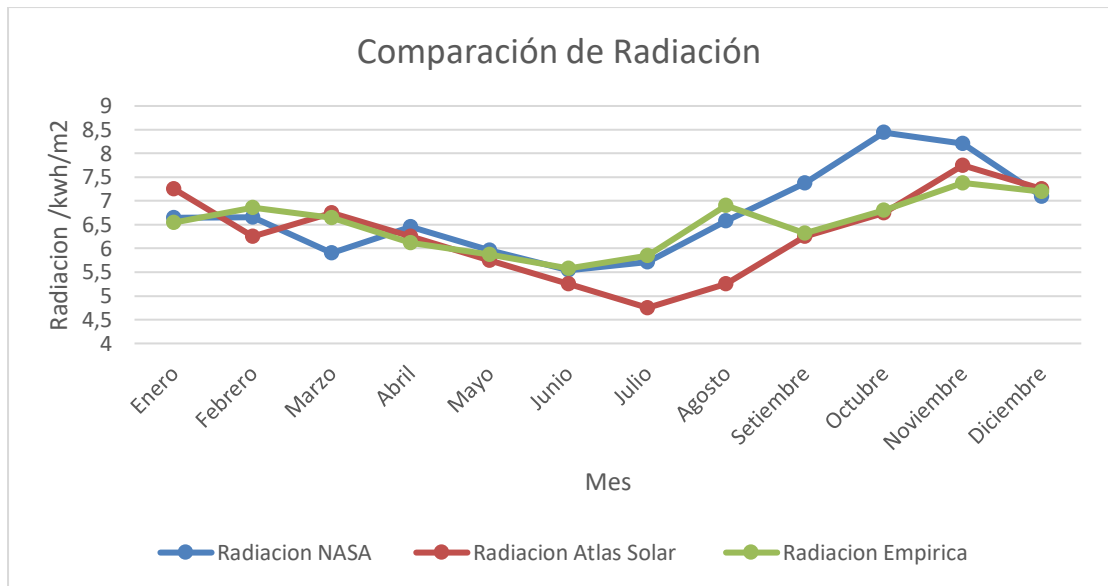


Figura 5. Comparación de índices de radiación solar. Tomada de: la NASA, Atlas Solar Perú y medición empírica.

Análisis e interpretación

Tal como se aprecia en la Tabla 5 y la Figura 4, las mediciones de radiación solar registradas en las tres fuentes analizadas presentan una variación que va desde los 4.75 hasta los 8.44 kWh/m²/día. Aunque las diferencias entre los valores no son significativas, todas siguen una misma tendencia estacional: aumentan durante primavera – verano y disminuyen en los meses de otoño - invierno.

Para garantizar un sistema fotovoltaico eficiente y operativo durante todo el año, se considerará el valor mínimo registrado (4.75 kWh/m²/día en el mes de julio) como base para el dimensionamiento futuro del sistema.

4.1.3 Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

a) Hora solar pico

Al aplicar la fórmula de la HSP en la localidad de Mollebaya, se obtuvo:

$$HSP = \frac{4750}{1000} = 4.75 \quad (6)$$

Este resultado indica que, en esa ubicación, la radiación solar equivale a 4.75 horas de sol pleno con una irradiancia de 1000 W/m². Este valor es clave para el dimensionamiento de sistemas

fotovoltaicos, ya que permite calcular con precisión la cantidad de paneles solares necesarios para una instalación eficiente.

b) Cálculo de paneles solares

Al aplicar la fórmula para el cálculo del número de paneles solares, se obtuvo:

$$N_p = \frac{9,282.0 \text{ wh}}{340 \text{ W} \times 4.75 \text{ Horas}} = 5.77 \quad (7)$$

Dado que el número de paneles debe ser un valor entero, se redondea obligatoriamente a 6 paneles solares de 340 W para abastecer el consumo energético calculado.

c) Inclinación de paneles solares

Al aplicar la fórmula con la latitud de Arequipa, se obtuvo:

$$\beta = 16.39889 + 10^\circ = 26.39889^\circ = 26^\circ \quad (8)$$

De acuerdo con la Norma Técnica EM-080, la inclinación óptima de los paneles solares se determina en función de la latitud del lugar. Dado que la latitud de Arequipa es -16.39889° , la inclinación recomendada para los módulos fotovoltaicos es de 26° . Además, este ángulo asegura una mejor captación de radiación solar, optimizando el rendimiento del sistema fotovoltaico durante el año.

d) Cálculo del inversor

Al aplicar la fórmula, se obtuvo:

$$P_{INV} = 1.25 \% \times 9282.0 \text{ Wh} = 11,602.5 \text{ Wh} = 12 \text{ KW} \quad (9)$$

La capacidad del inversor se calculó en 12 kW. No obstante, es importante señalar que estos equipos generalmente no funcionan de manera continua a su potencia máxima, sino que operan con mayor frecuencia alrededor de la mitad de la carga total prevista.

Por lo tanto, se utilizará un inversor de 12 V, diseñado para operar de manera eficiente a 2 Kw, asegurando un funcionamiento estable y prolongando su vida útil.

4.1.4 Presupuesto

Tabla 10. Presupuesto para el sistema fotovoltaico.

