



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

**“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.”**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA PRESENTADO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRICIDAD**

AUTORES:

Luna Mena Cristian Roberto
Valdez Zambrano Angelo Jhosue

TUTOR:

Dr. Mg. Secundino Marrero Ramírez

LATACUNGA- ECUADOR
Octubre 2024 - febrero 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **LUNA MENA CRISTIAN ROBERTO** con CC: **0503960056** y **VALDEZ ZAMBRANO ANGELO JHOSUE** con CC: **1750717736** declaramos ser autores de la presente Propuesta Tecnológica: **"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"**, siendo el Dr. **SECUNDINO MARRERO RAMÍREZ MSc.**, tutor del presente trabajo; y eximo 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 Artículo académico, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, febrero 2025

Atentamente,



.....
Luna Mena Cristian Roberto
CI: 0503960056



.....
Valdez Zambrano Angelo Jhosue
CI: 1750717736

AVAL DEL TUTOR

En calidad del Tutor del Trabajo de Propuesta Tecnológica sobre el título:

“IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GENERACION FOTOVOLTAICO PARA EL ABASTO PARCIAL DE ENERGÍA EN UNA VIVIENDA DE LA ZONA RURAL DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”, de los estudiantes Luna Mena Cristian Roberto y Valdez Zambrano Angelo Jhosue, de la carrera de Ingeniería en Electricidad, considero que dicho Informe Tecnológico cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxí designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 18 de febrero de 2025



Ing. Secundino Marrero Ramirez Ph.D.

C.C. 1757107907

TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban la presente 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: **Luna Mena Cristian Roberto** con cedula de ciudadanía C.C: **0503960056** y **Valdez Zambrano Angelo Jhosue** con cedula de ciudadanía C.C: **1750717736**, con el título de Proyecto de titulación: **"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"**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Latacunga, febrero de 2025

Para constancia firman:



.....
Lector 1 (presidente)

Ing. Jiménez Jiménez Diego Leonardo MSc.

CC: 0503493702



.....
Lector 2

Ing. Salazar Achig Edgar Roberto MSc.

CC: 0502847619



.....
Lector 3

Ing. León Segovia Marco Aníbal MSc.

C.C. 0502305402

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Técnica de Cotopaxi y a nuestros docentes que contribuyen a nuestra formación como profesionales y seres humanos, con principios y valores dignos de la filosofía utecina.

A nuestro Tutor de tesis Dr. Marrero Secundino, por guiarnos de manera satisfactoria en el camino a culminar este trabajo de grado.

Agradecer al Ing. Bolivar Montalvo jefe de bodega general ELEPCO.S.A. Y a todos los que conforman bodega general ELEPCO.S. A por su apoyo incondicional. Por su amistad, enseñanzas y deberes como ser humano. Agradecer a ELEPCO.S. A por abrirme las puertas y permitirme realizar mis prácticas preprofesionales en la institución, por depositar su confianza en mí y por permitirme ser parte de su familia.

A mi compañero de tesis Angelo Valdez, por su amistad por su apoyo durante este camino académico.

Luna Mena Cristian Roberto

DEDICATORIA

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a mis padres Roberto Luna y Olga Mena y a mi familia, quienes han sido una fuente inigualable de inspiración, un sólido sostén y un modelo de perseverancia para mí. A mis amigos, les agradezco su amor incondicional y su constante aliento a lo largo de este recorrido.

A mis profesores y mentores, cuya sabiduría y guía han iluminado mi sendero académico. A todos aquellos que han aportado de alguna manera a este logro, les extiendo mi más profundo agradecimiento por formar parte de este significativo capítulo de mi vida.

A mi tío Ing. Marcelo Tello que desde el primer día que ingrese a la Universidad Técnica de Cotopaxi estuvo pendiente de mi crecimiento profesional y como ser humano.

Luna Mena Cristian Roberto

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a las personas que estuvieron y me apoyaron en esta etapa universitaria, que gracias a ellos estoy culminando y logrando ser un gran profesional y persona.

A mi madre, mi padre y mis hermanos los agradezco por toda la paciencia y el apoyo incondicional que han sabido mantener sobre mí y que hemos estado en las buenas y en las malas, pero siempre juntos para adelante.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por brindarnos esta oportunidad de lograr cumplir nuestras metas y llegar a formarnos primero como personas y también en el ámbito profesional, a mi tutor de tesis Dr. Secundino, que fue un guía en todo este proyecto, y a mi compañero de tesis Cristian Luna, que a pesar de los días de buenos y malos que hemos tenido, todo lo hemos podido sobrellevar y darnos ese apoyo mutuo para conseguirlo.

Valdez Zambrano Angelo Jhosue

DEDICATORIA

Este proyecto o tesis se lo dedico a mi madre Rosa Zambrano, por demostrar siempre su valor y fortaleza ante mí y mis hermanos, ser una inspiración de valentía y amor, a mi padre Roberto Valdez, que desde el cielo él nos cuida y vela por todos nosotros, son mis padres y son lo más valioso que tengo y los amo.

A mis hermanos Dennis Valdez y Alessandro Valdez, que siempre han estado para brindarme su alegría en todo momento, y los tres hemos logrado siempre salir adelante.

A mis tíos Cesar Londoño y Manolo Valdez que han estado cuidando de mi familia y mi persona desde que mi padre partió, han sido un gran refugio en momentos de incertidumbre.

A mi gran amigo David, que juntos empezamos esta etapa universitaria y juntos estamos logrando completarla, a pesar de las dificultades y obstáculos hemos estado el uno para el otro.

Valdez Zambrano Angelo Jhosue

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

CARRERA DE ELECTRICIDAD

TITULO: “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.”

Autores:

Luna Mena Cristian Roberto

Valdez Zambrano Angelo Jhosue

RESUMEN

La presente propuesta tecnológica tiene como objetivo la implementación de un sistema de generación fotovoltaica con el fin de abastecer parcialmente de energía eléctrica a una vivienda en la zona rural de la provincia de Cotopaxi. Dada la necesidad de garantizar un suministro de electricidad estable, en particular en casos de cortes del servicio donde es indispensable para el bienestar de la salud de las personas, como también el de promover el uso de energías renovables para reducir el impacto ambiental de igual manera el disminuir el costo de facturación de la planilla eléctrica de la familia beneficiada. La investigación analiza el potencial de la energía solar fotovoltaica de la zona, considerando las condiciones climáticas de la zona del proyecto, y de igual modo el aprovechamiento de la radiación solar a lo largo del año. Se describe el diseño, el dimensionamiento y la selección de los equipos o componentes que conforman el sistema, siendo los paneles solares, baterías, reguladores de carga, el inversor y el tablero eléctrico bypass. Los cálculos detallados determinan la cantidad de energía necesaria y la capacidad de almacenamiento, asegurando un sistema confiable y adecuado a la vivienda. El análisis de los datos se lo realiza mediante softwares especializados para los sistemas fotovoltaicos, lo que permite evaluar el rendimiento energético y su eficiencia, además de una comparativa del consumo antes y el después de la implementación, evidenciando una reducción significativa de la dependencia de la red eléctrica. Los resultados obtenidos confirman que es una solución viable y sostenible el sistema fotovoltaico para la vivienda rural y sus habitantes, no solo mejorando la calidad de vida y disminuyendo los costos, sino que también el fomentar el uso de energías limpias y el promover la eficiencia energética en la comunidad, con el fin contribuir a la preservación del medio ambiente.

Palabras Clave: Energías renovables, energía solar fotovoltaica, autonomía energética, impacto ambiental, radiación solar, sistemas fotovoltaicos aislados.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

ELECTRICAL ENGINEERING CAREER

THEME: “IMPLEMENTATION OF A PHOTOVOLTAIC GENERATION SYSTEM FOR PARTIAL ENERGY SUPPLY IN A HOME IN THE RURAL AREA OF THE PROVINCE OF COTOPAXI.”

Authors:

Luna Mena Cristian Roberto

Valdez Zambrano Angelo Jhosue

ABSTRACT

The objective of this technological proposal is the implementation of a photovoltaic generation system to partially supply electricity to a house in the rural area of the province of Cotopaxi. Given the need to guarantee a stable electricity supply, particularly in cases of power outages where it is essential for the well-being of people's health, as well as to promote the use of renewable energies to reduce the environmental impact as well as to reduce the cost of billing the electricity bill of the beneficiary family. The research analyzes the photovoltaic solar energy potential of the area, considering the climatic conditions of the project area, as well as the use of solar radiation throughout the year. The design, sizing and selection of the equipment or components that make up the system are described, being the solar panels, batteries, charge regulators, the inverter, and the electrical bypass panel. Detailed calculations determine the amount of energy needed and the storage capacity, ensuring a reliable and adequate system for the house. The data analysis is performed using specialized software for photovoltaic systems, which allows us to evaluate the energy performance and efficiency, as well as a comparison of consumption before and after implementation, showing a significant reduction in dependence on the power grid. The results obtained confirm that the photovoltaic system is a viable and sustainable solution for rural housing and its inhabitants, not only improving the quality of life and reducing costs but also encouraging the use of clean energy and promoting energy efficiency in the community, in order to contribute to the preservation of the environment.

Keywords: Renewable energies, photovoltaic solar energy, energy autonomy, environmental impact, solar radiation, isolated photovoltaic systems.

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 DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO PARA EL ABASTO PARCIAL DE ENERGÍA EN UNA VIVIENDA DE LA ZONA RURAL DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI."** presentado por: **Luna Mena Cristian Roberto** y **Valdez Zambrano Angelo Jhosue** 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, 18 de febrero del 2025

Atentamente,



Lic. Estuardo Vladimir Sandoval Vizuet
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0502104219



ÍNDICE GENERAL

1.	INFORMACIÓN BÁSICA.....	1
2.	INTRODUCCIÓN	2
2.1.	PROBLEMA	2
2.1.1.	Situación Problemática	2
2.1.2.	Formulación del Problema.....	3
2.2.	OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	3
2.2.1.	Objeto de Investigación:	3
2.2.2.	Campo de Acción:	3
2.3.	JUSTIFICACIÓN.....	3
2.4.	BENEFICIARIOS	4
2.4.1.	Directo	4
2.4.2.	Indirecto.....	4
2.5.	OBJETIVOS.....	4
2.5.1.	General.....	4
2.5.2.	Específicos.....	5
2.6.	HIPÓTESIS Y SISTEMAS DE TAREAS	5
2.6.1.	Hipótesis	5
2.6.2.	Sistema de tareas.....	5
3.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
3.1.	ANTECEDENTES	6
3.2.	CONCEPTOS GENERALES.....	9
3.2.1.	Energías renovables	9
3.2.2.	Energía Solar	10
3.2.3.	Ventajas y desventajas de las energías renovables	10
3.2.3.1.	Ventajas.....	10
3.2.3.2.	Desventajas	10
3.3.	ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	11
3.3.1.	Efecto fotoeléctrico.....	11
3.3.2.	Radiación Solar.....	12
3.3.3.	Tipos de radiación.....	12
3.3.4.	Medición de la radiación solar.....	12
3.4.	PANELES SOLARES.....	13
3.4.1.	Orientación e Inclinación.....	14
3.4.2.	Tipos de paneles Solares.....	14
3.4.2.1.	Monocristalinos.....	14
3.4.2.2.	Policristalinos	14
3.5.	INVERSOR	15
3.5.1.	Tipos de inversores fotovoltaicos	15
3.5.1.1.	Inversores de red	15
3.5.1.2.	Inversores híbridos	15
3.5.1.3.	Inversores aislados	16

3.6.	BATERÍAS O ACUMULADORES.....	16
3.6.1.	Tipos de Baterías	16
3.6.1.1.	Baterías de plomo ácido abierto	16
3.6.1.2.	Baterías de gel	17
3.6.1.3.	Baterías estacionarias	17
3.6.1.4.	Baterías de litio	17
3.7.	REGULADOR O CONTROLADOR DE CARGA	17
3.7.1.	Tipos de reguladores de carga.....	17
3.7.1.1.	Reguladores de carga solar PWM	17
3.7.1.2.	Reguladores de carga solar MPPT	18
3.8.	FÓRMULAS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AISLADOS	18
3.8.1.	Determinar el consumo.....	18
3.8.2.	Cálculo sobre la radiación solar	19
3.8.3.	Cálculo de las baterías	19
3.8.4.	Cálculo del módulo solar	19
3.8.5.	Selección del regulador de carga	20
3.8.6.	Selección del inversor	20
3.8.7.	Dimensionamiento de los conductores	20
4.	MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.....	21
4.1.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	21
4.2.	TIPOS DE INVESTIGACIÓN.....	21
4.3.	INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA MEDIR LA RADIACIÓN SOLAR.....	22
4.3.1.	Brújula de Apple Store	22
4.3.2.	Sistema de posicionamiento global (Google Earth).....	22
4.4.	Datos de la radiación solar del lugar.....	23
4.5.	RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA RADIACIÓN SOLAR EN EL LUGAR DEL PROYECTO.....	24
4.5.1.	Representación gráfica de los datos obtenidos.....	25
4.5.2.	Hora solar pico en Rio blanco, lugar del proyecto.....	26
4.5.3.	Hora solar pico en Rio blanco, lugar del proyecto.....	26
4.6.	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	27
4.6.1.	Levantamiento de carga para la energía que se requiere para el sistema fotovoltaico	27
4.6.2.	Cálculo de las Baterías.....	27
4.6.2.1.	Baterías en paralelo	28
4.6.2.2.	Baterías en serie	28
4.6.3.	Cálculo de Paneles Solares	28
4.6.3.1.	Paneles solares en paralelo	28
4.6.3.2.	Paneles solares en serie	28
4.6.4.	Selección del Controlador.....	29
4.6.5.	Selección del inversor.....	29
4.6.6.	Cálculo del calibre del conductor	29
4.6.6.1.	Dimensionamiento del conductor desde el módulo solar hasta el regulador de carga MPPT	29

4.6.6.2.	Dimensionamiento del calibre de los conductores del regulador de carga MPPT hacia los acumuladores.....	30
4.6.6.3.	Dimensionamiento del conductor del inversor a la caja bypass	30
4.6.6.4.	Dimensionamiento del inversor a la caja de bypass	31
4.6.6.5.	Dimensionamiento del conductor de la caja bypass a las cargas respectivas.	31
4.6.6.6.	Dimensionamiento del conductor de la caja bypass a la red eléctrica.....	32
4.6.7.	Cálculo de las protecciones.....	32
4.6.7.1.	Dimensionamiento de la protección para el módulo solar.....	32
4.6.7.2.	Dimensionamiento de la protección para las baterías.....	32
4.6.7.4.	Dimensionamiento de la protección del inversor a la carga	33
4.6.7.5.	Dimensionamiento de la protección para las cargas.....	33
4.6.7.6.	Dimensionamiento de los contactores del bypass	33
4.7.	MATERIALES	34
4.7.1.	Paneles solares monocristalinos.....	34
4.7.2.	Regulador de carga	34
4.7.3.	Inversor	35
4.7.4.	Baterías	36
4.7.5.	Gabinetes metálicos	37
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	38
5.1.	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO REAL DE LA CARGA ANTES DE LA MEJORA ENERGÉTICA E IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO SOLAR	38
5.1.1.	Estudio de la demanda real de la vivienda	39
5.1.2.	Estudio de la potencia activa de la vivienda	40
5.2.	ANÁLISIS DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO CON EL USO DEL SOFTWARE DE PVSYST	41
5.2.1.	Resultados del sistema	41
5.2.2.	Características del diseño del sistema fotovoltaico.....	41
5.2.3.	Pérdidas del sistema fotovoltaico.....	42
5.2.4.	Detalle del uso de la demanda de la energía de los usuarios.....	42
5.2.5.	Resultados de la simulación del sistema fotovoltaico con PVSYST	43
5.2.5.1.	Resultados principales.....	43
5.2.5.2.	Producciones normalizadas por kW instalado.....	43
5.2.5.3.	Relación de rendimiento PR.....	44
5.2.5.4.	Balances y resultados principales.....	44
5.3.	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO REAL DE LA CARGA, YA INSTALADO EL MÓDULO FOTOVOLTAICO	45
5.3.1.	Estudio y comparación de la demanda.....	45
5.3.2.	Estudio y comparación de la potencia activa	46
5.4.	SISTEMA PUESTA A TIERRA	47
5.5.	AUTONOMÍA DEL SISTEMA	48
5.5.1.	Tiempo de carga de la batería	48
5.5.1.1.	Cálculo de la corriente del sistema fotovoltaico.....	48
5.5.1.2.	Cálculo de la corriente de consumo.....	48

