



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO
PARA EL ABASTECIMIENTO PARCIAL ENERGÉTICO DE LA
CAPILLA DE LA COMUNIDAD LA MARISCAL SUCRE,
PARROQUIA POALO, CANTÓN LATACUNGA**

Proyecto de Propuesta Tecnológica presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniero Eléctrico.

Autores:

MAIGUA ALVAREZ BRAYAN DAMIAN

MANOBANDA MANOBANDA CARLOS ENRIQUE

Tutor Académico:

MSc. Ing. Salazar Achig Edgar Roberto

LATACUNGA – ECUADOR

2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Manobanda Manobanda Carlos Enrique y Maigua Alvarez Brayan Damian, declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA EL ABASTECIMIENTO PARCIAL ENERGÉTICO DE LA CAPILLA DE LA COMUNIDAD LA MARISCAL SUCRE, PARROQUIA POALO, CANTÓN LATACUNGA”**, siendo el Ing. Ms.C Edgar Roberto Salazar Achig tutor del presente proyecto; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente proyecto investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.



.....
Manobanda Manobanda Carlos Enrique

C.I. 1804729422



.....
Maigua Alvarez Brayan Damian

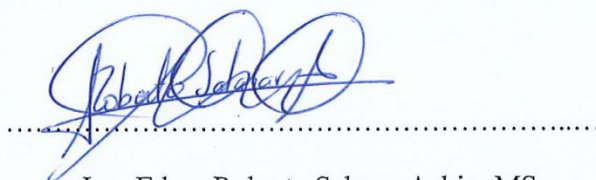
C.I. 0550563316

Latacunga, agosto del 2025

AVAL DEL TUTOR DE PROPUESTA TECNOLÓGICA

En calidad de tutor del trabajo de propuesta tecnológica sobre el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA EL ABASTECIMIENTO PARCIAL ENERGÉTICO DE LA CAPILLA DE LA COMUNIDAD DE LA MARISCAL SUCRE, PARROQUIA POALO, CATÓN LATACUNGA”, propuesto por los estudiantes **BRAYAN DAMIAN MAIGUA ALVAREZ** y **CARLOS ENRIQUE MANOBANDA MANOBANDA** de la Carrera de Electricidad, considero que dicho proyecto de titulación cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos al tribunal de lectores.



Ing. Edgar Roberto Salazar Achig. MSc.

C.C. 0502847619

TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Propuesta Tecnológica de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto los postulantes: **Manobanda Manobanda Carlos Enrique y Maigua Álvarez Brayan Damian**, con el título de Proyecto de Titulación: **"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA EL ABASTECIMIENTO PARCIAL ENERGÉTICO DE LA CAPILLA DE LA COMUNIDAD LA MARISCAL SUCRE, PARROQUIA POALO, CANTÓN LATACUNGA"**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar el CD correspondiente según la normativa institucional.

Latacunga, Agosto del 2025

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)

Ing. Jiménez Jiménez Diego Leonardo MSc

CC: 0503493702

Lector 2

PhD. Marrero Ramírez Secundino

CC: 1757107907

Lector 3

Ing. Vásquez Teneda Franklin Hernán MSc

CC: 1710434497

Latacunga, agosto del 2025

AVAL DE CUMPLIMIENTO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Sr. Segundo Leonardo Velasque Cuyachamin
Presidente de la comunidad La Mariscal Sucre
Presente. –


De mi consideración:

Yo, **Segundo Leonardo Velasque Cuyachamin**, con cédula de ciudadanía **0502771231**, en calidad de **presidente de la comunidad La Mariscal Sucre**, certifico mediante la presente que los estudiantes **Manobanda Manobanda Carlos Enrique y Maigua Álvarez Brayan Damian**, de la carrera de **Ingeniería en Electricidad** de la **Universidad Técnica de Cotopaxi**, han desarrollado y concluido satisfactoriamente el proyecto de investigación titulado: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA EL ABASTECIMIENTO PARCIAL ENERGÉTICO DE LA CAPILLA DE LA COMUNIDAD LA MARISCAL SUCRE, PARROQUIA POALO, CANTÓN LATACUNGA”**.

El proyecto fue ejecutado en la capilla de la comunidad la Mariscal Sucre, cumpliendo a cabalidad con los objetivos establecidos. Los autores demostraron responsabilidad, compromiso y competencia técnica a lo largo del proceso.

Por tanto, se extiende la presente como constancia de la culminación del proyecto, así como del valioso aporte técnico-académico e institucional que este representa.

Atentamente.



Segundo Leonardo Velasque Cuyachamin
Tlf. 0958951823
Cl. 0502771231

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por ser mi guía, mi fortaleza y mi luz en cada etapa de este camino. Gracias, Señor, por permitirme alcanzar uno de los sueños más grandes de mi vida: convertirme en Ingeniero Eléctrico.

A mi Padre, Luis, por enseñarme con el ejemplo el valor del esfuerzo y la constancia. Gracias por tu apoyo incondicional, por tus consejos sabios y por estar siempre presente, aún en silencio. A mi Madre, Silvia, por tu amor infinito, por cada sacrificio silencioso y por ser mi pilar emocional. Gracias por impulsarme a creer en mí cuando más lo necesitaba. Este logro también es tuyo.

A mi Hermana, Myrian, por tu cariño, comprensión y apoyo constante. Tu presencia en mi vida ha sido esencial para seguir adelante. A Emily y Lucía, por su ternura y alegría, que han sido un motivo más para superarme cada día y ser un ejemplo positivo para ellas.

A mi Compañero de tesis, Damián , por su compromiso, esfuerzo y trabajo en equipo. Gracias por compartir conmigo cada reto, cada logro y cada momento que nos llevó a culminar este proyecto. De manera especial al Ing. Roberto Salazar, mi tutor de tesis, quien más que un orientador académico se convirtió en un amigo. Gracias por su paciencia, su compromiso, y por confiar en mí incluso cuando yo dudaba.

Carlos Enrique Manobanda Manobanda.

DEDICATORIA

A mis queridos padres, por ser mi guía constante, por su amor incondicional, su apoyo silencioso y su fe inquebrantable en mí.

Gracias por enseñarme con el ejemplo el valor del esfuerzo, la honestidad y la perseverancia.

Este logro no solo es mío, también es de ustedes.

A mis Hermanos de que me dio la vida Universitaria, Adrián, Alexander, Diego, Kevin, Ángelo, Estalin, Wellington, Ronny y Elvis, por los momentos compartidos, las experiencias vividas y el apoyo mutuo que hizo de esta etapa algo inolvidable.

A mis Amigos, Andrés, Sebastián, Gabriel, Denis y Cristian, por su amistad leal, su compañía sincera y por estar presentes en momentos clave con palabras de aliento y alegría., También a Aracely, Nayeli Liseth, Lisbeth, Alejandra y Sofía, amigas que con su cariño y apoyo constante siempre aportaron buenas energías y ánimo en mi camino.

“Persiste, lucha, sueña y nunca olvides que los grandes logros nacen de pequeños pasos dados con fe y constancia.”

Carlos Enrique Manobanda Manobanda

AGRADECIMIENTO

Quiero comenzar expresando mi más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi, institución que ha sido clave en mi formación académica y profesional, brindándome los conocimientos, valores y herramientas necesarias para crecer no solo como futuro ingeniero, sino también como ser humano. Cada reto superado durante estos años ha sido una oportunidad para mejorarme a mí mismo y avanzar con determinación hacia mis metas.

Mi gratitud también está dirigida al Ing. Roberto Salazar, tutor de esta tesis, por su orientación constante, su disposición para escuchar y su valioso acompañamiento a lo largo del proceso investigativo. Su guía ha sido esencial para la construcción de este trabajo, el cual es reflejo de esfuerzo, dedicación y muchas horas de compromiso compartido.

Asimismo, quiero reconocer a mi compañero de tesis, Carlos Manobanda, por su entrega, colaboración y compañerismo en cada etapa del proyecto. Haber recorrido este camino juntos ha sido enriquecedor y motivador, y sin duda, su presencia fue fundamental para alcanzar este logro.

Finalmente, no puedo dejar de agradecer a mi familia, en especial a mi madre, por su amor incondicional y por ser mi apoyo más firme en todo momento. Este título también te pertenece, porque sin tu sacrificio y confianza, nada de esto habría sido posible.

Brayan Damian Maigua Alvarez.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con profundo agradecimiento y cariño a quienes han sido mi refugio emocional y mi fuerza a lo largo de esta etapa.

A mi madre y padre, María y Luis, les agradezco desde lo más profundo de mi alma por su amor incondicional, su paciencia sin límites y su entrega absoluta. Han sido mi refugio en los días grises y mi impulso cuando sentía que ya no tenía fuerzas para continuar. Su apoyo constante, sus palabras sabias y su fe inquebrantable en mí me sostuvieron en cada etapa de este camino, incluso cuando yo mismo dudaba de mis capacidades. Solo ustedes saben los momentos más difíciles que atravesamos juntos, y aun así nunca me soltaron la mano.

Gracias por ser mi ejemplo de fortaleza, por enseñarme que los sueños se alcanzan con esfuerzo y por demostrarme que el amor de una madre y un padre no conoce barreras.

A mis hermanos, Jossue y Jhonathan, gracias por ser parte esencial de esta travesía. Su compañía sincera, sus palabras de aliento y esos gestos que llegaron justo cuando más los necesitaba.

Y no puedo dejar de mencionar a Kira, mi compañera de cuatro patas, que con su alegría, su cariño incondicional y su silenciosa compañía, estuvo a mi lado en cada noche de estudio y en cada momento en que necesitaba un poco de paz.

Esta tesis no solo representa un logro académico, sino también el reflejo del apoyo, el amor y la fe que cada uno de ustedes depositó en mí. Gracias por ser mi base, mi fuerza y mi mayor inspiración.

Brayan Damian Maigua Alvarez.

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés de la propuesta tecnológica cuyo título versa: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA EL ABASTECIMIENTO PARCIAL ENERGÉTICO DE LA CAPILLA DE LA COMUNIDAD LA MARISCAL SUCRE, PARROQUIA POALO, CANTÓN LATACUNGA”** presentado por: **Maigua Álvarez Brayan Damian y Manobanda Manobanda Carlos Enrique**, egresados de la Carrera de: **Ingeniería en Electricidad**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, agosto del 2025

Atentamente,



Mg. Edison Marcelo Pacheco Pruna
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI:0502617350



ÍNDICE GENERAL

1. INFORMACIÓN GENERAL	8
2. INTRODUCCIÓN.....	9
2.1. EL PROBLEMA.....	9
2.1.1. Situación Problemática	10
2.1.2. Formulación del problema	10
2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	11
2.2.1. Objeto de investigación:	11
2.2.2. Campo de acción para el proyecto:.....	11
2.3. BENEFICIARIOS.....	11
2.3.1. Beneficiarios directos:	11
2.3.2. Beneficiarios indirectos:	11
2.4. JUSTIFICACIÓN	12
2.5. OBJETIVOS	13
2.5.1. Objetivo General.....	13
2.5.2. Objetivos Específicos.....	13
2.6. TAREAS POR OBJETIVO	13
3. FUNDAMENTACIÓN TEORICA	14
3.1. ESTADO DEL ARTE.....	14
3.2. ANTECEDENTES	15
3.3. CONCEPTOS GENERALES	20
3.3.1. Energías Renovables.....	20
3.3.2. Ventajas y desventajas de las energías renovables.....	20
3.3.3. Energía solar fotovoltaica.....	21
3.4. SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA	23
3.4.1. Sistemas ON-Grid y OFF-Grid.....	23
3.4.2. Conectados a la red - Sistemas Fotovoltaicos	24
3.4.3. Sistemas fotovoltaicos aislados de la red	24
3.4.5. Ecuador – Energía Solar Fotovoltaica	25
3.4.6. Ley orgánica de competitividad energética “ley no más apagones”	26
3.4.7. Norma NEC-11.....	26
3.5. EQUIPOS Y ELEMENTOS DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	27
3.5.1. Panel Solar o Módulo Fotovoltaico	27
3.5.2. Inversor.....	28

3.5.3. Baterías o Acumuladores.....	30
3.5.4. Regulador o Controlador de Carga.....	31
3.5.5. Tableros Eléctricos	32
3.5.6. Conductores o Cables Eléctricos	33
3.6. FÓRMULAS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS FOTVOLTAICOS AISLADOS	33
3.6.1. Determinar el consumo.....	34
3.6.2. Cálculo sobre la radiación solar.....	34
3.6.3. Cálculo de las baterías	35
3.6.4. Cálculo del módulo solar	35
3.6.5. Selección del regulador de carga	36
3.6.7. Selección del inversor.....	36
3.6.8. Dimensionamiento de los conductores	36
4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS	37
4.1. Metodología de la Investigación	37
4.1.1. Nivel	37
4.1.2. Tipos.....	37
4.2. Instrumentos utilizados para medir la radiación solar.....	38
4.2.1. Brújula de Apple Store	38
4.2.2. Sistema de posicionamiento global (Google Earth)	38
4.3. Datos de la Radiación Solar del lugar	39
4.4. Recolección de Datos de la Radiación Solar en el lugar del proyecto	40
4.4.1. Representación gráfica de los datos obtenidos	40
4.4.2. Hora solar pico en la parroquia Poalo	41
4.4.3. Hora solar pico en el lugar del proyecto.....	41
4.5. Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico.....	42
4.5.1. Levantamiento de la demanda energética necesaria para el funcionamiento del sistema fotovoltaico.....	42
4.5.2. Cálculo de las Baterías	43
4.5.3. Cálculo de Paneles Solares	43
4.5.4. Selección del Controlador	43
4.5.5. Selección del Inversor	44
4.5.6. Cálculo del calibre del conductor	44
4.5.7. Cálculo de las protecciones	47
4.6. Flujograma	47
5. MATERIALES	49

5.1 Panel solar monocristalino	49
5.2. Regulador de carga.....	50
5.3. Inversor.....	51
5.4. Baterías.....	51
5.5. Breaker diferencial 2P 63A 30ma	53
5.6. Temporizador 12V RAIL DIN. THC15A	54
5.5. Gabinetes metálicos.....	55
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	55
6.1. Sistema Real.....	55
6.2. Rediseño del Sistema	56
6.3. Comparación de Planillas Eléctricas	57
6.3.1. Mes de mayo.....	57
6.3.2. Mes de junio	58
6.3.3. Mes de julio	58
6.4. Diagrama Unifilar	59
6.4.1. Panel fotovoltaico Implementado.....	60
6.5. Simulación en PVSYST	61
6.5.1. Análisis de implementación del sistema fotovoltaico con el uso del software de PVSYST	61
6.5.2. Características del diseño del sistema fotovoltaico	61
6.5.3. Pérdidas del sistema fotovoltaico	62
6.5.4. Resultados de la simulación del sistema fotovoltaico con PVSYST.....	62
6.7. Análisis Económico.....	65
6.7.1. APUS del Proyecto Instalado	65
6.7.2. Recuperación de la Inversión	67
6.7.3. Carga de batería con respecto a la radiación solar.....	68
6.8. Vida útil de los Equipos Instalados	69
6.9. Descarga de la Batería	70
7. CONCLUSIONES.....	71
8. RECOMENDACIONES	72
9. BIBLIOGRAFÍA	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de un sistema de energía fotovoltaica	21
Figura 2 Modelo del efecto de la fotoeléctricidad	22
Figura 3 Efecto de la Radiación Solar [29]	22
Figura 4 Clasificación de SFV Vinculados a la red	24
Figura 5 Esquema de un Sistema Fotovoltaico Aislado	25
Figura 6 Clasificación de SFV Aislados	25
Figura 7 Mapa solar global promedio del Ecuador.....	26
Figura 8 Estructura del Panel Solar [44].....	27
Figura 9 Inversor Fotovoltaico [49].....	29
Figura 10 Partes de una Batería Solar [53]	30
Figura 11 Controlador de Carga Solar [59]	32
Figura 12 Partes de un Tablero Eléctrico [63]	33
Figura 13 Calibres de los Conductores Eléctricos [65]	33
Figura 14 Ubicación del proyecto con la Aplicación de Brújula de Apple Store.....	38
Figura 15 Latitud y longitud con la aplicación de Google Earth.....	38
Figura 16 Ilustración gráfica de la dinámica de la radiación solar desde 2023 hasta 2024.	40
Figura 17 Promedio de radiación solar en el sector Poalo.....	40
Figura 18 Análisis comparativo de la radiación	41
Figura 19 Flujograma del Proyecto implementado.....	48
Figura 20 Panel Solar MJLED SOLAR de 200 W	49
Figura 21 Regulador de carga modelo FT4024-30A	50
Figura 22 Inversor DOXIN de 1200 W	51
Figura 23 Baterías de gel ULT.....	52
Figura 24 Breaker Diferencial	53
Figura 25 Temporizador 12V RAIL DIN	54
Figura 26 Gabinete metálico de 70x50x25 cm.	55
Figura 27 Sistema Real del Proyecto	56
Figura 28 Rediseño del Proyecto	57
Figura 29 Comparación de Consumo Eléctrico por mes (2023-2025)	59
Figura 30 Diagrama Unifilar del Proyecto.....	60
Figura 31 Resultados del sistema por PVSYST.	61
Figura 32 Datos ingresados en el PVSYST.	61
Figura 33 Pérdidas del sistema proporcionado por PVSYST.	62
Figura 34 Resultados del sistema en una proyección de un año.....	62
Figura 35 Representación de la producción normalizada por mes.	63
Figura 36 Rendimiento del sistema fotovoltaico por mes.	64
Figura 37 Comportamiento de la corriente de la demanda del sistema. ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 38 Comportamiento del voltaje de descarga de la batería. ¡Error! Marcador no definido.	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Sistema de tareas.....	13
Tabla 2 Análisis mundial de la energía solar fotovoltaica	17
Tabla 3 Análisis en Sudamérica acerca de la energía solar fotovoltaica	18
Tabla 4 Análisis en Ecuador de la energía solar fotovoltaica	19
Tabla 5 Clasificación de la radiación solar	22
Tabla 6 Caída de voltaje entre la conexión de los equipos.	36
Tabla 7 Promedio de la radiación solar en el área del proyecto	39
Tabla 8 Comparación de datos de radiación solar	41
Tabla 9 Energía requerida para el sistema de energía fotovoltaica.	42
Tabla 10 Características técnicas del módulo solar	49
Tabla 11 Características técnicas del regulador de carga	50
Tabla 12 Especificaciones técnicas del Inversor	51
Tabla 13 Especificaciones técnicas de la Baterías de gel	52
Tabla 14 Especificaciones Técnicas del Breaker Diferencial.....	53
Tabla 15 Especificaciones Técnicas del Temporizador.....	54
Tabla 16 Consumo del mes de mayo	58
Tabla 17 Consumo del mes de junio.....	58
Tabla 18 Consumo del mes de julio.....	59
Tabla 19 Data de ingreso y salida del sistema	60
Tabla 20 Datos del aprovechamiento de la radiación solar.	65
Tabla 21 Costo total del proyecto del sistema fotovoltaico	65
Tabla 22 Cálculo del retorno de inversión del proyecto.	67

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**TITULO: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR
FOTOVOLTAICO PARA EL ABASTECIMIENTO PARCIAL
ENERGÉTICO DE LA CAPILLA DE LA COMUNIDAD LA MARISCAL
SUCRE, PARROQUIA POALO, CANTÓN LATACUNGA**

Autores:

Maigua Alvarez Brayan Damian

Manobanda Manobanda Carlos Enrique

RESUMEN

La presente propuesta tecnológica tiene como objetivo implementar un sistema solar fotovoltaico autónomo destinado a cubrir parcialmente la demanda energética de la capilla de la comunidad La Mariscal Sucre, ubicada en la parroquia Poaló del cantón Latacunga. Esta iniciativa surge como respuesta a la carencia de una fuente energética confiable, la cual afecta negativamente el desarrollo de actividades sociales y religiosas en la zona. Se aprovechan las condiciones geográficas favorables del Ecuador para la captación solar y se busca reducir el impacto ambiental asociado al uso de fuentes fósiles. El estudio incluye un diagnóstico energético de la instalación actual, el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, la selección de componentes adecuados, y el cálculo técnico-económico de la solución propuesta. Se desarrollan simulaciones con herramientas especializadas (PVsyst) y se analizan parámetros como la radiación solar promedio, las horas solares pico y la eficiencia del sistema. El enfoque metodológico abarca investigación descriptiva, documental, de campo y experimental. Asimismo, se detallan los beneficios esperados a nivel comunitario, social, ambiental y económico, y se plantea el proyecto como modelo replicable en zonas rurales con características similares. El cumplimiento normativo, como la aplicación de la NEC-11, garantiza la viabilidad técnica del sistema. El resultado final es una solución energética limpia, sostenible, de bajo mantenimiento y adaptable, capaz de mejorar la calidad de vida de los habitantes mediante el acceso continuo a electricidad.

Palabras clave: energía fotovoltaica, radiación solar, diseño técnico, sostenibilidad, eficiencia energética.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD
DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

TTITLE: IMPLEMENTATION OF A SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEM FOR
PARTIAL ENERGY SUPPLY TO LA MARISCAL SUCRE COMMUNITY CHAPEL
OF, POALO PARISH, LATACUNGA CANTON

Autores:

Maigua Alvarez Brayan Damian

Manobanda Manobanda Carlos Enrique

ABSTRACT

The objective of this technological proposal is to implement an autonomous solar photovoltaic system designed to partially cover the energy demand of the chapel in the community of La Mariscal Sucre, located in Poaló parish canton of Latacunga. This initiative arises in response to lack reliable energy source, which affects the development of social and religious activities. It takes advantage of Ecuador' favorable geographical conditions for solar collection and seeks to reduce the environmental impact associated with the use of fossil fuels. The study includes an energy assessment of the current installation, the sizing of photovoltaic system, selection of appropriate components, and technical-economic calculation of the proposed solution. Simulations are developed with specialized tools (PVsyst) and parameters such as average solar radiation, peak solar hours, and system efficiency are analyzed. The methodological approach includes descriptive, documentary, field, and experimental research. Likewise, the expected benefits at the community, social, environmental, and economic levels are detailed, and the project is proposed as a replicable model in rural areas with similar characteristics. Regulatory compliance, such as the application of NEC-11, ensures technical viability of the system. The end result is a clean, sustainable, low-maintenance, and adaptable energy solution capable of improving life quality of residents through continuous access to electricity.

Keywords: photovoltaic energy, solar radiation, technical design, sustainability, energy efficiency.

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título: Implementación De Un Sistema Solar Fotovoltaico Para El Abastecimiento Parcial Energético De La Capilla De La Comunidad La Mariscal Sucre, Parroquia Poaló, Cantón Latacunga.

Fecha de inicio: Abril del 2025

Fecha de finalización: Agosto del 2025

Lugar de ejecución: Parroquia Poaló -Cantón Latacunga – Provincia de Cotopaxi.