N°	Descripción	Cantidad	Costo Unitario S/.	Costo Parcial S/.
1	Panel Solar 340W 24V Policristalino	6	535.38	3212.28
2	Inversor de Interconexión Huawei SUN2000L – 2KTL	1	2174.93	2174.93
3	Medidor Bidireccional	1	865.95	865.95
4	Otros (Estructuras y Cableado)		2000	2000
TOTAL				8253.16

Análisis e interpretación

Se estima que la inversión inicial requerida para la implementación del sistema fotovoltaico asciende a S/. 8,253.16, considerando el costo de los paneles solares, el inversor de interconexión, el medidor bidireccional, otros componentes como estructuras y cableado.

4.1.5 Consumo y abono actual de la institución

El costo actual del servicio eléctrico de la institución se determinó a partir de la información consignada en los recibos de pago emitidos por la empresa SEAL, cuyos valores se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11. Consumo y abono actual de la institución educativa.

Mes	Año	Consumo (Kwh/día)	Consumo Mensual (KW)	Abono Mensual
Enero	2024	5.25	157.50	91.35
Febrero	2024	5.50	165.00	95.70
Marzo	2024	13.55	406.50	235.77
Abril	2024	12.59	377.70	219.066
Mayo	2024	13.44	403.20	233.856
Junio	2024	12.95	388.50	225.33
Julio	2024	12.99	389.70	226.026
Agosto	2024	11.89	356.70	206.886
Setiembre	2024	12.45	373.50	216.63
Octubre	2024	12.92	387.60	224.808
Noviembre	2024	13.35	400.50	232.29
Diciembre	2024	13.59	407.70	236.466
Enero	2023	5.45	163.50	94.83
Febrero	2023	5.65	169.50	98.31
Marzo	2023	12.51	375.30	217.674
Abril	2023	12.27	368.10	213.498
Mayo	2023	11.20	336.00	194.88
Junio	2023	12.39	371.70	215.586
Julio	2023	11.25	337.50	195.75
Agosto	2023	11.79	353.70	205.146
Setiembre	2023	12.35	370.50	214.89
Octubre	2023	13.13	393.90	228.462
Noviembre	2023	12.89	386.70	224.286
Diciembre	2023	13.59	407.70	236.466
TOTAL		274.94	8248.20	4783.956

Al aplicar la fórmula con los valores determinados, se obtuvo:

$$Facturacion = 13.2600 \times 30 \times 0.58 \quad (10)$$

$$Facturacion = 230.724 \text{ al mes}$$

En consecuencia, el costo promedio mensual de facturación asciende a S/. 230.724, cifra que se encuentra dentro del rango de valores mostrados en la tabla precedente.

4.1.6 Consumo y abono con el sistema fotovoltaico

El cálculo del consumo proyectado con la implementación del sistema fotovoltaico se realizó mediante la aplicación de reglas de tres simples, cuyos resultados se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12. Consumo y abono con el sistema fotovoltaico.

Mes	Año	Consumo con SF (Kwh/día)	Consumo Mensual con SF (KW)	Abono Mensual con SF
Enero	2024	3.64	109.2	63.34
Febrero	2024	3.82	114.6	66.47
Marzo	2024	9.4	282	163.56
Abril	2024	8.73	261.9	151.90
Mayo	2024	9.32	279.6	162.17
Junio	2024	8.98	269.4	156.25
Julio	2024	9.01	270.3	156.77
Agosto	2024	8.25	247.5	143.55
Setiembre	2024	8.63	258.9	150.16
Octubre	2024	8.96	268.8	155.90
Noviembre	2024	9.26	277.8	161.12
Diciembre	2024	9.42	282.6	163.91
Enero	2023	3.78	113.4	65.77
Febrero	2023	3.92	117.6	68.21
Marzo	2023	8.67	260.1	150.86
Abril	2023	8.51	255.3	148.07
Mayo	2023	7.77	233.1	135.20
Junio	2023	8.59	257.7	149.47
Julio	2023	7.8	234	135.72
Agosto	2023	8.18	245.4	142.33
Setiembre	2023	8.56	256.8	148.94
Octubre	2023	9.1	273	158.34
Noviembre	2023	8.94	268.2	155.56
Diciembre	2023	9.42	282.6	163.91
TOTAL		190.65	5719.5	3317.31

Al aplicar la fórmula con los valores determinados, se obtuvo:

$$Facturacion = 9.2820 \times 30 \times 0.58 \quad (11)$$

$$Facturacion = 161.506 \text{ al mes}$$

En consecuencia, el monto promedio mensual de facturación asciende a S/. 161.506, valor que se encuentra dentro del intervalo de datos mostrado en la tabla precedente.

4.1.7 Consumo y abono actual vs con sistema fotovoltaico

Para la verificación de la hipótesis se elaboró la siguiente tabla, en la cual se contrastan los datos correspondientes al consumo y costo eléctrico actual con los obtenidos a partir de la proyección del sistema fotovoltaico.

Tabla 13. Consumo - abono actual vs consumo - abono con el SF.