5.6.	TIEMPO DE CARGA DE LA BATERÍA	48
5.7.	TIEMPO DE DESCARGA DE LA BATERÍA.....	49
5.8.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA	49
5.8.1.	Prueba de descarga de la batería	49
5.8.2.	Cálculos teóricos de la descarga de la batería.....	49
5.8.3.	Tiempo de descarga de la batería.....	50
5.8.4.	Tiempo de carga de la batería	51
5.9.	ANÁLISIS ECONÓMICO, APUS DEL PROYECTO INSTALADO	52
5.9.1.	Análisis técnico - económico - ambiental	52
5.9.1.1.	Retorno de Inversión	53
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
6.1.	CONCLUSIONES.....	54
6.2.	RECOMENDACIONES	55
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
8.	ANEXOS	60
8.1.	ANEXO 1	60
8.2.	ANEXO 2	60
8.3.	ANEXO 3	60
8.4.	ANEXO 4.....	61
8.5.	ANEXO 5.....	61
8.6.	ANEXO 6.....	62
8.7.	ANEXO 7.....	62
8.8.	ANEXO 8.....	63
8.9.	ANEXO 9.....	63
8.10.	ANEXO 10.....	64
8.11.	ANEXO 11	64
8.12.	ANEXO 12.....	65
8.13.	ANEXO 13	65
8.14.	ANEXO 14.....	66
8.15.	ANEXO 15	66
8.16.	ANEXO 16.....	67
8.17.	ANEXO 17	68
8.18.	ANEXO 18.....	69
8.19.	ANEXO 19.....	70
8.20.	ANEXO 20.....	71
8.21.	ANEXO 21	72
8.22.	ANEXO 22.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Esquema de un sistema fotovoltaico [20].	11
Figura 3.2. Ejemplo del efecto fotoeléctrico [22].	11
Figura 3.1. Partes principales de un Pirheliómetro [25].	13
Figura 4.2. Panel solar monocristalino [28].	13
Figura 3.5. Panel policristalino de 280 W [32].	15
Figura 3.6. Inversor de DC/AC [34].	15
Figura 3.7. Partes de la batería [37].	16
Figura 3.8. Regulador de voltaje tipo MPPT [41].	17
Figura 4.9. Ubicación del proyecto con la Aplicación de Brújula de Apple Store [45].	22
Figura 4.10. Latitud y longitud con la aplicación de Google Earth.	23
Figura 4.11. Representación gráfica del comportamiento de la radiación solar de un mes en la zona del proyecto	24
Figura 4.12. Medición de la radiación solar con el piranómetro	25
Figura 4.13. Radiación solar promedio de sector Río Blanco.	25
Figura 4.14. Comparación de la radiación	26
Figura 4.15. Instalación de los paneles fotovoltaicos en el área respectiva.	34
Figura 4.16. Regulador de carga marca EPEVER MPPT	35
Figura 4.17. Inversor de onda pura marca EPEVER IP1500	36
Figura 4.18. Baterías de gel JYC BATTERY.	37
Figura 4.19. Gabinete metálico de 60x65x15 cm.	38
Figura 4.20. Caja metálica de 25x20x15 cm.	38
Figura 5.21. Analizador de red instalado en el medidor de la vivienda.	39
Figura 5.22. Gráfica de la energía activa consumida por la vivienda	40
Figura 5.23. Gráfica de la potencia activa.	40
Figura 5.24. Resultados del sistema por PVSYST.	41
Figura 5.25. Datos ingresados en el PVSYST.	41
Figura 5.26. Pérdidas del sistema proporcionado por PVSYST.	42
Figura 5.27. Detalle del levantamiento de carga en la residencia.	43
Figura 5.28. Resultados del sistema en una proyección de un año.	43
Figura 5.29. Representación de la producción normalizada por mes.	44
Figura 5.30. Rendimiento del sistema fotovoltaico por mes.	44
Figura 5.31. Instalación del analizador de red Pure BB.	45
Figura 5.32. Comportamiento de la energía activa consumida, y valor de la energía dimensionada.	46
Figura 5.33. Comportamiento de la potencia activa, y valor de la potencia dimensionada.	47
Figura 5.34. Instalación de puesta a tierra para protección de los sistemas eléctricos.	47
Figura 5.35. Medición de la corriente consumida en AC	50
Figura 5.36. Comportamiento de la descarga de la batería	51
Figura 8.37. Colocación de los lagartos y ondas de corriente para la medición y análisis inicial del predio.	60
Figura 8.38. Ensamblaje y conexión de los equipos eléctricos.	60
Figura 8.39. Conexión de paneles fotovoltaicos (Triana- Vertex)	61
Figura 5.40. Colocación caja bypass	61
Figura 8.41. Colocación riel, contactores de la caja bypass.	62
Figura 8.42. Colocación componentes bypass.	62
Figura 8.43. Sujeción canaletas.	62
Figura 8.44. Colocación canaletas ranuradas 40x40cm.	63

Figura 8.45. Conexiones internas gabinete fotovoltaico.....	63
Figura 8.46. Colocación y conexión cable superflex 3x8.	64
Figura 8.47. Gabinete fotovoltaico, con su etiquetado.....	64
Figura 8.48. Ubicación paneles fotovoltaicos, con su inclinación y ángulo óptimo.....	65
Figura 8.49. Baterías JYC con su señalética.....	65
Figura 8.50. Bypass con su señalética.....	66
Figura 8.51. Caja de distribución con su señalética.....	66
Figura 8.52. Plano iluminación vivienda	
Figura 8.53. Esquema de sistema de fuerza.....	
Figura 8.54. Diagrama Unifilar sistema fotovoltaico.....	
Figura 8.55. Diagrama multifilar sistema fotovoltaico	
Figura 8.56. Factura Solar Box	71
Figura 8.57. Factura bypass.	72
Figura 8.58. Factura de analizador de red.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Sistema de tareas.....	5
Tabla 3.2. Análisis global sobre la energía solar fotovoltaica	7
Tabla 3.3. Análisis en Sudamérica sobre la energía solar fotovoltaica.....	8
Tabla 3.4. Análisis en Ecuador sobre la Energía Solar Fotovoltaica	8
Tabla 3.5. Caída de voltaje entre la conexión de los equipos.	21
Tabla 4.6. Datos de la radiación solar en la zona del proyecto.....	23
Tabla 4.7. Comparación de datos de radiación solar	26
Tabla 4.8. Energía que se necesita para el sistema fotovoltaico.	27
Tabla 4.9. Característica o especificaciones técnicas de los módulos solares.	34
Tabla 4.10. Características técnicas del regulador de carga.....	35
Tabla 4.11. Características o especificaciones técnicas del inversor de onda pura.....	36
Tabla 4.12. Características o especificaciones técnicas de las baterías de gel.....	37
Tabla 5.13. Datos del aprovechamiento de la radiación solar.....	45
Tabla 5.14. Datos de la prueba de autonomía de las baterías	50
Tabla 5.15. Datos de la carga de baterías.....	51
Tabla 5.16. Costo total del proyecto del sistema fotovoltaico	52
Tabla 5.17. Retorno de inversión del proyecto de acuerdo con el consumo.....	53

1. INFORMACIÓN BÁSICA

Tema del proyecto: “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.”

Modalidad de Titulación:

Propuesta Tecnológica

Propuesta de Investigación

Carrera: Carrera de Electricidad.

Equipo de trabajo de Titulación:

POSTULANTE 1:

Nombres y Apellidos: Cristian Roberto Luna Mena

Cédula de Ciudadanía: 0503960056

E-mail: cristian.luna0056@utc.edu.ec

POSTULANTE 2:

Nombres y Apellidos: Angelo Jhosue Valdez Zambrano

Cédula de Ciudadanía: 1750717736

E-mail: angelo.valdez7736@utc.edu.ec

TUTOR:

Nombres y Apellidos: Dr. Mg. Secundino Marrero Ramírez

Cédula de Ciudadanía: 1757107907

E-mail: secundino.marrero@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación el área de conocimiento se encuentra bajo 07 Ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesiones Afines / 0713 Electricidad y Energía.

Líneas de investigación: Energías alternativas y renovables, Eficiencia energética y protección ambiental.

Sublíneas 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 necesidad de mitigar el impacto ambiental de las fuentes de energía convencionales como de los combustibles fósiles el cual han dado varios problemas ambientales, económicos y sociales, han sido factores para el impulso el desarrollo de tecnologías basadas en energías renovables. En este contexto, la energía solar fotovoltaica se ha posicionado como una alternativa viable y sostenible para la generación de electricidad, especialmente en zonas rurales donde el acceso a la red eléctrica puede ser limitado o costoso. Ecuador, debido a su ubicación geográfica en la línea ecuatorial, cuenta con un alto índice de radiación solar a lo largo del año, lo que representa una oportunidad significativa para la implementación de sistemas fotovoltaicos. Sin embargo, a pesar de este potencial, el uso de esta tecnología en el país aún es incipiente y enfrenta desafíos tanto técnicos como económicos. La demanda energía eléctrica es de suma importancia en las acciones del día a día, al igual que para las industrias para poder abastecer los equipos, infraestructura, por lo cual sus costos se van incrementado de acuerdo a su consumo.

Es así el presente documento a través de un análisis detallado del consumo energético, la disponibilidad de radiación solar y el dimensionamiento adecuado del sistema, se evaluará el impacto de esta tecnología en la mejora de la calidad de vida de los habitantes. Asimismo, se espera que esta investigación sirva como referencia para futuras iniciativas de electrificación rural con energías renovables, promoviendo el desarrollo sostenible y la eficiencia energética en la comunidad.

2.1. PROBLEMA

2.1.1. Situación Problemática

El alto valor para pagar de las facturas mensuales, en la planilla eléctrica de la vivienda ubicada en la Provincia de Cotopaxi sector Aglomerados Cotopaxi, se promueve el uso de energías alternas o renovables con el fin de ayudar a solventar los pagos mensuales del debido consumo, en este caso se optó por un sistema solar, ya que es un recurso finito y su explotación de la radiación solar, y su abastecimiento para los sistemas de fuerza e iluminación.

Un factor importante dentro de esta problemática es la presencia de un adulto mayor que padece asma y requiere el uso continuo de un concentrador de oxígeno eléctrico para su tratamiento. Las interrupciones en el suministro eléctrico ponen en riesgo su salud, ya que el equipo depende de una fuente de energía constante para su funcionamiento. En este sentido, la reciente crisis energética que ha afectado a Ecuador, caracterizada por apagones programados y cortes

inesperados de electricidad debido a la falta de generación hidroeléctrica, ha llegado los familiares a alquilar un generador eléctrico para estos casos, incrementando la vulnerabilidad de las familias rurales que dependen del suministro eléctrico convencional.

Además, este sistema solar ayudará en el plan de concientizar en la parte del ahorro económico y ambiental en la zona

La Universidad Técnica de Cotopaxi tiene como prioridad ayudar a la comunidad. Por lo tanto en apoyo con docentes y alumnos se planteó realizar un sistema de sistema fotovoltaico implementándolo en una vivienda de la zona rural de la Provincia de Cotopaxi el cual permitirá alimentar ciertas demandas como lo cubre los circuitos de iluminación y algunos equipos de fuerza.

En este contexto, potenciar para las habilidades profesionales de los estudiantes de ingeniería y reconociendo las oportunidades crecientes laborales en este campo, se presenta este trabajo que integra la teoría con la práctica para maximizar la generación de energía de energía paneles monocristalinos [1].

2.1.2. Formulación del Problema

La implementación de un sistema de generación fotovoltaico puede contribuir el abastecimiento parcial de energía en la vivienda, garantizando estabilidad eléctrica, reducción de costos y mejora en la calidad de vida de sus habitantes.

2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.2.1. Objeto de Investigación:

Sistema Fotovoltaico

2.2.2. Campo de Acción:

Energías renovables, industria, electricidad, sistemas de control.

2.3. JUSTIFICACIÓN

El propósito de la tesis es el enfoque de la electrificación de una vivienda rural para su abastecimiento parcial, por medio de un sistema de paneles fotovoltaicos, proporcionando así un beneficio en las necesidades básicas siendo estas de iluminación, sistema de fuerza, entre otras. Cabe recalcar que de igual manera que favorece en la sostenibilidad del hogar, en lo referido a la parte económica y confort. La tecnología ha ido avanzando con el pasar del tiempo

y en la actualidad existen diferentes formas en las cuales se utiliza las diversas fuentes de energía naturales que existen, además que por la situación del País en el ámbito de la crisis energética se ha propuesto y se ha visto a largo plazo que los paneles solares serán una fuente de energía alternativa, es así como Ecuador está avanzando en el crecimiento de la implementación de dichos equipos. La implementación de los paneles solares será de forma independiente y no conectada a la red de distribución, logrando así que en ocasiones que el servicio eléctrico sufra de apagones, caída del tendido eléctrico, o avería del transformador, o por circunstancias la cercanía a una industria, entre otros, la vivienda pueda contar con energía eléctrica.

Para este proceso se tomará en consideración la ubicación geográfica, los cambios del clima en el sector, la potencia requerida al momento de dimensionar el sistema.

2.4. BENEFICIARIOS

La implementación de un sistema de generación fotovoltaico en una vivienda rural de la provincia de Cotopaxi trae beneficios tanto a nivel individual como comunitario. Este proyecto no solo mejora la calidad de vida de los residentes al proporcionar una fuente de energía sostenible y económica, sino que también sirve como modelo para la adopción de energías renovables en la zona.

2.4.1. Directo

Los beneficiarios directos son la familia residente en la vivienda rural.

2.4.2. Indirecto

Comunidad local y sectores rurales.

2.5. OBJETIVOS

2.5.1. General

Desarrollar un sistema eléctrico fotovoltaico para el abasto parcial de energía en una vivienda de la zona rural de la provincia de Cotopaxi mediante la identificación de áreas de mejora de la instalación eléctrica.

2.5.2. Específicos

- Evaluar la demanda energética del sistema eléctrico de la residencia mediante cálculos y aplicaciones de simulaciones para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.
- Diseñar un sistema fotovoltaico para la vivienda de la Provincia de Cotopaxi.
- Implementar un sistema fotovoltaico para la vivienda de la Provincia de Cotopaxi.
- Realizar el análisis técnico - económico de la instalación fotovoltaica implementada en la vivienda.

2.6. HIPÓTESIS Y SISTEMAS DE TAREAS

2.6.1. Hipótesis

La implementación de un sistema de generación fotovoltaico en una vivienda rural de la provincia de Cotopaxi permitirá un abastecimiento parcial de energía eléctrica, reduciendo el consumo de la red pública y los costos en la facturación eléctrica, además de contar con suministro de energía en casos de cortes del suministro eléctrico, suscitados los meses anteriores, reduciendo la dependencia de fuentes convencionales y demostrando la viabilidad y rentabilidad para su posible replicación en otras viviendas rurales.

2.6.2. Sistema de tareas

La Tabla 2.1. de a continuación es un desglose detallado de las tareas requeridas para realizar el proyecto.

Tabla 2.1. Sistema de tareas.

Objetivos Específicos	Actividad (Tareas)	Resultados Esperados	Técnicas, Medios o Instrumentos
Evaluar la demanda energética del sistema eléctrico de la residencia mediante cálculos y aplicaciones de simulaciones para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.	Por medio de un levantamiento de cargas, recopilar los datos necesarios de la vivienda por saber la demanda que requiere. Aplicación del uso del analizador de Red.	Se evalúa que el sistema es el correcto además que cumple con la demanda que se analizó.	Recopilación de datos Excel Software PGS Sapphire
Diseñar un sistema fotovoltaico para la vivienda de la Provincia de Cotopaxi.	Utilizar un software especializado en los sistemas fotovoltaicos, con los cálculos del dimensionamiento para equipos a utilizar. Compra e implementación de los componentes necesarios.	Correcto dimensionamiento, como también las protecciones para las personas y también equipos que esta consta.	Software especializado en sistemas fotovoltaicos Referencias de manual de fabricación Repositorios de tesis

Implementar un sistema fotovoltaico para la vivienda de la Provincia de Cotopaxi	Adquirir los equipos necesarios, e instalar correctamente para su correcto funcionamiento.	Proporcione del suministro de energía eléctrica, y cumpla con la demanda necesaria.	Repositorios de tesis
--	--	---	-----------------------

Fichas técnicas de los equipos.

Realizar el análisis técnico - económico de la instalación fotovoltaica implementada en la vivienda.	Realizar gráficas de cómo es el comportamiento de la demanda energética y adicional de las baterías con respecto a su autonomía. Presentar informe económico de inversión inicial del sistema.	Que el sistema implementado es eficiente y seguro, además de tener una correcta autonomía para abastecer de energía al hogar.	Análisis Crítico
--	--	---	------------------

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. ANTECEDENTES

Antes que todo el término fotovoltaico significa “luz” que proviene del griego phos y lo siguiente que es voltaico en cambio proviene de electricidad, esto en distinción al científico Alejandro Volta, en Inglaterra en el año de 1849 se utilizó el término fotovoltaico [2].

Y así en 1839, el físico francés Edmundo Becquerel fue la primera persona en comprobar el efecto fotoeléctrico, después de unos años Willbughby Smith en el año de 1873 y unos años después Lenar en 1900 tras experimentos bajo condiciones verifica su existencia. De ahí pasando por varios científicos como son Albert Einstein y Milikan los cuales proporcionan aportes en el estudio del efecto fotoeléctrico se llega a 1954 en donde los Laboratorios Bell se construye el primer módulo fotovoltaico, pero hay algo que queda solo como experimento científico y es que su coste es demasiado elevado [3].

A partir de ese momento, han venido teniendo una serie de procesos industriales, además que el desarrollo de la tecnología y su accesibilidad al mercado de consumo, han hecho que tenga una reducción del coste en la producción de módulos.

Algo indispensable y que se debe tener en cuenta es que la radiación solar es la energía que llega a la Tierra la cual se puede explotar por medio del calor que genera. Es uno de los recursos que más energía limpia favorece al ambiente ya que no es contaminante [4].