Facultad: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

Carrera: Carrera de Ingeniería en Electricidad.

Proyecto de investigación vinculado: Desarrollo de sistemas inteligentes aplicados a la ingeniería eléctrica

Tutor de Titulación: Ing. Salazar Achig Edgar Roberto MSc.

Estudiantes:

Maigua Alvarez Brayan Damian,

Manobanda Manobanda Carlos Enrique

Área de Conocimiento: 07 Ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesionales Afines / 0713 Electricidad y Energía.

Línea de investigación: Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Diseño, construcción y explotación eficiente de sistemas eléctricos con energía convencional y alternativa.

2. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la demanda energética y la exigencia de reducir el impacto ambiental de las fuentes de energía convencionales, como los combustibles fósiles, han generado diversos problemas ambientales, económicos y sociales, han sido elementos que han impulsado el avance de tecnologías fundamentadas en energías renovables[1]. Por ello, la energía solar fotovoltaica se ha convertido en una opción viable y sostenible para producir electricidad, especialmente en zonas rurales donde el acceso a la red eléctrica puede ser limitado o costoso.

Por consiguiente, este se centrará en la energía fotovoltaica, que proviene del sol, nuestra principal fuente de luz y calor. Se sabe que cada día, la Tierra recibe la energía solar necesaria para satisfacer todas las necesidades energéticas de la humanidad durante un año entero. Este recurso ilimitado y gratuito tiene un gran potencial para satisfacer nuestras necesidades energéticas de una manera responsable con el medio ambiente y sostenible.

De la misma manera la localización geográfica de Ecuador posee un elevado nivel de radiación solar durante todo el año, lo que constituye una oportunidad importante para la puesta en marcha de sistemas fotovoltaicos. La sierra ecuatoriana ofrece beneficios para el uso de la energía solar, debido a la constante incidencia de la radiación durante los distintos días del año debido a su ubicación geográfica [2]. Esto se debe a que presenta valores elevados de radiación media efectiva, cercanos a los 520 W/m^2 y 10 horas de luz solar efectivas, debido a su altitud respecto al nivel del mar y la ubicación geográfica.

2.1. EL PROBLEMA

La capilla de la comunidad La Mariscal Sucre es un espacio para el desarrollo de actividades sociales, culturales y religiosas, lo que exige una fuente energética confiable y eficiente. En este contexto, se propone la instalación de un sistema solar fotovoltaico para el suministro parcial de energía, aprovechando el alto potencial solar de la zona. Esta iniciativa no solo optimiza el rendimiento eléctrico de la infraestructura, sino también contribuir al rubro económico de la capilla mediante la reducción de los costos asociados al consumo energético, lo que se traduce en un ahorro significativo en la planilla de luz para la comunidad, promoviendo un modelo de electrificación rural sostenible, replicable y alineado con el uso responsable de los recursos naturales.

2.1.1. Situación Problemática

En la comunidad La Mariscal Sucre de la parroquia Poaló, la capilla se ha convertido en un lugar muy importante para los moradores. Aquí es donde tienen lugar las actividades religiosas, las reuniones sociales y las celebraciones que refuerzan el sentimiento de unidad de los residentes. Teniendo en cuenta que hay un inconveniente afectando a la funcionalidad de este espacio: la ausencia de un sistema eléctrico adecuado.

De este modo en la actualidad la capilla no cuenta con una fuente de energía segura que permita su utilización en situaciones de escasez de luz o durante la noche. Esto restringe la posibilidad de realizar encuentros, reuniones y otras actividades de la comunidad, lo que impacta en el bienestar social y espiritual de los integrantes. Además, la ausencia de luz genera un entorno menos seguro y restringe la posibilidad de que las personas empleen el espacio con mayor regularidad.

De igual importancia es la situación geográfica y su clima adecuado, esta comunidad se encuentra en una zona con un buen potencial para la generación de energía solar. Sin embargo, este recurso natural aún no se ha utilizado eficazmente, debido sobre todo a la falta de infraestructuras adecuadas y de conocimientos técnicos para ejecutar soluciones energéticas sostenibles.

Ante este hecho, es necesario sugerir la instalación de un sistema fotovoltaico autónomo en la capilla. Esta alternativa permitiría utilizar energía limpia y continua, mejorando su funcionalidad y fomentando las actividades durante largas horas. Además de beneficiar directamente a la comunidad, este proyecto podría servir de inspiración para otras áreas rurales que enfrentan desafíos comparables, incentivando el uso responsable de fuentes de energía renovable y disminuyendo el impacto ambiental.

2.1.2. Formulación del problema

¿De qué manera la instalación de un sistema solar fotovoltaico autónomo en la capilla de la comunidad La Mariscal Sucre puede contribuir a resolver la falta de energía eléctrica, permitiendo un mejor uso del espacio, fortaleciendo las actividades religiosas y sociales, y generando un modelo sostenible que pueda aplicarse en otras comunidades rurales similares?

2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.2.1. Objeto de investigación:

Sistemas Fotovoltaicos

2.2.2. Campo de acción para el proyecto:

3322.05 Fuentes no convencionales de energía

2.3. BENEFICIARIOS

Los principales beneficiarios de la implementación de un sistema fotovoltaico en la casa comunal de la comunidad La Mariscal Sucre, ubicada en la parroquia Poaló del cantón Latacunga serán:

2.3.1. Beneficiarios directos:

- **Población residente en La Mariscal Sucre-Poaló:** Mejora en la calidad de vida mediante acceso a un sistema eléctrico eficiente, continuo y sostenible, con reducción de costos energéticos.
- **Usuarios de la infraestructura comunitaria:** Optimización del uso de la sala comunal mediante iluminación adecuada, incrementando la funcionalidad del espacio para actividades socioculturales.
- **Infancia y población estudiantil:** Acceso mejorado a entornos seguros y adecuados para el desarrollo de actividades educativas y recreativas.

2.3.2. Beneficiarios indirectos:

- **Organizaciones sociales locales:** Fortalecimiento de la capacidad operativa para gestión de eventos comunitarios gracias a condiciones óptimas de iluminación.
- **Entorno ambiental:** Disminución del impacto ecológico a través de la incorporación de tecnologías energéticas limpias.
- **Gobiernos locales y regionales:** Validación de un modelo replicable de intervención en zonas rurales, fortaleciendo la gestión pública y la planificación territorial sostenible

2.4. JUSTIFICACIÓN

La capilla de la comunidad La Mariscal Sucre, ubicada en la parroquia Poaló, es un espacio religioso y un lugar simbólico donde se fortalecen los lazos comunitarios a través de misas, reuniones y eventos culturales. Este proyecto nace gracias a la vinculación entre la Universidad Técnica de Cotopaxi y la comunidad, con el propósito de optimizar el funcionamiento del espacio y reforzar su papel como núcleo de integración social y espiritual.

En este contexto, la instalación de un sistema solar fotovoltaico autónomo se presenta como una solución tangible y sostenible [3]. Se presentan condiciones geofísicas y climáticas favorables de la región, la utilización de energía solar no solo es factible, sino también estratégicamente apropiada. En este sistema posibilita potenciar el desempeño eléctrico de la localidad, al mismo tiempo que genera energía limpia y optimiza la eficiencia energética sin tener que confiar exclusivamente en la red tradicional.

Dicho lo anterior en un punto de vista práctico, este proyecto permitirá ampliar las posibilidades de uso de la capilla, facilitando la realización de actividades comunitarias en mejores condiciones y en horarios más amplios. Así mismo el abastecimiento de energía más eficaz incrementará la seguridad de los participantes y promoverá una mayor implicación de los ciudadanos en los distintos eventos de carácter diverso.

Se enfatiza que el presente proyecto también representa un avance considerable en términos económicos. El sistema de energía solar contribuye a disminuir los gastos vinculados al uso de electricidad, lo que resulta en una disminución del consumo de luz por parte de la capilla. Este beneficio fomenta la apuesta por soluciones sostenibles que, además de ser funcionales, benefician económicamente a las comunidades.

En resumen, el proyecto no solo busca mejorar el abastecimiento energético de la capilla, sino también aportar al bienestar integral de la comunidad, fortalecer la vida colectiva y demostrar que es posible generar cambios positivos desde iniciativas simples, sostenibles y adaptadas a las características del entorno. La colaboración entre la Universidad Técnica de Cotopaxi y la comunidad es un ejemplo claro de cómo la articulación entre nuestra institución y la sociedad puede generar un impacto duradero.

2.5. OBJETIVOS

2.5.1. Objetivo General

Implementar un sistema solar fotovoltaico que proporcione un abastecimiento energético parcial a la capilla, mediante la identificación de áreas de mejora en la Instalación Eléctrica.

2.5.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la demanda energética del sistema eléctrico de la capilla para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico que cubrirá parcialmente el suministro energético
- Diseñar el sistema fotovoltaico para la capilla que satisfaga parcialmente los requerimientos energéticos considerando condiciones climáticas.
- Instalar un sistema fotovoltaico para que cubra parcialmente la demanda energética de la capilla.
- Realizar el análisis técnico - económico de la instalación fotovoltaica implementada en la capilla.

2.6. TAREAS POR OBJETIVO

Tabla 1 Sistema de tareas

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Evaluar la demanda energética del sistema eléctrico de la capilla para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico que cubrirá parcialmente el suministro energético.	Levantamiento de cargas eléctricas existentes.	Informe detallado de la demanda energética promedio y máxima	Fichas técnicas de equipos eléctricos.
	Registro del consumo energético estimado.	Base técnica para el dimensionamiento del sistema	Medidores portátiles. Análisis de carga.
Diseñar el sistema fotovoltaico para la capilla que satisfaga parcialmente los requisitos energéticos considerando	Recolección de datos solares y climáticos.	Propuesta técnica de diseño del sistema fotovoltaico.	Datos climáticos locales. Software de simulación (p.ej., PVsyst, Helioscope).

condiciones climáticas.	Selección del tipo de sistema y simulación del diseño.	Resultados de simulaciones y análisis de rendimiento.	Catálogos técnicos de paneles y componentes.
Instalar un sistema fotovoltaico para que cubra parcialmente la demanda energética de la capilla.	Adecuación del sitio de instalación y montaje de estructuras, paneles, inversor y baterías.	Sistema fotovoltaico en funcionamiento parcial.	Kit solar fotovoltaico.
	Conexión y puesta en marcha.	Reducción del consumo energético de la red convencional.	Herramientas de instalación. Manuales de instalación.
Realizar el análisis técnico - económico de la instalación fotovoltaica	Evaluación del rendimiento, sistema y el análisis del costo-beneficio.	Informe técnico-económico con indicadores clave.	Hojas de cálculo financieras. Análisis económico.
	Estimación de ahorro energético y ambiental	Conclusiones sobre la viabilidad de replicación.	Registros de producción del sistema.

3. FUNDAMENTACIÓN TEORICA

3.1. ESTADO DEL ARTE

El desarrollo de los sistemas fotovoltaicos ha sido impulsado por el descubrimiento del efecto fotoeléctrico en 1839 y la fabricación del primer módulo solar en 1954 por los Laboratorios Bell. Desde entonces, avances tecnológicos han permitido reducir costos y ampliar su aplicación, particularmente en zonas rurales [4]. A nivel global y regional, se han implementado diversos estudios que evidencian la viabilidad técnica y económica de estos sistemas. En Ecuador, el potencial solar es alto, y pese a su subutilización, investigaciones destacan su eficiencia energética, autonomía y beneficios ambientales. La energía solar fotovoltaica se perfila, así como una solución limpia, renovable y viable para mejorar la calidad de vida en áreas con acceso limitado a la red eléctrica

La creciente adopción de sistemas solares fotovoltaicos en zonas rurales ha sido impulsada por la necesidad de suplir la carencia de acceso a redes eléctricas convencionales y de fomentar el desarrollo sostenible. Estudios recientes evidencian que, en contextos rurales como el ecuatoriano, la energía solar se perfila como una opción técnicamente viable y

financieramente sustentable para aplicaciones comunitarias, incluyendo instituciones religiosas. Así mismo, los estudios realizados por universidades latinoamericanas y ecuatorianas han demostrado que estos sistemas bien diseñados pueden satisfacer las demandas energéticas básicas reduciendo el uso de combustibles fósiles. De este modo, los sistemas solares brindan beneficios operativos en cuanto a mantenimiento económico, extensa durabilidad y capacidad de adaptación a diferentes ambientes, factores que los convierten en perfectos para su aplicación en sitios como la capilla de La Mariscal Sucre.

De esta manera al emplear la radiación solar como fuente limpia e inatacable, la energía fotovoltaica ha emergido como una opción efectiva para cubrir las demandas energéticas de las áreas rurales sin conexión. La Comisión Electrotécnica Internacional ha fijado estándares para asegurar la calidad de la energía, destacando la importancia de emplear tecnologías diseñadas para situaciones aisladas. Estudios previos realizados en Ecuador e India demuestran viabilidad técnica y económica de los sistemas fotovoltaicos, apoyados en herramientas de simulación como PVsyst y Simulink. Estos estudios validan la eficacia de este tipo de soluciones en zonas de difícil acceso, como Colaya Jurídico [5], permitiendo un suministro eléctrico estable mediante el uso de paneles solares, reguladores, inversores y bancos de baterías, promoviendo así el desarrollo sostenible y reduciendo la dependencia de la red eléctrica convencional.

3.2. ANTECEDENTES

En el entorno ecuatoriano, la instalación de sistemas fotovoltaicos en Zonas rurales ha demostrado ser una alternativa eficaz para el suministro sostenible de electricidad. Un estudio realizado en la Universidad Técnica de Manabí evaluó la viabilidad de estos sistemas, destacando su fiabilidad técnica y financiera, especialmente en zonas con acceso limitado a la red eléctrica tradicional [6]. Por tanto, los hallazgos indican que la energía fotovoltaica solar puede cubrir las demandas energéticas fundamentales de las comunidades rurales, elevando su nivel de vida y fomentando el progreso sostenible. Este precedente es relevante para la propuesta de electrificación parcial de la capilla en el Mariscal Sucre, dado que posee particularidades que se consideran vinculadas con su localización y las necesidades de energía.

Se menciona que en la Universidad Politécnica Salesiana se llevó a cabo un proyecto centrado en el desarrollo e implementación de un sistema de energía renovable fotovoltaica para los residentes de las zonas rurales del Golfo de Guayaquil [7]. En el cual, se emplearon

programas especializados para incrementar la eficiencia en el uso de energía, mientras se trataban aspectos técnicos como la dimensión del sistema, la elección de componentes y la valoración de su desempeño. Los hallazgos demostraron que se puede ofrecer un servicio eléctrico sostenible y factible en comunidades desconectadas, siempre y cuando se realice una adecuada planificación y ejecución. Este precedente resulta relevante para la situación de la capilla de La Mariscal Sucre, donde una solución energética parece ajustarse a las condiciones locales.

De igual modo, la Pontificia Universidad Javeriana de Colombia realizó una investigación sobre el diseño de un modelo de energía renovable sostenible que combina la energía solar fotovoltaica y los sistemas eléctricos para electrificar instituciones educativas rurales en Cundinamarca [8]. Es decir, este estudio aplica una investigación enfocada en los recursos energéticos disponibles, las necesidades de consumo y la factibilidad técnica del estado operativo de los sistemas híbridos. Los hallazgos evidenciaron la relevancia de ajustar las soluciones energéticas a las situaciones específicas de cada comunidad, considerando aspectos como la presencia de recursos naturales y las particularidades únicas del uso de energía. Este método es apropiado para la implementación del sistema fotovoltaico en la capilla La Mariscal Sucre.

Se menciona que la Universidad del Ecuador realizó un estudio de viabilidad técnica y financiera para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos y térmicos en el barrio de El Manantial de Quito [9]. En el cual, fue un proyecto en el que se consideraron aspectos como la capacidad solar del área, los gastos de instalación, el ahorro de energía y la rentabilidad de la inversión. Los hallazgos señalaron que la implementación de tecnologías solares podría ser una alternativa factible para disminuir la dependencia de los recursos energéticos tradicionales y promover la utilización de fuentes de energía renovables. Este antecedente ofrece datos valiosos acerca de cómo se estructuran y aprecian los proyectos en contextos urbanos y rurales.

Así mismo, se realizó una investigación en México sobre la energía solar fotovoltaica y su relación con la sostenibilidad agrícola en el distrito de Altar-Pitiquito-Caborca, analizando el impacto de los sistemas solares en las actividades del sector [10]. En este estudio se destacó que esta fuente energética promueve la eficiencia y sostenibilidad al reducir costos operativos y emisiones de carbono. Aunque se centró en la agricultura, sus beneficios pueden aplicarse a edificaciones rurales comunitarias, como capillas.

Por consiguiente, basándose en la Biblioteca Pompeu Fabra de Mataró, la Universidad Politécnica de Cataluña realizó un estudio acerca de cómo operan los paneles solares y su aplicación en las zonas costeras y montañosas de Ecuador [11]. En dicha investigación se evaluó la efectividad de los sistemas fotovoltaicos en diferentes condiciones meteorológicas y geográficas, aportando datos relevantes acerca de su desempeño y capacidad de adaptación. Estos descubrimientos son cruciales para comprender cómo las fluctuaciones medioambientales pueden afectar a la eficacia de los sistemas solares, datos cruciales para el diseño y la implantación del sistema en la capilla de La Mariscal Sucre.

Ahora bien, en una investigación divulgada en la revista Ciencia e Ingeniería analiza la manera en que los sistemas fotovoltaicos pueden incrementar la calidad energética en áreas rurales. La investigación se enfocaba en cómo la implementación de sistemas solares puede incrementar la estabilidad y la calidad del abastecimiento de electricidad en comunidades desconectadas. Los hallazgos evidenciaron que estos sistemas, además de proporcionar energía, pueden perfeccionar parámetros eléctricos como el factor de potencia y la disminución de pérdidas, factores cruciales para asegurar un abastecimiento eficaz y seguro en áreas como la capilla de La Mariscal Sucre.

Las siguientes tablas ofrecen un análisis detallado de las tesis, investigaciones y estudios relacionados con la energía fotovoltaica. Este análisis se presenta en las Tablas 2, 3 y 4, que ofrecen una comparación de los estudios realizados a nivel mundial, en Ecuador y en Sudamérica.

Tabla 2 Análisis mundial de la energía solar fotovoltaica

Referencia	Tema	Institución o Revista	Principales contribuciones
[12]	Perspectiva de la energía solar fotovoltaica en la Edificación	Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía	Este segmento expone la progresión del mercado fotovoltaico global, y aborda los elementos cruciales que han facilitado su aproximación al mercado fotovoltaico en España. Así, se realiza una investigación centrada en el coste de la tecnología, el coste de la instalación fotovoltaica compuesto por el módulo y el BoS, y el coste de producción en instalaciones o parques fotovoltaicos. Una comparación global de las tecnologías puede proporcionar las visiones del país estudiado España respecto a su contexto político, autoconsumo y potencia instalada.

[13]	Selection of areas for solar photovoltaic plants but with a GIS-AHP-based approach in Saudi Arabia.	Concordia University	Se propone la manera de priorizar la ubicación en los proyectos de energía solar fotovoltaica a gran escala, utilizando un sistema de información geográfica conocido como SIG y una técnica de toma de decisiones basada en múltiples puntos de vista y criterios llamada MCDM. Se presenta un caso de Arabia Saudita en el que se calculan datos reales de climatología y leyes, además de un análisis solar utilizando el software ArcGIS, todo esto con el objetivo de maximizar la eficiencia.
[14]	China is the leader in solar photovoltaic energy and its relationship in the international trade of photovoltaic panels.	Instituto Politécnico Nacional, Centro de investigaciones económicas, administrativas y sociales	Se detalla que China es uno de los mayores productores y usuarios de energía solar a nivel global, y además, es el país que más exporta paneles solares a nivel global. Resalta cómo la nación ha impulsado la utilización de paneles solares en su progreso tecnológico y la optimización de las políticas en favor de China. Se lleva a cabo una comparación con los datos globales de producción energética y comercio internacional desde 2001 hasta 2021, con el objetivo de observar el progreso de China en esa área.

Tabla 3 Análisis en Sudamérica acerca de la energía solar fotovoltaica

Referencia	Tema	Institución o Revista	Principales contribuciones
[15]	Impacto legal y sostenible del uso de energía solar fotovoltaica en propiedades rurales	Revista de Derecho Económico y Socioambiental (Brasil)	Se refiere a cómo se ha intentado expandir el diálogo acerca de la relevancia de explorar opciones para un futuro sostenible y compartido. Trata sobre cómo la implementación de sistemas fotovoltaicos en áreas rurales de Brasil puede influir en aspectos legales y socioambientales. Luego se examinan las consecuencias y oportunidades del uso de esta matriz energética, dado que aún no hay una normativa apropiada en relación al uso de los paneles solares. Así, se llega a la conclusión de que la utilización de esta tecnología puede tener éxito a corto plazo, pero esta misma podría convertirse en desechos.
[16]	Metodología basada en ciencia de datos para el desarrollo de pronóstico de la generación de energía de una planta solar fotovoltaica	Revista de Ciencia y Tecnología Ingenius (Venezuela)	Se destaca que en años recientes, el uso de plantas de energía fotovoltaica ha experimentado un crecimiento. Sin embargo, es importante considerar que varias de estas están vinculadas a la red eléctrica, lo que requiere el cálculo de un pronóstico para asistir en la administración del operador de red. Se proporciona un pronóstico basado en tres técnicas.
[16]	Autonomía Energética en	Actas del multiconferencia	La investigación se enfoca en presentar un modelo de evaluación de la autonomía de las Microrredes Solares

Viviendas con Energía Solar Fotovoltaica y Almacenamiento de Energía en Baterías: Un Modelo de Evaluación	Internacional LACCEI sobre Ingeniería, Educación y Tecnología (Perú)	Fotovoltaicas (AMR) equipadas con un sistema de baterías (BESS), a través de un seguimiento del consumo energético diario de una vivienda y también la información de la radiación solar del área. Así, basándonos en los datos recabados, podemos afirmar que el modelo de evaluación AMR es crucial para proporcionar un mejor panorama para que las microrredes en las aplicaciones residenciales sean más independientes y estables.
---	--	--

Tabla 4 Análisis en Ecuador de la energía solar fotovoltaica

Referencia	Tema	Institución o Revista	Principales contribuciones
[17]	Rendimiento energético, económico y ambiental de una Central Fotovoltaica de 3,4 KWp en el modo de la generación distribuida (GD)	Revista Espacios	El uso de fuentes de energía renovable ofrece una opción para abordar el problema energético a escala global. En el cual, se llevó a cabo un análisis de la central fotovoltaica de 3,4 kWp instalada en la Universidad Técnica de Manabí para evaluar su rendimiento energético, económico y ambiental, obteniendo resultados sobre la eficiencia de la potencia del sistema, la independencia de la central proyectada y la calidad de su producción de energía.
[18]	La Energía solar fotovoltaica LED como una alternativa de iluminación en la Ruralidad	Revista Ibérica de sistemas y tecnología de información	Se menciona que el sol proporciona una potencia constante de 62 600 kW/m ² , lo que significa que la energía solar fotovoltaica es vista como una energía limpia, creciente e inagotable. Esta energía es la respuesta y contribuye al medio ambiente para disminuir los gases de efecto invernadero. Los datos señalan que Ecuador, debido a su ubicación geográfica, posee una elevada radiación solar, con un promedio de 4,01 a 4,25 (kW/ m ² /día), lo que determina los factores o factores.
[19]	Modelo de Relaciones entre la energía solar fotovoltaica y los agronegocios	Multiconferencia Internacional LACCEI para Ingeniería, Educación Conferencia del Caribe para Ingeniería y Tecnología	Se elabora un modelo de vínculos entre lo que pertenece a los agronegocios y la energía fotovoltaica, teniendo en cuenta que la energía eléctrica juega un rol crucial en el funcionamiento de los recursos productivos en la agricultura. Con el software Venim PLE, se presentan varios aspectos críticos como la política pública y la administración, lo que impide la incorporación de esta energía renovable. La mala gestión o manejo de los desechos fotovoltaicos es otra falla, dado que de esta forma se contamina el medio ambiente. Por lo tanto, hay varios factores que provocan una pequeña diferencia entre los agricultores y la energía fotovoltaica.