Mes	Año	Consumo Mensual (KW) sin SF	Consumo Mensual (KW) Con SF	Abono Mensual Sin SF (S/)	Abono Mensual Con SF (S/)	Diferencia Abono Mensual (Con SF – Sin SF)
Enero	2024	157.5	109.2	91.4	63.3	28.0
Febrero	2024	165.0	114.6	95.7	66.5	29.2
Marzo	2024	406.5	282.0	235.8	163.6	72.2
Abril	2024	377.7	261.9	219.1	151.9	67.2
Mayo	2024	403.2	279.6	233.9	162.2	71.7
Junio	2024	388.5	269.4	225.3	156.3	69.1
Julio	2024	389.7	270.3	226.0	156.8	69.3
Agosto	2024	356.7	247.5	206.9	143.6	63.3
Septiembre	2024	373.5	258.9	216.6	150.2	66.5
Octubre	2024	387.6	268.8	224.8	155.9	68.9
Noviembre	2024	400.5	277.8	232.3	161.1	71.2
Diciembre	2024	407.7	282.6	236.5	163.9	72.6
Enero	2023	163.5	113.4	94.8	65.8	29.1
Febrero	2023	169.5	117.6	98.3	68.2	30.1
Marzo	2023	375.3	260.1	217.7	150.9	66.8
Abril	2023	368.1	255.3	213.5	148.1	65.4
Mayo	2023	336.0	233.1	194.9	135.2	59.7
Junio	2023	371.7	257.7	215.6	149.5	66.1
Julio	2023	337.5	234.0	195.8	135.7	60.0
Agosto	2023	353.7	245.4	205.1	142.3	62.8
Septiembre	2023	370.5	256.8	214.9	148.9	66.0
Octubre	2023	393.9	273.0	228.5	158.3	70.1
Noviembre	2023	386.7	268.2	224.3	155.6	68.7
Diciembre	2023	407.7	282.6	236.5	163.9	72.6
TOTAL		8248.2	5719.8	4784.0 S/	3317.5 S/	1466.5 S/

Tal como se aprecia en la Tabla 13, el gasto eléctrico acumulado en un periodo de dos años asciende a S/. 4 784.0 en el escenario actual, mientras que con la implementación del sistema fotovoltaico se reduce a S/. 1 466.5.

4.2 Prueba de hipótesis

A continuación, se expondrán los hallazgos derivados de los análisis cuantitativos y las verificaciones estadísticas correspondientes a cada una de las hipótesis formuladas en el marco de este estudio.

4.2.1 Planteamiento de la prueba de hipótesis

- (H_1): La propuesta de un diseño de sistema de energía solar fotovoltaica optimizará el 90% del consumo energético en una institución educativa del distrito de Mollebaya, Arequipa – 2025.
- (H_0): La propuesta de un diseño de sistema de energía solar fotovoltaica NO optimizará el 90% del consumo energético en una institución educativa del distrito de Mollebaya, Arequipa – 2025.

4.2.2 Formulación estadística

- $H_0: \mu \leq 90\%$
- $H_1: \mu > 90\%$

Donde μ es el porcentaje real de optimización obtenido tras la implementación.

4.2.3 Prueba de normalidad

Antes de llevar a cabo la prueba estadística, es necesario verificar si los datos siguen una distribución normal, para lo cual se presenta la siguiente tabla.

Tabla 14. Prueba de Normalidad.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Consumo Mensual (KW) sin SF	,297	24	,000	,665	24	,000
Consumo Mensual (KW) con SF	,298	24	,000	,665	24	,000

El análisis de normalidad efectuado mediante la prueba de Shapiro-Wilk para el consumo mensual (KW), tanto con SF como sin SF, arrojó un valor de significancia (Sig.) de 0.000 en ambos casos, inferior al nivel de significancia habitual de 0.05. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula de normalidad, lo que indica que los datos no presentan una distribución normal.

4.2.4 Prueba estadística

Se utilizará la prueba de Wilcoxon dado que los resultados de la prueba de normalidad mostraron valores de significancia inferiores a 0.05, lo que evidencia que los datos no siguen una distribución normal. Asimismo, al tratarse de muestras relacionadas correspondientes a las mediciones antes y después de la implementación del sistema fotovoltaico, la prueba de Wilcoxon resulta la más apropiada al ser una prueba no paramétrica destinada a comparar dos conjuntos de datos dependientes.

Tabla 15. Prueba de Wilcoxon.

	Consumo Mensual (KW) sin SF - Consumo Mensual (KW) con SF
Z	-4,286 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,000

4.2.5 Criterio de decisión

- Cuando el valor p es menor que 0.05, correspondiente al nivel de significancia del 5%, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.
- En cambio, si el valor p es mayor que 0.05, no se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión

Según los resultados obtenidos en la prueba de Wilcoxon (Tabla 15), el valor de significancia (Sig. asintótica bilateral) fue de 0.000, inferior al nivel de significancia establecido de 0.05. Este resultado permite rechazar la hipótesis nula. En consecuencia, se concluye que la propuesta de diseño del sistema fotovoltaico logra el objetivo de optimizar el consumo energético y fomentar la sostenibilidad ambiental en la institución educativa del distrito de Mollebaya, Arequipa – 2025.

4.3 Discusión de resultados

La discusión de los resultados obtenidos permite valorar de manera crítica el desempeño proyectado del sistema fotovoltaico diseñado para la institución educativa del distrito de Mollebaya. En primer lugar, se evidenció que el sistema presenta un factor de uso del 70 %, lo que implica que la energía generada cubre una proporción significativa de la demanda eléctrica de la institución, aunque no en su totalidad. Este valor resulta coherente con los antecedentes de la literatura. Dado que diferentes autores señalan que los sistemas solares rara vez alcanzan

un aprovechamiento del 100 %, debido a pérdidas asociadas a la conversión de energía en los inversores, la acumulación de polvo en los paneles, las variaciones de temperatura y las sombras parciales (Quaschnig, 2016).