En el siguiente aparatado de tablas, se presenta un análisis de tesis, informes e investigaciones relacionada a la energía solar fotovoltaica. Este estudio se refleja en la Tabla 3.2, 3.3, 3.4, en la cual ofrece una comparación entre los trabajos consultados a nivel mundial, en Sudamérica

y en Ecuador.

Tabla 3.2. Análisis global sobre la energía solar fotovoltaica

Referencia	Tema	Institución o Revista	Principales contribuciones
[5]	Perspectiva de la energía solar fotovoltaica en la Edificación	Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía	Este apartado detalla la evolución del mercado fotovoltaico mundial, y llegando con los factores de suma importancia que han hecho posible como este se aproxime al mercado fotovoltaico en España, entonces se realiza un estudio enfocado en el coste de la tecnología, el costo de instalación fotovoltaica donde está formada por el módulo y BoS, y también el costo de generación en instalaciones o parques fotovoltaicos. Con una comparativa hecha a nivel mundial de las tecnologías se puede dar las perspectivas del país analizado España en lo que trata su marco político, autoconsumo y potencia instalada.
[6]	Selection of areas for solar photovoltaic plants but with a GIS-AHP-based approach in Saudi Arabia.	Concordia University	Se plantea el cómo dar mayor prioridad en la ubicación para los proyectos de energía solar fotovoltaica refiriéndose a gran escala, con los medios de un sistema de información geográfica llamada SIG y una técnica de toma de decisiones con varios puntos de vistas y criterios llamado MCDM, Se plantea un estudio de caso de Arabia Saudí donde se estiman datos reales de climatología y de legislación, además de un análisis solar con el software ArcGIS, todo con el fin de proyectos introducirlos en sitios mejores para las plantas de energía solar.
[7]	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 explica como China es uno de los principales productores y también de usuario de energía solar del mundo, y algo importante el país que más exporta paneles solares alrededor del mundo. Destaca como el país ha promovido el uso de paneles solares en su avance de la tecnología, y el mejoramiento de las políticas en beneficio de China. Se realiza una comparativa con las estadísticas mundiales de producción de energía y del comercio internacional desde 2001 a 2021 con el fin de ver la evolución de China en ese campo.

Tabla 3.3. Análisis en Sudamérica sobre la energía solar fotovoltaica

Referencia	Tema	Institución o Revista	Principales contribuciones
[8]	Impacto legal y sostenible del uso de energía solar fotovoltaica en propiedades rurales	Revista de Derecho Económico y Socioambiental (Brasil)	Trata de como se ha buscado ampliar el diálogo sobre la importancia de buscar alternativas para un futuro sostenible y común. Aborda como el cómo implementar sistemas fotovoltaicos en zonas rurales brasileñas puede tener un impacto en lo que es lo legal y lo socioambiental, entonces se analiza las repercusiones y posibilidades del uso de esta matriz de energía ya que no existe por el momento una regulación adecuada en lo que es el uso de los paneles solares, entonces se llega a un punto que el uso de esta tecnología puede funcionar a un corto plazo, pero esta misma volviéndose residuos o teniendo mal uso puede afectar al mismo medio ambiente a largo plazo.
[9]	Metodología basada en ciencia de datos para el desarrollo de la pronóstico de la generación de energía de una planta solar fotovoltaica	Revista de Ciencia y Tecnología Ingenius (Venezuela)	Se enfoca que el uso de plantas de energía fotovoltaica en los últimos años ha ido creciendo, y hay algo que se tiene en cuenta que varias de esas vana conectadas a la red eléctrica lo que hace que se deba calcular un pronóstico para coadyuvar en la gestión del operador de red, se presenta un pronóstico basado en tres métodos.
[10]	Autonomía Energética Viviendas Energía Fotovoltaica Almacenamiento de Energía en Baterías: Un Modelo de Evaluación	Actas del multiconferencia Internacional LACCEI sobre Ingeniería, Educación y Tecnología (Perú)	El estudio se centra en dar a conocer un modelo de evaluación de la autonomía de las Microrredes Solares Fotovoltaicas (AMR) que tengan un sistema de baterías (BESS) por medio un registro de consumo diario energético de una vivienda y además los datos de la radiación solar de la zona. Dando así con la información obtenida que el modelo de evaluación AMR es importante para dar un mejor escenario para que sea más autónoma, y óptima como también estable las microrredes en las aplicaciones residenciales.

Tabla 3.4. Análisis en Ecuador sobre la Energía Solar Fotovoltaica

Referencia	Tema	Institución o Revista	Principales contribuciones
------------	------	--------------------------	----------------------------

[11]	Rendimiento energético, económico y ambiental de una Central Fotovoltaica de 3,4 KWp en el modo de la generación distribuida (GD)	Revista Espacios	La explotación de las fuentes de energía renovable aporta una alternativa para la solución al problema energético a nivel mundial. Es de esta forma que de la centra fotovoltaica de 3,4 kWp que se encuentran instalada en la Universidad Técnica de Manabí se le realizó un estudio para ver su desempeño tanto energético, económico y ambiental dando resultados de la eficiencia de la potencia del sistema, la autonomía de la central diseñada y como está su producción energética.
[12]	La Energía solar fotovoltaica LED como una alternativa de iluminación en la Ruralidad	Revista Ibérica de sistemas y tecnología de información	El sol da una potencia constante de 62 600 kW/m ² , es así que la energía solar fotovoltaica es considerada como una energía limpia, creciente e inagotable, y es la solución y ayuda al ambiente para la reducción de gases de efecto invernadero, entonces los datos indican que Ecuador por su ubicación geográfica cuentan con una alta radiación solar dando un promedio entre 4,01 y 4,25 (kW/ m ² /día), determinando así que los factores o variables de temperatura y radiación influyen en el comportamiento de carga del sistema.
[13]	Modelo de Relaciones entre la energía solar fotovoltaica y los agronegocios	Multiconferencia Internacional LACCEI para Ingeniería, Educación Conferencia del Caribe Ingeniería y Tecnología	Se desarrolla un modelo de relaciones entre lo que forma parte de agronegocios y la energía fotovoltaica, sabiendo que la energía eléctrica cumple un papel importante en funcionamiento de insumos de producción en la agricultura. Con el software Venim PLE la cual arroja varios puntos clave que son la política pública y la gestión es lo que no permite una integración de esta energía renovable, la mala disposición o que hacer como los residuos fotovoltaicos es otra falla ya que de esta manera se contamina el medio ambiente. Es entonces que existen varios elementos que hace que exista una brecha pequeña entre los agricultores y la energía fotovoltaica.

3.2. CONCEPTOS GENERALES

3.2.1. Energías renovables

Según Barragán Rommel y Llanes Edilberto [14] se denomina energía renovable a aquella energía por el cual proviene de fuentes naturales como también decir que son inagotables, esto porque pueden reestablecerse de forma natural u otra que existen proporciones grandes de energía a utilizar.

Es decir, que estas energías son pieza vital de lo que es un desarrollo sostenible del medio

ambiente como también del país.

3.2.2. Energía Solar

El sol cumple la función de ayudar a mantener con vida al planeta Tierra, además que su aprovechamiento no afecta con la contaminación del medio ambiente. En la actualidad existen diferentes tecnologías que utiliza la energía solar, entre ellas se tiene las que ya van años empleándose y otras que para futuro siguen en temas de investigación [15].

3.2.3. Ventajas y desventajas de las energías renovables

3.2.3.1. Ventajas

- Son respetuosas con el medio ambiente

En sí las energías renovables lo que favorece es en la disminución de emisiones de gases, en específico de la energía solar y eólica que proporciona electricidad eso sí sin desprender CO₂, favoreciendo en menorar el impacto ambiental a comparación de otras fuentes convencionales que son el carbón o el petróleo.

- Beneficio económico

Las tecnologías limpias como son la solar y la eólica, a lo largo del tiempo han disminuido considerablemente sus costos, ya que es un mercado competitivo [16].

A largo plazo proporciona un gran beneficio pues sus costos de mantenimiento y operación son bajos a lo que es la inversión inicial, además que da nuevos puestos de trabajo para ciertos sectores emergentes.

- Fuentes inagotables

Estos recursos energéticos como el sol, el viento y el agua son inagotables, e incentiva en el cambio de energías de combustibles fósiles o térmicas para dar paso a un sistema energético más sostenible.

- Desarrollo tecnológico

Su implementación puede ser a gran escala, conformando de parques industriales hasta un conjunto de viviendas individuales.

Ayuda en el desarrollo y crecimiento de diferentes puntos en los que se disponga implementar el proyecto [17].

3.2.3.2. Desventajas

- Requerimientos de espacio

Para implementación existen ciertas restricciones por las limitaciones geográficas, entonces para llegar a esos sectores se necesita un medio para llegar y amplio espacio

para realizar el proyecto, entonces en ese aspecto esto afecta en el medioambiente.

- Costo alto de inversión

Tiene un gran costo en los que se refiere a la inversión en lo que se refiere al aporte inicial de dinero y además se eleva por aplicaciones de escala media y alta [18].

3.3. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Este término se refiere a como es la conversión o transformación de la luz solar a electricidad por medios renovables.

Cabe recalcar que la energía eléctrica que proviene de paneles solares es una de las más eficaces y de aporte al sistema eléctrico, como también su bajo costo en lo que se refiere al mantenimiento y operación [19].

Es de esta forma que en la Figura 3.1. se observa como es el funcionamiento y captación de la energía solar fotovoltaica para su posterior transformación en energía.

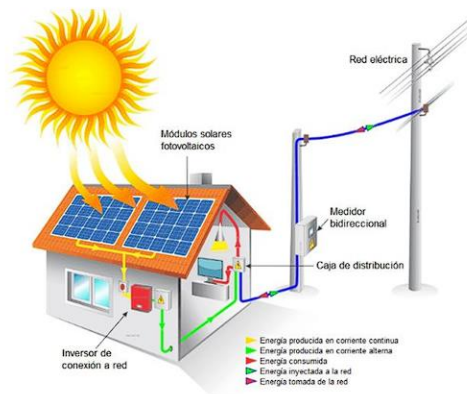


Figura 3.1. Esquema de un sistema fotovoltaico [20].

3.3.1. Efecto fotoeléctrico

Albert Einstein explica este efecto de una forma más sencilla, si se ilumina una superficie metálica utilizando un haz luminoso pero con una frecuencia apropiada esta emitirá electrones de la superficie como se evidencia en la Figura 3.2, de cómo las ondas de luz golpean la superficie de metal y por tanto los electrones salen expulsados del metal [21].

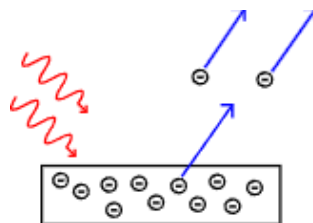


Figura 3.2. Ejemplo del efecto fotoeléctrico [22].

3.3.2. Radiación Solar

La irradiación se refiere a la energía que es entregada por el sol y esta es captada o recibida en la tierra como de radiación electromagnética [23].

En sí la radiación solar es uno de los principales recursos energéticos naturales en el planeta y se va propagando a través del espacio.

3.3.3. Tipos de radiación

La radiación solar se puede clasificar todo dependiendo de cómo esto llega a la superficie terrestre y además de como interactúa con la atmósfera entre estos son:

3.3.3.1. Directa

Este tipo de radiación se refiere que viene directa del sol, que quiere decir, que no existe algún obstáculo de por medio en su afectación, se podría ejemplificar cuando es un día sin nubes y todo el cielo despejado.

3.3.3.2. Difusa

Esta radiación se puede analizar como aquella que se encuentra difusa esto debido a los diferentes factores atmosféricos, es decir, a la interacción entre la radiación y la atmósfera [24]. Se refiere en sí en los días nublados a los que la radiación directa reduce su cantidad, y en otros casos en cuanto existe edificaciones en los cuales no reciben de forma horizontal la radiación sino de forma vertical.

3.3.3.3. Reflejada

A este tipo de radiación reflejada son las que proviene por ser en sí un rebote de la superficie terrestre, superficies que se encuentran de forma vertical son las que reciben aquella radiación reflejada que las que son horizontales.

3.3.4. Medición de la radiación solar

Para cualquier proceso en el cual se necesite un diseño o comportamiento de la radiación solar, es necesario su cálculo por medio de datos obtenidos, y estos datos disponibles son la radiación total por horas o día.

El instrumento de medición más utilizado para medir la radiación directa es el pirheliómetro, mide la irradiancia de un haz de luz solar.

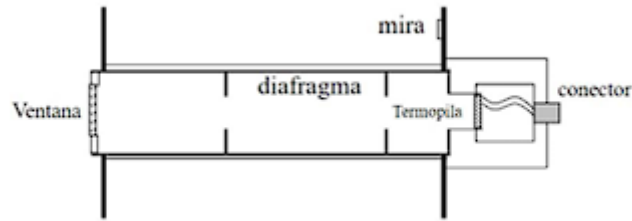


Figura 3.1. Partes principales de un Pirheliómetro [25].

Otro instrumento es el piranómetro que se utiliza para investigaciones climatológicas o monitorear el ver el comportamiento de las estaciones meteorológicas.

3.4. PANELES SOLARES

Los paneles solares en la actualidad son una parte principal para su utilización en lo que se refiere a la utilización de energías renovables de sistemas fotovoltaicos, además que cuenta con su propósito esencial que es proporcionar de energía eléctrica a partir del sol, eso sí con otros componentes que ayudará en su transformación.

También los paneles solares son conocidos como módulos solares y mayoría de estos su constitución es de silicio.

Otro concepto importante del cual proporciona Graphene-info [26] es son equipos llamados “módulos fotovoltaicos” que están conectados entre celdas que lo conforman. Es entonces, que si hay un conjunto de celdas estas pueden proporcionar una cantidad significativa de electricidad para cualquier uso.

Además, esta provecha la formación de varios electrones la cual hace que su corriente aumente, y esta a su vez es corriente continua DC [27].



Figura 4.2. Panel solar monocristalino [28].

Se puede evidenciar en la Figura 4. 4. como cada una de las celdas solares genera una cantidad pequeña de electricidad, pero juntas, forman lo que se conoce como panel solar y esto es lo que

genera una cantidad fundamental de electricidad.

3.4.1. Orientación e Inclinación

Hay dos factores muy importantes por lo cual se debe tener en cuenta para que la colocación de los paneles solares sea óptima y pueda ser eficiente para el aprovechamiento de la radiación solar estos son el ángulo de inclinación y el ángulo de orientación.

En Ecuador la radiación que llega es de forma directa o perpendicular, la cual es uno de los motivos que el inclinar el panel no es tan necesario, solo el ubicar donde no haya lugares de sombra [29].

El colocar los paneles solares en dirección al suroeste, que esté a la puesta al sol, permiten que los paneles proporcionen mayor energía, para las personas que se encuentren en su casa y usen los electrodomésticos.

3.4.2. Tipos de paneles Solares

3.4.2.1. Monocristalinos

Un panel solar para dar mejor eficacia depende del contenido de silicio, esto quiere decir que mientras más silicio incluya será mejor el funcionamiento del panel solar, también son los paneles más utilizados comercialmente, esto por su conversión del 15%.

Con otro concepto que proporciona Lino Leonel [30] los paneles monocristalinos requieren de una superficie de metro cuadrado mínima a comparación de otras celdas fotovoltaicas del mercado, un tema adicional es que la vida útil o su garantía van entre los 25 a 30 años.

En comparación a otro tipo de panel como son los policristalinos estos se diferencian ya que los monocristalinos son recomendables para uso en climas lluviosos, de niebla, en sí donde existe un desequilibrio climático.

3.4.2.2. Policristalinos

Especifica Bermúdez Gabriel que este tipo de panel solar son fabricados con cristal de silicio fundido que después se coloca en moldes especiales, se los llama con ese nombre porque al solidificarse no produce solo un cristal, sino que varios cristales [31].

Se diferencian de los monocristalinos ya que su espesor es menor, son más económicas pero su rendimiento es menor es del 14 %, además que su color es azul, evidente en la Figura 3.5.



Figura 3.5. Panel policristalino de 280 W [32].

3.5. INVERSOR

Este término se relaciona a aquel equipo el cual es capaz de transformar la energía continua en alterna.

Los dispositivos DC-AC son aquellos de electrónica de potencia cuya función es la de generar una tensión alterna a partir de una tensión continua. Se los utiliza en motores que son AC, la alimentación del hogar, o donde se pueda controlar la magnitud de salida y frecuencia [33].



Figura 3.6. Inversor de DC/AC [34].

3.5.1. Tipos de inversores fotovoltaicos

3.5.1.1. Inversores de red

Un inversor a red se refiere a que convierte la energía CC de los módulos fotovoltaicos en CA y que esta pueda ser utilizada en viviendas y por otro lado dará en casos de tener un excedente esta será vertida a la red.

Este tipo de inversores son en sí una versión reducida de lo que conforma un inversor central, este inversor es aquel donde existe una única cadena de módulos fotovoltaicos, y donde su voltaje de entrada podría ser alto con el fin de evitar la amplificación de tensión [35].

3.5.1.2. Inversores híbridos

En estos casos estos tipos de inversores como su nombre lo dice es híbrido lo que significa que

es la combinación de la red y aislado, entonces este inversor está conectado a la red eléctrica y también cuenta con baterías para seguir almacenando excedente de energía y posterior dar su uso en caso de que exista alguna interrupción energética en la red.