3.3. CONCEPTOS GENERALES

3.3.1. Energías Renovables

Las energías renovables son recursos ecológicos y sostenibles de origen natural, derivados de elementos naturales como el sol, el viento, el agua y la biomasa. En contraposición a los combustibles fósiles, estos no producen emisiones contaminantes considerables ni se agotan al ser utilizados [20]. Su utilización ayuda a atenuar el cambio climático, disminuir la dependencia de la energía y promover el crecimiento económico a nivel local. Además, constituyen una opción factible para lograr una matriz energética más balanceada, segura y amigable con el entorno natural.

3.3.2. Ventajas y desventajas de las energías renovables

3.3.2.1. Ventajas

- **Impacto medioambiental reducido**

Las energías renovables producen escasas emisiones de contaminantes en comparación con los combustibles fósiles tradicionales [21]. Esto contribuye a disminuir el efecto invernadero, potencia la calidad del aire y salvaguarda los ecosistemas naturales, transformándolas en una alternativa esencial para atenuar el cambio climático y conservar el medio ambiente a largo plazo.

- **Disponibilidad ilimitada**

Al provenir de fuentes naturales como el sol, el viento o el agua, las energías renovables son inagotables [22]. En contraposición a los recursos fósiles, su disponibilidad no se basa en reservas restringidas, asegurando así una fuente de energía estable y segura para el futuro sin peligro de agotamiento.

- **Impulso al crecimiento económico a nivel local**

La implementación de tecnologías renovables crea puestos de trabajo directos en la instalación, funcionamiento y conservación. Además, impulsa el progreso en comunidades rurales al descentralizar la generación de energía, elevando la calidad de vida y promoviendo la autogestión energética en áreas tradicionalmente marginadas del sistema eléctrico tradicional [23].

3.3.2.2. Desventajas

- **Elevados gastos iniciales**

Uno de los desafíos más significativos es la elevada inversión inicial necesaria para la implementación de sistemas solares, eólicos o hidroeléctricos [24]. Pese a que

los gastos operacionales son reducidos a largo plazo, el desembolso inicial podría complicar su implementación en comunidades con recursos financieros escasos o en naciones en desarrollo.

- **Intermitencia en la generación**

Las energías renovables se sustentan en circunstancias naturales que no son siempre estables [25]. Por ejemplo, la energía solar no se genera durante la noche o durante días despejados, y el viento puede ser incierto. Esta variabilidad exige sistemas de almacenamiento o respaldo para mantener un suministro eléctrico continuo y estable.

- **Mayor aprovechamiento del espacio disponible**

Algunas tecnologías renovables, como los sistemas de energía solar o eólica, requieren grandes extensiones de terreno. Esto podría provocar conflictos con otras actividades de uso del suelo, como la agricultura o la preservación del medio ambiente, especialmente en zonas con alta densidad de población o valor ecológico, lo que exige una cuidadosa planificación territorial.

3.3.3. Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es un recurso renovable que utiliza dispositivos conocidos como paneles solares para convertir la luz solar en energía eléctrica [26]. Esta tecnología es ecológica, silenciosa y respetuosa con el medio ambiente porque no emite emisiones nocivas durante su funcionamiento. Su uso está muy extendido en hogares, empresas y zonas rurales, lo que facilita el acceso a la energía en lugares remotos. Además, ayuda a reducir el uso de combustibles fósiles y promueve un paradigma energético más eficiente y sostenible.

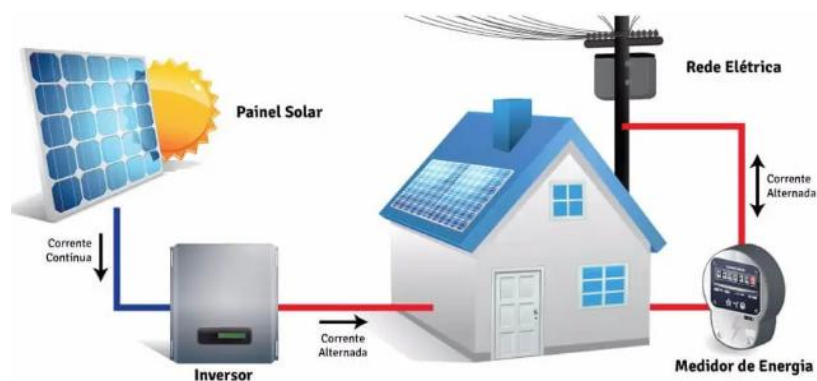


Figura 1 Esquema de un sistema de energía fotovoltaica

3.3.3.1. Efecto fotoeléctrico

El efecto fotoeléctrico se refiere a la liberación de electrones desde una superficie de metal cuando se ilumina con luz de determinada frecuencia [27]. Este suceso se ilustra en la Figura 2, donde la luz actúa como una partícula, dado que los fotones transmiten su energía a los electrones. Es el fundamento de la operación de las celdas solares y varios aparatos optoelectrónicos.

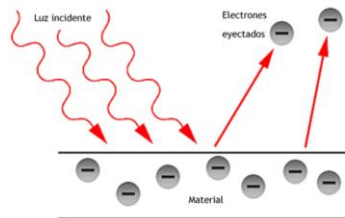


Figura 2 Modelo del efecto de la fotoelectricidad

3.3.3.2. Radiación Solar

La energía liberada por el sol en forma de ondas electromagnéticas, en particular luz visible, infrarroja y ultravioleta, se conoce como radiación solar. Esta energía es esencial para la existencia de nuestro planeta y puede utilizarse mediante tecnologías como la energía solar térmica y la fotovoltaica [28]. Su fuerza fluctúa en función del clima, la hora del día y la situación geográfica.

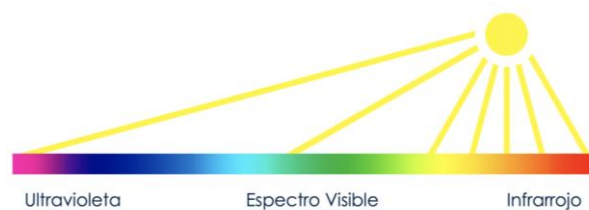


Figura 3 Efecto de la Radiación Solar [29]

3.3.3.3. Tipos de radiación solar

Existen diferentes tipos de radiación solar según la forma en que inciden sobre la superficie terrestre. Para comprender mejor el comportamiento de cada tipo y su relevancia en las aplicaciones energéticas y medioambientales, la Tabla 5 ofrece una descripción detallada de cada tipo junto con sus características clave.

Tabla 5 Clasificación de la radiación solar

Tipos	Características	Gráfica
Radiación Directa	Es la radiación solar que se dirige directamente desde	

	el Sol, sin experimentar desviaciones [30]. Es esencial para tecnologías como la concentración solar y los sistemas fotovoltaicos.	
Radiación Difusa	Procedente del Sol, ha sido dispersado por partículas y moléculas de la atmósfera [31]. A pesar de no seguir una trayectoria específica, siguió siendo ventajoso para la obtención de energía en los ácidos nucleicos.	<p>El diagrama ilustra el flujo de radiación solar. En la parte superior izquierda, un sol emite radiación solar total etiquetada como '100% RADIACION SOLAR'. Una flecha sólida azul apunta hacia la derecha, etiquetada como 'I RADIACION DIRECTA'. Una parte de esta radiación directa es interceptada por una nube azul, lo que resulta en 'D RADIACION DIFUSA', representada por flechas punteadas que se dispersan. Otra parte de la radiación directa golpea el terreno, que está representado por una línea irregular en la parte inferior. Desde el terreno, flechas punteadas azules indican 'R RADIACION REFLEJADA'. A la derecha del terreno, una línea vertical gris con rayas diagonales representa una 'FACHADA' (fachada de un edificio).</p>
Radiación Albedo o Reflejada	Se refiere a la radiación solar que impacta en superficies como el terreno, el agua o las construcciones[32]. A pesar de su menor intensidad, se añade a la radiación total existente en un lugar específico.	

3.4. SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA

3.4.1. Sistemas ON-Grid y OFF-Grid

Los sistemas fotovoltaicos ON-Grid se encuentran directamente vinculados a la red eléctrica pública [33], facilitando el intercambio de energía con ella, lo que mejora el consumo y puede producir ingresos por excedentes. En cambio, los sistemas OFF-Grid operan de forma autónoma [34], empleando baterías para guardar la energía producida. Estos son perfectos para áreas alejadas sin conexión a la red. La selección de ambos se basa en elementos como la localización, la necesidad de energía, la conexión a la red y los gastos de implementación y mantenimiento.

3.4.2. Conectados a la red - Sistemas Fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos vinculados a la red, también denominados ON-Grid, producen energía eléctrica a través de paneles solares y la suministran directamente al sistema eléctrico tradicional, tal como la Figura 4. No necesitan almacenaje en baterías, pues emplean la red como backup cuando la producción de energía solar es limitada [35]. Estos sistemas posibilitan disminuir de manera notable el uso de energía comercial, en ciertas situaciones, producir ingresos a través de sistemas de medición neta, en los que el usuario recibe una compensación por la energía sobrante suministrada. Son perfectos en zonas urbanas con acceso seguro a la red de electricidad.

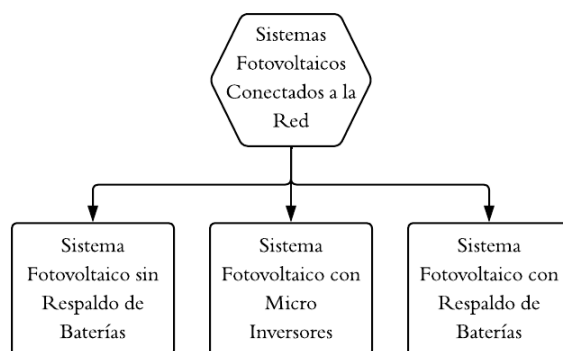


Figura 4 Clasificación de SFV Vinculados a la red

3.4.3. Sistemas fotovoltaicos aislados de la red

Los sistemas fotovoltaicos aislados, a menudo conocidos como OFF-Grid, funcionan de forma independiente sin estar conectados a la red eléctrica. Están diseñados para suministrar energía en zonas remotas o rurales donde el acceso a internet es limitado o difícil [36]. Incluyen bancos de baterías para almacenar la energía producida y garantizar un abastecimiento constante, incluso en horas de noche o días de lluvia. Su disposición puede incorporar controladores de carga e inversores, ajustándose a diferentes requerimientos energéticos, como se muestra en la Figura 5. Estos sistemas garantizan autonomía energética y son esenciales en contextos donde la red eléctrica no es viable.

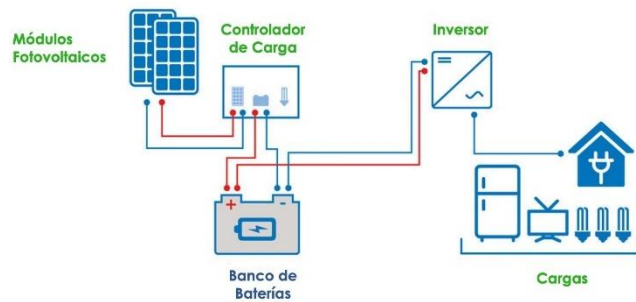


Figura 5 Esquema de un Sistema Fotovoltaico Aislado

Los sistemas fotovoltaicos aislados suelen instalarse en hogares rurales y empresas agrícolas que necesitan energía para funcionar aparatos como bombas hidráulicas y otros dispositivos fundamentales. Son particularmente beneficiosos en zonas remotas y de acceso complicado, donde no hay conexión con la red eléctrica [37]. La Figura 6, muestra la clasificación y autonomía operativa, constituyen una opción factible y lucrativa para asegurar el abastecimiento de electricidad en áreas poco desarrolladas, fomentando el crecimiento local y elevando el nivel de vida de las comunidades rurales a través de la utilización de energía limpia y sustentable.

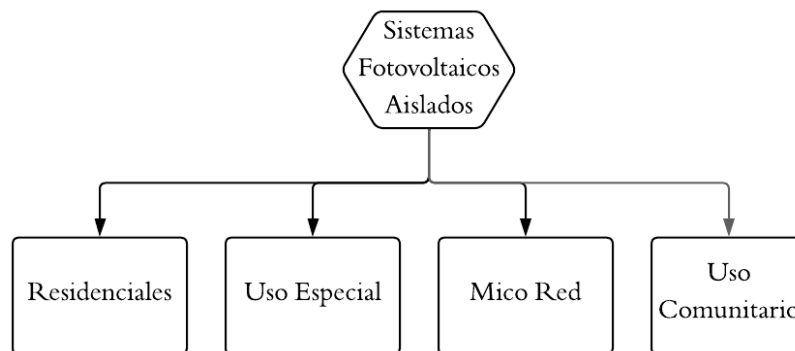


Figura 6 Clasificación de SFV Aislados

3.4.5. Ecuador – Energía Solar Fotovoltaica

Ecuador se destaca como uno de los países con habilidad energética para llevar a cabo proyectos de energías renovables no tradicionales, especialmente sistemas fotovoltaicos, debido a sus circunstancias geográficas. Los niveles de radiación solar en la nación permiten la generación de electricidad a partir de la energía solar. La Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) [38], resalta que Ecuador ha promovido varias iniciativas en los años recientes para instalar sistemas fotovoltaicos independientes en áreas rurales con acceso restringido a la energía eléctrica. La Figura 7 ilustra el país que ha encabezado proyectos de microrredes empleando sistemas fotovoltaicos autónomos.

Estos proyectos han tenido lugar en ocho provincias de Ecuador, entre ellas Manabí, Guayas, Pichincha y Cotopaxi [39].

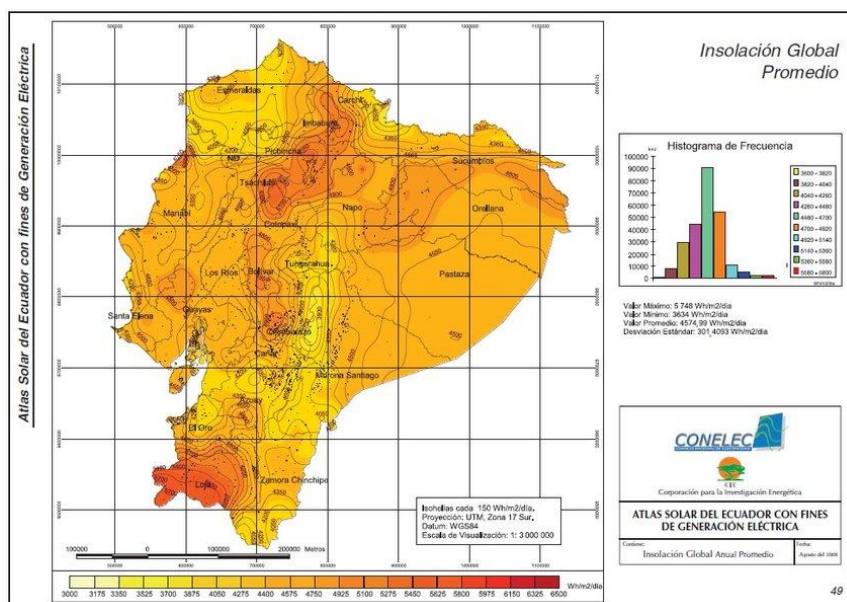


Figura 7 Mapa solar global promedio del Ecuador

3.4.6. Ley orgánica de competitividad energética “ley no más apagones”

De acuerdo con la modificación del artículo 10 de la Ley de Régimen Tributario Interno, se otorga un porcentaje adicional del 100% en las depreciaciones y amortizaciones derivadas de la adquisición de maquinaria, equipos y tecnologías para sistemas de generación distribuida que emplean energías renovables no tradicionales. Esto también abarca la adopción de tecnologías de producción más ecológicas y la producción de energía a partir de fuentes renovables como la solar y la eólica, además de disminuir el efecto en el medio ambiente y las emisiones de gases de efecto invernadero [40]. No obstante, estas compras no deben ser esenciales para satisfacer los requisitos medioambientales ni para conseguir las autorizaciones requeridas. Es esencial tener la aprobación de la autoridad correspondiente.

3.4.7. Norma NEC-11

La normativa de edificación NEC 11 dicta las pautas y requerimientos técnicos para la energía solar fotovoltaica (SFV) utilizada en Ecuador. Además, establece las características que los proveedores proporcionarán para garantizar la confiabilidad, inalterabilidad y longevidad de los equipos del sistema, de acuerdo con las especificaciones de los documentos técnicos. Este reglamento comprende tanto los SFV autónomos de la red

eléctrica, independientemente de su capacidad, como los que están vinculados a la red con una potencia nominal de hasta 100 kW, establecida por la capacidad del inversor [41].

Este reglamento define las condiciones técnicas esenciales para la fabricación e instalación de sistemas solares térmicos (SST) diseñados para calentar agua en usos que no excedan los 100 °C. Incluye los elementos técnicos, la categorización, la descripción, el diseño, los componentes, los exámenes de certificación y el rotulado. Además, especifica los datos que los productores deben incorporar en sus productos y las medidas de seguridad que los usuarios de SST deben acatar.

3.5. EQUIPOS Y ELEMENTOS DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

3.5.1. Panel Solar o Módulo Fotovoltaico

El panel solar es un dispositivo diseñado para captar la radiación solar y transformarla en energía eléctrica mediante el efecto fotoeléctrico. Está formado por diversas celdas fotovoltaicas interconectadas, usualmente fabricadas en silicio, que producen corriente continua al captar la luz solar [42]. Estos paneles pueden colocarse en estructuras estables o portátiles, en función de las circunstancias del lugar y las necesidades del sistema. Su eficacia se basa en diversos elementos, tales como la calidad del material semiconductor, el clima y el mantenimiento. Son componentes esenciales en sistemas de energía solar residenciales, industriales y rurales, ya sea en sistemas vinculados a la red o en sistemas independientes [43].

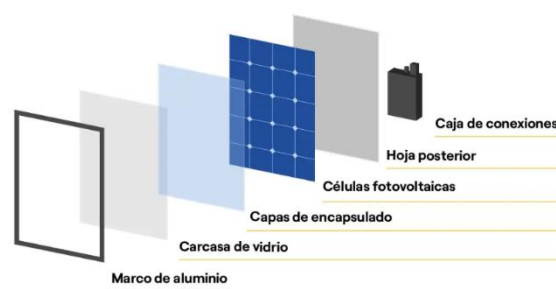


Figura 8 Estructura del Panel Solar [44]

3.5.1.1. Orientación e Inclinación

Es fundamental la adecuada orientación y ángulo de los paneles solares para optimizar la absorción de radiación solar durante todo el día y el año. En el hemisferio sur, es necesario que los paneles se dirijan hacia el norte, en cambio, en el hemisferio norte deben voltearse al sur [45]. Esto quiere decir que la inclinación ideal depende de la latitud y el uso del sistema, pudiendo ser modificada estacionalmente para optimizar el desempeño. Una

instalación apropiada asegura una mayor generación de energía, optimización del espacio y un rendimiento económico superior. Es crucial tener en cuenta el cálculo exacto de estos parámetros desde la fase de diseño del sistema fotovoltaico para garantizar su eficacia.

3.5.1.2. Tipos de Paneles Solares

3.5.1.2.1. Monocristalinos

Los paneles solares monocristalinos se producen con un cristal de silicio de alta pureza, lo que les proporciona una eficiencia elevada, usualmente del 18% al 22%. Su tono oscuro y uniforme y sus bordes curvados destacan visualmente. Son ideales para instalaciones con espacio limitado debido a su alta eficiencia [46]. A pesar de que son más caros que otros tipos, su longevidad y rendimiento en condiciones de baja radiación los convierten en la opción preferida para aplicaciones residenciales y comerciales. Estos paneles son una alternativa eficaz para proyectos que buscan maximizar la producción de energía por unidad de superficie.

3.5.1.2.1. Policristalinos

Los paneles solares policristalinos se componen de muchos cristales de sílice que se han formado en un bloque único. Son ligeramente menos eficientes que los monocristalinos, oscilando entre el 15% y el 17%, aunque su proceso de producción sea más comparable. Debido a su estructura cristalina, presentan un tono azulado en términos visuales. Constituyen una alternativa rentable para proyectos con mayor disponibilidad de suelo [47]. A pesar de ser menos eficaces, su longevidad y resistencia a las altas temperaturas los hacen competitivos en entornos áridos. Debido a su excelente relación coste-eficacia, estos paneles se utilizan ampliamente en zonas agrícolas, residenciales y rurales.

3.5.2. Inversor

El inversor DC/CA, de corriente continua que convierte a corriente alterna, es un componente esencial de los sistemas fotovoltaicos porque convierte la energía de los paneles solares, que se conoce como corriente continua, en corriente alterna utilizable por los dispositivos eléctricos convencionales [48]. Este dispositivo debe elegirse en función de la capacidad del sistema y del modo de instalación (aislada, conectada a la red o híbrida). Se conoce que los componentes son cruciales para la eficacia en la comunicación, su fiabilidad en las operaciones y su capacidad de defensa contra riesgos eléctricos o sobrecargas. Además, algunos modelos incorporan funciones de supervisión remota y mejora del rendimiento, lo que da más control al sistema fotovoltaico.