Al contrastar estos resultados con estudios previos, se observa que Adouane, et al. (2020) reportaron valores de performance ratio (PR) cercanos a 0.7, equivalente a un factor de uso aproximado del 70 % en sistemas fotovoltaicos conectados a la red, lo que guarda gran similitud con lo hallado en el presente trabajo. De igual forma, Matos, et al. (2024) evaluaron el rendimiento de un sistema fotovoltaico instalado en el campus de una universidad en Lima y reportaron una eficiencia real cercana al 70% respecto de la potencia nominal. Identificaron que las principales pérdidas se debían a factores como la temperatura, las sombras parciales y la eficiencia de los inversores. Estos resultados respaldan que el valor del 70 % obtenido en Mollebaya se encuentra dentro del rango esperado para sistemas instalados en contextos educativos peruanos.

Sin embargo, los resultados difieren de lo señalado por Quispe, et al. (2021) en Cusco, quienes evaluaron el sistema fotovoltaico de autoconsumo de un instituto, reportaron un factor de uso aproximado del 75 %, superior al observado en el presente estudio. Esta diferencia puede explicarse por las variaciones en la radiación solar promedio anual. Así, mientras Cusco presenta una radiación ligeramente menor, pero con condiciones atmosféricas más estables, Arequipa se caracteriza por una alta radiación solar acompañada de factores que reducen el aprovechamiento, como el polvo atmosférico, las variaciones estacionales y la inclinación de los módulos. Asimismo, es necesario considerar que el presente trabajo adoptó un dimensionamiento orientado a la optimización de costos, lo cual influyó en el nivel de aprovechamiento alcanzado.

La justificación del factor de uso al 70% radica precisamente en estas condiciones técnicas y ambientales. De acuerdo con la norma IEC 61724-1:2021, es esperable que los sistemas fotovoltaicos presenten pérdidas de entre 20 % y 30 % respecto a su rendimiento teórico, lo que ubica los resultados obtenidos en un rango técnicamente válido. Además, como señalan Iturralde, et al. (2025) la eficiencia real de un sistema fotovoltaico no depende únicamente de la capacidad instalada, sino también de la gestión operativa, las estrategias de mantenimiento, la calidad de los equipos empleados y las condiciones ambientales.

En este sentido, los hallazgos de la presente investigación reafirman la viabilidad de implementar sistemas solares fotovoltaicos en instituciones educativas del sur del Perú, pero al mismo tiempo ponen en evidencia la necesidad de mejorar aspectos relacionados con la calibración de los equipos, la limpieza periódica de los módulos y la incorporación de

tecnologías de monitoreo más precisas. Estas acciones permitirían incrementar gradualmente el factor de uso y optimizar el aprovechamiento energético del sistema.

Además, el inventario detallado de equipos eléctricos permitió identificar una demanda energética real de 9.28 kWh/día, tras aplicar un factor de uso del 70% sobre la potencia instalada total. Este dato fue fundamental para dimensionar correctamente el sistema fotovoltaico, asegurando que la solución propuesta cubra de manera eficiente las necesidades energéticas de la institución durante todo el año, incluso considerando las variaciones estacionales de radiación solar.

El cálculo técnico, considerando la radiación solar mínima registrada (4.75 kWh/m²/día), estableció que se requieren 6 paneles solares de 340 W cada uno para cubrir la demanda energética diaria. Asimismo, la inclinación óptima de los paneles fue determinada en 26°, conforme a la normativa técnica y la latitud de Arequipa, lo que permitirá maximizar la captación de energía solar y el rendimiento del sistema a lo largo del año.

El análisis económico revela que la inversión inicial estimada (S/. 8,253.16) se traduce en una reducción significativa del abono eléctrico mensual (de S/. 230.724 a S/. 161.51), lo que representa un ahorro acumulado considerable en el mediano plazo. La comparación de costos en un periodo de dos años muestra una diferencia de más de S/. 3,300 a favor de la opción fotovoltaica, lo que respalda la viabilidad económica y la conveniencia de la inversión para la institución educativa.

En este sentido, los hallazgos de la presente investigación reafirman la viabilidad de implementar sistemas solares fotovoltaicos en instituciones educativas del sur del Perú, pero al mismo tiempo ponen en evidencia la necesidad de mejorar aspectos relacionados con la calibración de los equipos, la limpieza periódica de los módulos y la incorporación de tecnologías de monitoreo más precisas. Estas acciones permitirían incrementar gradualmente el factor de uso y optimizar el aprovechamiento energético del sistema.

Por último, los resultados obtenidos confirman la validez de la hipótesis alterna, es decir, la propuesta de un diseño de sistema de energía solar fotovoltaica optimizará el 90% del consumo energético en una institución educativa del distrito de Mollebaya. La prueba de Wilcoxon, con un valor de significancia de 0.000, respalda de forma contundente esta afirmación al demostrar que la diferencia entre el consumo energético actual y el proyectado con el sistema fotovoltaico. De este modo, se evidencia que la implementación del sistema fotovoltaico no solo es técnicamente viable, sino que también representa una solución efectiva para la optimización del consumo eléctrico.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Se determinó con un valor de significancia de 0.000 en la prueba de Wilcoxon, que el diseño de sistema de energía solar fotovoltaica optimizará el 90% del consumo energético en una institución educativa del distrito de Mollebaya, Arequipa – 2025.

SEGUNDO: Al evaluar el consumo energético total de la institución educativa, se determinó que asciende a 13.26 kWh/día considerando todos los equipos instalados; además, aplicando un factor de uso del 70%, la demanda máxima real a cubrir por el sistema fotovoltaico es de 9.28 kWh/día.