3.5.1.3. Inversores aislados

Son inversores que no tienen conexión a la red, su función como todos los casos es el de transformar la energía continua a alterna, pero esta proveniente de un banco de baterías pudiendo ser 12V, 48V o 96 V llegando así a las cargas que requieran alimentar.

Se debe colocar cerca del banco de baterías, ya que la intensidad o corriente que circula por estos dos elementos son elevadas y su cableado es pesado [36].

3.6. BATERÍAS O ACUMULADORES

Las baterías son una parte importante para lo que es un sistema eléctrico para casos de autoconsumo, entonces partiendo de esa manera son dispositivos donde se puede almacenar la energía en este caso la que será generada por el sistema fotovoltaico, en la Figura 3.7. se puede ver las partes que constituye la batería y donde se debe tener cuidado es en los bornes (+) y (-).

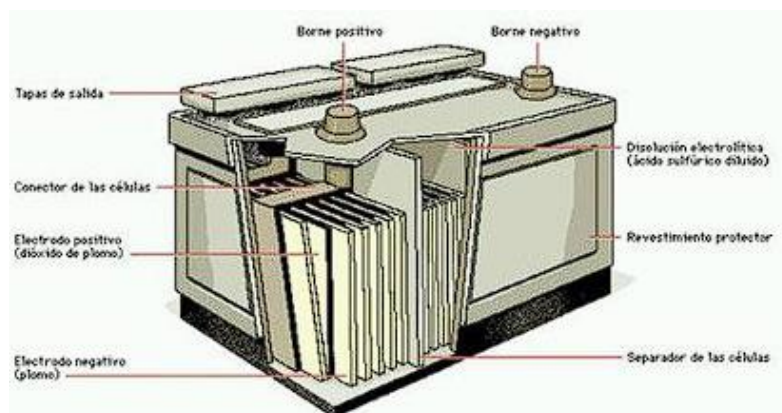


Figura 3.7. Partes de la batería [37].

3.6.1. Tipos de Baterías

3.6.1.1. Baterías de plomo ácido abierto

Las baterías de plomo ácido son importantes para lo que es el abastecimiento de varios dispositivos y en casos para la industria automotriz, su defecto es que son considerada como elementos peligrosos ya que su contenido es de sustancias químicas que son tóxicas como son el ácido sulfúrico y el plomo [38].

3.6.1.2. Baterías de gel

Estas baterías su principal utilización es cuando exista un consumo bajo como para viviendas, aquí el electrolito es de gel, con esta característica hace que la batería tenga más durabilidad y permite que haya más descargar profundas sin que menore el número de ciclos.

3.6.1.3. Baterías estacionarias

Las baterías estacionarias son utilizadas para aquellos sistemas donde existe interrupciones de alimentación de energía eléctrica, entre sus características está que tiene la capacidad de permanecer cargada por largos periodos, y con una resistencia para descargas que son esporádicas [39].

3.6.1.4. Baterías de litio

Las baterías han sido utilizadas en varios dispositivos en la actualidad, sea del hogar o para industrias, entonces la selección del tipo de batería depende para que serán utilizadas, entonces las baterías de litio su uso frecuente es el ámbito de salud y de vehículos eléctricos.

3.7. REGULADOR O CONTROLADOR DE CARGA

Es un tipo de dispositivo electrónico cual cumple con el papel de controlar como esté la carga de las baterías, para que de esta manera pueda ayudar tener un óptimo llenado y así dar una vida útil más duradera.

Entonces el regulador de carga protege a las baterías para evitar el sobrecalentamiento, dentro su equipo este mide el voltaje de la batería y así cuando vaya esta llegar a su punto máximo lo que hace es limitar la carga de la batería [40].



Figura 3.8. Regulador de voltaje tipo MPPT [41].

3.7.1. Tipos de reguladores de carga

Existen varios, pero entre los más mencionado son PWM y los MPPT como se muestra en la Fig. 3.8.

3.7.1.1. Reguladores de carga solar PWM

Este tipo de regulador se entiende como un interruptor eléctrico entre baterías y también el panel solar, de esta manera se ajusta el voltaje deseado y para regular para las baterías, estos reguladores PWM son utilizados para potencias menores de 500 W [42].

3.7.1.2. Reguladores de carga solar MPPT

Estos tipos de controladores lo que hacen es utilizar toda la intensidad que produzca los paneles solares, y se diferencia de los PWM porque en casos de que esta produzca un excedente de energía eléctrica no serán desechados, sino que irán para el banco de baterías [43].

3.8. FÓRMULAS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AISLADOS

Es muy indispensable que para que un sistema fotovoltaico funcione correctamente hacer un dimensionamiento y cálculos de todos los elementos que se van a ocupar [44].

3.8.1. Determinar el consumo

Este cálculo se refiere a la carga instalada en el hogar, por lo tanto, es la que debe alimentarse con energía eléctrica.

$$E = \frac{E_{\text{máxima diaria}}}{\eta_{\text{inversor}}} \quad (3.1)$$

Donde:

E = Energía real diaria.

E_{máxima diaria} = Energía máxima diaria.

n_{inversor} = Rendimiento del inversor.

$$I_{\text{máxima diaria}} = \frac{E_{\text{máxima diaria}}}{V_{\text{sistema}}} \quad (3.2)$$

Donde:

I_{máxima diaria} = Corriente máxima diaria.

V_{sistema} = Voltaje del sistema.

$$I_{\text{máxima diaria}} * FS \quad (3.3)$$

Donde:

FS = Factor de Seguridad

3.8.2. Cálculo sobre la radiación solar

Estos datos son o se deben realizar durante un tiempo determinado, son datos mejores cuando son de dos años, entonces aquí nos arrojará ciertos valores que representa la radiación del lugar, entonces en estos casos se tomará en cuenta los datos con menor radiación hayan presentado, ya que en sí el sistema debe seguir funcionando para aquellos días donde carezca de radiación solar.

- Días de autonomía

Esto comprende a aquellos días u horas en los cuales no se dispone de la presencia del sol.

Se designa con la letra N para lo que es los días autonomía en lo que es un sistema fotovoltaico, en pocas palabras, cuánto dura en dar energía eléctrica sin sol.

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

- Latitud
- Radiación
- Altitud

3.8.3. Cálculo de las baterías

- Baterías en paralelo

$$N_{BP} = \frac{I_{m\acute{a}xima\ diaria} * N}{DoD * CB} \quad (3.4)$$

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

$$N_{BS} = \frac{V_{sistema}}{V_{batería}} \quad (3.5)$$

Donde:

N_{BS} = Número de Baterías en Serie.

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

3.8.4. Cálculo del módulo solar

- Paneles solares en paralelo

$$N_{PP} = \frac{I_{m\acute{a}xima\ diaria}}{HSP * I_{nominal\ paneles}} \quad (3.6)$$

Donde:

N_{PP} = Número de paneles en paralelo.

HSP = Horas Solar Pico.

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

- Paneles solares en serie

$$N_{PS} = \frac{V_{sistema}}{V_{panel}} \quad (3.7)$$

Donde:

N_{PS} = Número de paneles en serie.

V_{panel} = Voltaje del panel.

3.8.5. Selección del regulador de carga

$$I_{m\acute{a}xima\ regulador} = N_{PP} * I_{SC} * FS \quad (3.8)$$

Donde:

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

I_{SC} = Corriente de cortocircuito

3.8.6. Selección del inversor

$$P_{m\acute{a}xima\ inversor} = \frac{P_{m\acute{a}xima\ diaria} * FS}{\eta_{inversor}} \quad (3.9)$$

Donde:

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

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

3.8.7. Dimensionamiento de los conductores

Para este punto el cableado se lo hace por medio de la distancia a la cual se conectará de un punto a otro, además de la corriente que circulará en esta, un ejemplo es de la Tabla 3.5 donde se ve el porcentaje de caída de voltaje al cual es el límite que pueden alcanzar.

Tabla 3.5. 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 dimensionar el calibre del conductor, siendo la unidad de mm^2 o en AWG, se utiliza la ecuación siguiente:

$$S = 2 * \frac{l * I}{k * U} \text{ (mm}^2\text{)} \quad (3.10)$$

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. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Investigación Descriptiva: Se desarrolla este tipo de investigación en parte porque cada componente o elemento que conforma el sistema fotovoltaico se describiría sus características o especificaciones técnicas.

Investigación Exploratoria: Permite este tipo de investigación el saber de datos históricos de la radiación solar del sector, como también la evolución de las tecnologías en el ámbito de sistemas fotovoltaicos, para tener en cuenta que equipo es el más eficiente.

4.2. TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Investigación de Campo: Con datos de la radiación solar del lugar y datos de las cargas de la residencia.

Investigación Documental: A través de consultas se obtendrá varias orientaciones de la instalación de sistemas fotovoltaicos.

Investigación Experimental: La razón de esta investigación es ya que se instalará o implementará los componentes que conforma este sistema, además de que se harán pruebas para ver que todo esté yendo de forma adecuada.

4.3. INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA MEDIR LA RADIACIÓN SOLAR

4.3.1. 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, como se indica en Figura 4.9.

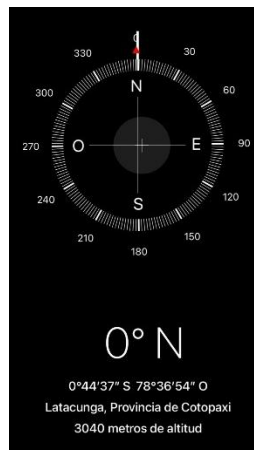


Figura 4.9. Ubicación del proyecto con la Aplicación de Brújula de Apple Store [45].

4.3.2. Sistema de posicionamiento global (Google Earth)

Google Earth es un software de forma 3D que permite obtener imágenes satelitales, mapas, terrenos, entonces nos ayuda con diferentes formas para navegar por diferentes lugares, con esta premisa ayudó para ubicar con los datos de longitud y latitud lo que es la posición donde se va a ubicar el proyecto.



Figura 4.10. Latitud y longitud con la aplicación de Google Earth.

4.4. Datos de la radiación solar del lugar

Se estableció datos proporcionados por la NASA con el fin de analizar las temporadas en que existe más presencia de radiación solar a lo largo del año

Tabla 4.6. Datos de la radiación solar en la zona del proyecto

Día	Radiación (kWh/día)
1	3,93
2	3,85
3	3,99
4	4,10
5	4,59
6	3,75
7	3,82
8	3,57
9	3,53
10	3,90
12	4,50
13	3,30
14	3,75
15	3,82
16	3,57
17	3,53
18	3,90
19	4,50
20	5,86
21	2,79
22	2,40
23	3,43
24	3,96
25	2,94

26	2,48
27	3,37
28	3,60
29	3,80

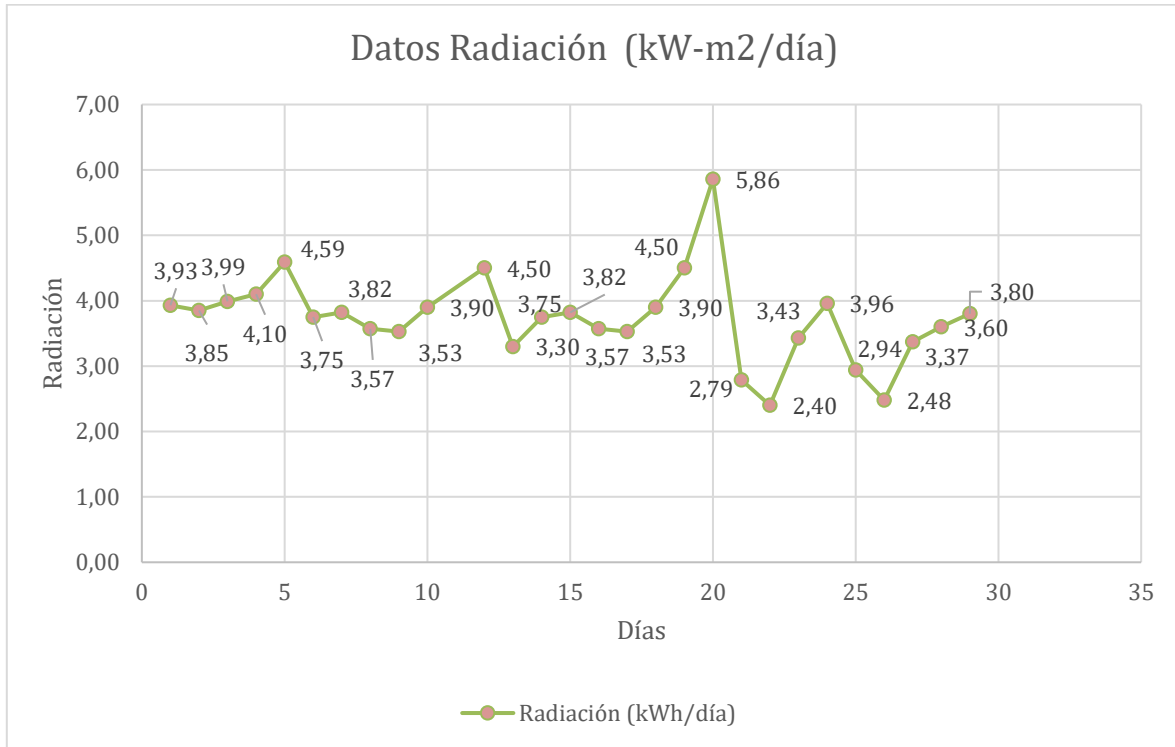


Figura 4.11. Representación gráfica del comportamiento de la radiación solar de un mes en la zona del proyecto Con los datos proporcionado de la Nasa en la Tabla 4.6. y con Figura 4.11. de cómo es el comportamiento de la radiación solar dentro de un mes, dando a entender que la zona donde ubicará el proyecto es ideal. Obteniendo de esos el día 5 que es 4,38 kWh/día servirá de análisis y comparación dentro de las HSP.

4.5. RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA RADIACIÓN SOLAR EN EL LUGAR DEL PROYECTO

Para la recolección de datos de la radiación solar se utilizó un piranómetro proporcionado por la Universidad Técnica de Cotopaxi, el cual para recopilar datos se lo debe hacer de forma constante cada hora, como se indica en la Figura 4.12.



Figura 4.12. Medición de la radiación solar con el piranómetro

4.5.1. Representación gráfica de los datos obtenidos

En la Fig. 4.13. se analiza el comportamiento de la radiación solar a lo largo del día y esto durante 7 días, donde existe un pico máximo de radiación de 757,20 w/m² esto siendo entre las 11:00 am y 12:00 pm, lo que indica que en ese tiempo habrá un mejor aprovechamiento de la radiación solar.

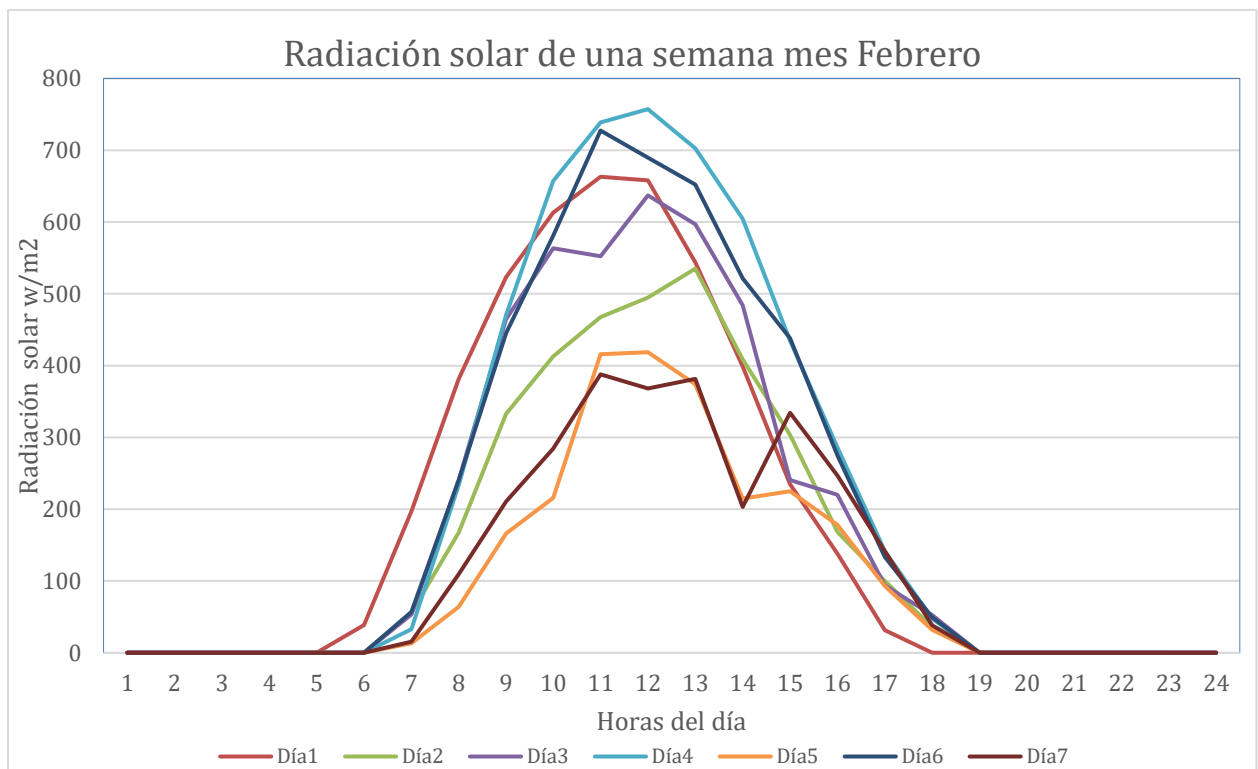


Figura 4.13. Radiación solar promedio de sector Río Blanco.