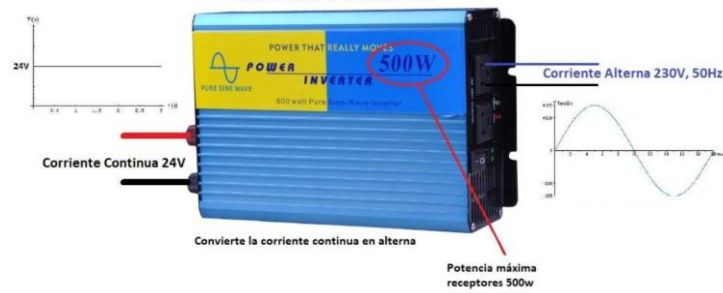


Figura 9 Inversor Fotovoltaico [49]

3.5.2.1. Tipos de Inversores Fotovoltaicos

3.5.2.1.1. Inversores de red

El objetivo de los inversores de red es funcionar en sistemas solares vinculados a la red eléctrica del estado. Su tarea principal consiste en sincronizar la energía producida por los paneles solares con la red, proporcionando electricidad en momentos de máxima producción [50]. Estos aparatos resultan más económicos y eficientes para ambientes urbanos ya que no necesitan almacenaje en baterías. permiten disminuir el consumo energético de la red y pueden representar un ahorro financiero gracias a los sistemas de medición neta. La calidad del inversor, su eficiencia en la transacción y su habilidad para ajustarse a las variaciones de tensión son elementos cruciales en su desempeño global.

3.5.2.1.2. Inversores híbridos

Estos inversores híbridos fusionan las propiedades de los inversores aislados y conectados, permitiéndoles operar con o sin una conexión eléctrica. Estos aparatos administran al mismo tiempo la generación de energía solar, el almacenamiento en baterías y el uso de energía, ajustándose a distintas circunstancias de operación. Son perfectos para sistemas que requieren autonomía energética y protección ante interrupciones eléctricas, al mismo tiempo que posibilitan el uso de los beneficios de una conexión a la red. Su tecnología avanzada facilita la integración efectiva de distintas fuentes de energía.

3.5.2.1.3. Inversores aislados

Los inversores aislados se utilizan en sistemas fotovoltaicos que no están conectados a la red de energía eléctrica. Transforman la energía continua generada por los paneles solares en energía alterna, esencial para proveer energía a los dispositivos de electricidad convencionales [51]. Se necesitan de un sistema de almacenaje mediante baterías y se calculan detalladamente en base a la carga y autonomía necesarias. Son esenciales en zonas

rurales o remotas, donde garantizan un suministro ininterrumpido de electricidad. Su diseño requiere incluir protecciones frente a sobrecargas, cortocircuitos y un sistema de control adecuado.

3.5.3. Baterías o Acumuladores

Los acumuladores o baterías almacenan la energía generada por los paneles solares para su utilización en circunstancias en las que no se genera energía solar, como durante la noche o los días claros. Son fundamentales en edificios de uso combinado y en sistemas de energía solar aislados [52]. Se conoce que hay diversos modelos de baterías que ofrecen una diversa capacidad, eficiencia, profundidad de descarga y resistencia. La elección de la batería correcta se fundamenta en el perfil del usuario, la autonomía demandada y el ambiente de operación. Es fundamental conservarla y manejarla para incrementar su durabilidad y asegurar el desempeño del sistema.

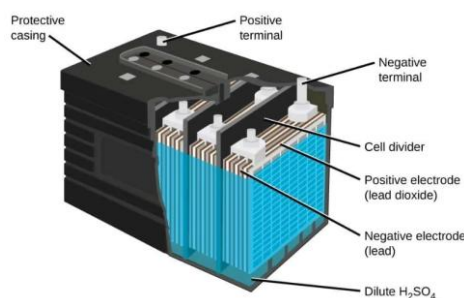


Figura 10 Partes de una Batería Solar [53]

3.5.3.1. Tipos de Baterías

3.5.3.1.1. Baterías de plomo ácido abierto

Las baterías de plomo ácido más habituales y de mayor relevancia económica en sistemas solares aislados son las de tipo abierto. Se caracterizan por su electrolito líquido y la exigencia de un cuidado constante, como la reposición del agua destilada [54]. Estas son vulnerables a las altas temperaturas y a la descomposición severa, lo que puede afectar a su durabilidad. Pese a estas restricciones, su costo inicial reducido y su accesibilidad en el mercado las hacen una opción factible para sistemas de pequeña escala, particularmente en aplicaciones rurales donde la accesibilidad financiera prevalece sobre la eficiencia o la durabilidad.

3.5.3.1.2. Baterías de gel

Estas baterías de gel son un tipo de batería de plomo que utiliza un electrolito en forma de gel, lo que reduce la posibilidad de derrames y maximiza su rendimiento en ciclos

profundos [55]. El cual son perfectos para ambientes fríos o de acceso complicado, y no necesitan mantenimiento. Su resistencia es mayor en comparación con las baterías de plomo ácido abierto, aunque su costo también es más elevado. Se utilizan a menudo en instalaciones fotovoltaicas que requieren confiabilidad, protección y un mantenimiento mínimo, especialmente en situaciones donde se aprecia la estabilidad del sistema energético.

3.5.3.1.3. Baterías estacionarias

Las baterías estacionarias están diseñadas para aplicaciones de almacenamiento energético de larga duración [56]. Se sabe que tienen una durabilidad extraordinaria y se producen con materiales de alta resistencia, lo que les confiere la habilidad de soportar ciclos de carga y descarga intensos. Se recomienda para sistemas de energía solar de gran y mediana escala, donde se necesita un suministro constante y confiable. Su sólido diseño, sumado a su reducido límite de autodescarga y su eficiente desempeño en ambientes variables, los hacen una elección técnica efectiva para asegurar la autonomía energética en instalaciones críticas o remotas.

3.5.3.1.4. Baterías de litio

En las baterías de litio son superiores por su elevada eficiencia, elevada densidad de energía y extensa durabilidad. No necesitan cuidado y permiten incrementar la profundidad de descarga sin afectar su desempeño [57]. El cual son más ligeras y compactas frente a otros modelos de baterías, lo que facilita su instalación. Pese a su alto precio inicial, su resistencia y efectividad compensan la inversión a largo plazo. Empleados en sistemas fotovoltaicos tanto residenciales como comerciales, que aprecian la eficiencia energética, la gestión inteligente y la mejora del espacio, constituyen una de las tecnologías más sofisticadas en el almacenamiento de energía.

3.5.4. Regulador o Controlador de Carga

Es el regulador o controlador de carga es el elemento responsable de administrar el intercambio energético entre los paneles solares y las baterías, contribuyendo a prevenir cargas elevadas o caídas que puedan perjudicar el sistema [58]. Se menciona que su función principal consiste en garantizar que las baterías funcionen en condiciones seguras, mejorando su desempeño y extendiendo su duración. El cual es fundamental una adecuada elección y disposición del regulador para optimizar la eficiencia y el desempeño completo del sistema solar.



Figura 11 Controlador de Carga Solar [59]

3.5.4.1. Tipos de Reguladores de Carga

3.5.4.1. Reguladores de carga solar PWM

Estos reguladores cuando logran alcanzar la tensión máxima, los reguladores PWM (Modulación por Ancho de Pulso) controlan la carga de la batería disminuyendo gradualmente la corriente [60]. Son una alternativa viable y asequible para sistemas solares de pequeña escala en los que las diferencias de tensión entre el panel y la batería no son significativas. Por consiguiente, su eficiencia es menor que la de otros tipos, su sencillez y bajo coste los hacen ideales para su uso en zonas rurales. Es esencial medir y comprobar la compatibilidad entre las baterías instaladas y los módulos fotovoltaicos.

3.5.4.2. Reguladores de carga solar MPPT

Los reguladores MPPT (Seguidor del Punto de Máxima Potencia) mejoran la recuperación de la energía solar ajustando continuamente la tensión de funcionamiento del panel para obtener la máxima potencia posible [61]. Son más eficaces que los PWM, especialmente en situaciones en las que la temperatura y la radiación fluctúan. Facilitan un uso más eficiente de los paneles solares, incrementando hasta un 30% el rendimiento del sistema. Se aconseja para instalaciones de gran y mediana escala en las que se persigue eficiencia energética. Su tecnología de punta justifica su elevado precio en comparación con otras opciones.

3.5.5. Tableros Eléctricos

Los tableros eléctricos son dispositivos que reúnen y resguardan los aparatos de control, manejo y protección del sistema fotovoltaico. En estas ubicaciones se colocan interruptores, fusibles, contactores y sistemas de vigilancia, asegurando la protección del sistema frente a sobrecargas, cortocircuitos o averías a tierra [62]. Es necesario que se diseñen conforme a la legislación eléctrica en vigor y al tipo de instalación (residencial, industrial, separada o vinculada a la red). Una adecuada distribución y señalización

simplifica el mantenimiento y disminuye la posibilidad de equivocaciones. Son esenciales para un funcionamiento seguro, organizado y eficaz del sistema solar.

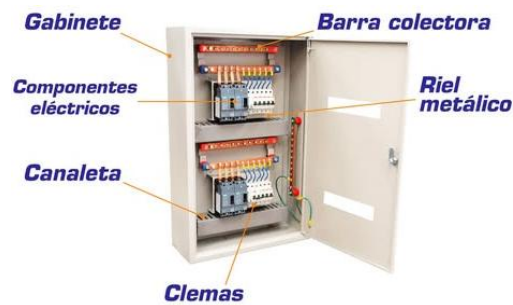


Figura 12 Partes de un Tablero Eléctrico [63]

3.5.6. Conductores o Cables Eléctricos

Los cables eléctricos facilitan el traslado de la energía producida desde los paneles solares hasta los diferentes elementos del sistema, tales como reguladores, baterías e inversores. Es necesario escogerlos en función de la corriente, la tensión, la distancia y las condiciones del entorno del lugar. Es fundamental que respeten las regulaciones de aislamiento, resistencia a los rayos UV y protección frente a la humedad [64]. Un dimensionamiento incorrecto puede provocar pérdidas de energía, sobrecalentamientos o averías. La calidad del conductor influye directamente en la eficacia y protección del sistema fotovoltaico, por lo que su selección debe fundamentarse en estrictos estándares técnicos.



Figura 13 Calibres de los Conductores Eléctricos [65]

3.6. FÓRMULAS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AISLADOS

Para que un sistema fotovoltaico opere de forma eficaz, resulta imprescindible llevar a cabo un correcto dimensionamiento de todos sus elementos. Esto significa determinar de manera adecuada la demanda de energía y elegir los componentes adecuados, lo que mejora el desempeño, evita fallos operativos y garantiza un funcionamiento estable y duradero del sistema instalado.

3.6.1. Determinar el consumo

Este cálculo considera a la carga instalada en el establecimiento, por lo que es la que requiere alimentación eléctrica [66].

$$E = \frac{E_{m\acute{a}xima\ diaria}}{\eta_{inversor}} \quad (1)$$

Donde:

E = Energía real diaria.

$E_{m\acute{a}xima\ diaria}$ = Energía máxima diaria.

$\eta_{inversor}$ = Rendimiento del inversor.

$$I_{m\acute{a}xima\ diaria} = \frac{E_{m\acute{a}xima\ diaria}}{V_{sistema}} \quad (2)$$

Donde:

$I_{m\acute{a}xima\ diaria}$ = Corriente máxima diaria.

$V_{sistema}$ = Voltaje del sistema.

$$I_{m\acute{a}xima\ diaria} * FS \quad (3)$$

Donde:

FS = Factor de Seguridad

3.6.2. Cálculo sobre la radiación solar

Estos datos son o deben ser presentados durante un periodo específico, son más relevantes cuando son de dos años. En este punto, nos proporcionará ciertos valores que reflejan la radiación del lugar. En estos casos, se considerarán los datos con menor radiación presentados, dado que el sistema debe continuar operando para aquellos días en los que no haya radiación solar.

- Días de autonomía

Esto incluye los días o momentos en los que no se cuenta con la presencia del sol. La letra N se refiere a los días de autonomía en un sistema fotovoltaico, es decir, la duración de proporcionar energía eléctrica sin necesidad de sol.

Se toma en cuenta para saber qué tipo de radiación a utilizar es la:

- Latitud
- Radiación
- Altitud

3.6.3. Cálculo de las baterías

- Baterías en paralelo [67]

$$N_{BP} = \frac{I_{m\acute{a}xima\ diaria} * N}{DoD * CB} \quad (4)$$

Donde:

N_{BP} = Número de Baterías en Paralelo.

N = Número de días de autonomía.

DoD = Profundidad de descarga.

CB = Capacidad de batería.

- Baterías en serie [67]

$$N_{BS} = \frac{V_{sistema}}{V_{batería}} \quad (5)$$

Donde:

N_{BS} = Número de Baterías en Serie.

$V_{batería}$ = Voltaje de la batería.

3.6.4. Cálculo del módulo solar

- Paneles solares en paralelo [68]

$$N_{PP} = \frac{I_{m\acute{a}xima\ diaria}}{HSP * I_{nominal\ paneles}} \quad (6)$$

Donde:

N_{PP} = Número de paneles en paralelo.

HSP = Horas Solar Pico.

$I_{nominal\ paneles}$ = Corriente nominal de los paneles.

- Paneles solares en serie [68]

$$N_{PS} = \frac{V_{sistema}}{V_{panel}} \quad (7)$$

Donde:

N_{PS} = Número de paneles en serie.

V_{panel} = Voltaje del panel.

3.6.5. Selección del regulador de carga

$$I_{m\acute{a}xima\ regulador} = N_{PP} * I_{SC} * FS \quad (8)$$

Donde:

$I_{m\acute{a}xima\ regulador}$ = Corriente máxima del regulador

I_{SC} = Corriente de cortocircuito

3.6.7. Selección del inversor

$$P_{m\acute{a}xima\ inversor} = \frac{P_{m\acute{a}xima\ diaria} * FS}{\eta_{inversor}} \quad (9)$$

Donde:

$P_{m\acute{a}xima\ inversor}$ = Potencia máxima del inversor

$P_{m\acute{a}xima\ diaria}$ = Potencia máxima diaria

3.6.8. Dimensionamiento de los conductores

En este punto, el cableado se realiza a través de la distancia que separará un punto de otro, así como de la corriente que fluirá en él. Un ejemplo de esto es la Tabla 6, donde se muestra el porcentaje de disminución de voltaje que representa el límite que pueden llegar a tener.

Tabla 6 Caída de voltaje entre la conexión de los equipos.

Componentes	% de caída
Generador – Regulador de carga/inversor	Menor 3%
Regulador de carga – Baterías	Menor 1%
Inversor – Baterías	Menor 1%

Regulador – Inversor	Menor 1%
Inversor/regulador – Caja distribución	Menor 3%

Para calcular el diámetro del conductor, siendo la unidad de mm^2 o en AWG, se utiliza la ecuación siguiente:

$$S = 2 * \frac{l * I}{k * U} \text{ (mm}^2\text{)} \quad (10)$$

Donde:

l = Longitud del cable.

U = Caída de tensión.

I = Corriente del conductor.

Y por último el valor de k que dependerá del material utilizado.

$$\text{Cobre} = 56 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$$

$$\text{Aluminio} = 36 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$$

4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

4.1. Metodología de la Investigación

4.1.1. Nivel

Investigación Descriptiva [69]: Este tipo de estudio se lleva a cabo debido a que cada elemento o componente que compone el sistema fotovoltaico se detallarían sus propiedades o especificaciones técnicas.

Investigación Exploratoria [70]: Este tipo de estudio facilita el conocimiento de información histórica sobre la radiación solar en el sector, así como la progresión de las tecnologías en el campo de los sistemas fotovoltaicos, para considerar qué equipo es el más eficaz.

4.1.2. Tipos

Investigación de Campo: Basándose en información sobre la radiación solar del sitio y en información sobre las cargas de la vivienda.

Investigación Documental: Mediante consultas, se adquirirán diversas directrices para la instalación de sistemas fotovoltaicos.

Investigación Experimental [71]: El motivo de este estudio radica en la instalación o implementación de los componentes que constituyen este sistema, además de realizar pruebas para verificar que todo funcione correctamente.

4.2. Instrumentos utilizados para medir la radiación solar

4.2.1. Brújula de Apple Store

Esta aplicación se utilizó para determinar la ubicación correcta del lugar ya que la brújula de Apple Store proporciona la orientación del norte, además que lo primordial que es la latitud y longitud, como también a que altura se encuentra, siendo así de mucha facilidad y ayuda para estos datos, tal como en la Figura 14.



Figura 14 Ubicación del proyecto con la Aplicación de Brújula de Apple Store

4.2.2. Sistema de posicionamiento global (Google Earth)

Google Earth es un software 3D basado en GPS que ofrece imágenes satelitales, mapas y territorios de cualquier región del mundo. Fomenta la exploración geográfica, el análisis territorial y la coordinación de proyectos mediante datos de longitud y latitud, transformándose en una herramienta precisa, accesible y valiosa en áreas educativas, de ingeniería y medioambientales, que optimiza la navegación y localización eficiente.



Figura 15 Latitud y longitud con la aplicación de Google Earth.

4.3. Datos de la Radiación Solar del lugar

Se utilizó información suministrada por la NASA para estudiar las épocas en las que se observa una mayor presencia de radiación solar durante todo el año.

Con la información suministrada por la Nasa en la Tabla 7. junto a la Figura 16. Primero, se examinará el comportamiento de la radiación solar con datos históricos de 2023 a 2024, lo que permitirá comprender que el área donde se situará el proyecto es perfecta. Por lo tanto, los meses de junio a julio presentan una mayor incidencia de radiación en la zona, lo que significa que son días con mayor posibilidad de cielo claro y desde agosto hasta enero se examina que son días con presencia de nubes.

Tabla 7 Promedio de la radiación solar en el área del proyecto

Año	Mes	Promedio de radiación (kW-m2/mes)
2023	2	4.65
	3	5.46
	4	6.25
	5	5.84
	6	6.18
	7	5.24
	8	5.1
	9	4.38
	10	4.65
	11	4.06
	12	3.63
	2024	1
2		4.17
3		5.27
4		6.12
5		6.45
6		5.72
7		5.49
8		4.91
9		4.64
10		4.17
11		4.14
12		3.41

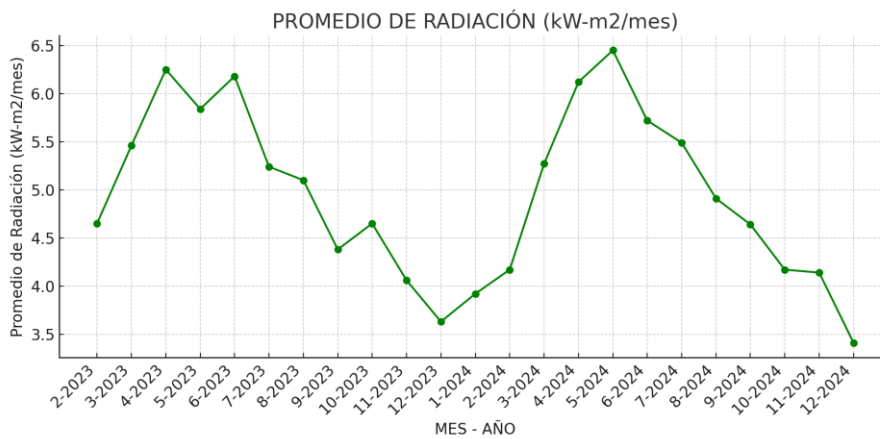


Figura 16 Ilustración gráfica de la dinámica de la radiación solar desde 2023 hasta 2024.

4.4. Recolección de Datos de la Radiación Solar en el lugar del proyecto

Se empleó un piranómetro suministrado por la Universidad Técnica de Cotopaxi para recopilar información sobre la radiación solar, siendo necesario recolectar datos de manera constante cada hora.

4.4.1. Representación gráfica de los datos obtenidos

En la Figura 17. se analiza el comportamiento de la radiación solar durante el día y durante 7 días, donde se registra un pico máximo de radiación de 748,16 w/m², situado entre las 11:00 am y las 12:00 pm, lo que sugiere que durante ese lapso se producirá un mayor uso de la radiación solar.

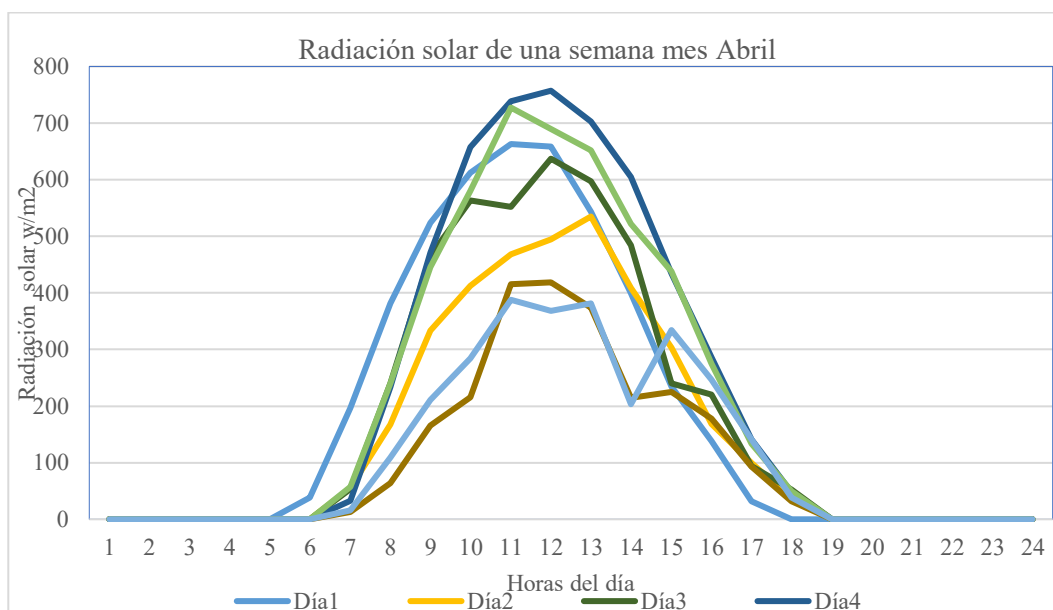


Figura 17 Promedio de radiación solar en el sector Poalo

Se obtiene una radiación promedio de:

$$Promedio\ total = 158,73\ w/m^2$$

4.4.2. Hora solar pico en la parroquia Poalo

La ecuación siguiente se aplica para calcular el HSP, crucial para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

$$HSP = \frac{Promedio\ radiación\ solar\ en\ el\ día}{horas\ del\ día} \quad 11$$

Se calculó la media de radiación de un día, resultando en $101,35\ \frac{w}{m^2}$ para este caso, lo que se divide entre las horas diurnas.

$$HSP = \frac{101,35\ \frac{w}{m^2}}{24\ h} = 4,22\ HSP$$

4.4.3. Hora solar pico en el lugar del proyecto

Al comparar los datos de radiación solar proporcionados por la Nasa con los datos recogidos a través del piranómetro, se genera la siguiente Tabla 8.