TERCERA: Por otro lado, se determinó que se requieren 6 paneles solares de 340W con una inclinación necesaria de 26° para satisfacer la demanda energética de la institución educativa de Mollebaya, Arequipa – 2025.

CUARTA: Finalmente, se examinó que la propuesta es económicamente viable, con una inversión inicial de S/. 8,253.16 que genera un ahorro significativo, reduciendo el abono eléctrico mensual de S/. 230.724 a S/. 161.51.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se recomienda cumplir estrictamente con el cronograma de mantenimiento del sistema fotovoltaico, programado cada tres años, ya que su incumplimiento puede reducir tanto la vida útil como la eficiencia del sistema. Asimismo, se sugiere a la directora de la institución educativa fomentar la sensibilización entre estudiantes y padres de familia respecto a la importancia del cuidado y uso responsable del sistema, promoviendo así su funcionamiento óptimo y sostenible a lo largo del tiempo.

SEGUNDA: Se recomienda aumentar la inversión en proyectos de energías renovables, debido a su bajo impacto ambiental y la ausencia de emisiones de gases de efecto invernadero. Esta inversión debe ser impulsada tanto por municipalidades como por empresas privadas, cuya participación conjunta es clave para acelerar la transición energética, mitigar el cambio climático y generar beneficios económicos y sociales.

TERCERA: Para un análisis más completo del impacto ambiental del sistema fotovoltaico, se recomienda incluir el cálculo del CO₂ equivalente evitado. Esta estimación permite cuantificar la cantidad de emisiones que no se generaron al sustituir el consumo de energía eléctrica de la red por energía solar, lo cual representa un beneficio directo en la reducción de gases de efecto invernadero.

CUARTA: Se recomienda incorporar una matriz de impactos ambientales posterior a la implementación, con el fin de evaluar de manera sistemática los efectos ambientales generados por la instalación y operación del sistema fotovoltaico. Además, es fundamental proponer estrategias de mitigación específicas para los impactos identificados, garantizando así un manejo ambiental responsable y sostenible durante todo el ciclo de vida del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADOUANE, M., AL-QATTAN, A., ALABDULRAZZAQ, B. y FAKHRALDEEN, A. *Comparative performance evaluation of different photovoltaic module technologies under Kuwait harsh climatic conditions* [en línea]. *Energy Reports*, 2020, 6, pp. 2689–2696. [Fecha de consulta: 14 de julio de 2025]. ISSN: 2352-4847. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.09.034>
- AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA DE ESPAÑA. La radiación solar [en línea]. Madrid: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2019. 14 p. [Fecha de consulta: 14 de julio de 2025]. Disponible en: https://www.aemet.es/documentos/es/eltiempo/observacion/radiacion/Radiacion_Solar.pdf
- ALCEDO, L. y GONZÁLES, G. Diseño de un sistema fotovoltaico de conexión a red de 500 kW para reducir la facturación en el consumo de energía eléctrica del Centro de Datos Bitel–Arequipa. Tesis (Título de Ingeniero Electricista). Callao: Universidad Nacional del Callao, 2018. 37 pp. [Fecha de consulta: 13 de julio de 2025]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12952/3348>
- BILIR, L. y YILDIRIM, N. *Photovoltaic system assessment for a school building* [en línea]. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2017, 42(27), pp. 17856–17868. [Fecha de consulta: 13 de julio de 2025]. ISSN: 0360-3199. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.02.122>
- BLUEGOLD. Ahorro de agua producido por la utilización de paneles solares [en línea]. 2022. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2025]. Disponible en: <https://www.bluegold.es/es/los-paneles-solares-pueden-ayudar-a-la-preservacion-de-los-recursos-hidricos/>
- CAAMAL-CHAN, E., LÓPEZ-PONCE, M. y BARROSO-TANOIRA, F. Sistema fotovoltaico para mejorar la economía de familias en zonas mayas: un estudio en Dzitbalché, Campeche. *Digital Publisher CEIT* [en línea]. 2024, 9(2), pp. 288–302. [Fecha de consulta: 10 de julio de 2025]. ISSN: 2588-0705. Disponible en: <https://doi.org/10.33386/593dp.2024.2.2246>
- CALDERÓN HURTADO, A. J. Implementación de un cargador de baterías con algoritmo MPPT y convertidor buck para un sistema fotovoltaico. Tesis (Título de Ingeniero

Electrico). Ibarra: Universidad Técnica del Norte, 2021. [Fecha de consulta: 13 de julio de 2025]. Disponible en: <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13327>

CANGAS SALAS, M. y AZCONA, H. F. Diseño de un sistema de energía renovable basado en paneles solares fotovoltaicos para mercados de Ibarra, Ecuador [en línea]. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 2024, 8(2). [Fecha de consulta: 11 de julio de 2025]. ISSN: 2707-2207. Disponible en: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11275

CHIROQUE, W., RICALDI, I. y ROMERO, B. Diseño de un sistema de energía limpia mediante paneles fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica en una vivienda rural de Cusco, Perú. Tesis (Título de Ingeniero Electricista). Callao: Universidad Nacional del Callao, 2022. [Fecha de consulta: 11 de julio de 2025]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12952/7552>

CUADROS CURIE, P. M. Propuesta de equipamiento y evaluación económica de un sistema solar fotovoltaico conectado a red para el Centro Educativo “Hellen Keller”, Arequipa. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Arequipa: Universidad Continental, 2020. [Fecha de consulta: 12 de julio de 2025]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12394/10559>