Se obtiene una radiación promedio de:

$$Promedio\ total = 161,62\ w/m^2$$

4.5.2. Hora solar pico en Rio blanco, lugar del proyecto

Se utiliza la siguiente ecuación con el fin de obtener el cálculo de HSP, esencial para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

$$HSP = \frac{\text{Promedio radiación solar en el día}}{\text{horas del día}} \quad (4.11)$$

Se obtuvo el promedio de radiación de un día, dando en este caso de $100,41 \frac{w}{m^2}$ y eso dividiendo para las horas del día.

$$HSP = \frac{100,41 \frac{w}{m^2}}{24 h} = 4,18 HSP$$

4.5.3. Hora solar pico en Rio blanco, lugar del proyecto

Realizando la comparación de datos de radiación solar entre la Nasa y los datos obtenidos por medio del piranómetro se obtiene la siguiente Tabla 4.7.

Tabla 4.7. Comparación de datos de radiación solar

Comparación datos de la radiación solar	
Descripción	Promedio (w/m2)
Nasa	110,16
Piranómetro	100,41

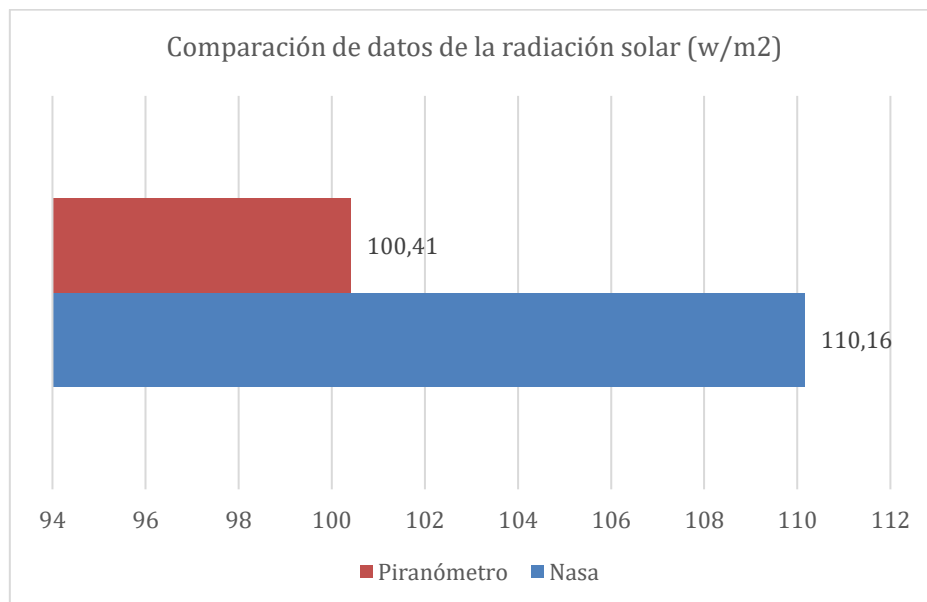


Figura 4.14. Comparación de la radiación

Y en la Figura 4.14. se observa la comparación de la radiación solar obteniendo un error porcentual de 9,81 %, siendo un error aceptable.

4.6. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

4.6.1. Levantamiento de carga para la energía que se requiere para el sistema fotovoltaico

En la Tabla 4.8. se establece las cargas que dispone la casa residencial, además del consumo que se hace aproximadamente al día, llegando así a la sumatoria de la potencia total aproximado de 1065 W.

Tabla 4.8. Energía que se necesita para el sistema fotovoltaico.

LEVANTAMIENTO DE CARGAS								
Circuito	Equipo	Potencia	Cantidad	Potencia Total	Horas de uso al día	Energía	Energía	
		W	u.	W	H	(Wh/día)	kWh	
C ₁	Illuminación 1	Lámparas	8	10	80	4	320	0,32
C ₁	Illuminación 2	Lámparas	10	15	150	4	600	0,6
C ₁	Fuerza	Cargador de celular	5	5	25	2	50	0,05
C ₁	Fuerza	TV	75	3	225	2	450	0,45
C ₁	Fuerza	Extractor (cocina)	160	1	160	3	480	0,48
C ₁	Fuerza	PC de mesa	350	1	350	2	700	0,7
C ₁	Fuerza	Laptop	75	1	75	2	150	0,15
			683	32	1065	19	2750	2,75
					Potencia Máxima		Energía máxima diaria	Consumo kWh

$$E = \frac{E_{\text{máxima diaria}}}{\eta_{\text{inversor}}}$$

$$E = \frac{2750}{0,95} = 2894,7368 \text{ Wh/día}$$

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

$$I_{\text{máxima diaria}} = \frac{2894,7368 \text{ Wh}}{24 \text{ V}} = 120,61 \text{ Ah}$$

$$\text{Corriente máxima Diaria} * FS = 120,61 * 1,2 = 144,74 \text{ Ah}$$

4.6.2. Cálculo de las Baterías

Una vez que se conoce el consume de corriente máxima diaria de la vivienda es posible el

calcular el banco de baterías que se van a utilizar con el fin de acumular la energía generada por el sistema considerando un 1 día de autonomía, además de profundidad de descarga de 40% y sabiendo que la capacidad de batería es de 200 Ah.

4.6.2.1. Baterías en paralelo

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

$$N_{BP} = \frac{144,74 * 1}{0,40 * 400} = 0,90 \cong 1$$

4.6.2.2. Baterías en serie

$$N_{BS} = \frac{V_{sistema}}{V_{batería}}$$

$$N_{BS} = \frac{24\ V}{12V} = 2$$

Se instalará entonces dos baterías de 200 Ah, 12 V cada uno teniendo así en total de 400 Ah y así por cubrir la demanda que se requiere.

4.6.3. Cálculo de Paneles Solares

4.6.3.1. Paneles solares en paralelo

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

$$N_{PP} = \frac{144,74}{4,18 * 23,62} = 1,5 \cong 2$$

4.6.3.2. Paneles solares en serie

$$N_{PS} = \frac{V_{sistema}}{V_{panel}}$$

$$N_{PS} = \frac{24\ V}{24\ V} = 1$$

Entonces se necesitarán dos módulos solares que serán conectados en paralelo con el fin de energía requerida para el dimensionamiento analizado.

4.6.4. Selección del Controlador

Con la información que estarán dos paneles conectados en paralelo y estos cuentan con una corriente de cortocircuito de 12,42 además de un factor de seguridad de 1,2. Se puede analizar de cuanto es lo máximo para que aguante el controlador.

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

$$I_{\text{máxima regulador}} = 2 * 12,42 * 1,2 = 29,808 \cong 30 \text{ A}$$

Se necesitará de un controlador de carga con una corriente máxima de 30 A, recomendable que se MPPT.

4.6.5. Selección del inversor

$$P_{\text{máxima inversor}} = \frac{P_{\text{máxima diaria}} * FS}{\eta_{\text{inversor}}}$$

$$P_{\text{máxima inversor}} = \frac{1065 * 1,2}{0,95} = 1345,2631 \cong 1500 \text{ W}$$

El inversor que se necesita es de una potencia de 1500 W con el fin de que este soporte la demanda que se necesita en la vivienda.

4.6.6. Cálculo del calibre del conductor

4.6.6.1. Dimensionamiento del conductor desde el módulo solar hasta el regulador de carga MPPT

- 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.

$$U = 24 * 0.03 = 0,72 \text{ V}$$

- Sección del conductor

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

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

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

Según la tabla para la selección de conductores dependiendo los (mm^2), sería un cable número 10 AWG, sin embargo, se instaló uno número 8 AWG, para más protección.

4.6.6.2. Dimensionamiento del calibre de los conductores del regulador de carga MPPT 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

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

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

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

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

4.6.6.3. 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 8 superflex AWG, para protección en casos del amperaje que circule por dicho conductor.

4.6.6.4. Dimensionamiento del inversor a la caja de bypass.

- Corriente que circulará

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

$$I = 8,39 \text{ A}$$

- 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

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

$$S = 2 * \frac{1,50 \text{ m} * 8,39 \text{ A}}{56 \text{ m}/\Omega \text{ mm}^2 * 3,81 \text{ V}} (\text{mm}^2)$$

$$S = 0,12 (\text{mm}^2)$$

En este caso se recomendó usar cable numero 8 AWG, para tener más protección.

4.6.6.5. 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

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

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

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

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.

4.6.6.6. 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

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

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

$$S = 1,57 \text{ (mm}^2\text{)}$$

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.

4.6.7. Cálculo de las protecciones

4.6.7.1. Dimensionamiento de la protección para el módulo solar

$$I_p = 1,1 * I_{\text{máxima regulador}}$$

$$I_p = 1,1 * 29,808 = 32,78 \approx 32 \text{ A}$$

Se instalará un breaker bipolar de 32 A. y además de un de un portafusibles 2P 32 A para la protección de los paneles solares.

4.6.7.2. Dimensionamiento de la protección para las baterías

$$I_p = 1,1 * I_{\text{máxima regulador}}$$

$$I_p = 1,1 * 29,808 = 32,78 \approx 50 \text{ A}$$

Se instaló un breaker bipolar de 50 A para la protección de las baterías ya que su amperaje es alto y para evitar riesgos, adicional de un portafusible de 2P 63A para incrementar mayoro la seguridad.

4.6.7.3. Dimensionamiento de las baterías al inversor

$$I = \frac{1200 \text{ W}}{26 \text{ V}} = 46,15 \text{ A}$$

$$I_p = 1,1 * I_{\text{máxima inversor}}$$

$$I_p = 1,1 * 46,15 = 50,77 \approx 50 \text{ A}$$

Se instaló conectado a las protecciones de las baterías que son 50 A, con el fin de evitar cualquier riesgo y proteger el equipo.

4.6.7.4. Dimensionamiento de la protección del inversor a la carga

$$I = \frac{1065 \text{ W}}{127 \text{ V}} = 8,39$$

$$I_p = 1,1 * I_{\text{máxima carga}}$$

$$I_p = 1,1 * 8,39 = 9,22 \approx 16 \text{ A}$$

Se colocó un breaker simple de 16 A, además de un supresor de 20 kA con el fin de dar protección en casos de sobretensiones transitorias, ocasionada por rayos.

4.6.7.5. Dimensionamiento de la protección para las cargas

$$I = \frac{1065 \text{ W}}{127 \text{ V}} = 8,36$$

$$I_p = 1,1 * I_{\text{máxima cargas}}$$

$$I_p = 1,1 * 8,36 = 9,19 \approx 36 \text{ A}$$

Se instalará un breaker unipolar de 32 A para protección de las cargas de la vivienda, adicional que también que será un breaker de 32 A unipolar para el sistema de fuerza del cuarto de máquinas y otro de 20 A unipolar para el sistema de iluminación de cuarto de máquinas.

4.6.7.6. Dimensionamiento de los contactores del bypass

$$I = \frac{1065 \text{ W}}{127 \text{ V}} = 8,36$$

$$I_p = 1,1 * I_{\text{máxima cargas}}$$

$$I_p = 1,1 * 8,36 = 9,19 \approx 25 \text{ A}$$

En este caso se utilizó 2 contactores de 25 A cada uno para soportar la corriente que es de la

Red eléctrica como también de la energía del panel solar.

4.7. MATERIALES

4.7.1. Paneles solares monocristalinos

Para el proyecto se utilizó dos paneles solares siendo de potencia de 480 y 510 W con el fin de cumplir con la demanda requerida de la vivienda, a continuación, en la Tabla 4.9. se especifica sus características técnicas del producto.

Tabla 4.9. Característica o especificaciones técnicas de los módulos solares.

Especificaciones Técnicas de los paneles solares	
Marca	Vertex
Peso	26,3 kg
Potencia	480 – 510 W
Color	Negro
Voltaje nominal	40,5 V
Corriente	9,50 A
Dimensiones	2,20 m x 1,10 m
Marco	Aleación de aluminio anodizado 35 mm
Garantía	10 - 25 años
Conector	MC4

Se instaló en un espacio de 3 x 5 m. cómo se observa en la Figura 4.15.



Figura 4.15. Instalación de los paneles fotovoltaicos en el área respectiva.

4.7.2. Regulador de carga

Se utiliza un regulador de carga MPPT ya que el sistema fotovoltaico es aislado y su importancia es en cargar las baterías para su posterior uso, se usó de la marca EPEVER serie

XTRA – 4210 N como se observa en la Figura 4.16, ya que cuenta con una corriente de 40 A, para soportar al sistema dimensionado.



Figura 4.16. Regulador de carga marca EPEVER MPPT

En la Tabla 4.10. de a continuación se detalla sus especificaciones importantes con las que consta el equipo.

Tabla 4.10. Características técnicas del regulador de carga

Ficha técnica del regulador de carga	
Marca	EPEVER
Número de modelo	XTRA - 4210N
Tipo	MPPT
Voltaje nominal sistema	12/24 V DC
Corriente carga nominal	40 A
Máxima potencia entrada fotovoltaica	520 W / 12 V 1040 W / 24V

4.7.3. Inversor

Se implementó un inversor de onda pura, por razones de que da una baja distorsión armónica y aporta de energía limpia, consta de ventiladores lo cual reduce el ruido audible, se utilizó la marca EPEVER IP 1500 -21 siendo voltaje nominal de entrada de 24 V DC como se ve en la Figura 4.17. Es de 1500 W con la finalidad de cumplir la potencia requerida.



Figura 4.17. Inversor de onda pura marca EPEVER IP1500

En la Tabla 4.11. se detalla las especificaciones técnicas relevantes del inversor que se utilizó para el proyecto.

Tabla 4.11. Características o especificaciones técnicas del inversor de onda pura

Especificaciones Técnicas del inversor	
Marca	EPEVER
Número de modelo	IP1500-21
Voltaje nominal entrada	24 V DC
Rango voltaje entrada	21,6 – 32 V DC
Voltaje de salida	110 V AC 120 V AC
Factor de potencia	0,2 - 1
Potencia continua de salida	1200 W
Onda de salida	Onda sinusoidal pura
Eficiencia	94%

4.7.4. Baterías

Se instaló dos baterías de gel de ciclo profundo de 12 V de capacidad nominal de 200 Ah de la marca JYC BATTERY y se evidencia en la Figura 4.18, este tipo de batería es recomendable para sistemas fotovoltaicos, además que da permite una descarga profunda de la batería, y para cuando el sistema tiene ciclos repetidos de carga y descarga.

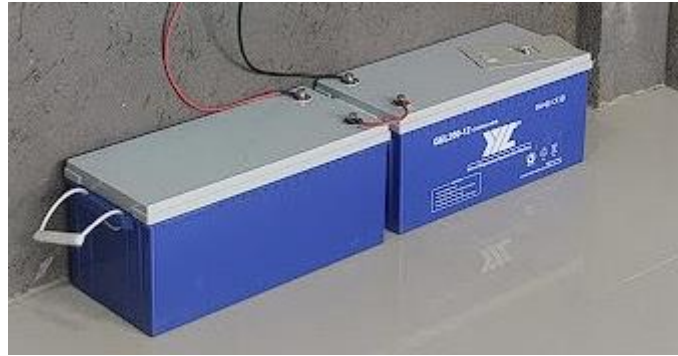


Figura 4.18. Baterías de gel JYC BATTERY.

En la siguiente Tabla 4.12. se puntualiza las especificaciones técnicas de las baterías de gel de ciclo profundo.

Tabla 4.12. Características o especificaciones técnicas de las baterías de gel

Especificaciones Técnicas de las baterías	
Marca	JYC BATTERY
Número de modelo	GE200-12
Tipo	Gel
Voltaje nominal	12 V DC
Capacidad nominal	200 Ah
Peso	57 kg
Eficiencia	91%
Vida útil	5 – 12 años

4.7.5. Gabinetes metálicos

Se utilizó un gabinete metálico de 60x65x15 cm, con el fin de que todos los equipos que necesitan de protección se los equipe adentro, en este caso los componentes del sistema fotovoltaico que se evidencia en la Figura 4.19.



Figura 4.19. Gabinete metálico de 60x65x15 cm.

Adicional se utilizó una caja metálica en el cual se posicionaría el bypass donde manualmente se elige entre el suministro eléctrico de la red o el suministro del sistema fotovoltaico y es de la Figura 4.20, se incluirá dos contactores de 25 A.



Figura 4.20. Caja metálica de 25x20x15 cm.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO REAL DE LA CARGA ANTES DE LA MEJORA ENERGÉTICA E IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO SOLAR

Para este estudio de cargas se utilizó el analizador de red marca ELSPEC G4500 Blackbox el cual permite analizar la calidad de la energía y la monitorización por medio de un algoritmo el cual es PQZIP, por lo que mide, almacena y analiza los datos.