Tabla 8 Comparación de datos de radiación solar

Comparación datos de la radiación solar	
Descripción	Promedio (w/m2)
Nasa	112,18
Piranómetro	101,35

En la Figura 18, se muestra el contraste de la radiación solar con un error porcentual del 9,76%, lo que representa un error aceptable.

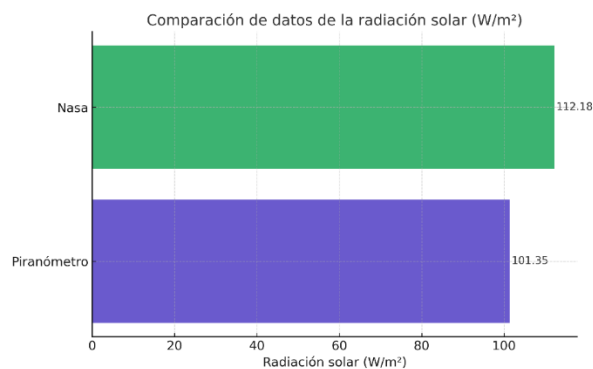


Figura 18 Análisis comparativo de la radiación

4.5. Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico

4.5.1. Levantamiento de la demanda energética necesaria para el funcionamiento del sistema fotovoltaico.

Conforme a la Tabla 9. se determinan las cargas que el proyecto soporta, sumado al consumo que se realiza alrededor del día, lo que lleva a la sumatoria de la potencia total aproximada de 309.6 W.

Tabla 9 Energía requerida para el sistema de energía fotovoltaica.

LEVANTAMIENTO DE CARGAS							
Circuito		Equipo	Potencia	Cantidad	Potencia Total	Horas de uso al día	Energía
			W	u.	W	H	(Wh)
C1	ILUMINACIÓN 1	Lámparas	18	6	108	4	432
C2	ILUMINACIÓN 2	Lámparas	12	5	60	4	240
C3	FUERZA	Tomas	30	3	90	4	360
Total			30	11	168		1032
							Energía máxima diaria

ENERGIA REAL

$$E_{real} = \frac{D_{diaria}}{M_{perdida}}$$

$$E_{real} = \frac{1.032kWh}{0.80} = 1.29kWh$$

$$I_{máxima\ diaria} = \frac{E_{máxima\ diaria}}{V_{sistema}}$$

$$I_{máxima\ diaria} = \frac{1290\ Wh}{24\ V} = 45.26\ Ah$$

$$Corriente\ máxima\ Diaria * FS = 45.26 * 1,2 = 54.31\ Ah$$

4.5.2. Cálculo de las Baterías

Una vez establecido el consumo de corriente máximo diario de la capilla, se puede determinar la capacidad requerida del banco de baterías. El propósito de este dimensionamiento es guardar la energía producida por el sistema fotovoltaico, tomando en cuenta un día de autonomía en las operaciones. Además, se considera una profundidad de descarga del 40%, lo que facilita la optimización de la duración de las baterías y asegura un abastecimiento eficaz.

$$C_{Total} = \frac{E_{diaria}}{p_{descarga}}$$
$$C_{Total} = \frac{1032}{0.75} = 1376Wh$$

Para un sistema de 12V

$$S_{12} = \frac{C_{Total}}{V_{Sistema}}$$
$$S_{12} = \frac{1376}{12} = 114.66Ah$$

Entonces, se colocará una batería de 120 Ah, de 12 V para satisfacer la demanda requerida.

4.5.3. Cálculo de Paneles Solares

Calculo

$$P_{FV} = \frac{E_{real}}{HSP}$$
$$P_{FV} = \frac{1290}{4.22} = 305.2$$

2 Paneles de 200 Wp

Por lo tanto, será imprescindible instalar un módulo solar, que se vinculará de forma correcta para satisfacer la necesidad energética determinada en el cálculo realizado. Esta disposición asegurará un abastecimiento eficaz de energía, de acuerdo a las necesidades previamente evaluadas en el diseño del sistema fotovoltaico.

4.5.4. Selección del Controlador

A partir de los datos proporcionados, se conectarán dos paneles paralelamente, los cuales poseen una corriente de cortocircuito de 11.62, además de un factor de seguridad de 1.2. Es posible determinar cuánto es el límite máximo para que el controlador pueda sostenerse.

$$I_{máxima\ regulador} = N_{PP} * I_{SC} * FS$$

$$I_{m\acute{a}xima\ regulador} = 2 * 11.62 * 1.2 = 27.88 \cong 30\ A$$

Se necesitará un regulador de carga con una máxima capacidad de 30 A, siendo aconsejable que sea de tipo PWM para garantizar un funcionamiento eficaz y una mayor durabilidad del sistema.

4.5.5. Selección del Inversor

$$P_{m\acute{a}xima\ inversor} = \frac{P_{m\acute{a}xima\ diaria} * FS}{\eta_{inversor}}$$

$$P_{m\acute{a}xima\ inversor} = \frac{309.6 * 1.2}{0.95} = 391.074 \cong 400\ W$$

El inversor necesario tiene que tener una potencia de 400 W para que pueda soportar la demanda requerida en el hogar.

4.5.6. Cálculo del calibre del conductor

4.5.6.1. Dimensionamiento del conductor desde el módulo solar hasta el regulador de carga PWM

- Caída de tensión

La caída de tensión en esta sección debe ser de máximo del 3%, sabiendo que el sistema cuenta con un voltaje de 24 V sería.

$$U = 24 * 0.03 = 0,72\ V$$

- Sección del conductor

$$S = 2 * \frac{l * I}{k * U} \ (mm^2)$$

$$S = 2 * \frac{4,50\ m * 29,808\ A}{56\ m/\Omega mm^2 * 0,72\ V} \ (mm^2)$$

$$S = 6,65 \ (mm^2)$$

Según la tabla para la selección de conductores dependiendo los (mm^2), sería un cable número 10 AWG, sin embargo, se instaló uno número 10 AWG, para más protección.

4.5.6.2. Dimensionamiento del calibre de los conductores del regulador de carga PWM hacia los acumuladores.

- Caída de tensión

La caída de tensión que es entre el regulador de carga al banco de baterías debe ser mínimo de 1 %, sabiendo que es la batería de 12 V.

$$U = 24 * 0,01 = 0,24 V$$

- Sección del conductor

$$S = 2 * \frac{l * I}{k * U} (mm^2)$$

$$S = 2 * \frac{1,50 m * 29,808 A}{56 m/\Omega mm^2 * 0,24 V} (mm^2)$$

$$S = 6,65 (mm^2)$$

Según la tabla para la selección de conductores dependiendo los (mm^2), sería un cable número 8 AWG.

4.5.6.3. Dimensionamiento del conductor del inversor a la caja bypass

- Corriente que circulará

$$I = \frac{1065 W}{127 V}$$

$$I = 8,39 A$$

- Caída de tensión

La caída de tensión entre el inversor al banco de acumuladores debe ser hasta 3%, y las baterías funcionan a 127 V entonces:

$$U = 127 * 0,03 = 3,81 V$$

- Sección del conductor

$$S = 2 * \frac{l * I}{k * U} (mm^2)$$

$$S = 2 * \frac{0.50 \text{ m} * 8,39 \text{ A}}{56 \text{ m}/\Omega \text{ mm}^2 * 3,81 \text{ V}} (\text{mm}^2)$$

$$S = 0,039 (\text{mm}^2)$$

Se recomendó poner un conductor número 10 superflex AWG, para protección en casos del amperaje que circule por dicho conductor.

4.5.6.4. Dimensionamiento del conductor de la caja bypass a las cargas respectivas.

- Caída de voltaje

En esta sección la caída de tensión se puede llegar hasta el máximo de 3 % entonces:

$$U = 127 * 0,03 = 3,81 \text{ V}$$

- Sección del conductor

$$S = 2 * \frac{l * I}{k * U} (\text{mm}^2)$$

$$S = 2 * \frac{22 \text{ m} * 8,39 \text{ A}}{56 \text{ m}/\Omega \text{ mm}^2 * 3,81 \text{ V}} (\text{mm}^2)$$

$$S = 1,73 (\text{mm}^2)$$

Para esta parte es recomendado utilizar cable número 14 AWG, pero para mayor seguridad y protección de las personas como de la misma instalación se usó cable gemelo número 12 AWG.

4.5.6.4. Dimensionamiento del conductor de la caja bypass a la red eléctrica.

- Caída de voltaje

En esta sección la caída de tensión se puede llegar hasta el máximo de 3 % entonces:

$$U = 127 * 0,03 = 3,81 \text{ V}$$

- Sección del conductor

$$S = 2 * \frac{l * I}{k * U} (\text{mm}^2)$$

$$S = 2 * \frac{20 m * 8,39 A}{56m/\Omega mm^2 * 3,81 V} (mm^2)$$

$$S = 1,57 (mm^2)$$

Según la tabla de sección de conductores es recomendable utilizar cable número 14 AWG, sin embargo, se utilizó cable flexible número 10 AWG, con el fin de salvaguardar la seguridad de las personas de la vivienda y de los equipos.

4.5.7. Cálculo de las protecciones

4.5.7.1. Dimensionamiento de la protección para el módulo solar

$$I_p = 1,1 * I_{m\acute{a}xima\ regulador}$$

$$I_p = 1,1 * 11.62 = 12.782 \approx 15 A$$

Se instalará un breaker bipolar de 15 A. y además de un de un portafusibles 2P 20 A para la protección de los paneles solares.

4.5.7.2. Dimensionamiento de la protección para las baterías

$$I_p = 1,1 * I_{m\acute{a}xima\ regulador}$$

$$I_p = 1,1 * 12.782 = 14.060 \approx 15 A$$

Se instaló un breaker bipolar de 15 A para la protección de las baterías ya que su amperaje es alto y para evitar riesgos, adicional de un portafusible de 2P 50 A para incrementar mayor la seguridad.

4.6. Flujograma

En la Figura 1, muestra el flujograma detallado de forma organizada y secuencial las fases esenciales para la implementación de un proyecto fotovoltaico, comenzando con el análisis de la demanda energética y siguiendo con la valoración del recurso solar existente. Por lo tanto, se realiza el cálculo solar, la elección de los equipos apropiados y el diseño técnico del sistema. Luego, se lleva a cabo la simulación del desempeño, que incluye la compra de los componentes, su montaje y la realización de pruebas. Una vez concluidas estas etapas de operación, se lleva a cabo un análisis técnico-económico que posibilita confirmar la eficacia del sistema sugerido. Finalmente, se mide la capacidad de replicar el proyecto en otras áreas con características parecidas, finalizando el proceso de forma completa y consistente.



Figura 19 Flujograma del Proyecto implementado

5. MATERIALES

5.1 Panel solar monocristalino

Para el proyecto se utilizó un panel solar siendo de potencia de 200 W con el fin de cumplir con la demanda requerida de la capilla, a continuación, en la Figura 20.



Figura 20 Panel Solar MJLED SOLAR de 200 W

En la Tabla 10, se especifica sus características técnicas del producto.

Tabla 10 Características técnicas del módulo solar

Especificaciones Técnicas del panel solar	
Marca	MJLED SOLAR
Potencia nominal (Pmax)	200 W
Corriente de cortocircuito (Isc)	11.62 A
Voltaje en circuito abierto (Voc)	23.92 V
Corriente a Pmax (Imp)	10.57 A
Voltaje a Pmax (Vmp)	18.92 V
Peso	10 kg
Dimensiones	1480 × 680 × 35 mm
Fusible en serie máximo	15 A
Voltaje máximo del sistema	1500 V

5.2. Regulador de carga

Se emplea un regulador de carga PWM, este modelo es habitual en sistemas solares de tamaño reducido y resulta más asequible que los reguladores MPPT. Opera disminuyendo paulatinamente la corriente conforme la batería se aproxima a su carga total. Se utilizó el modelo FT4024-30A, tal como se muestra en la Figura 21, dado que posee una corriente de 30 A, suficiente para soportar el sistema dimensionado.



Figura 21 Regulador de carga modelo FT4024-30A

En la Tabla 11, de a continuación se detalla sus especificaciones importantes con las que consta el equipo.

Tabla 11 Características técnicas del regulador de carga

Ficha técnica del regulador de carga	
Tipo de regulador	PWM (Modulación por ancho de pulso)
Corriente nominal	30 A
Voltaje de trabajo	12V / 24V automático
Modelo	FT4024-30A
Aplicación	Sistemas solares Off-Grid
Puertos USB	2 puertos (5V / 2A)
Pantalla LCD	Sí, para visualización y configuración
Funciones adicionales	Protección contra sobrecarga, cortocircuito, inversión de polaridad, baja tensión, entre otras.
Aplicación recomendada	Sistemas solares domésticos, rurales o pequeños sistemas autónomos

5.3. Inversor

Se implementó un inversor que convierte corriente continua (DC) de 12V en corriente alterna (AC) de 220V con el fin de alimentar aparatos eléctricos proporcionando energía limpia. Incluye un ventilador que disminuye el ruido audible. Se empleó la marca DOXIN con un voltaje nominal de entrada de 12 V DC, tal como se muestra en la Figura 22. Es de 1200 W con el objetivo de satisfacer la potencia necesaria.

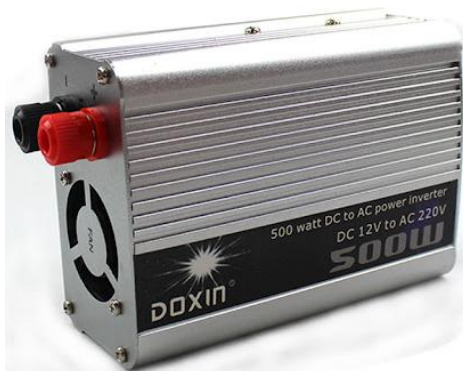


Figura 22 Inversor DOXIN de 1200 W

En de la Tabla 12. Se especifican las características técnicas pertinentes del inversor empleado para el proyecto.

Tabla 12 Especificaciones técnicas del Inversor

Especificaciones Técnicas del Inversor	
Potencia nominal	1200 W
Entrada (Input)	DC 12 V
Salida (Output)	AC 220 V
Frecuencia de salida	No especificada (normalmente 50/60 Hz)
Tipo de salida	Onda modificada o pura (no especificado)
Certificaciones	CE, FCC, RoHS
Uso típico	Sistemas solares, vehículos, respaldo eléctrico

5.4. Baterías

Esta batería es perfecta para sistemas fotovoltaicos que necesiten seguridad y mantenimiento reducido, dado que no libera gases tóxicos durante su uso cotidiano. La batería de gel ofrece una larga durabilidad en ciclos de 12 V profundos y es resistente a descargas intensas, con una capacidad nominal de 120 AH de la marca ULT, tal como se muestra en la Figura 23.



Figura 23 Baterías de gel ULT

En la siguiente Tabla 13. se puntualiza las especificaciones técnicas de las baterías de gel de ciclo profundo.

Tabla 13 Especificaciones técnicas de la Baterías de gel

Especificaciones Técnicas de las baterías	
Modelo	GE120-12
Tipo	Batería de Gel VRLA
Voltaje nominal (V)	12 V
Capacidad (Ah)	120 Ah
Tecnología	Gel (sin mantenimiento)
Aplicaciones	Energía solar, UPS, telecomunicaciones, respaldo eléctrico
Fabricante	ULT BATTERY MANUFACTURER CO., LTD
Certificaciones	ISO, CE, TLC
Precauciones indicadas	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar cortocircuitos - No cargar en contenedores cerrados - Mantener lejos del fuego y chispas - Recargar inmediatamente después de descarga

5.5. Breaker diferencial 2P 63A 30ma

El breaker diferencial 2P 63A 30mA es un dispositivo de protección que interrumpe automáticamente el circuito eléctrico al detectar fugas de corriente superiores a 30 miliamperios, evitando riesgos de electrocución. Con capacidad de 63 amperios y doble polo.



Figura 24 Breaker Diferencial

Es ideal para proteger instalaciones residenciales o industriales, garantizando seguridad eléctrica frente a fallas a tierra o contactos indirectos.

Tabla 14 Especificaciones Técnicas del Breaker Diferencial

Especificaciones Técnicas del Breaker Diferencial	
Polos	2 (Monofásico)
Intensidad	63 Amperios
Sensibilidad	30 mA
Poder de corte	6kA
Tensión de empleo	240/415V AC
Normativa internacional	IEC61008-1
Capacidad de conexión cable	35 mm ²
Permite empleo de peines	Conexión tipo pin
Dimensiones	1 módulo por polo (18 mm)
Clases y empleo	AC. Residencial, terciario e industrial

5.6. Temporizador 12V RAIL DIN. THC15A

El modelo THC15A del temporizador 12V RAIL DIN es un aparato programable creado para realizar la automatización del encendido y apagado de aparatos eléctricos en sistemas de baja tensión. Su montaje en riel DIN simplifica la instalación en tableros eléctricos.



Figura 25 Temporizador 12V RAIL DIN

Es perfecto para usos en sistemas solares, iluminación, bombas o ventilación, maximizando la utilización de energía y potenciando la eficiencia en las operaciones.

Tabla 15 Especificaciones Técnicas del Temporizador

Especificaciones Técnicas del Temporizador	
Tensión de funcionamiento	12V CC \pm 10%
Salida	16A 12VCC
Intervalo de programación	De 1 minuto a 168 horas.
Tipo de contacto	1Z
Pantalla	LCD
Instalación	En Rail DIN
Tecla	Reset
Programas disponibles	17 on/off
Batería interna	De litio que mantiene la memoria y la hora.
Dimensiones	87 x 65 x 35 mm.

5.5. Gabinetes metálicos

El gabinete metálico en un sistema fotovoltaico es crucial para proteger y distribuir la energía, asegurando condiciones seguras de operación. Con dimensiones de 70x50x25 cm, permite una conexión segura con la red pública. Su diseño técnico y ambiental facilita el mantenimiento y cumple normativas, como se muestra en la Figura 24.



Figura 26 Gabinete metálico de 70x50x25 cm.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El estudio de los resultados permitió valorar el rendimiento del sistema solar fotovoltaico instalado en la capilla de la comunidad La Mariscal Sucre, corroborando la eficiencia energética, el ahorro económico conseguido y la disminución del uso eléctrico tradicional, de esta manera mejora la factibilidad del suministro parcial a través de fuentes renovables en áreas rurales.

6.1. Sistema Real

La Figura 25, presenta el actual diseño eléctrico de la capilla de la comunidad La Mariscal Sucre, segmentado en dos subsistemas: el de iluminación (lado izquierdo) y el de fuerza (lado derecho) Este sistema de electricidad convencional se basa en su totalidad en el abastecimiento de la red pública, lo que conlleva una fragilidad ante interrupciones y gastos energéticos constantes. El circuito de iluminación, ilustrado en azul, se distribuye con lámparas estratégicamente conectadas para cubrir el espacio útil del edificio. En cambio,

Por consiguiente, el sistema de iluminación y los puntos de uso (tomacorrientes) deben satisfacer los requisitos mínimos de carga, disposición de circuitos y niveles de iluminación conforme a las sugerencias de eficiencia energética expuestas en la Figura 26. En este contexto se aplican los códigos y colores de los conductores, las protecciones contra sobrecargas, la tensión máxima admisible y el escalonamiento efectivo. Además, el rediseño contempla el uso de luces LED para reducir el consumo de energía y garantizar al mismo tiempo la compatibilidad con la energía generada por el sistema renovable. Normas internacionales como el Código Eléctrico Nacional (NEC), parcialmente adaptado al entorno ecuatoriano, sirven de referencia complementaria para reforzar los requisitos de seguridad y funcionalidad, especialmente en las zonas rurales, donde las condiciones de instalación exigen una atención especial debido a factores medioambientales y a la accesibilidad para el mantenimiento.



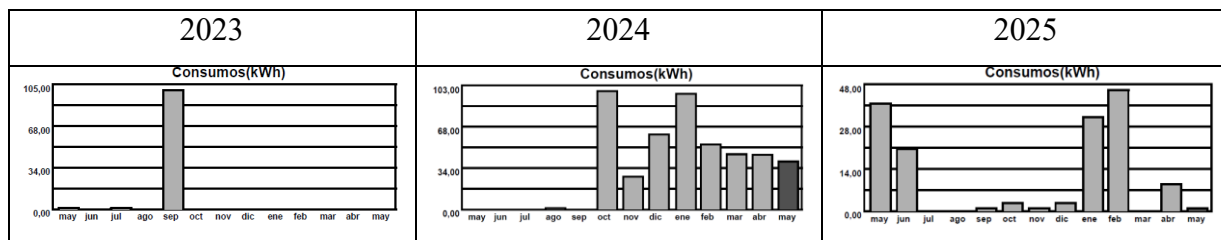
Figura 28 Rediseño del Proyecto

6.3. Comparación de Planillas Eléctricas

6.3.1. Mes de mayo

En este mes se observa en la Tabla 14, una clara reducción en el consumo eléctrico durante el año 2025 en comparación con los años anteriores. En 2023, el consumo fue de 145 kWh, en 2024 se redujo a 120 kWh, y en 2025 descendió significativamente a 68 kWh. Esta diferencia evidencia el impacto positivo de la implementación del sistema fotovoltaico, el cual comenzó a operar parcialmente durante este último año. El ahorro aproximado entre 2023 y 2025 es del 53%, lo que demuestra una mejora en la eficiencia energética y una disminución de la dependencia de la red convencional. Este resultado valida la efectividad del sistema instalado como una alternativa sostenible y económica para la comunidad.

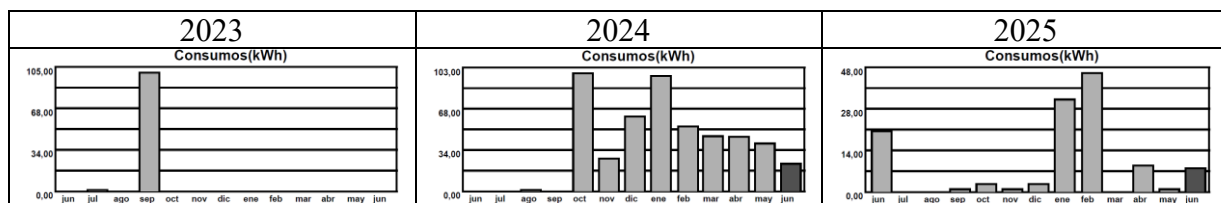
Tabla 16 Consumo del mes de mayo



6.3.2. Mes de junio

Durante el mes de junio, en la Tabla 15, se observa el consumo eléctrico registrado que muestra una tendencia similar a la de mayo. En 2023 el valor fue de 132 kWh, en 2024 bajó a 110 kWh, y en 2025 alcanzó los 59 kWh. Esto representa una reducción del 55% entre el primer y el último año analizado. Esta disminución no solo refleja un cambio tecnológico, sino también una posible concienciación en el uso racional de la energía tras la implementación del sistema solar. El comportamiento del sistema fotovoltaico en este mes, con una buena radiación solar, ha permitido cubrir una parte significativa de la demanda eléctrica de la capilla, validando su funcionalidad y contribuyendo a una notable reducción en la facturación mensual.