DE LA CRUZ, F. y MEJÍA OTERO, R. A. Los sistemas fotovoltaicos constituyen una solución energética para las comunidades aisladas [en línea]. *Revista Ciencia e Ingeniería*, 2022, 9(1), pp. 72–76. [Fecha de consulta: 10 de julio de 2025]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8740373>

DÍAZ, T. y CARMONA RUBIO, G. Instalaciones solares fotovoltaicas [en línea]. Madrid: McGraw Hill, 2018. 324 p. ISBN: 978-84-486-1568-2. [Fecha de consulta: 12 de julio de 2025]. Disponible en: <https://www.mheducation.es/instalaciones-solares-fotovoltaicas-9788448614485-spain-group>

ESPINEL BLANCO, E., FLÓREZ SOLANO, E. N. y BARBOSA JAIMES, J. E. Estudio para la generación de energía por un sistema con paneles solares y baterías. *Revista Ingenio* [en línea]. 2020, 17(1), pp. 9–14. [Fecha de consulta: 10 de julio de 2025]. ISSN: 2011-642X. Disponible en: <https://doi.org/10.22463/2011642x.2392>

FLORES ROSALES, J. E. Diseño de un sistema fotovoltaico off grid para suministrar energía eléctrica a los colegios de nivel primaria y secundaria de la comunidad Jancapampa,

Pomabamba. Tesis (Título de Ingeniero Electricista). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2024. [Fecha de consulta: 14 de julio de 2025]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12672/22066>

FLORES, M. y TAPIA, C. Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para abastecer energía eléctrica a los pabellones de la Institución Educativa Betesda School, Moquegua 2022. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico Electricista). Moquegua: Universidad César Vallejo, 2023. [Fecha de consulta: 10 de julio de 2025]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/114651>

GARCÍA FERNÁNDEZ, L. Impacto ambiental del sistema fotovoltaico [en línea]. Megawatt, 2025. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2025]. Disponible en: <https://megawatt.es/sistema-fotovoltaico-y-su-impacto-ambiental/>

GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, R. G. y HENRÍQUEZ CONTRERAS, J. A. Beneficios ambientales y económicos de la implantación de paneles fotovoltaicos en las lámparas exteriores de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU). Tesis (Título de Ingeniero Civil). Santo Domingo: Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, 2015. 38 p. [Fecha de consulta: 10 de julio de 2025]. Disponible en: <https://repositorio.unphu.edu.do/handle/123456789/1051>

GUTIÉRREZ LÓPEZ, A. y VÁSQUEZ PUNTILLO, C. E. Instalación de un sistema fotovoltaico eficiente para la generación y suministro de energía eléctrica en instituciones educativas de Arequipa. Tesis (Magister en Ingeniería Eléctrica con mención en Gerencia De Proyectos). Callao: Universidad Nacional del Callao, 2019. 115 p. [Fecha de consulta: 13 de julio de 2025]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12952/5170>

HELPER LAZO, A. M. Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico en la Compañía de Bomberos de Yanahuara, Arequipa. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico Electricista). Arequipa: Universidad Católica de Santa María, 2021. 313 p. [Fecha de consulta: 15 de julio de 2025]. Disponible en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/11321>

HERNÁNDEZ, O. Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen [en línea]. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 2021, 37(6), pp. 6–8. ISSN: 0864-2125. [Fecha de consulta: 12 de julio de 2025]. Disponible en: <https://revmgi.sld.cu/index.php/mgi/article/view/1442>

HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R. y MENDOZA-TORRES, C. P. *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* [en línea]. México D.F.: McGraw Hill Education, 2018. 714 p. ISBN: 978-607-15-1913-3. [Fecha de consulta: 12 de julio de 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.22201/fesc.20072236e.2019.10.18.6>

ITURRALDE CARRERA, L. A., GARCÍA-BARAJAS, M. G., CONSTANTINO-ROBLES, C. D., ÁLVAREZ-ALVARADO, J. M., CASTILLO-ÁLVAREZ, Y. y RODRÍGUEZ-RESÉNDIZ, J. Efficiency and sustainability in solar photovoltaic systems: a review of key factors and innovative technologies [en línea]. *Engineering*, 2025, 6(3), art. 50. [Fecha de consulta: 15 de julio de 2025]. ISSN: 2673-4117. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/eng6030050>

JUÁREZ RIVERA, R. M. Diseño y evaluación de un sistema de energía distribuida para módulos de 3 kW alimentado con energía solar aplicado en la zona de Socabaya, Arequipa. Tesis (Título de Ingeniero Electricista). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2018. [Fecha de consulta: 15 de julio de 2025]. Disponible en: <https://repositorio.unsa.edu.pe/>

LÓPEZ DE LACALLE SANVICENTE, A. Estimación de la vida útil de baterías en sistemas fotovoltaicos: influencia de la gestión energética del sistema. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Zaragoza: Universidad de Zaragoza, 2018. 79 p. [Fecha de consulta: 11 de julio de 2025]. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/69841?ln=es>

LÓPEZ FERNÁNDEZ, L. y LÓPEZ FERNÁNDEZ, B. Diseño eléctrico de un sistema fotovoltaico on grid para el complejo de concientización y Ciudad del Mar Yubarta. Tesis (Título de Ingeniero Electricista). Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2022. 83 p. [Fecha de consulta: 13 de julio de 2025]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22511>