Se conexión fue en el medidor donde aparte de conectar para medir voltaje se lo hizo igualmente para la corriente como se observa en la Figura 5.21, se lo hizo durante 7 días, siendo desde el día 19 de noviembre del 2024 hasta el 26 de noviembre del 2024, de suma importancia es que aún no se les separaba las cargas especiales como la refrigeradora o el microondas a un

circuito aparte en este estudio de datos.

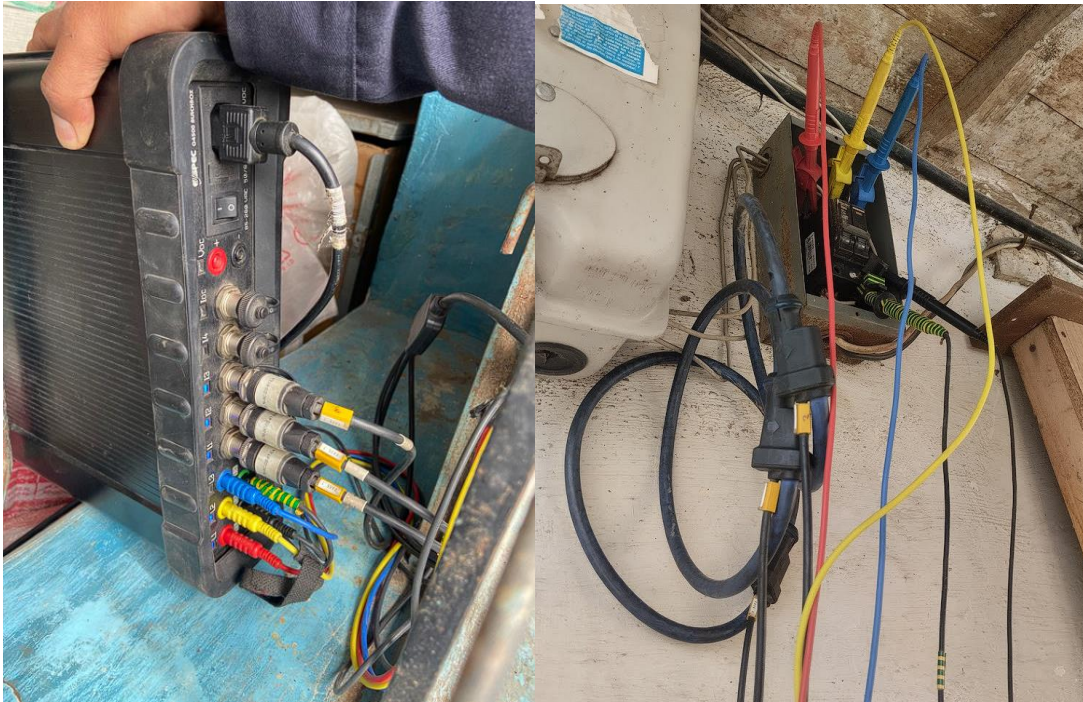


Figura 5.21. Analizador de red instalado en el medidor de la vivienda.

Para la obtención de los datos, y sus posteriores resultados se utilizó el software PQSCADA Sapphire, el cuál integra todos los datos, registrados por el analizador y permite una mejor visualización de esta con el fin de dar un criterio técnico de la calidad de la energía.

5.1.1. Estudio de la demanda real de la vivienda

De los 7 días en los cuales se hizo el estudio, se tomó en cuenta desde el día 23 de noviembre 12:00 a.m. hasta el día 24 de noviembre de las 13:00 p.m. en el cual datos arrojan como se observa en la Figura 5.22. el comportamiento del consumo de la energía por parte de los usuarios de la vivienda cabe recalcar que hay intervalos de tiempo en los cuales no existe dato proporcionado esto debido que en esas fechas hubo presencia de apagones en todo el país.

Entonces se evidencia como en las 24 horas existe un promedio de 1,59 kWh, un máximo de 2,65 kWh y un mínimo de 0,235 kWh, dando entender que en la casa no existe un alto consumo de energía por lo cual ayuda para el dimensionamiento respectivo del sistema fotovoltaico.

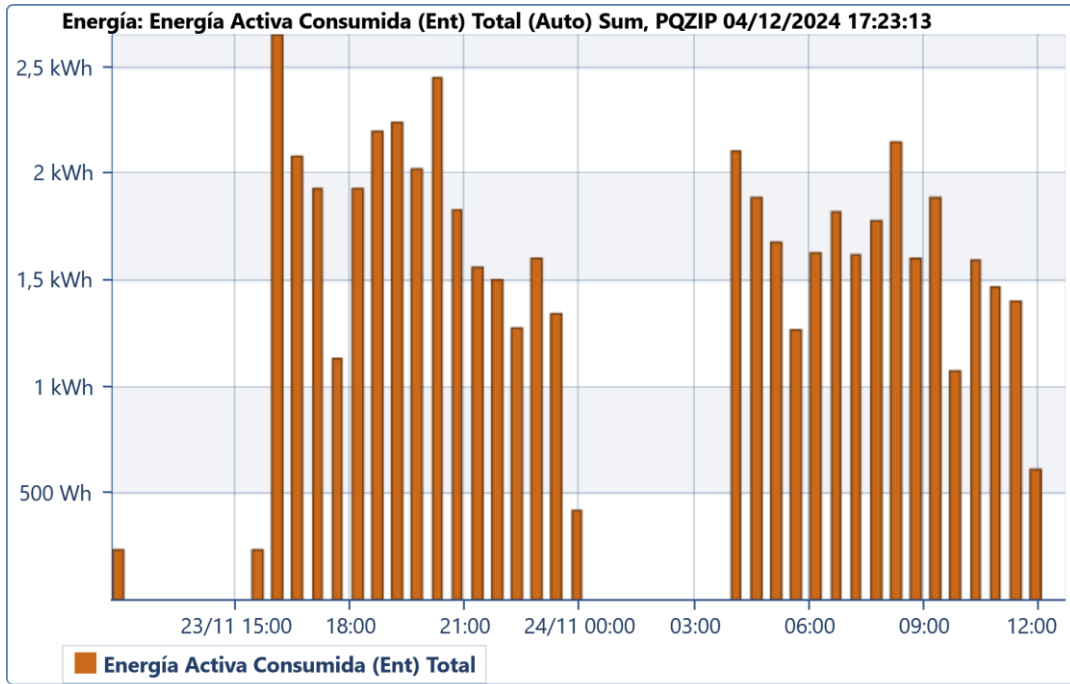


Figura 5.22. Gráfica de la energía activa consumida por la vivienda.

5.1.2. Estudio de la potencia activa de la vivienda

Para el estudio de la potencia activa se tomó en cuenta el tiempo como en el apartado anterior de la demanda, se observa en la Figura 5.23. como en ese lapso de 24 horas la potencia activa promedio es baja, además de que su máximo es de 1,79 kW y aun no son separadas las cargas especiales de la vivienda, por lo que el dimensionamiento efectuado está dentro de la potencia obtenida que es 1065 W.

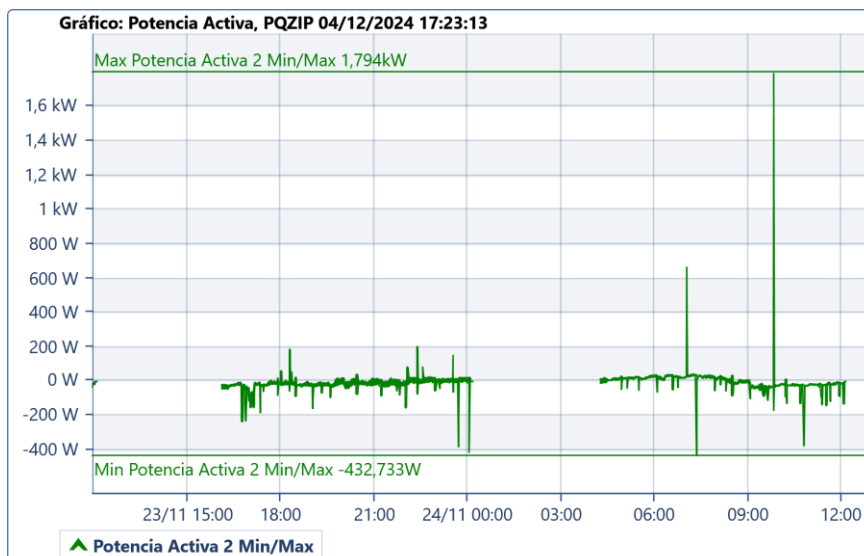


Figura 5.23. Gráfica de la potencia activa.

5.2. ANÁLISIS DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO CON EL USO DEL SOFTWARE DE PVSYST

El uso de este software es porque tiene varias características para evaluar el rendimiento energético de las instalaciones fotovoltaicas para los diferentes cambios climáticos y configuraciones técnicas.

5.2.1. Resultados del sistema

Arroja que la energía útil procedente del sol es de 1446,62 kWh/año y la energía utilizada es 931,29 kWh/año, evidente en la Figura 5.24.

Useful energy from solar	993.31 kWh/year	Specific production	993 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	57.00 %
Missing Energy	3.14 kWh/year	Available solar energy	1538.79 kWh/year	Solar Fraction SF	99.68 %
Excess (unused)	490.91 kWh/year				

Figura 5.24. Resultados del sistema por PVSYST.

5.2.2. Características del diseño del sistema fotovoltaico

Se utilizó modelos cercanos o parecidos para el diseño fotovoltaico en el PVSYST ya que no se cuenta con las tecnologías que se utilizaron, se usó dos módulos solares marca Orion de 500 W conectados en paralelo llegando a ser 1000 W, 2 baterías conectados en serie 13 V teniendo cada uno de 202 Ah, el controlador de carga es Prostrar MPPT.

PV module		Controller	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	Orion IIIs TKA500M-144 (Original Pvsyst database)	Model	ProStar MPPT PS MPPT-40 @24V
Unit Nom. Power	500 Wp	Technology	MPPT converter
Number of PV modules	2 units	Temp coeff.	-5.0 mV/°C/Elem.
Nominal (STC)	1000 Wp	Converter	
Modules	2 string x 1 In series	Maxi and EURO efficiencies	97.0 / 96.2 %
At operating cond. (50°C)		Battery Management control	
Pmpp	915 Wp	Threshold commands as	SOC calculation
U mpp	40 V	Charging	SOC = 0.96 / 0.80
I mpp	23 A	Discharging	SOC = 0.10 / 0.35
Battery			
Manufacturer	Generic		
Model	LFP-CB 12.8V / 200Ah		
Technology	Lithium-ion, LFP		
Nb. of units	2 in series		
Discharging min. SOC	10.0 %		
Stored energy	4.5 kWh		
Battery Pack Characteristics			
Voltage	26 V		
Nominal Capacity	202 Ah (C10)		
Temperature	Average between fixed 20 °C and External		
Total PV power			
Nominal (STC)	1.00 kWp		
Total	2 modules		
Module area	4.3 m²		

Figura 5.25. Datos ingresados en el PVSYST.

Como podemos apreciar en la figura 5.25. se eligió el número de equipos a utilizar con su valor más cercano, esto ya que al no contar con una licencia no podemos exportar librerías de marcas más específicas, de acuerdo con el área de la cubierta mencionada a PVSYST nos indica que,

con dos módulos fotovoltaicos en paralelo, cubrimos la potencia deseada, así como un banco de baterías en serie, un inversor de 1500 W, así como un regulador de 24V – 40A.

5.2.3. Pérdidas del sistema fotovoltaico

En la siguiente Figura 5.26. son los resultados de las pérdidas del sistema fotovoltaico.

Thermal Loss factor		DC wiring losses		Serie Diode Loss				
Module temperature according to irradiance		Global array res. 29 mΩ		Voltage drop 0.7 V				
Uc (const)	20.0 W/m²K	Loss Fraction 1.5 % at STC		Loss Fraction 1.6 % at STC				
Uv (wind)	0.0 W/m²K/m/s							
Module Quality Loss		Module mismatch losses		Strings Mismatch loss				
Loss Fraction -0.3 %		Loss Fraction 0.0 % at MPP		Loss Fraction 0.1 %				
IAM loss factor								
Incidence effect (IAM): Fresnel, AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.963	0.892	0.814	0.679	0.438	0.000

Figura 5.26. Pérdidas del sistema proporcionado por PVSYST.

En general, 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 -0.3%. Las pérdidas más significativas se encuentran en los diodos en serie (1.6%) y el cableado DC (1.5%).

5.2.4. Detalle del uso de la demanda de la energía de los usuarios

En la vivienda ubicado en Río Blanco Alto, se utilizan 25 lámparas 9 de Watts con un aproximado de uso de 4 horas al día, dando un consumo de 900 Wh/día, para el sistema de fuerza que es 110 V, se conectará un televisor de 75 Watts con un uso de 3 horas al día dando una potencia consumida de 450 Wh/día, se conectará varios electrodomésticos dando una potencia consumida de 480 Wh/día y, por último, se conectará Laptop, pc de mesa y cargador de celu con potencia consumida de 880 Wh/día. Dando un total de energía total diaria de 2730 Wh/día. Cómo se ve en la siguiente Figura 5.27. Vale mencionar en el dimensionamiento inicial del sistema nos da un total de energía diaria de 2,75 kWh y en PVSYST 2,73 kWh esto se debe a que se hizo una ponderación de lámparas de 8 y 10 W en una sola potencia 9 W.

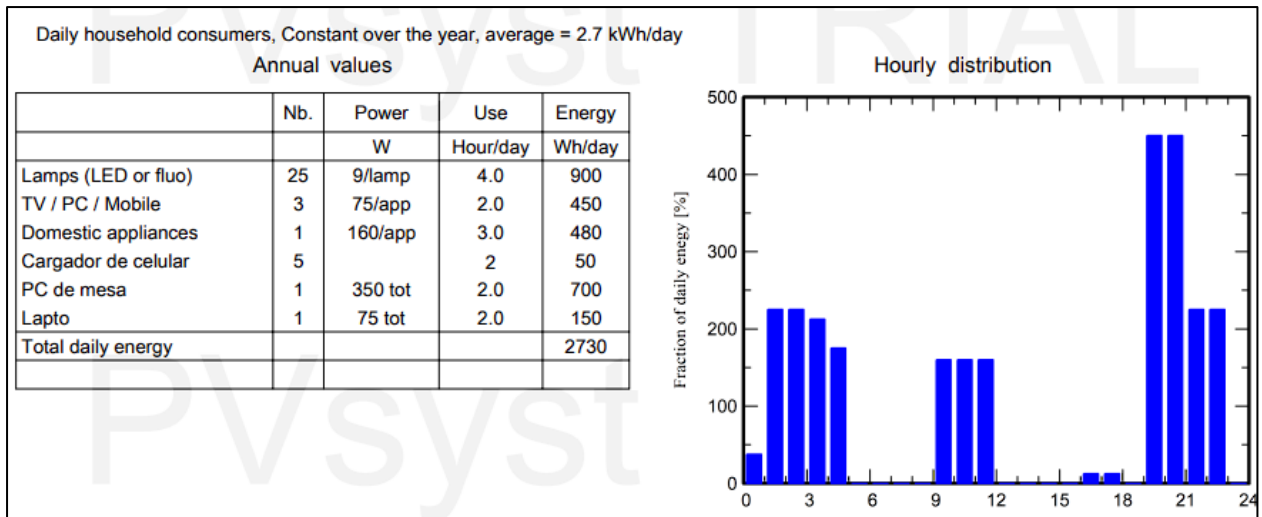


Figura 5.27. Detalle del levantamiento de carga en la residencia.

5.2.5. Resultados de la simulación del sistema fotovoltaico con PVSYS

5.2.5.1. Resultados principales

System Production			
Useful energy from solar	993.31 kWh/year	Perf. Ratio PR	57.00 %
Available solar energy	1538.79 kWh/year	Solar Fraction SF	99.68 %
Excess (unused)	490.91 kWh/year	Battery aging (State of Wear)	
Loss of Load		Cycles SOW	89.6 %
Time Fraction	0.2 %	Static SOW	90.0 %
Missing Energy	3.14 kWh/year	Battery lifetime	9.6 years
Economic evaluation			
Investment		Yearly cost	LCOE
Global	2.690.00 USD	Annuities	0.00 USD/yr
Specific	2.69 USD/Wp	Run. costs	0.00 USD/yr
		Payback period	Unprofitable
		Energy cost	0.00 USD/kWh

Figura 5.28. Resultados del sistema en una proyección de un año.

5.2.5.2. Producciones normalizadas por kW instalado

En esta Figura 5.29. se analiza el color azul que representa la energía utilizada cuando la batería está cargada al máximo que es 1,34 kWh/kWp/día, el color lila significa la pérdida de colección de la matriz que es 0,45 kWh/kWp/día, el color verde en cambio es la pérdida del sistema con la carga de batería que es 0,26 kWh/kWp/día y por último el color café significa la energía que será utilizada por los usuarios de la vivienda por los meses del año siendo de 2,72 kWh/kWp/día.