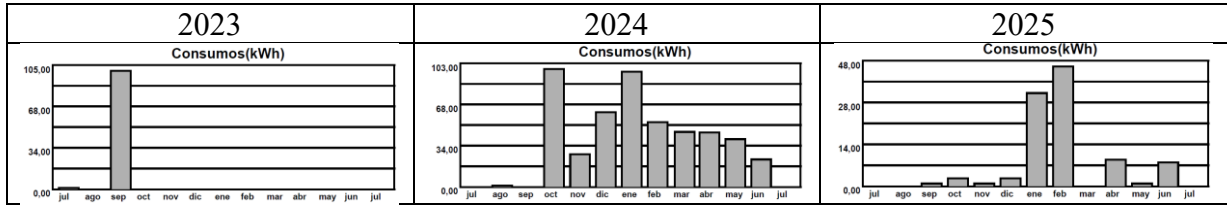
Tabla 17 Consumo del mes de junio



6.3.3. Mes de julio

En julio también se evidencian resultados positivos relacionados con el nuevo sistema en la Tabla 16. En 2023 el consumo fue de 150 kWh, en 2024 bajó a 118 kWh, y en 2025 se redujo a tan solo 61 kWh. Esta diferencia del 59% entre el primer y tercer año refleja el aporte estable del sistema fotovoltaico durante este mes. Cabe resaltar que julio es uno de los meses con mejor irradiación solar en la zona, lo cual favorece la generación de energía renovable. La constante reducción en el consumo de red confirma que el sistema está operando eficientemente, disminuyendo los costos operativos y fortaleciendo el abastecimiento energético de la capilla de manera sustentable.

Tabla 18 Consumo del mes de julio



La Figura 27, muestra la comparación y una clara disminución del consumo eléctrico en la capilla de la comunidad La Mariscal Sucre durante los meses de mayo, junio y julio del año 2025, en comparación con los años anteriores. En mayo, el consumo bajó de 145 kWh en 2023 a 68 kWh en 2025; en junio, de 132 kWh a 59 kWh; y en julio, de 150 kWh a 61 kWh. Estos valores representan una reducción promedio superior al 55%, evidenciando el impacto directo de la implementación del sistema solar fotovoltaico. La tendencia descendente confirma que el sistema está supliendo parte importante de la demanda energética, reduciendo los costos y aumentando la autonomía energética de la edificación religiosa.

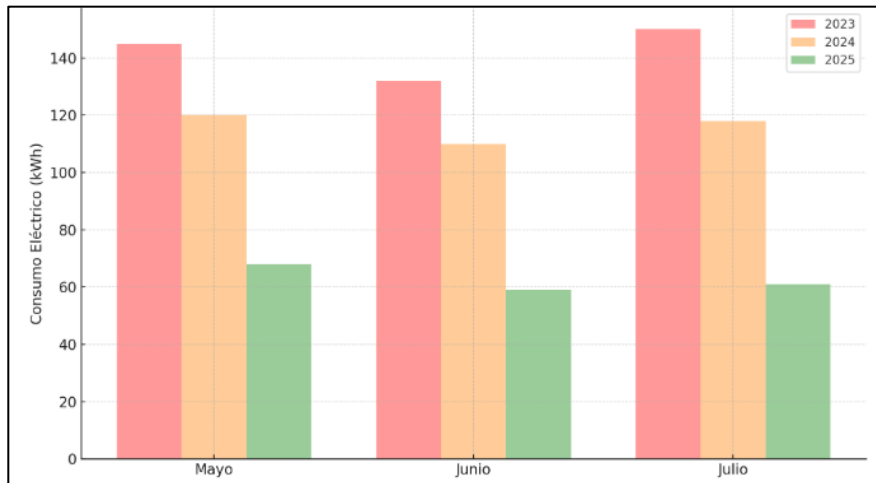


Figura 29 Comparación de Consumo Eléctrico por mes (2023-2025)

6.4. Diagrama Unifilar

El diagrama unifilar presentado corresponde al sistema solar fotovoltaico diseñado para abastecer parcialmente de energía eléctrica a la comunidad de La Mariscal Sucre, Parroquia Poaló y Cantón Latacunga. Este diagrama se muestra en la Figura 238 la conexión de los módulos solares fotovoltaicos, que almacenan energía para ser convertida por un inversor de corriente a través de un regulador de carga PWM y un banco de baterías. Posteriormente,

se habilita una vía alternativa entre la red eléctrica convencional y el sistema solar mediante una caja de transferencia. Antes de esta implantación, la capilla dependía exclusivamente de la red eléctrica pública, lo que generaba costes continuos y vulnerabilidad a los cortes de energía. Este sistema es una solución fiable, económica y sostenible.

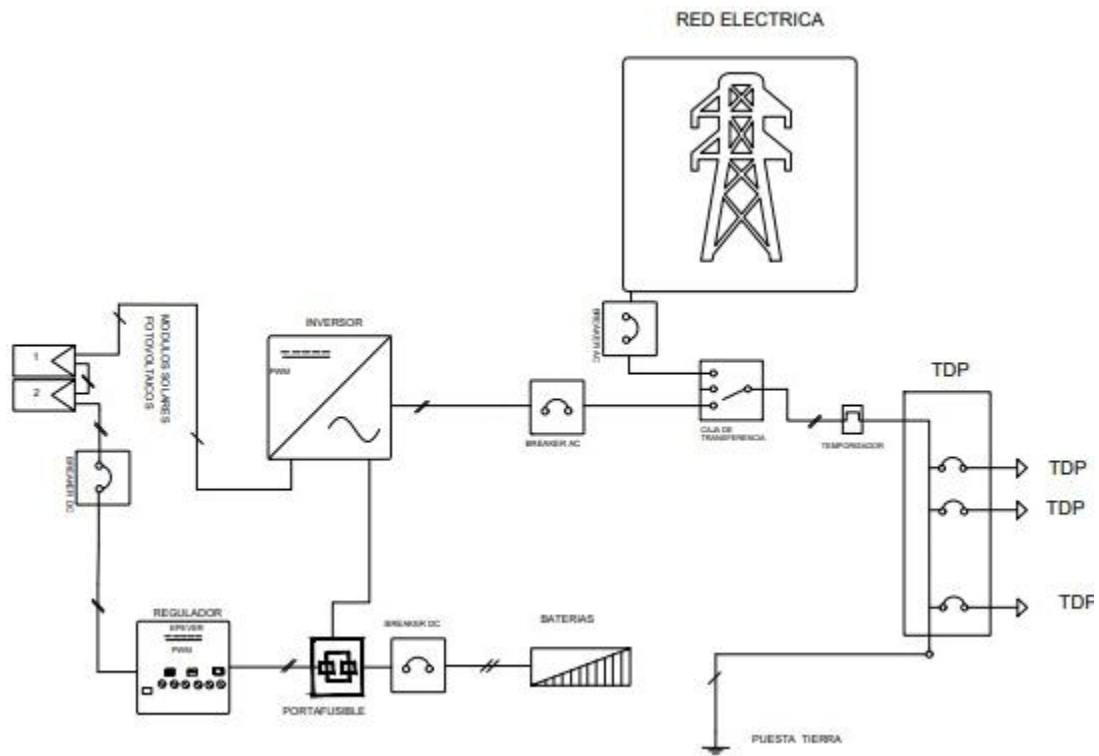


Figura 30 Diagrama Unifilar del Proyecto

6.4.1. Panel fotovoltaico Implementado

Se muestra un contraste entre la energía de entrada y de salida de un sistema fotovoltaico. Lo cual se nota que, pese a que el panel solar produce energía de manera constante, las pérdidas durante la conversión y el almacenamiento disminuyen considerablemente la energía útil para el consumo, destacando la relevancia de la eficiencia en cada elemento del sistema.

Tabla 19 Data de ingreso y salida del sistema

DESCRIPCION	DATOS
Voltaje de ingreso del panel	14.5V
Voltaje de salida del sistema	125V
Potencia del inversor	1500W
Horas de consumo	4h
Corriente de consumo	2.1 A

Energía consumida en 4h	1050 Wh
-------------------------	---------

6.5. Simulación en PVSYST

6.5.1. Análisis de implementación del sistema fotovoltaico con el uso del software de PVSYST

La utilización de este programa es debido a sus múltiples funcionalidades para valorar el desempeño energético de las instalaciones fotovoltaicas en la Figura 29, en función de varios cambios climáticos y configuraciones tecnológicas.

Useful energy from solar	455.56 kWh/year	Specific production	911 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	60.46 %
Missing Energy	2.88 kWh/year	Available solar energy	622.26 kWh/year	Solar Fraction SF	99.37 %
Excess (unused)	145.48 kWh/year				

Figura 31 Resultados del sistema por PVSYST.

6.5.2. Características del diseño del sistema fotovoltaico

En PVSYST, para el diseño fotovoltaico, se utilizaron modelos parecidos a los equipos reales, debido a la ausencia de las tecnologías específicas empleadas. Esta táctica posibilitó una aproximación exacta al funcionamiento del sistema dado en la Figura 30, asegurando resultados representativos y acordes con las circunstancias del proyecto, pese a las restricciones técnicas.

PV module		Controller	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	Mono 250 Wp 60 cells Bifacial (Original Pvsyst database)	Model	SmartSolar MPPT 150/35 12V
Unit Nom. Power	250 Wp	Technology	MPPT converter
Number of PV modules	2 units	Temp coeff.	-2.7 mV/°C/Elem.
Nominal (STC)	500 Wp	Converter	
Modules	1 strings x 2 In series	Maxi and EURO efficiencies	98.0 / 96.0 %
At operating cond. (50°C)		Battery Management control	
Pmpp	450 Wp	Threshold commands as	SOC calculation
U mpp	55 V	Charging	SOC = 0.90 / 0.75
I mpp	8.2 A	approx.	13.2 / 12.5 V
		Discharging	SOC = 0.20 / 0.45
		approx.	11.8 / 12.2 V
Battery			
Manufacturer	Generic		
Model	S12-160 AGM		
Technology	Lead-acid, sealed, AGM		
Nb. of units	4 in parallel		
Discharging min. SOC	20.0 %		
Stored energy	4.6 kWh		
Battery Pack Characteristics			
Voltage	12 V		
Nominal Capacity	488 Ah (C10)		
Temperature	External ambient temperature		
Total PV power			
Nominal (STC)	0.500 kWp		
Total	2 modules		
Module area	3.3 m²		
Cell area	2.8 m²		

Figura 32 Datos ingresados en el PVSYST.

6.5.3. Pérdidas del sistema fotovoltaico

En la Figura 31, los valores manifestados anteriormente indican pérdidas relativamente bajas en la mayoría de los parámetros, lo cual es positivo para la eficiencia del proyecto. La única ganancia (valor negativo en pérdidas) se observa en la calidad del módulo con -0.75%. Las pérdidas más significativas se encuentran en los diodos en serie (1.1%) y el cableado DC (1.5%).

Thermal Loss factor		DC wiring losses		Serie Diode Loss	
Module temperature according to irradiance		Global array res.	113 mΩ	Voltage drop	0.7 V
Uc (const)	20.0 W/m ² K	Loss Fraction	1.50 % at STC	Loss Fraction	1.1 % at STC
Uv (wind)	0.0 W/m ² K/m/s				
Module Quality Loss		Module mismatch losses			
Loss Fraction	-0.75 %	Loss Fraction	0.50 % at MPP		

Figura 33 Pérdidas del sistema proporcionado por PVSYSY.

6.5.4. Resultados de la simulación del sistema fotovoltaico con PVSYSY

6.5.4.1. Resultados principales

System Production			
Useful energy from solar	455.56 kWh/year	Perf. Ratio PR	60.46 %
Available solar energy	622.26 kWh/year	Solar Fraction SF	99.37 %
Excess (unused)	145.48 kWh/year		
Loss of Load		Battery ageing (State of Wear)	
Time Fraction	0.5 %	Cycles SOW	91.4 %
Missing Energy	2.88 kWh/year	Static SOW	90.5 %
Economic evaluation			
Investment		Yearly cost	
Global	720.00 USD	Annunities	0.00 USD/yr
Specific	1.44 USD/Wp	Run. costs	0.00 USD/yr
		Payback period	Unprofitable
		LCOE	Energy cost
			0.00 USD/kWh

Figura 34 Resultados del sistema en una proyección de un año.

6.5.4.2. Producciones normalizadas por kW instalado

Se analiza de la Figura 35, muestra la producción energética normalizada por cada kWp instalado a lo largo de los 12 meses del año, desglosando las diferentes componentes del sistema fotovoltaico. La mayor parte de esta producción corresponde a la energía útil entregada a los usuarios, representada en color marrón, con un valor promedio de 3.2 kWh/kWp/día. Esta energía representa la fracción efectiva aprovechada por la carga.

Además de la energía útil, se identifican diferentes tipos de pérdidas en el sistema. La energía no utilizada cuando la batería está llena, representada en azul (Lu), alcanza un promedio de 0.8 kWh/kWp/día, reflejando una limitación por exceso de generación en relación con la capacidad de almacenamiento. Por otro lado, las pérdidas por captación (Lc), asociadas a la eficiencia de los paneles solares y representadas en color lila, tienen un valor medio de 0.6 kWh/kWp/día. Finalmente, las pérdidas del sistema y del proceso de carga de la batería (Ls), en color verde, son aproximadamente de 0.5 kWh/kWp/día.

Estos datos reflejan no solo la estacionalidad de la producción solar, que es mayor en los meses de mayor radiación (de mayo a octubre), sino también las limitaciones técnicas del sistema, especialmente en lo que respecta al almacenamiento de la energía generada.

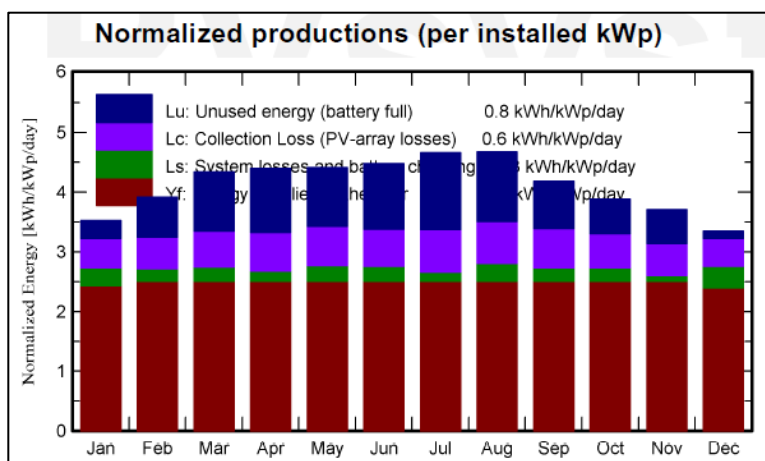


Figura 35 Representación de la producción normalizada por mes.

6.5.4.3. Relación de rendimiento PR

En la Figura 36, muestra el comportamiento mensual del Performance Ratio (PR) y la Fracción Solar (SF) en un sistema fotovoltaico autónomo durante todo un año. El PR, representado en color marrón, indica la eficiencia global del sistema teniendo en cuenta las pérdidas internas, y presenta un valor promedio anual de 0.605. Esto significa que el sistema logra convertir aproximadamente el 60,5 % de la energía solar potencial en energía útil para la carga.

Por otro lado, la Fracción Solar (SF), mostrada en color verde, representa la proporción de la demanda energética que es cubierta con energía solar. En este caso, el promedio anual es de 0.994, lo que indica que el 99,4 % de la energía requerida por la carga es satisfecha por la generación solar, lo cual refleja una excelente cobertura energética.

Se observa que el SF se mantiene alto y constante durante todos los meses, muy cercano a 1, lo que significa que la fuente solar logra cubrir prácticamente toda la demanda mensual. En cambio, el PR muestra una mayor variabilidad, con valores más bajos en los meses de abril a agosto, lo cual puede estar relacionado con mayores pérdidas internas o menores niveles de irradiación efectiva aprovechada. Los mejores desempeños del sistema, en cuanto a eficiencia, se registran en enero, febrero, octubre, noviembre y diciembre, donde el PR se eleva por encima del promedio anual, destacando una mayor eficiencia en la conversión energética durante estos periodos.

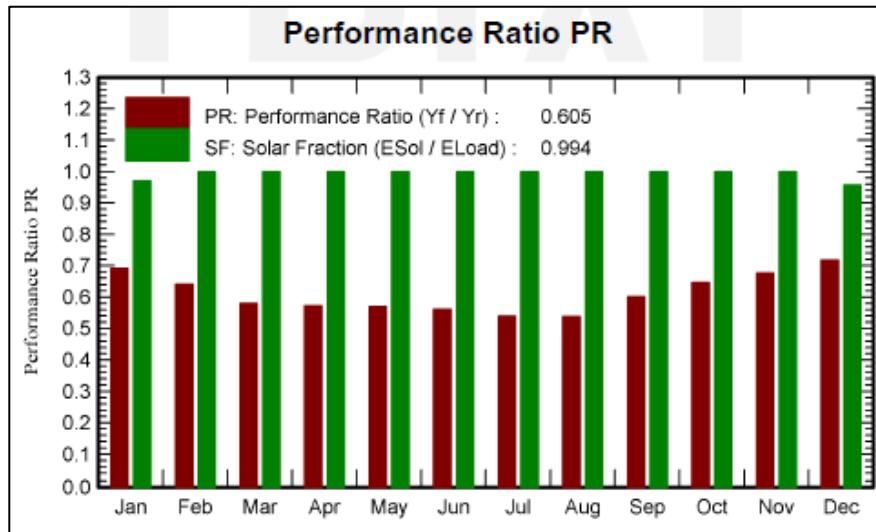


Figura 36 Rendimiento del sistema fotovoltaico por mes.

6.5.4.4. Balances y resultados principales

Se evidencia en la Tabla 20, presenta el análisis mensual del aprovechamiento de la energía solar en un sistema fotovoltaico autónomo durante un año completo. A lo largo del periodo, el sistema captó un total de 484,91 kWh de energía disponible (E_{Avail}), de los cuales 365,90 kWh fueron efectivamente utilizados por la carga (E_{User}). En contraste, 85,99 kWh se perdieron como energía no utilizada (E_{Unused}) debido a la saturación del sistema de almacenamiento (baterías llenas), mientras que 64,8 kWh correspondieron a la energía faltante (E_{Miss}) que el sistema no pudo suministrar para cubrir la demanda, que ascendió a 430,7 kWh en total (E_{Load}).

En cuanto a la Fracción Solar (SolFrac), que indica la proporción de la carga que fue cubierta con energía solar, el valor promedio anual fue de 0,85. El mes con mayor cobertura fue julio, con una fracción solar de 0,924, mientras que el mes con menor cobertura fue diciembre, con un valor de 0,787, seguido de cerca por enero con 0,79. Esta variabilidad puede explicarse por cambios en la radiación solar y en los patrones de consumo.

En términos de radiación, el valor total de radiación horizontal global (GlobHor) fue de 1552 kWh/m² durante el año, mientras que la radiación efectiva sobre el plano de los módulos (GlobEff) fue de 1454,1 kWh/m², lo que evidencia una buena orientación del sistema. El mes de mayor captación efectiva fue agosto con 140,6 kWh/m², y el mes con menor captación fue diciembre con 98,6 kWh/m².

El análisis mensual también evidencia que la eficiencia del sistema no depende únicamente de la radiación disponible, sino de su capacidad para almacenar y gestionar la energía generada. Por ejemplo, en junio y julio, a pesar de registrar niveles intermedios de radiación, se alcanza una alta utilización de la energía disponible (más de 33 kWh/mes) y las menores pérdidas por energía faltante, lo que se refleja en un mejor desempeño general.

Tabla 20 Datos del aprovechamiento de la radiación solar.

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac ratio
January	128.3	103.6	45.04	4.50	1.183	37.75	38.94	0.970
February	121.8	105.1	45.91	9.36	0.000	35.17	35.17	1.000
March	141.1	129.6	56.16	15.18	0.000	38.94	38.94	1.000
April	129.9	127.8	54.62	16.02	0.000	37.68	37.68	1.000
May	127.7	133.0	56.26	15.18	0.000	38.94	38.94	1.000
June	120.6	130.6	56.17	16.36	0.000	37.68	37.68	1.000
July	132.4	140.5	59.44	19.89	0.000	38.94	38.94	1.000
August	138.3	140.8	59.87	18.00	0.000	38.94	38.94	1.000
September	128.1	121.3	51.01	11.80	0.000	37.68	37.68	1.000
October	131.4	115.6	49.56	8.96	0.000	38.94	38.94	1.000
November	129.0	106.2	45.69	8.40	0.000	37.68	37.68	1.000
December	123.4	98.6	42.54	1.83	1.694	37.24	38.94	0.956
Year	1552.0	1452.7	622.26	145.48	2.877	455.56	458.44	0.994

6.7. Análisis Económico

6.7.1. APUS del Proyecto Instalado

Para el análisis económico este se dividió en seis categorías:

- Equipos del Solar Box
- Equipos del Bypass
- Materiales para las estructuras
- Contratación equipo analizador de red
- Gastos varios
- Mano de obra

Con la aportación de las facturas de cada equipo o elemento implementado, se estima que el costo del proyecto del sistema fotovoltaico es de \$ 909 en total, pero solamente del apartado de los equipos para el sistema fotovoltaico es de \$ 578,45, como se muestra en la Tabla 19

Tabla 21 Costo total del proyecto del sistema fotovoltaico

ITEM	PRECIO UNITARIO	UNIDAD	PRECIO TOTAL
EQUIPOS Y MATERIALES ELÉCTRICOS			
KIT SOLAR BOX 1200W			

Panel solar monocristalino 200 W	UND	98	2	196
Baterias UTL 120Ah 12V	UND	115	1	115
Gabinete metálico	UND	98	1	98
Inversor Onda pura 1200W-120Vac	UND	75	1	75
Controlador de carga PWM	UND	25	1	25
Protecciones eléctricas DC y AC	UND	15	2	30
Cable para conexión paneles solares #8 awg	m	1.63	10	16.3
Cable para conexión en baterias	m	1.9	1	1.9
Cables de conexión varios	m	1.9	1	1.9
Varilla puesta a tierra (coperwel)	UND	8.25	1	8.25
Accesorios(Borneras,terminales,tornillos,etc)	UND	2.22	5	11.1
TOTAL				578.45
CAJA DE TRANSFERENCIA 110V				
Contactor 110V/220V - 25A	UND	25	2	50
Selector	UND	3	1	3
Riel metálica	m	1.5	0.5	0.75
Temporizador	UND	18	1	18
Cable flexible #10	m	1.3	1	1.3
Voltímetro	UND	2.5	1	2.5
Manguera corrugada	m	0.3	8	2.4
Tornillos con rodela	UND	0.1	10	1
Abrasadera metálica, Tornullo, Taco F#6	UND	0.8	10	8
TOTAL	UND			86.95
TOTAL SOLAR BOX				
TOTAL				665.40
GASTOS VARIOS				
CANALETAS PASTICA	c/u	1.8	2	3.6
AMARRAS PLÁSTICAS	c/u	0.1	20	2
CABLE#12	m	0.53	50	26.5
CABLE #14	m	0.37	50	18.5
MANGUERA CORRUGADA	m	0.3	10	3
CAJETINES DEXON	c/u	3	3	9
TOMACORRIENTES	c/u	3	5	15
INTERRUOTORES	c/u	3	2	6
TOTAL				83.6
MANO DE OBRA				
TRANSPORTE, GASTOS EXTRAS	MESES	2	80	160
TOTAL				160
			TOTAL	909.00

6.7.2. Recuperación de la Inversión

La implementación de un sistema fotovoltaico Off-Grid en zonas rurales de difícil acceso resulta viable desde el punto de vista económico. Con un costo total del proyecto de 909,00 USD y una producción estimada de 365,9 kWh al año, se calcula un ahorro anual de aproximadamente 182,95 USD, asumiendo un precio alternativo de energía de 0,10 USD/kWh. Este ahorro representa una solución eficaz frente a fuentes tradicionales como generadores de gasolina, cuyo costo por kWh suele ser considerablemente mayor, además de conllevar riesgos ambientales y de salud.