LÓPEZ, C. y MATAIX, C. *Las materias primas minerales y la transición energética* [en línea]. Cuadernos de Estrategia, n.º 209, 2022, pp. 61–174. (Ejemplar dedicado a Minería: una cuestión estratégica en el siglo XXI). ISSN: 1697-6924. [Fecha de consulta: 13 de julio de 2025]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8362544>

MARTÍNEZ PERALTA, J., CHERE-QUIÑÓNEZ, B., GUZMÁN LÓPEZ, J., OROBIO ARBOLEDA, J. y VALENCIA-BAUTISTA, E. Diseño de una instalación solar fotovoltaica para el suministro de energía eléctrica de una vivienda unifamiliar en la

parroquia rural Vuelta Larga del cantón Esmeraldas [en línea]. *Revista Científica Dominio de las Ciencias*, 2022, 8(1), pp. 887–908. [Fecha de consulta: 10 de julio de 2025]. ISSN: 2477-8818. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8383414>

MARTÍNEZ, M. y MORA, A. Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica en una vivienda rural donde no llega el tendido eléctrico, situada en el Golfo de Guayaquil – Comunidad Masa 2. Tesis (Título de Ingeniero Electrico). Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2022. 80 p. [Fecha de consulta: 12 de julio de 2025]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22810>

MATOS SALAZAR, J. A., CAVALCANTI CÁRDENAS, K. G. y CALLE MARAVÍ, J. L. Evaluación del rendimiento de un sistema fotovoltaico conectado a la red: caso de estudio campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina. *TecnoHumanismo*, 2024, 4(2), pp. 201–213. [Fecha de consulta: 15 de julio de 2025]. ISSN: 2953-6322. Disponible en: <https://doi.org/10.53673/th.v4i2.290>

MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM). Guía de ecoeficiencia para empresas [en línea]. Lima: Ministerio del Ambiente del Perú, 2009. 150 p. [Fecha de consulta: 10 de julio de 2025]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/>

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO (MITECO). Guía para la elaboración de estudios de impacto ambiental de proyectos de plantas solares fotovoltaicas y sus infraestructuras de evacuación [en línea]. Madrid: MITECO, 2022. [Fecha de consulta: 15 de julio de 2025]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/evaluacion-ambiental/guias-directrices.html>

ORGANISMO SUPERVISOR DE LA INVERSIÓN EN ENERGÍA Y MINERÍA (OSINERGMIN). Energías renovables: experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética [en línea]. Lima: OSINERGMIN, 2019. [Fecha de consulta: 12 de julio de 2025]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/osinergmin/informes-publicaciones/483400-energias-renovables-experiencia-y-perspectivas-en-la-ruta-del-peru-hacia-la-transicion-energetica>

- QUASCHNING, V. *Understanding renewable energy systems* [en línea]. 2.^a ed. Londres: Routledge, 2016. 406 p. ISBN: 978-1-315-76943-1. [Fecha de consulta: 14 de julio de 2025]. Disponible en: <https://doi.org/10.4324/9781315769431>
- QUISPE GUTIÉRREZ, V. y POCCORI ESCALANTE, A. J. Estudio del sistema fotovoltaico de autoconsumo con conexión a la red eléctrica y uso eficiente de energía del Instituto Blue Ribbon Internacional, Cusco. Tesis (Título de Ingeniero Electricista). Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 2021. [Fecha de consulta: 15 de julio de 2025]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12918/6088>
- QUISPE NÚÑEZ, J. D. Diseño de un sistema solar fotovoltaico de 8 kWp para el suministro de energía eléctrica del nodo de distribución Cabanaconde – Arequipa 2021. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico Eléctricista). Lima: Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, 2021. [Fecha de consulta: 14 de julio de 2025]. Disponible en: <https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/763>
- QUITO FLORECÍN, J. L., RENDÓN SOPLÍN, O. R. y SUÁREZ DE LA CRUZ, W. A. Aplicación de la auditoría energética para reducir el consumo energético en el sistema eléctrico de la Universidad Nacional del Callao, Callao – Perú. Tesis (Título de Ingeniero Electricista). Callao: Universidad Nacional del Callao, 2023. 134 p. [Fecha de consulta: 11 de julio de 2025]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12952/8187>
- RINCÓN RINCÓN, M. J. y RODRÍGUEZ PIÑEROS, A. F. Diseño de un sistema solar fotovoltaico de tipo inyección a la red para aportar 41,5 kWh/día del consumo de energía eléctrica requerido por el colegio IETD en Monterrey, Casanare. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Bogotá: Universidad El Bosque, 2021. [Fecha de consulta: 12 de julio de 2025]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12495/6950>
- ROJAS HERNÁNDEZ, R. R. y LIMÓN MARTÍNEZ, J. R. *Diseño, selección, instalación y puesta en marcha de un sistema fotovoltaico para el Hotel Mesón San Sebastián con conexión a red de CFE* [en línea]. Informe técnico. Querétaro: Centro de Investigación en Materiales Avanzados, 2017. [Fecha de consulta: 15 de julio de 2025]. Disponible en: <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1004/1932>
- ROMERO PAGUAY, J. A., SANCHO AGUILERA, D., INCA GUAMÁN, A. V. y LOJÁN CARRIÓN, M. del C. Implementación de sistema solar fotovoltaico: evaluación de sostenibilidad y eficiencia energética [en línea]. *Revista Veritas: Difusión Científica*,