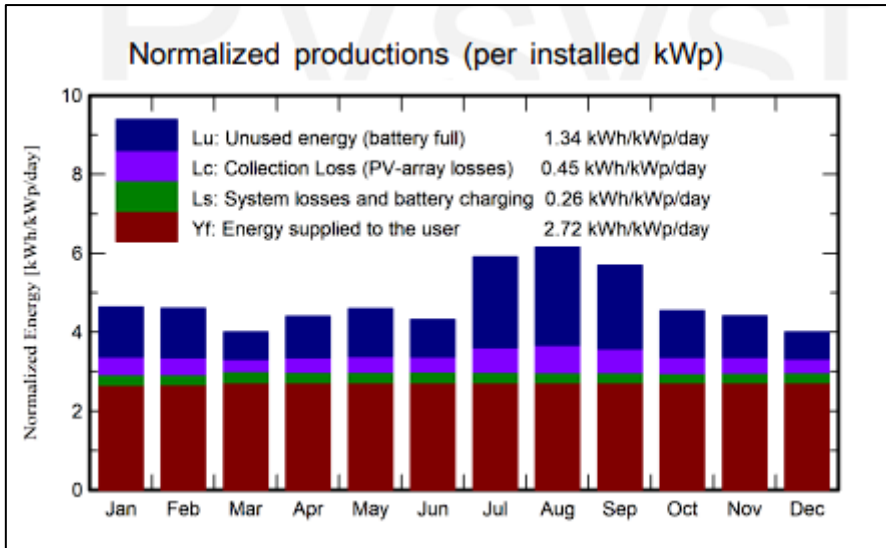


Figura 5.29. Representación de la producción normalizada por mes.

5.2.5.3. Relación de rendimiento PR

En la Figura 5.30 el color café representa el rendimiento racial que arroja 0,570 y el color verde representa la fracción solar que da 0,997 y se lo da en cada mes del año.

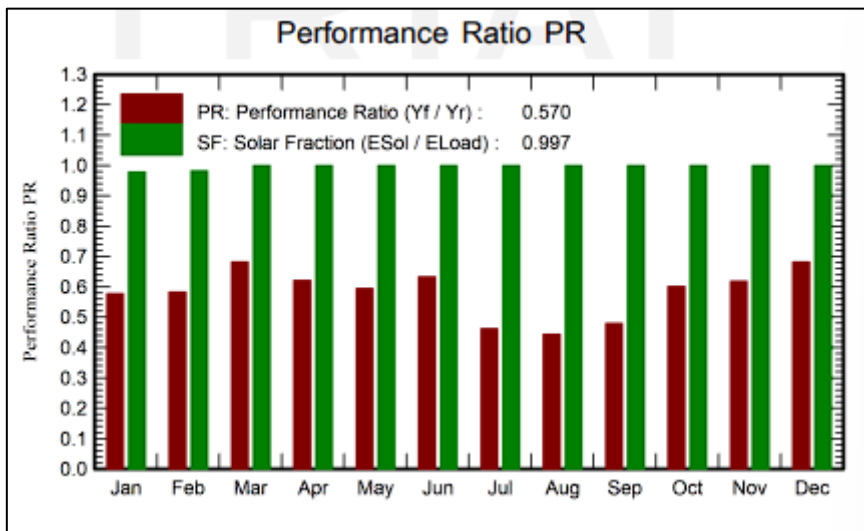


Figura 5.30. Rendimiento del sistema fotovoltaico por mes.

5.2.5.4. Balances y resultados principales

En la Tabla 5.13. se evidencia que en el mes de julio es el mayor aprovechamiento de la energía solar durante todo el año dando 166,1 kWh. Y para el mes de diciembre es donde menor aprovechamiento de energía solar da, y es 93,2 kWh.

Tabla 5.13. 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	161.7	138.9	126.3	38.7	1.81	82.8	84.6	0.979
February	139.3	125.2	113.9	34.9	1.33	75.1	76.4	0.983
March	127.3	120.5	111.2	21.2	0.00	84.6	84.6	1.000
April	130.6	128.8	117.6	31.1	0.00	81.9	81.9	1.000
May	135.7	139.1	126.5	37.2	0.00	84.6	84.6	1.000
June	121.4	126.5	114.9	28.2	0.00	81.9	81.9	1.000
July	167.7	178.6	160.6	71.1	0.00	84.6	84.6	1.000
August	182.1	186.8	165.9	76.8	0.00	84.6	84.6	1.000
September	171.9	166.7	149.4	63.2	0.00	81.9	81.9	1.000
October	148.0	136.6	124.8	36.1	0.00	84.6	84.6	1.000
November	145.2	127.8	117.5	31.3	0.00	81.9	81.9	1.000
December	138.0	120.1	110.2	21.1	0.00	84.6	84.6	1.000
Year	1768.9	1695.5	1538.8	490.9	3.14	993.3	996.4	0.997

5.3. ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO REAL DE LA CARGA, YA INSTALADO EL MÓDULO FOTOVOLTAICO

Después de haber echo la instalación adecuada del sistema fotovoltaico, se volvió a utilizar el analizador de red esta vez con un Pure BlackBox de la marca ELSPEC, el cual consta de 3 fases además de ser muy portátil y fácil de usar.

El tiempo de estudio fue del 13 de enero del 2025 hasta el 20 de enero del 2025 esta vez instalado en la caja de distribución de donde sale a sus respectivas cargas que alimentara el sistema fotovoltaico como se puede observar en la Figura 5.31.

Cabe recalcar que en este punto las cargas especiales fueron separadas a otro circuito aparte que va directamente a la red eléctrica, dejando así solo lo que se dimensionó para el sistema fotovoltaico.



Figura 5.31. Instalación del analizador de red Pure BB.

5.3.1. Estudio y comparación de la demanda

Se realizó una comparación en el comportamiento de la energía activa consumida durante los

siete días y el valor de la energía activa dimensionada que es de 2,75 kWh, dando a entender que el consumo que se ha obtenido, el valor máximo fue de 331,67 Wh, como se ven en la Figura 5.32. de a continuación, siendo un valor aceptable para el dimensionamiento realizado, es decir, que el sistema fotovoltaico abastece correctamente todas las cargas de la vivienda.

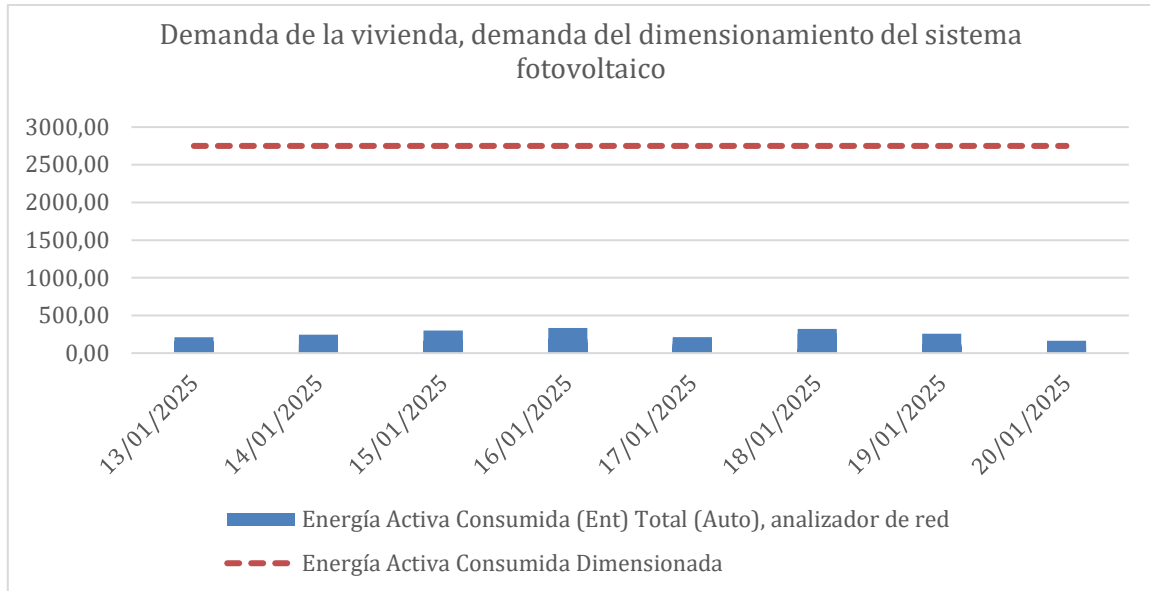


Figura 5.32. Comportamiento de la energía activa consumida, y valor de la energía dimensionada.

5.3.2. Estudio y comparación de la potencia activa

En los días analizados del 13 al 20 de enero se obtiene que la potencia máxima que ha llegado es 265,745 W, y obteniendo un promedio de 32,68 W en los 7 días, entendiéndose de esta manera que la potencia dimensionada que 1065 W, es correcta a los datos analizados y que el sistema fotovoltaico tranquilamente cumple con la potencia que se necesita. Los datos analizados se pueden evidenciar en la Figura 5.33. y la potencia máxima que se ha alcanzado significaría el 24,95% del 100% que es 1065 W.

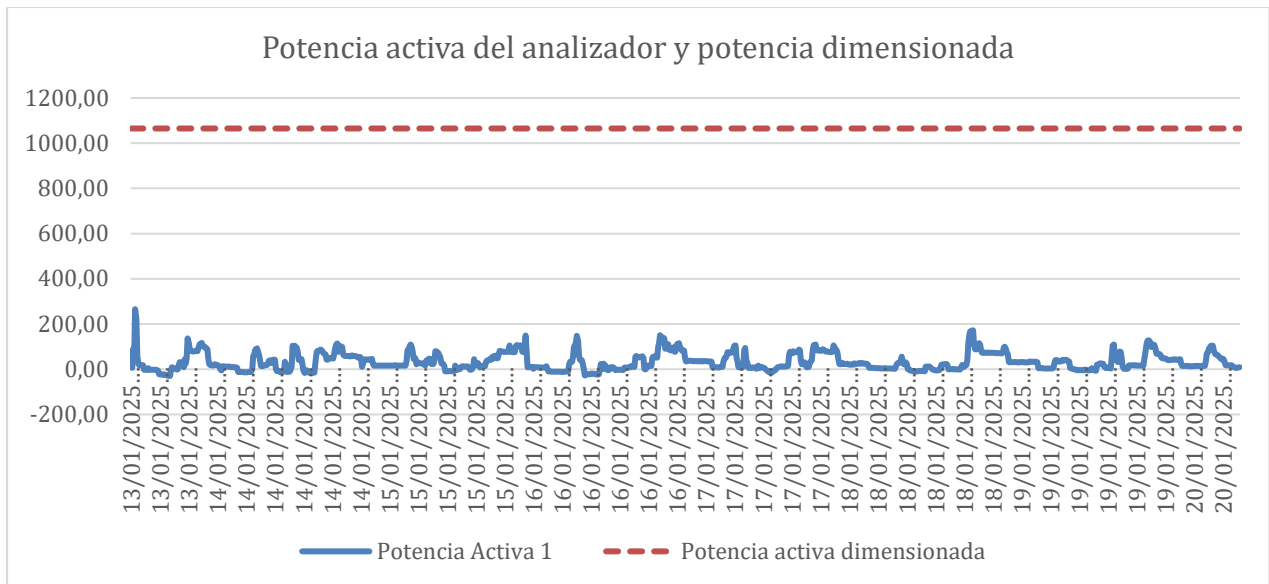


Figura 5.33. Comportamiento de la potencia activa, y valor de la potencia dimensionada.

5.4. SISTEMA PUESTA A TIERRA

Se instaló dos varillas Copperweld para la puesta a tierra, siendo una para el sistema fotovoltaico y la otra para la caja de distribución, y están conectadas entre sí por los metros de separación entre ellas. Como se observa en la Figura 5.34.



Figura 5.34. Instalación de puesta a tierra para protección de los sistemas eléctricos

$$\text{Cálculo SPT} = \frac{V}{I} \tag{5.12}$$

$$\text{Cálculo SPT} = \frac{121}{5,03} = 24,055 \Omega$$

Realizamos la medición, por el método práctico en el que tomamos el voltaje nominal 121V, y la corriente fluya por la fase en ese momento, primero pasamos a aterrizar el neutro del sistema a tierra, posteriormente conectamos a la instalación un foco incandescente de 100W.

Medimos con la ayuda de una pinza amperimétrica AC la corriente que fluye por la fase de la bombilla mencionada, nos da un valor 5,03 A.

Se aplica la ecuación 5.12. y se obtiene una resistencia de $24,055\Omega$, este valor está dentro del rango de aceptación de SPT para sistemas de residenciales de BT de la NOM 001 SEDE 2012 que nos dice que es 25Ω , lo cual garantizamos que la puesta a tierra instalada en el sistema es correcta.

5.5. AUTONOMÍA DEL SISTEMA

El componente que alimenta las cargas son las baterías, y es el encargado de dar la autonomía suficiente al sistema, entonces se ha establecido una autonomía de 1 día para el proyecto, por lo tanto, se procede a hacer los cálculos de la carga y descarga de batería en relación de la demanda energética establecida.

5.5.1. Tiempo de carga de la batería

Para realizar los cálculos del tiempo de la carga de la batería, primeramente, se debe conocer la corriente, pero en función de la potencia que genera cada sistema, como también la corriente que consume el sistema.

5.5.1.1. Cálculo de la corriente del sistema fotovoltaico

Se utiliza la siguiente ecuación.

$$I_{solar} = \frac{PE_{solar}}{V_{paneles}} \quad (5.13)$$

La potencia eléctrica de los paneles máxima es de 1020 W y el voltaje de los dos paneles conectados en paralelo es de 40,5 V, da resultado:

$$I_{solar} = \frac{1020}{40,5} = 25,18 A$$

5.5.1.2. Cálculo de la corriente de consumo

Se sabe que potencia demandada es de 1065 W y que el voltaje del sistema de es 12 V.

$$I_{consumida} = \frac{1065}{127} = 8,39 A$$

5.6. TIEMPO DE CARGA DE LA BATERÍA

Para saber el tiempo de carga de la batería se lo hace pensando que esta se encuentra al 0% y es con la siguiente ecuación del autor [46].

$$T_{carga} = \text{Porcentaje batería} * \frac{C_B * \eta}{C_{carga}} \quad (5.14)$$

Sabiendo que la batería tiene una capacidad 200 Ah, con una eficiencia de 91% y la corriente de carga que es de 25,18 A se obtiene el tiempo de carga de la batería de 50% a 100%.

$$T_{carga} = 50\% * \frac{200 Ah * 0,91}{25,18} = 4,01 h$$

Como es de 50% a 100% el cálculo realizado eso significaría que de ser de 0% a 100% sería alrededor de 8 horas.

5.7. TIEMPO DE DESCARGA DE LA BATERÍA

Para saber el tiempo de descarga de la batería se lo hace pensando que esta se encuentra al 100% y es con la siguiente ecuación del autor [46].

$$T_{descarga} = \frac{V_B * C_B}{V_B * I_{consumida}} * Prof_{descarga} \quad (5.16)$$

Si se tiene que la batería tiene una capacidad de 200 Ah, la corriente consumida es la calculada anteriormente y el voltaje de las baterías es de 12 V, su tiempo de descarga es:

$$T_{descarga} = \frac{12V * 200 Ah}{12 V * 8,398 A} * 100\% = 23,85 \cong 24 h$$

Estas horas calculadas son de caso hipotético, diciendo que las baterías se encontraban al 100%, pero para obtener mejor criterio, se realiza con pruebas reales de descarga y carga de las baterías.

5.8. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

Se hizo mediciones con respecto al comportamiento de la capacidad de la batería.

5.8.1. Prueba de descarga de la batería

Para este cálculo lo que se tomó en cuenta son 11 luminarias, 1 TV, 1 PC de mesa, dando una carga 515 W, considerando que la batería se encuentra totalmente cargada con verificación en el regulador de carga mostrando el 100% de las baterías, se procedió hacer el cálculo de la autonomía de la batería por medio teórico y de forma real.

5.8.2. Cálculos teóricos de la descarga de la batería

Es necesario medir la corriente que se está suministrando al sistema cabe mencionar que es en AC, 0,81 A en AC, como se indica en la Figura 5.35.



Figura 5.35. Medición de la corriente consumida en AC

$$P_{consumida} = 127V * 0,81A = 102,87W$$

Dando que la potencia que consume es de alrededor de 100 W, debido que no es constante el encendido los aparatos ya que ratos como TV entra en reposo o la PC de mesa. Posteriormente se realizó el cálculo de la corriente que se absorbe de la batería.

$$I_{consumida} = \frac{102,87 W}{12,90 V} = 7,97 A$$

Y por último se realizó el cálculo del tiempo de descarga de la batería con la siguiente ecuación.

$$T_{descarga} = \frac{12,90V * 200Ah}{12,90V * 7,97A} * 100\% = 25,09 h$$

5.8.3. Tiempo de descarga de la batería

La. Prueba comienza cuando en el regulador de carga se muestra que la batería se encuentra al 100%, entonces se procede a desconectar los paneles del sistema obteniendo los siguientes resultados de la Tabla 5.14.

Tabla 5.14. Datos de la prueba de autonomía de las baterías

Prueba de autonomía de las baterías		
Detalles	Días	Hora
Inicio de la prueba	27/01/2025	3:30 pm
Fin de la prueba	28/01/2025	5:00 pm
Tiempo de descarga (h)	25:30	

Teniendo un resultado de 25:30 h. de funcionamiento de las baterías, teniendo un correcto

funcionamiento entre el tiempo calculado y el tiempo real. Adicional, se aumentó las cargas al día siguiente de iniciar la prueba siendo 5 luminarias adicionales.