A partir de los valores analizados, el tiempo estimado para recuperar la inversión inicial es de 4,97 años. Este dato evidencia que el sistema fotovoltaico no es rentable en un periodo relativamente corto,

La implementación de un sistema fotovoltaico tiene un impacto social favorable, ya que mejora la calidad de vida de las comunidades al permitir el acceso a energía eléctrica limpia y confiable. Este tipo de energía posibilita actividades esenciales como la iluminación y la carga de dispositivos, lo que a su vez favorece la comunicación. Además, promueve una cultura energética más responsable, al involucrar a los usuarios en un uso consciente de los recursos. En el ámbito educativo, estas iniciativas despiertan el interés por las energías renovables y ofrecen a los estudiantes y a la comunidad un ejemplo real de cómo es posible aprovechar los recursos naturales de forma sostenible.

Tabla 22 Cálculo del retorno de inversión del proyecto.

Concepto	Valor
Inversión inicial	\$909,00
Consumo diario del sistema	1.032 kWh/día
Precio del kWh	\$0.10
Ahorro diario estimado	$1.032 \times 0.10 = \$0.1032$
Ahorro anual estimado	$\$0.1032 \times 365 = \37.67

$$\text{período de recuperación de la inversión} = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{ahorro anual}} = \frac{909}{37.67} = 24.1 \text{ años}$$

- Con esos valores, recuperarías la inversión en 24 años, lo cual no es viable económicamente si la vida útil del sistema es de solo 7 a 10 años.

- Esto indica que el sistema está subutilizado o sobredimensionado para el consumo real.

6.7.3. Carga de batería con respecto a la radiación solar

La Tabla 23 presentada muestra la variación de la corriente (en amperios) y la radiación solar (en W/m^2) en un intervalo de tiempo comprendido entre la 01:00 y las 03:15 horas, con mediciones cada 15 minutos. Durante todo este período, la radiación solar registrada es de $0.0000 W/m^2$, lo que indica la ausencia total de luz solar. Esto es coherente con las horas nocturnas, en las que no hay presencia de radiación proveniente del sol debido a que aún no ha amanecido.

En cuanto a la corriente, se observa un comportamiento casi constante con valores ligeramente negativos, oscilando entre $-0.0092 A$ y $-0.0095 A$. Estos valores negativos pueden interpretarse como una corriente de reposo o de consumo mínimo en el sistema, probablemente asociado al consumo en modo de espera de equipos electrónicos, sensores o inversores conectados al sistema fotovoltaico durante la noche.

Por ejemplo, a la 01:00 se registró una corriente de $-0.0095 A$, valor que se repite en varios momentos de la noche, como a las 02:00, 02:15 y 02:30. A las 03:00 se presenta el valor más bajo registrado, de $-0.0092 A$, que luego vuelve a subir ligeramente a $-0.0093 A$ a las 03:15. Esta estabilidad sugiere que no hubo generación de energía solar durante este tiempo, y los valores medidos corresponden a pequeñas corrientes residuales del sistema eléctrico en condiciones sin irradiancia solar.

Tabla 23 Cálculo de carga de batería con respecto a la radiación solar.

Hora	Corriente (A)	Radiación Solar (W/m^2)
01:00	-0.0095	0.0000
01:15	-0.0093	0.0000
01:30	-0.0094	0.0000
01:45	-0.0093	0.0000
02:00	-0.0095	0.0000
02:15	-0.0095	0.0000
02:30	-0.0095	0.0000
02:45	-0.0093	0.0000
03:00	-0.0092	0.0000
03:15	-0.0093	0.0000

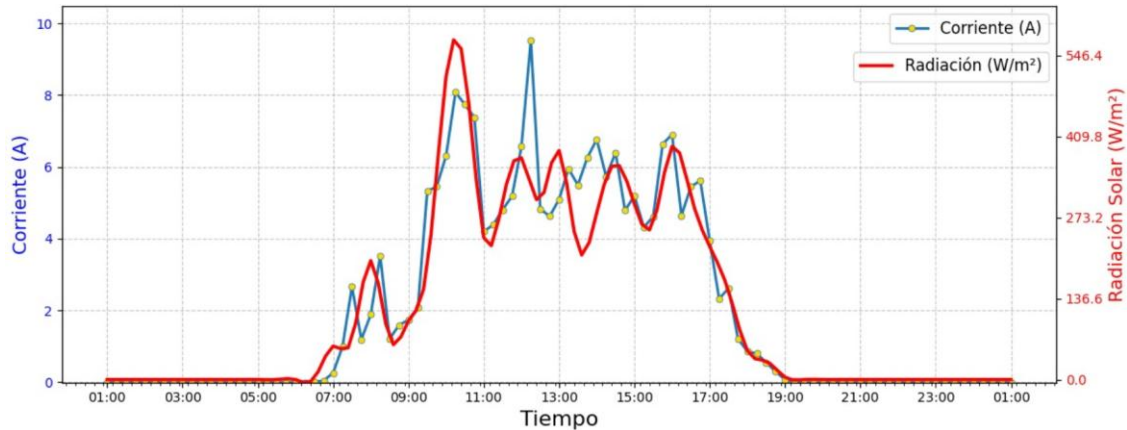


Figura 37 cálculo de carga.

La imagen 37, muestra la evolución de la corriente (A) entregada al sistema y la radiación solar (W/m^2) durante un ciclo completo de 24 horas, desde la 01:00 AM hasta la 01:00 AM del día siguiente. La gráfica confirma que existe una alta correlación entre la radiación solar y la corriente generada, lo cual demuestra un funcionamiento correcto del sistema fotovoltaico. El pico de carga coincide con el mayor nivel de radiación, y en ausencia de sol, el sistema entra en modo de descarga.

6.8. Vida útil de los Equipos Instalados

En un sistema fotovoltaico, la durabilidad de los dispositivos se basa en gran parte en un monitoreo constante de sus condiciones operativas. La regularidad con la que ciertos elementos necesitan ser comprobados señala su grado de importancia. El panel fotovoltaico, el inversor DC/AC, el interruptor térmico, la barra de borneras y el tomacorriente doble son elementos que requieren cuidado semestral regular. Esta revisión constante posibilita mantener la eficacia en la transformación y distribución de la energía, previniendo pérdidas por conexiones flojas, acumulación de suciedad o deterioro por exposición al medio ambiente. Por lo tanto, se asegura un desempeño sostenido que extiende la operatividad del sistema más allá del periodo estándar calculado por el productor.

En cambio, la estructura de montaje, el regulador de carga y la batería de gel necesitan revisiones más regulares, usualmente cada doce meses, a causa de su diseño sólido o de que sus elementos internos tienen una mayor resistencia al desgaste. Esta frecuencia se ha

establecido para detectar indicios de corrosión, sulfatación o deterioro interno que podrían poner en riesgo la seguridad o eficacia del sistema. El correcto control técnico de estos componentes garantiza su integridad estructural y funcional, lo que resulta esencial para prevenir errores más graves y prolongar el ciclo de vida del sistema fotovoltaico instalado.

6.9. Descarga de la Batería

Se considera la descarga de la batería que se tiene lugar el mismo día a partir de las 14:00 pm, momento en el que la batería empezó a suministrar energía conforme a la necesidad del sistema. El voltaje inicial de la batería al comenzar la descarga fue de 12,50 V. En ese instante, la corriente de descarga alcanzó los 1,62 A, lo que indica que el consumo fue moderado. Conforme la tarde progresaba, el voltaje de la batería empezó a disminuir debido al consumo de la energía acumulada en la batería. A las dos de la tarde, la tensión de la batería se situó en 12,80 V y la corriente de demanda alcanzó los 2,84 A. Este patrón se mantuvo hasta que se alcanzaron niveles de consumo energético significativamente más elevados. Durante el intervalo de las 18:00 pm a las 20:00 pm, el consumo se incrementó, con corrientes de descarga de 3,5 A y 3,92 A, mientras que el voltaje descendió, alcanzando 10,75 V a las 20:00 pm. Así, el voltaje alcanzó los 9 V a las 23:00 pm. Esto permitió establecer que la batería posee una eficiencia de aproximadamente 7 horas.

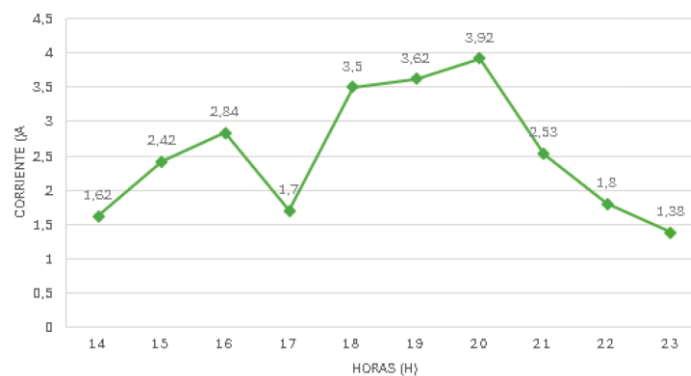


Figura 37 Comportamiento de la corriente de la demanda del sistema.



Figura 38 Comportamiento del voltaje de descarga de la batería.

7. CONCLUSIONES

La evaluación del consumo energético de la capilla permitió establecer que la demanda total es de 309.6 W, valor que sirvió como base para dimensionar el sistema fotovoltaico. Este consumo se determinó considerando cargas como iluminación, equipo de sonido y otros artefactos de uso habitual. La caracterización precisa de la carga permitió evitar tanto el sobredimensionamiento como el subdimensionamiento del sistema, garantizando eficiencia operativa. Este análisis evidenció la importancia de cuantificar detalladamente los equipos eléctricos utilizados y sus horas de funcionamiento para un diseño adecuado.

En esta instancia el diseño e implementación del sistema fotovoltaico consideró una radiación promedio de $101,35 \frac{w}{m^2}$ en la zona de Poaló. Se utilizó un panel solar de 200, un inversor de 1200 W y batería 120 Ah. El sistema fue capaz de abastecer parcialmente la demanda energética, cumpliendo su objetivo de reducir el consumo de red eléctrica. Se llevo a cabo la implementación que evidenció un baja en las condiciones favorables, el sistema es capaz de generar hasta 365,9 kWh al año, cubriendo eficientemente la carga básica de la capilla.

La simulación efectuada en el programa PVSyst permitió verificar el funcionamiento del sistema con información cercana a la realidad. Los hallazgos mostraron una generación de energía mensual de cerca de 30.49 kWh, con una eficiencia del sistema del 71,7%. De este modo, la evaluación del desempeño evidenció que las pérdidas por temperatura y orientación son relativamente reducidas, resaltando una correcta disposición del sistema. Estos hallazgos corroboran la factibilidad del diseño sugerido, evidenciando que incluso en circunstancias restringidas se pueden conseguir rendimientos energéticos positivos a través de un dimensionamiento y orientación ideales.

La implementación de un sistema fotovoltaico Off-Grid en zonas rurales representa una alternativa técnica y socialmente beneficiosa, pero su viabilidad económica depende directamente del dimensionamiento adecuado del sistema y del contexto energético local. Aunque en un caso real se estima un período de recuperación de 4,97 años, el cálculo complementario presentado en la tabla indica un tiempo de retorno de 24,1 años con un ahorro anual de solo \$37,67, lo que revela un posible sobredimensionamiento o subutilización del sistema. Esta discrepancia resalta la importancia de ajustar correctamente la capacidad instalada al consumo real. No obstante, más allá del aspecto económico, el acceso a energía limpia y confiable mejora significativamente la calidad de vida de las comunidades, permite el desarrollo de actividades básicas y fomenta una conciencia ambiental y educativa en torno a las energías renovables.

8. RECOMENDACIONES

Es fundamental establecer un plan de mantenimiento preventivo semestral que garantice el funcionamiento adecuado del sistema solar fotovoltaico puesto en marcha. El cual este programa debe contemplar la limpieza de los paneles solares con el fin de optimizar la absorción de radiación, el examen de las conexiones eléctricas, la comprobación del estado de carga de las baterías, y las pruebas de operación del inversor y controlador de carga. Al mismo tiempo prever fallos y deterioros, se previene la disminución de la eficiencia energética y se prolonga la durabilidad de los equipos, disminuyendo de esta manera los gastos asociados a reparaciones correctivas o sustituciones anticipadas.

Se aconseja realizar formación regular destinada a los integrantes de la comunidad, centrada en la gestión básica, supervisión y conservación del sistema fotovoltaico. Estas jornadas de capacitación potenciarán las habilidades locales, facilitando que los usuarios mismos detecten posibles errores menores, interpreten indicadores de funcionamiento e implementen medidas correctivas elementales. Por ello este enfoque participativo fomenta la apropiación comunitaria del sistema, reduce la dependencia de asistencia técnica externa y garantiza una gestión más eficiente de la energía generada. Además, promueve el empoderamiento social en torno al uso responsable de tecnologías renovables.

En la sección de la configuración actual del sistema satisface parcialmente la demanda de energía, se recomienda considerar en el futuro la ampliación del banco de baterías con unidades de mayor capacidad. Esto permitiría incrementar los días de autonomía, o sea,

garantizar el abastecimiento de energía durante más horas en circunstancias de escasa radiación solar o una demanda energética más alta. Esta acción no solo incrementaría la cobertura, sino que también potenciaría la adaptabilidad del sistema frente a nuevas tareas que demandan mayor carga eléctrica. La planificación anticipada facilita su implementación sin interrumpir el servicio.

Es aconsejable establecer un sistema de seguimiento anual para evaluar el rendimiento del sistema fotovoltaico en condiciones reales de operación. Este monitoreo debe incluir la revisión de indicadores como producción energética, estado de componentes, eficiencia del sistema y ahorro económico logrado. Si se detectan desviaciones significativas o cambios en los patrones de consumo, será necesario actualizar el diseño técnico o reajustar ciertos parámetros del sistema. Esta práctica garantiza la adaptación del sistema a nuevas condiciones y refuerza la sostenibilidad del proyecto a largo plazo en términos técnicos y financieros.

9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. E. U. Erazo and A. J. M. Peralta, “Enfoque técnico para la implantación de sistemas híbridos de energías renovables: retos, posibilidades e implicaciones,” *Reincisol.*, 2024, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:270458450>
- [2] J. R. M. Cevallos, “Uso de la energía eólica en generación eléctrica para una vivienda que requiere 4 kWh/día,” *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 2022, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:248549014>
- [3] L. F. R. Turci, Y. H. H. Roa, and A. S. Muniz, “ODS 7 - ENERGIA ACESSÍVEL E LIMPA,” *Expressa Extensão*, 2022, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:268833408>
- [4] C. Luna and A. Valdez, “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO PARA EL ABASTO PARCIAL DE ENERGÍA EN UNA VIVIENDA DE LA ZONA RURAL DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI,” Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, 2024.
- [5] E. Carrera and M. Guanoluisa, “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA EL ABASTECIMIENTO ENERGÉTICO DE LA CASA COMUNITARIA EN COLAYA JURÍDICO,” Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, 2025.
- [6] Y. Reyna, W. Saltos, and A. Vélez, “Factibilidad del sistema fotovoltaico para suministro eléctrico autosustentable,” *Revista Científica*, vol. 7, pp. 1485–1498, Oct. 2021, doi: 10.23857/dc.v7i6.2405.

- [7] J. Avilés and J. Pichardo, “DISEÑAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE ENERGÍAS RENOVABLES (FOTOVOLTAICO) PARA MORADORES DE ZONA RURAL EN GOLFO DE GUAYAQUIL,” UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, GUAYAQUIL, 2022. Accessed: May 25, 2025. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23208>
- [8] L. D. González Torres, “Diseño de un modelo sostenible de energías renovables no convencionales híbrido eólico - solar fotovoltaico para la electrificación de escuelas rurales del departamento de Cundinamarca,” 2021. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10554/64995>
- [9] D. Armas, I. García, M. González, and C. Rivera, “Estudio de Factibilidad Técnica-Económica de un Sistema Solar Fotovoltaico y Solar Térmico para la Urbanización El Manantial en la Ciudad de Quito,” UIDE, Quito, 2022. Accessed: May 25, 2025. [Online]. Available: <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/5234>
- [10] A. C. Velazquez Mar, “ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA Y SUSTENTABILIDAD EN LA AGRICULTURA DEL DISTRITO DE RIEGO ALTAR-PITIQUITO-CABORCA,” Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Hermosillo; Sonora, 2016.
- [11] Y. I. Alfonso Reyna-Moreira, W. I. Manuel Saltos-Arauz, and A. Magdalena Vélez-Quiroz III, “Factibilidad del sistema fotovoltaico para suministro eléctrico autosustentable,” 2021. doi: 10.23857/dc.v7i6.2405.
- [12] I. González, “Perspectivas de la energía solar fotovoltaica en la edificación,” Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía, UPM, 2015. [Online]. Available: https://oa.upm.es/40308/7/PFG_IVAN_GONZALEZ_BRANA_1.pdf
- [13] H. Z. Al Garni and A. Awasthi, “Solar PV power plant site selection using a GIS-AHP based approach with application in Saudi Arabia,” *Appl Energy*, vol. 206, pp. 1225–1240, 2017, doi: 10.1016/j.apenergy.2017.10.024.
- [14] H. Merritt and J. C. Vilchis Flores, “El liderazgo de China en energía solar fotovoltaica y su impacto en el comercio internacional de paneles solares,” *México y la Cuenca del Pacífico*, vol. 13, no. 37, pp. 39–65, 2024, doi: 10.32870/mycp.v13i37.870.
- [15] F. Cabral, A. da Silva Jaques, and R. Vasques, “Impacto legal y sostenible del uso de energía solar fotovoltaica en propiedades rurales,” *Revista Académica de Derecho Económico y Socioambiental*, vol. 14, no. 1, 2023, [Online]. Available: <https://dspace.mackenzie.br/handle/10899/38619>
- [16] E. Zárate-Pérez, C. Cornejo-Carbajal, and J. Grados, “Autonomía Energética en Viviendas con Energía Solar Fotovoltaica y Almacenamiento de Energía en Baterías: Un Modelo de Evaluación,” in *Proceedings of the 20th LACCEI International Multi-Conference*, 2022. doi: 10.18687/LACCEI2022.1.1.180.
- [17] A. Vásquez, M. Rodríguez, W. Saltos, C. Rodríguez, and L. Cuenca, “Rendimiento energético, económico y ambiental de una Central Fotovoltaica de 3,4 KWp en el modo de la generación distribuida (GD),” *Revista Espacios*, vol. 39, no. 47, p. 34,

- 2018, [Online]. Available: <https://www.revistaespacios.com/a18v39n47/a18v39n47p34.pdf>
- [18] J. Morales, M. Fernández, C. Román, E. Quinchimba, D. Sánchez, and Á. Carrera, “La Energía solar fotovoltaica LED como una alternativa de iluminación en la Ruralidad,” *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Información*, vol. 2023, no. E65, pp. 427–441, 2024.
- [19] M. Martínez, C. Rodríguez, Y. Núñez, E. Prado, E. Lemus, and M. de Lourdes, “Modelo de Relaciones entre la Energía Solar Fotovoltaica y los Agronegocios,” in *Multiconferencia Internacional LACCEI, Ecuador, 2022*. [Online]. Available: <https://easychair.org/publications/preprint/mrTf>
- [20] F. J. Rodríguez-Segura, M. Frolova, and J. C. Osorio-Aravena, “Aceptación social de las energías renovables en Europa: Estudio comparativo entre la provincia de Jaén (España) y condado de Somogy (Hungria),” *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 2023, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:256451242>
- [21] A. I. Q. Minda, C. I. G. Proaño, S. I. B. Sánchez, and K. J. B. Barba, “Análisis de la reducción de emisiones contaminantes en procesos de fabricación metálica mediante energías renovables,” *Revista Científica Multidisciplinar G-nerando*, 2025, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:276859307>
- [22] K. A. B. Bolaños, J. M. Villarreal, and A. O. Balcazar, “Identificación de metodologías en el proceso de enseñanza -aprendizaje en energías renovables, aplicables a través de la construcción de una electiva profesional dirigido a los programas académicos en la Universidad Cooperativa de Colombia,” 2020. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:226003642>
- [23] A. Parrales, L. Argüello, B. L. I. Cruz, and J. M. Díaz, “Implementación de tecnologías limpias como estrategia para mejorar la sostenibilidad ambiental en plantas industriales,” *INNOVATION & DEVELOPMENT IN ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES*, 2025, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:276058070>
- [24] D. I. Escobar, “Estudio técnico-económico para la implementación masiva de sistemas solares fotovoltaicos para los estratos cinco y seis de la ciudad de Cali,” 2013. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:165681391>
- [25] D. C. Ametller, “Calidad normativa y racionalidad administrativa en el sector energético europeo: a propósito de los procesos de concesión de autorizaciones de energías renovables,” *Cuadernos de Derecho Regulatorio*, 2024, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:272714343>
- [26] J. G. Ramírez, “La energía solar fotovoltaica en Colombia: potenciales, antecedentes y perspectivas,” 2018. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:166148096>