2024, 7(3), pp. 1745–1767. [Fecha de consulta: 15 de julio de 2025]. ISSN: 2602-8405.
Disponible en: <https://doi.org/10.61616/rvdc.v5i2.171>

SIERRA CÉSPEDES, M. M., VÁSQUEZ STANESCU, C. L. y RAMÍREZ-PISCO, R.
Disposición final e impacto ambiental de las celdas fotovoltaicas [en línea].
Publicaciones en Ciencias y Tecnología, 2020, 14(1), pp. 74–90. [Fecha de consulta:
15 de julio de 2025]. ISSN: 0122-287X. Disponible en:
<https://revistas.uclave.org/index.php/pcyt/article/view/3257>

SOBERÓN BECERRA, C. V. Diseño de un sistema solar fotovoltaico de conexión a la red en
la Municipalidad Distrital de Cayaltí. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico Electricista).
Chiclayo: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2023. 100 p. [Fecha de consulta: 15
de julio de 2025]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/12125>

SUÁREZ CALVOPIÑA, I. G., PAREDES ANCHATIPÁN, A. D., HIDALGO OSORIO, W.
y VÁSQUEZ CARRERA, P. J. Evaluación de la producción energética y el impacto
ambiental de un sistema fotovoltaico en el recinto Malqui Machay [en línea]. *Revista
Científica Multidisciplinar*, 2024, 5(1). [Fecha de consulta: 11 de julio de 2025].
Disponible en: <https://doi.org/10.60100/rcmg.v5i2.267>

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA. *Técnicas de investigación* [en línea]. Machala:
Universidad Técnica de Machala, 2020. 16 p. [Fecha de consulta: 12 de julio de 2025].
Disponible en: <https://repositorio.utmachala.edu.ec/>

USMAN, Z., TAH, J., ABANDA, H. y NCHE, C. A critical appraisal of PV-systems’
performance [en línea]. *Buildings*, 2020, 10(11), art. 192. [Fecha de consulta: 13 de
julio de 2025]. ISSN: 2075-5309. Disponible en:
<https://doi.org/10.3390/buildings10110192>

ZHENG, M. The environmental impacts of lithium and cobalt mining [en línea]. Earth.Org,
2023. [Fecha de consulta: 14 de julio de 2025]. Disponible en: <https://earth.org/lithium-and-cobalt-mining/>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de Consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES Y DIMENSIONES	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN
<p style="text-align: center;">PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿Cómo la propuesta de un diseño de sistema de energía solar fotovoltaica puede optimizar el consumo energético en una institución educativa del distrito de Mollebaya, Arequipa - 2025?</p> <p style="text-align: center;">PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ¿Cuál será el consumo energético de la institución, así como la demanda máxima para la equipación de un sistema solar fotovoltaico en una institución educativa del Distrito de Mollebaya, Arequipa – 2025? ● ¿Cuál es el número de paneles solares y la inclinación necesaria para la equipación de un sistema solar fotovoltaico en la institución educativa del distrito de Mollebaya, Arequipa – 2025? ● ¿Cuál es la viabilidad económica de la propuesta de diseño de una planta solar fotovoltaica para optimizar el consumo energético en una institución educativa del distrito de Mollebaya, Arequipa - 2025? 	<p style="text-align: center;">OBJETIVO GENERAL</p> <p>Determinar cómo la propuesta de un diseño de sistema de energía solar fotovoltaica puede optimizar el consumo energético en una institución educativa del distrito de Mollebaya, Arequipa – 2025.</p> <p style="text-align: center;">OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Evaluar el consumo energético de la institución, así como la demanda máxima para la equipación de un sistema solar fotovoltaico en una institución educativa del Distrito de Mollebaya, Arequipa – 2025. ● Determinar el número de paneles solares y la inclinación necesaria para la equipación de un sistema solar fotovoltaico en la institución educativa del distrito de Mollebaya, Arequipa – 2025. ● Examinar la viabilidad económica de la propuesta de diseño de una planta solar fotovoltaica para optimizar el consumo energético en una institución educativa del distrito de Mollebaya, Arequipa – 2025 	<p style="text-align: center;">HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>La propuesta de un diseño de sistema de energía solar fotovoltaica optimizará el 90% del consumo energético en una institución educativa del distrito de Mollebaya, Arequipa – 2025.</p> <p style="text-align: center;">HIPÓTESIS NULA</p> <p>La propuesta de un diseño de sistema de energía solar fotovoltaica NO optimizará el 90% del consumo energético en una institución educativa del distrito de Mollebaya, Arequipa – 2025.</p>	<p style="text-align: center;">VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Diseño de sistema de energía solar fotovoltaico</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Radiación Solar ● Potencia ● Inclinación <p style="text-align: center;">VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Consumo energético</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Potencia ● Económico 	<p style="text-align: center;">MÉTODO DE INVESTIGACIÓN Cuantitativo</p> <p style="text-align: center;">DISEÑO</p> <p>No experimental de corte transversal y con enfoque prospectivo.</p> <p style="text-align: center;">POBLACIÓN</p> <p>Una institución educativa ubicada en el distrito de Mollebaya, Arequipa.</p> <p style="text-align: center;">MUESTRA</p> <p>24 registros de consumo eléctrico de la institución educativa</p> <p style="text-align: center;">TÉCNICA</p> <p>Observación</p> <p style="text-align: center;">INSTRUMENTO</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Piranómetro ● Protocolo de Medición ● Período de Toma de Datos ● Calibración del Equipo

Anexo 02: Fotografías de la institución educativa