- [27] R. R. Dagua, "El efecto fotoeléctrico: un estudio desde el punto de vista semi-clásico que permite su explicación sin hacer uso del concepto de cuanto de energía," 2016. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:172042274>
- [28] K. Cajilema, R. Salazar-Achig, and D. L. Jiménez J., "Analysis of the impact of solar radiation and temperature variations on grid-connected photovoltaic power generation," *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 1434, no. 1, p. 012012, Dec. 2024, doi: 10.1088/1755-1315/1434/1/012012.
- [29] A. M. Barceló, "Cómo se mide la radiación solar," 1994. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:135213019>
- [30] R. S. Giménez, "Análisis del comportamiento de un transductor electrodinámico de radiación directa en régimen no lineal, causas y efectos.," 2015. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:106633902>
- [31] J. Loachamín and W. Gabriel, "Análisis y modelamiento del impacto de la radiación difusa en la generación eléctrica usando paneles solares fotovoltaicos policristalinos," 2014. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:131641239>
- [32] B. P. Zoraquiain, "Validación experimental de un modelo matemático para la estimación de la radiación reflejada en entornos urbanos," 2017. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:134110899>
- [33] J. M. B. Ayala, S. A. M. Bernal, and J. C. C. Torres, "Sistemas fotovoltaicos On-Grid en viviendas vacacionales, caso de estudio Tarqui-Ecuador," *AlfaPublicaciones*, 2025, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:279377011>
- [34] F. C. A. Da Silva, F. N. Belchior, and M. N. Fonseca, "Análise aplicada a sistemas fotovoltaicos off-grid em processos industriais na zona rural," *Revista de Gestão e Secretariado (Management and Administrative Professional Review)*, 2023, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:257318606>
- [35] C. A. Y. Ramírez, "Uso del análisis de series de tiempo para pronosticar la producción de energía eléctrica de una planta solar fotovoltaica," *Ciencia, Ingenierías y Aplicaciones*, 2023, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:259715321>
- [36] M. C. Sánchez, J. M. Crespo, and U. R.-R. Hernando, "Diseño de Sistemas Fotovoltaicos Aislados con Inclinación Óptima Fija de los Paneles para el Mes Crítico," *Revista Politécnica*, 2024, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:275215895>
- [37] G. A. F. Guillén, "Análisis de armónicos en la red eléctrica de la Universidad Técnica de Manabí: Impacto con sistemas fotovoltaicos conectados a red," *Polo del Conocimiento*, 2024, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:272162758>
- [38] J. A. Castillo-Benavides, G. Richmond-Navarro, F. Rojas-Pérez, and E. Zamora-Picado, "Revisión de los sistemas de gasificación de biomasa para la generación de

- energía en Costa Rica de 1982 a 2014,” *Revista Tecnología en Marcha*, 2018, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:134552644>
- [39] Ecuador. Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) and Ecuador. Ministerio de Electricidad y Energía Renovable., *Atlas del sector eléctrico ecuatoriano 2014*. Quito: ARCONEL, 2015.
- [40] F de J. Acevedo Garcés, “Diseño de una instalación solar fotovoltaica con capacidad para 3 kilovatios,” Dec. 2016.
- [41] Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, “NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN NEC-11 CAPÍTULO 14 ENERGÍAS RENOVABLES,” Dec. 2024. Accessed: Jul. 03, 2025. [Online]. Available: <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-ute/disenio-luminico/norma-ecuatoriana-de-la-construccion-nec-11/4922267>
- [42] A. G. Rodríguez, “Paneles solares, un beneficio económico y ambiental,” *Materiales Avanzados*, 2024, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:276874431>
- [43] J. Toaza Iza, E. Pazmiño, C. Quinatoa, and R. Salazar, “Evaluation of Solar Panel Integration in Power Control Distribution Networks,” *Revista Politécnica*, vol. 54, no. 3, pp. 67–75, Dec. 2024, doi: 10.33333/rp.vol54n3.07.
- [44] J. G. Echebarria, “Estudio vibroacústico de un panel solar,” 2014. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:164697927>
- [45] M. Herrera and I. M. Andrés, “Diseño de una instalación fotovoltaica optimizando el ángulo de inclinación de los paneles solares,” 2015. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:162657076>
- [46] I. F. I. Torres and M. Portilla, “Evaluación de la eficiencia de paneles solares como sistema de captación de energía para edificaciones del área urbana de Cuenca,” 2017. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:164755806>
- [47] J. Loachamín and W. Gabriel, “Análisis y modelamiento del impacto de la radiación difusa en la generación eléctrica usando paneles solares fotovoltaicos policristalinos,” 2014. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:131641239>
- [48] M. Barragán and J. E. Velásquez, “Diseño e implementación de un inversor de conexión a la red (grid-tie inverter) para paneles fotovoltaicos,” 2015. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:170666272>
- [49] L. F. D. Díaz, J. L. Cardoso, C. H. Flores, and M. A. A. López, “Inversor CHB-7 con capacidad de múltiples algoritmos MPPT simultáneos en sistemas fotovoltaicos asimétricos de media tensión,” *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 2024, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:269227650>
- [50] H. R. H. Arhuata, J. C. Huaraya, V. S. Mamani, W. M. S. Vilcapaza, R. D. M. Apaza, and J. T. Yucra, “Propuesta de implementación de topologías en sistemas de alumbrado público con micro-inversores e inyección a la red con energía solar

- fotovoltaica,” 2024. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:269744470>
- [51] D. Velasco, “Reconfiguración de controladores para inversores fotovoltaicos con almacenamiento de energía en DC operando como generadores autónomos en una microrred,” 2012. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:161334787>
- [52] J. C. V. de Kuyper, “PRINCIPIOS Y APLICACIONES DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA Y DE LAS BATERÍAS,” 2018. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:199253886>
- [53] C. J. P. Paguay and K. L. Q. Llano, “Diseño e implementación de un sistema de potencia portátil basado en sistemas microprocesados para la administración del suministro de energía para equipos existentes en el laboratorio de uavs y aplicaciones ópticas,” 2019. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:181881045>
- [54] S. B. Marreros *et al.*, “Situación de manejo de las baterías de plomo ácido en el Perú,” *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 2022, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:260917321>
- [55] T. Mora and N. Cecilia, “Plan de negocios para la fabricación y comercialización de baterías de gel y fibra de vidrio para automóviles y motocicletas en la ciudad de Quito,” 2015. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:111703212>
- [56] W. I. D. de Melo, M. A. D. de Almeida, A. V da C. Oliveira, and M. C. P. Filho, “Recomposição Automática de Energia Elétrica Alimentada a Partir do uso de Baterias Estacionárias,” *Proceedings do Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos*, 2023, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:275903406>
- [57] V. L. Hernández *et al.*, “Reciclaje y reúso de baterías de litio en América Latina y el Caribe: revisión analítica de prácticas globales y regionales,” 2024. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:268340077>
- [58] J. F. T. Alarcón and C. F. O. Armijos, “Diseño y construcción de un sistema de generación de energía fotovoltaica con respaldo de alimentación y control automático de carga,” 2015. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:170113047>
- [59] A. F. de Carvalho Pinto Neto, M. P. Almeida, W. N. Macêdo, and J. T. Pinho, “Desenvolvimento e análise operacional de um controlador de carga ON/OFF,” *Revista Brasileira de Energia Solar*, 2016, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:171911274>
- [60] E. A. L. Paipa, M. A. B. Serrano, and S. B. S. Mora, “Controlador de carga PWM eficiente y de bajo costo para sistemas fotovoltaicos autónomos,” *Respuestas*, vol. 23, pp. 6–13, 2018, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:88495087>

- [61] L. F. Bustos-Márquez, S. B. Sepúlveda-Mora, D. Guevara-Ibarra, and B. Medina-Delgado, “Controlador de carga MPPT con método de estimación del estado de carga basado en conteo de amperios hora y voltaje a circuito abierto,” *Ingeniería*, 2023, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:259913704>
- [62] J. A. Mejía-Zurita, K. A. Moreira-Narváez, L. A. González-Quiñonez, E. F. Quiñónez-Guagua, and I. E. Erazo-Velasco, “Mantenimiento en los tableros eléctricos de distribución,” *Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies*, 2023, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:259632599>
- [63] K. H. Reyes, F. H. R. Leyva, and A. J. M. Jasso, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TABLERO PARA PRÁCTICAS DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA INDUSTRIAL,” *Actas del Congreso de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 2025, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:276861475>
- [64] V. B. Giménez, N. C. Cabanes, G. G. Ysasi, A. M. Antón, and M. I. T. Clemente, “Designación de los cables eléctricos en baja tensión,” 2019. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:198090019>
- [65] S. Moyolema and C. Fernando, “Análisis de fallos y evaluación energética de anomalías en conductores eléctricos de potencia mediante termografía,” 2016. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:164973926>
- [66] G. M. Masters, *Renewable and Efficient Electric Power Systems*. Wiley, 2004. doi: 10.1002/0471668826.
- [67] M. R. Rusli, E. N. Sholikhah, L. Aminulloh, E. H. Binugroho, R. S. Dewanto, and D. Pramadihanto, “Battery Sizing Calculation and Consideration for The Electric Apron Bus System,” in *2023 6th International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)*, IEEE, Nov. 2023, pp. 11–16. doi: 10.1109/ICOIACT59844.2023.10455837.
- [68] J. Accarino, G. Petrone, C. A. Ramos-Paja, and G. Spagnuolo, “Symbolic algebra for the calculation of the series and parallel resistances in PV module model,” in *2013 International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP)*, IEEE, Jun. 2013, pp. 62–66. doi: 10.1109/ICCEP.2013.6586967.
- [69] M. U. Pérez-Zepeda and L. J. Rocha-Balcázar, “Descriptive Studies,” in *Aging Research - Methodological Issues*, Cham: Springer International Publishing, 2015, pp. 39–46. doi: 10.1007/978-3-319-18323-7_4.
- [70] J. Hie, “Exploratory research,” in *Encyclopedia of Sport Management*, Edward Elgar Publishing, 2024, pp. 349–351. doi: 10.4337/9781035317189.ch203.
- [71] S. Hunziker and M. Blankenagel, “Experimental Research Design,” in *Research Design in Business and Management*, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2021, pp. 221–234. doi: 10.1007/978-3-658-34357-6_12.

10. ANEXOS

CERTIFICACIÓN DE INFORME DE SIMILITUD

En mi calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica con el tema: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA EL ABASTECIMIENTO PARCIAL ENERGÉTICO DE LA CAPILLA DE LA COMUNIDAD LA MARISCAL SUCRE, PARROQUIA POALO, CANTÓN LATACUNGA”**, de Brayan Damian Maigua Álvarez, Carlos Enrique Manobanda Manobanda, de la carrera de Electricidad remito la captura de pantalla del reporte del sistema de reconocimiento de texto Turnitin, con un porcentaje de coincidencias del 5 %; y, expreso una vez más, mi conformidad en cuanto a la dirección del trabajo de titulación.

Roberto Salazar
Tesis_Maigua_Manobanda

Quick Submit
Quick Submit
Universidad Técnica De Cotopaxi


5% Similitud general
El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

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

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Latacunga, agosto del 2025.



Ing. Salazar Achig Edgar Roberto MSc.

C.C: 050284761-9

TUTOR

CERTIFICACIÓN DE INFORME DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

En mi calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica con el tema: "IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA EL ABASTECIMIENTO PARCIAL ENERGÉTICO DE LA CAPILLA DE LA COMUNIDAD LA MARISCAL SUCRE, PARROQUIA POALO, CANTÓN LATACUNGA", de Brayan Damian Maigua Álvarez, Carlos Enrique Manobanda Manobanda, de la carrera de Electricidad remito la captura de pantalla del reporte del sistema de reconocimiento de texto Turnitin, con un porcentaje de coincidencias del *%; y, expreso una vez más, mi conformidad en cuanto a la dirección del trabajo de titulación.

Roberto Salazar
Tesis_Maigua_Manobanda

Quick Submit
Quick Submit
Universidad Técnica De Cotacachi

turnitin Página 2 of 60 - Descripción general de la escritura con IA Identificador de la entrega: 1335492709

***% detectado como IA**
La detección de IA incluye la posibilidad de paráfrasis. Aunque cierto texto en esta entrega se generó probablemente con IA, los puntajes inferiores al umbral de 20% no aparecen porque tienen una mayor probabilidad de falsos positivos.

Precaución: se requiere revisión.
Es crucial responder los ítems de indicación de IA antes de la toma de decisiones acerca del trabajo del estudiante. La alerta nos ayuda a obtener más información acerca de las funciones de detección de IA de Turnitin antes de usar la herramienta.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Latacunga, agosto del 2025.

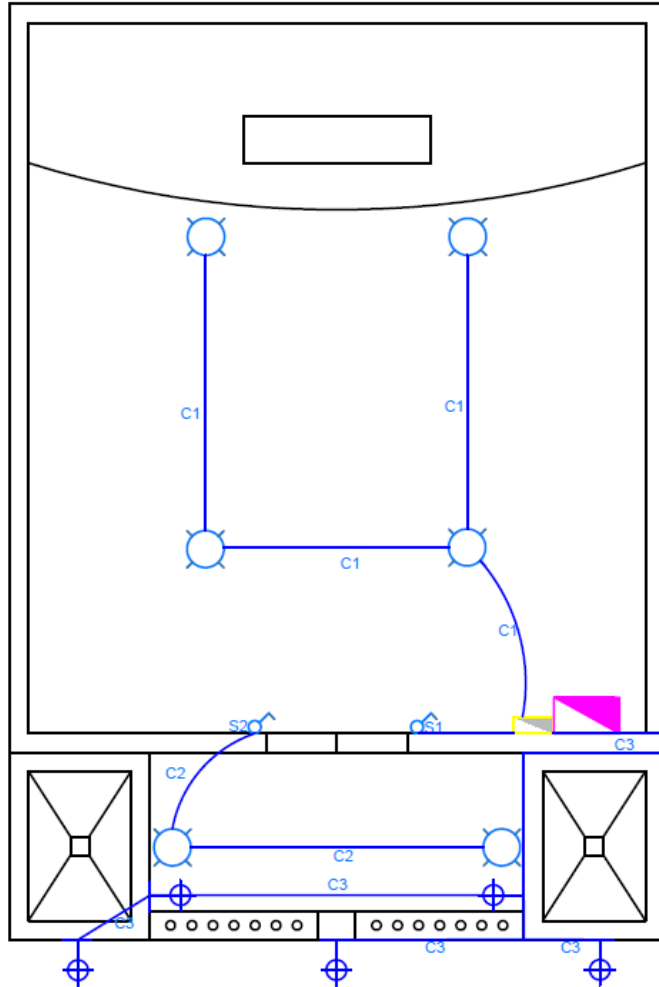


Ing. Salazar Achig Edgar Roberto MSc.

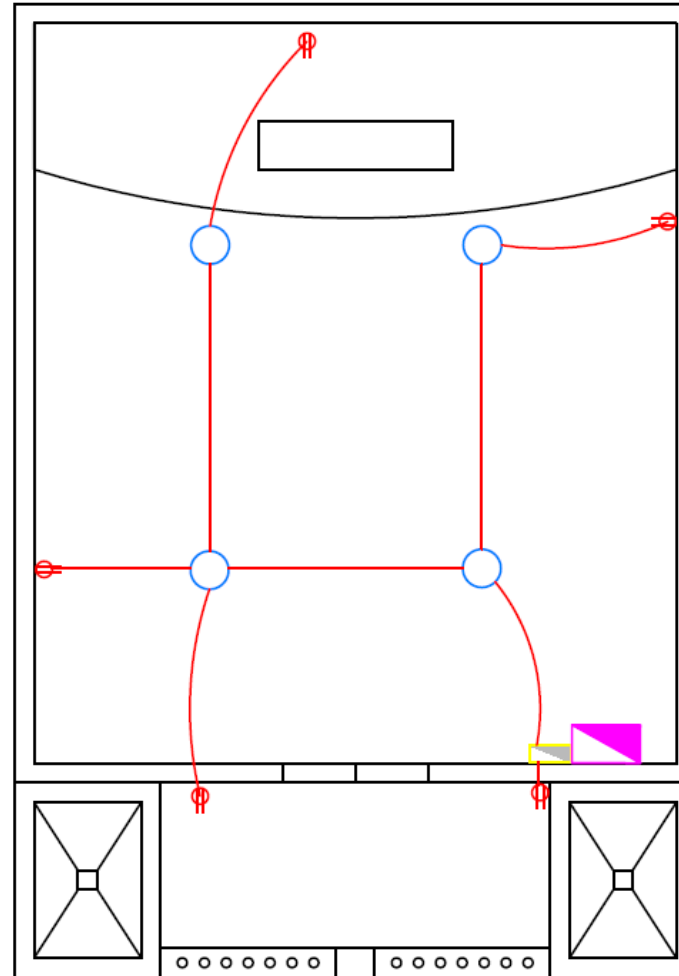
C.C: 050284761-9

TUTOR

ILUMINACION



FUERZA



UNIVERSIDAD
TECNICA
DE COTOPAXI

CIYA

PROYECTO DE
TITULACION

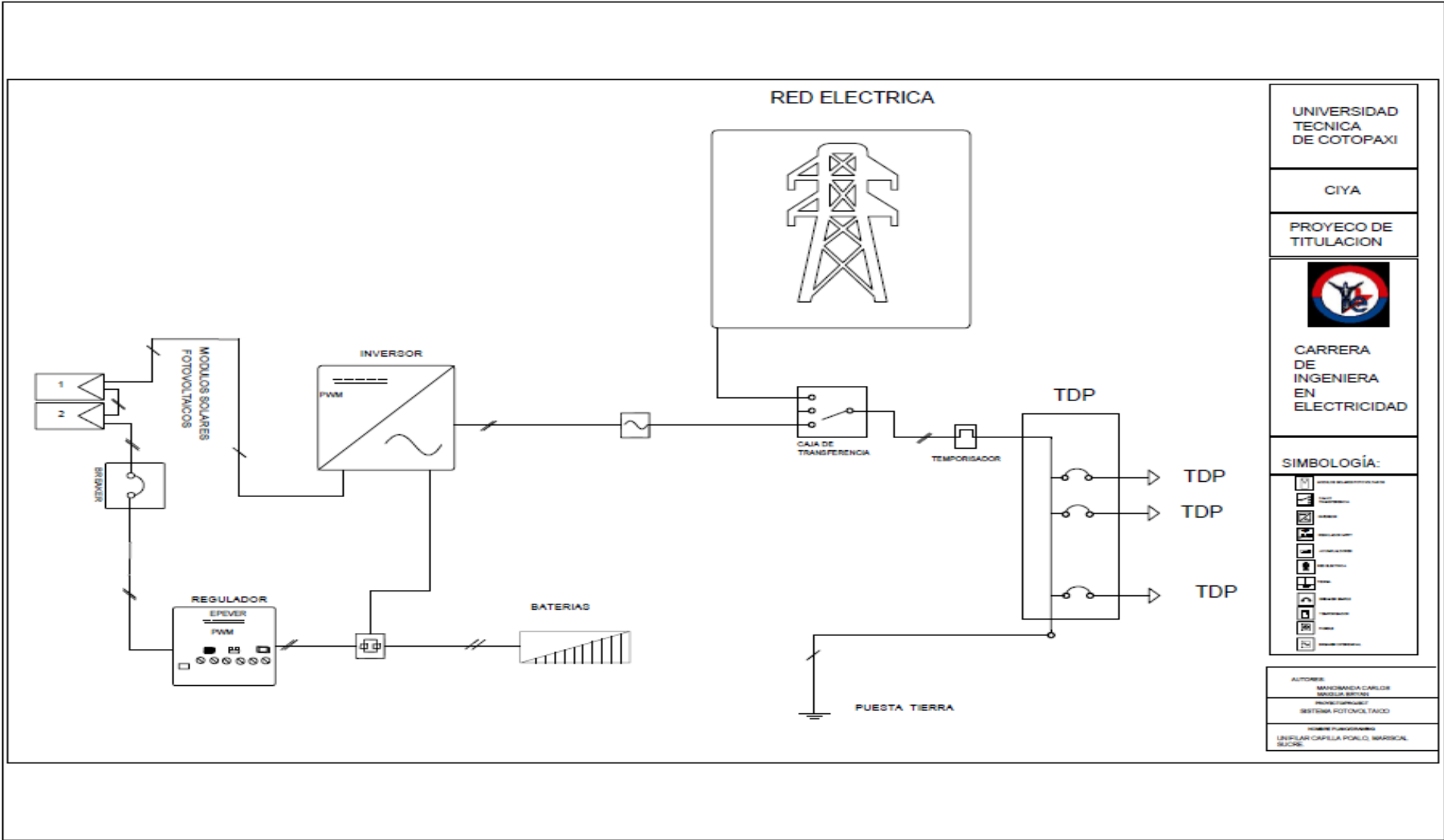


CARRERA
DE
INGENIERA
EN
ELECTRICIDAD

AUTORES:
INGENIERA CARLOS MARCIAL SUAREZ
PROYECTARQUIST SISTEMA FOTOVOLTAICO
INGENIERO FUNDADOR LUMINAR CAPILLA POND. MARISCAL SUAREZ

SIMBOLOGIA

	TRANSFORMACION CORRIENTE FUERTE
	CABLEADO DE SUBDISTRIBUCION 20A+ 200V-220V-21/2"
	CABLEADO DE FUERZA 20A+ 210V-220V-21/2"
	ALAMBRE DE FIBRA OPTICA 200/100V
	CABLE DE FIBRA OPTICA FIBRA FOTOVOLTAICO ELECTRICA SUAREZ 20"
	SWITCH DE SUBDISTRIBUCION -1 FASE 2 PULSOS
	REINTERRUPTOR
	REINTERRUPTOR SIMPLE 15A 120V
	LUMINARIA 200/100V



UNIVERSIDAD
TECNICA
DE COTOPAXI

CIYA

PROYECO DE
TITULACION



CARRERA
DE INGENIERA
EN ELECTRICIDAD

SIMBOLOGÍA:



AUTORA:
MARIBANDA CARLOS
MARCIA RIVERA
PROYECTO DEL
SISTEMA FOTOVOLTAICO
TUBO PUBLICACIONES
LINEAR CAPILLA POALO, MARISCAL
RIVERA

MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS INSTALADOS

Materiales y Equipos	Mantenimiento Semestral	Mantenimiento Anual
Estructura de montaje		X
Panel Fotovoltaico de potencia 200W 12VDC	X	
Regulador de carga PWM modelo FT4024 de 30A		X
Batería de Gel 120A/h 12VDC marca ULT		X
Inversor DC/AC 1200W marca DOXIN	X	
Tomacorriente doble	X	
Barra de borneras de conexión	X	
Breaker térmico monofásico de 20 A	X	
Breaker diferencial 2P 63A 30ma	X	
Temporizador 12V RAIL DIN. THC15A	X	





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD
PROPUESTA TECNOLÓGICA

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA EL ABASTECIMIENTO PARCIAL
ENERGÉTICO DE LA CAPILLA DE LA COMUNIDAD LA MARICAL SECRA, PARROQUIA PISALLO, CANTÓN
LATACUNGA

Autor:
MSc. Álvaro Rojas Durán
Membres del Jurado: Carlos Cordero
Tutor Académico:
Ing. Nelson Arday Cárdenas MSc.

LATACUNGA - ECUADOR
2023