Adicional se realizó un gráfico evidente en la Figura 5.36. donde se comprueba como las baterías fueron cumpliendo con el propósito estimado de autonomía de un día. Y como va bajando el porcentaje de la batería durante los dos días,

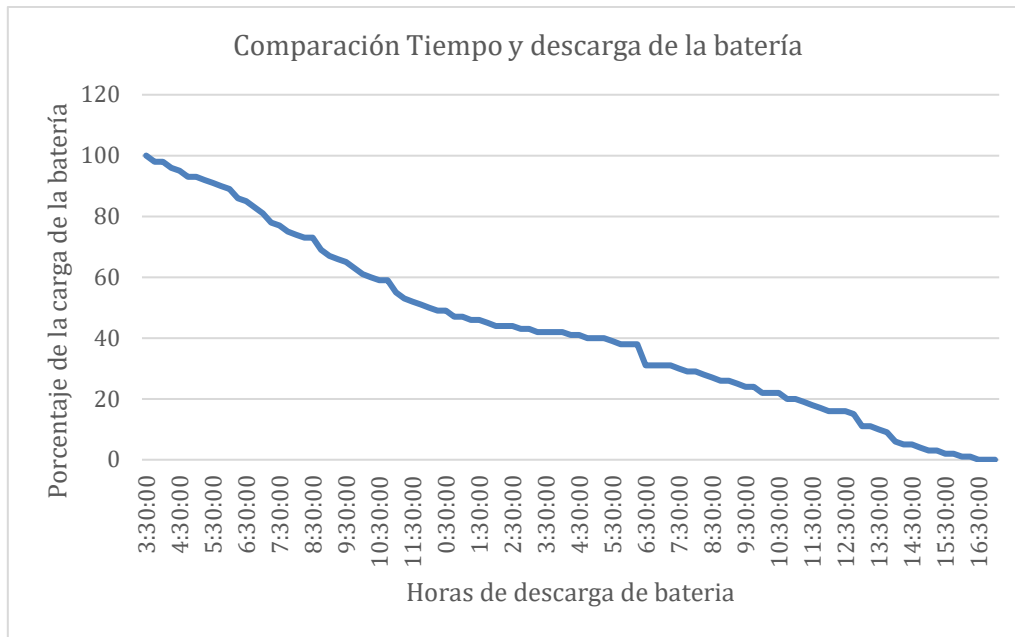


Figura 5.36. Comportamiento de la descarga de la batería

Adicional se tiene de resultados de un promedio de 2,79 A y de 24,07 V en DC, siendo estos datos, parámetros que salían de la batería, y en la salida de la caja de distribución con un promedio de 2,46 A en AC.

5.8.4. Tiempo de carga de la batería

Se comprobó en que tiempo estimado la batería volvería a cargarse de 0% a 100%, dando así estos datos obtenidos en la Tabla 5.15, cabe mencionar que fueron 23 h ya que la descarga de la batería termino entre 5:30 pm y al poner a funcionamiento de nuevo los paneles solares, no pudo aprovechar la radiación del día, es así como, sería 11 horas en los que el panel solar recibe la radiación solar, adicional el día estuvo con presencia de nubes lo cual afecta a la carga de la batería.

Tabla 5.15. Datos de la carga de baterías

Prueba de carga de las baterías		
Detalles	Días	Hora
Inicio de la prueba	28/01/2025	5:30 pm
Fin de la prueba	29/01/2025	3:30 pm

Tiempo de carga (h)	23 h
Tiempo de radiación solar para cargar batería (h)	11 h

5.9. ANÁLISIS ECONÓMICO, 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 y se encuentran en los anexos, solamente del apartado de los equipos para el sistema fotovoltaico es de \$ 2690,00, como se indica en la Tabla 5.16.

Tabla 5.16. Costo total del proyecto del sistema fotovoltaico

ITEM		PRECIO UNITARIO	UNIDAD	PRECIO TOTAL
EQUIPOS Y MATERIALES ELÉCTRICOS				
SOLAR BOX 1500W				
Panel solar monocristalino 510 W	UND	395	2	790
baterías JYC 200Ah 12V	UND	450	2	900
Gabinete metálico	UND	120	1	120
Inversor Onda pura 1500W-120Vac	UND	380	1	380
Controlador de carga MPPT	UND	210	1	210
Protecciones eléctricas DC y AC	UND	15	10	150
Cable para conexión paneles solares 3x8 AWG	m	2,4	10	24
Conectores MC4	pares	14	2	28
Cable para conexión en baterías	m	1,9	6	11,4
Cables de conexión varios	m	1,9	10	19
Varilla puesta a tierra (Copperweld)	UND	8,25	1	8,25
Caja breaker 2 puestos	UND	35	1	35
Accesorios (Borneras, terminales, tornillos, etc.)	UND	2,22	11	24,42
TOTAL				2690,00

5.9.1. Análisis técnico - económico – ambiental

5.9.1.1. Retorno de Inversión

Tabla 5.17. Retorno de inversión del proyecto de acuerdo con el consumo

Retorno de Inversión					
Consumo Diario	DIA	MES		AÑO	
kWh	HORAS	DIAS	kWh/mes	DIAS	kWh/año
3,5	24	30	105	365	1277,5
¢USD/kWh	¢USD/kWh		¢USD/kWh		¢USD/kWh
0,092	0,322		9,66		117,53

1 AÑO	5 AÑOS	10 AÑOS	23 AÑOS
2690,000	587,65	1175,3	2703,19
-2572,470	-2102,35	-1514,7	13,19

Como podemos observar en la tabla 5.17, el sistema puede abastecer 3,5 kWh diario, el proyecto ejecutado al día cubriría 0,322 ctvs. de dólar/kWh, al mes 9,66 USD/kWh, al año 117,53 USD/kWh, vale recalcar que esto influiría por distintos factores como el hábito de consumo de los beneficiarios, cambios climáticos, etc.

En el retorno de inversión, el tiempo establecido para recuperar la inversión de los equipos es bueno, ya que una vez determinados podemos verificar que este tiempo es menor al tiempo de su vida útil.

5.9.1.2. Impacto Ambiental

La implementación del sistema de energía solar fotovoltaica, aunque sea de proyecto pequeño La implementación de sistemas de energía solar fotovoltaica (ESF) representa una solución limpia durante su fase operativa, ya que no producen emisiones contaminantes ni residuos tóxicos hasta géneros electricidad. No obstante, es fundamental considerar el impacto ambiental asociado a la cadena de producción de sus componentes. La manufactura de los módulos fotovoltaicos requiere procesos industriales intensivos que demandan grandes cantidades de energía, principalmente de origen térmico y eléctrico. De igual manera, la producción de elementos como complementos acumuladores, convertidores de potencia, conductores eléctricos y estructuras de soporte implica procesos químicos que generan una huella de significativo carbono. Esta realidad nos obliga a considerar el ciclo de vida completa de la tecnología solar, que, si bien su operación es, limpiar su proceso de fabricación real dependiendo de las fuentes energéticas que contribuyen a la contaminación atmosférica y el cambio climático.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Se pudo determinar el consumo energético de la residencia a través de cálculos detallados, lo cual era fundamental para dimensionar el sistema real fotovoltaico. Este análisis permitió conocer a los patrones de consumo diario e identificar las horas pico de demanda y los equipos de mayor consumo, garantizando que el sistema diseñado cubra las necesidades parciales energéticas de la vivienda.
- El sistema fotovoltaico diseñado para la vivienda en la Provincia de Cotopaxi demuestra ser una solución energética integral y bien adaptada a las condiciones locales. La metodología de diseño empleado considerado de manera exhaustiva todos los factores críticos que influyen en el rendimiento del sistema, los niveles de radiación solar disponible, la orientación óptima de los paneles, las variables climatológicas específicas de la zona y las características arquitectónicas particulares de la vivienda. Esta atención al detalle en el diseño fue validada a través de simulaciones realizadas con el software especializado PVSYST, que confirmó la viabilidad técnica del proyecto, sino que también demostró su factibilidad económica. Un aspecto particularmente destacado es la capacidad del sistema para mantener una generación energética constante a lo largo del año, con un aprovechamiento especialmente eficiente durante los períodos de la radiación mayor solar, lo que garantiza la confiabilidad y eficiencia energética del suministro para la vivienda.
- La implementación del sistema fotovoltaico se ejecutó con éxito, siguiendo rigurosamente las especificaciones técnicas establecidas en la fase de diseño y cumpliendo una cabalidad con todas las normativas y estándares de seguridad vigente. La selección estratégica de componentes de alta calidad, incluyendo paneles solares monocristalinos, reguladores de carga con tecnología MPPT (Maximum Poder Point Tracking) e inversores onda de pura, resultó fundamental para maximizar la eficiencia del sistema. Esta combinación de tecnologías avanzadas permite alcanzar un rendimiento global óptimo, adaptado específicamente a las características de la radiación solar y condiciones climáticas particulares de la región.
- La autonomía del sistema, que es de 1 día respaldada por un banco de baterías

dimensionado adecuadamente, garantiza el suministro eléctrico durante períodos de baja radiación solar, lo que resulta crucial para la continuidad del funcionamiento de equipos médicos esenciales en la vivienda.

6.2. RECOMENDACIONES

- Es fundamental realizar inspecciones y mantenimientos regulares del sistema fotovoltaico para optimizar su rendimiento y prevenir fallas a futuro, cómo también, para alargar la vida útil de los componentes. Entonces, es primordial evaluar periódicamente el estado de los paneles y baterías.
- Al utilizar de referencia este proyecto, es recomendable realizar un exhaustivo análisis de la radiación de la zona, como también un levantamiento de cargas correcto, todo con el fin de garantizar que los equipos del sistema cumplan con desempeño esperado.
- La implementación del sistema debe ir acompañada de una cultura de uso eficiente de la energía, fomentando buenas prácticas como la optimización de horarios de consumo y el uso de electrodomésticos de bajo consumo.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Palacios y A. Benavides, «Productividad de paneles solares monocristalinos», *MEMORIAS DEL XXIII CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM*, 2017, [En línea]. Disponible en: https://somim.org.mx/memorias/memorias2017/articulos/A5_148.pdf
- [2] M. Rodríguez, «El efecto fotovoltaico y sus aplicaciones», Real Academia de Ciencias exactas, físicas y naturales, Madrid-España, Discurso, 1986. [En línea]. Disponible en: <https://rac.es/ficheros/doc/5a03fdc80dc10952.pdf>
- [3] S. Fernández, «Instalación Eólico-Fotovoltaica para suministro eléctrico a un sistema de riego por goteo para uso agrícola», Trabajo de titulación, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, 2013. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.upct.es/bitstreams/5f2af529-338f-4dae-b64e-77fee1290cc2/download>
- [4] J. Sancho y P. Toalongo, «Análisis de la producción de energía fotovoltaica mediante el uso de espejos en configuración dinámica», Proyecto técnico con enfoque investigativo, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca - Ecuador, 2021. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20112>
- [5] I. González, «Perspectivas de la energía solar fotovoltaica en la edificación», Trabajo de titulación, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía, España, 2015. [En línea]. Disponible en: https://oa.upm.es/40308/7/PFG_IVAN_GONZALEZ_BRANA_1.pdf
- [6] A. G. Hassan y A. Anjali, «Solar PV power plant site selection using a GIS-AHP based approach with application in Saudi Arabia», *Revista académica*, vol. 206, pp. 1225-1240, 2017, [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.10.024>
- [7] H. Merritt y J. Flores, «China's Leadership in Solar Photovoltaic Energy and its Impact on International Solar Panel Trade», *Revista México y la Cuenca del Pacífico*, vol. 13, n.º 37, pp. 39-65, 2024, [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.esd.2020.12.006>
- [8] F. Cabral, A. da Silva Jaques, y R. Vasques, «Impacto legal y sostenible del uso de energía solar fotovoltaica en propiedades rurales», *Revista académica de Derecho Económico y Socioambiental*, vol. 14, n.º 1, 2023, [En línea]. Disponible en: <https://dspace.mackenzie.br/handle/10899/38619>
- [9] C. Yajure-Rámirez, «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*, vol. 2023, n.º 30, pp. 19-28, 2023, [En línea]. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85164032622&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28energia+solar+fotovoltaica%29&sessionSearchId=1d76c0138fa2729f7fb84ea631972ca8&relpos=10>
- [10] E. Zarate, C. Cornejo, y J. Grados, «Autonomía Energética en Viviendas con Energía Solar Fotovoltaica y Almacenamiento de Energía en Baterías: Un Modelo de Evaluación», en *Multiconferencia Internacional LACCEI*, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.180>
- [11] A. Vásquez, M. Rodríguez, W. Saltos, C. Rodríguez, y 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, n.º 47, p. 34, 2018, [En línea]. Disponible en: <https://www.revistaespacios.com/a18v39n47/a18v39n47p34.pdf>

- [12] J. Morales, M. Fernández, C. Román, E. Quinchimba, D. Sánchez, y Á. Carrera, «La Energía solar fotovoltaica LED como una alternativa de iluminación en la Ruralidad», *Revista Ibérica de sistemas e Tecnologías de Informacao*, vol. 2023, n.º E65, pp. 427-441, 2024.
- [13] M. Martínez, C. Rodríguez, Y. Núñez, E. Prado, E. Lemus, y M. de Lourdes, «Modelo de Relaciones entre la Energía Solar Fotovoltaica y los Agronegocios», en *LACCEI 2022*, Ecuador, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://easychair.org/publications/preprint/mrTf>
- [14] E. Llanes y R. Barragán, «La generación de energía eléctrica para el desarrollo industrial en el Ecuador a partir del uso de las energías renovables». Universidad Internacional SEK, Quito, p. 44, 16 de octubre de 2020. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4023>
- [15] C. Arancibia y R. Best y Brown, «Energía del sol», *Revista Ciencia - Académica Mexicana de Ciencias*, vol. 61, n.º 2, p. 8, 2010. Accedido: 2 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_2/PDF/EnergiaSol.pdf
- [16] «World Energy Outlook 2019», AIE, Resumen Ejecutivo, ago. 2020. Accedido: 3 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/a3981adb-f1de-4e1a-88df-938f5c7c5726/Spanish-Summary-WEO2019.pdf>
- [17] I. López, «La energía renovable: Importancia de su implantación y desarrollo», Universidad Pontificia Comillas, Madrid-España, jun. 2019. Accedido: 3 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/28331/TFG.%20LApez%20Merodio%2C%20Iker.pdf?sequ>
- [18] D. Vainstein, J. Velarde, A. Rodríguez, y B. Solis, *Energías renovables: experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética*, Segunda. en Osinergmin. Lima, Perú: Gráfica Biblos S.A., 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.grupoblascabrera.org/webs/ficheros/08%20Bibliograf%C3%ADa/08%20Renovables/04%20El%20libro%20de%20las%20energ%C3%ADas%20renovables.pdf>
- [19] C. Lozada, D. Panchi, W. Sánchez, y J. Andrés, «Regresión lineal para la identificación del Punto de Máxima Potencia en Microrredes Híbridas Implementando en HYPERSIM», *Revista Técnica «energía»*, vol. 20, n.º 2, pp. 34-46, 2024, Accedido: 2 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v20.n2.2024.618>
- [20] J. Beloraret, «Sistemas fotovoltaicos híbridos de riego con exportación a red», Proyecto de titulación, Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación, Madrid-España, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fdspace.ups.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F24668%2F1%2FUPS-GT004261.pdf&psig=AOvVaw0hhFXfu6UMSxRETfvSq1qM&ust=1736707390950000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=2ahUKEwiq15mqe6KAxWal4QIHaq-MtoQjhx6BAgAEBo>
- [21] M. Rodríguez y C. Cervantes, «El efecto fotoeléctrico», *CIENCIA ero-sum*, vol. 13, n.º 3, pp. 303-310, 2006, [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5167035>
- [22] Wolfamankurd, «Efecto Fotoeléctrico», Wikimedia Commons. [En línea]. Disponible en: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Photoelectric_effect.svg
- [23] J. Rodríguez, «La radiación solar en extremo ultravioleta: implicaciones en la atmósfera de la Tierra», *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 46, p. 7, 2024, [En línea]. Disponible en:

<https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2023-0212>

- [24] S. Vera, «La energía solar es una fuente potencial de aprovechamiento energético El sistema de refrigeración por absorción tiene la ventaja», Trabajo de titulación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil - Ecuador, 2005. [En línea]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/14629>
- [25] I. Coello, «Manuales de calibración de piránómetros. Manual de calibración de piránómetros utilizando un pirheliómetro de referencia en base a la norma ISO 9846», Trabajo de titulación, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2024. [En línea]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/25385>
- [26] Graphene-info Web Site, «Graphene Solar: Introduction and Market News», Graphene-info. Accedido: 1 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.graphene-info.com/graphene-solar-panels>
- [27] A. Morales y D. Gomez, «Dimensionamiento e implementación de paneles fotovoltaicos aplicados al área residencial en un sector costero de la provincia del Guayas, Ecuador», Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, Guayaquil - Ecuador, 2022. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22499>
- [28] D. González, «Optimización del diseño de panel solar híbrido para edificación», Tesis Doctoral, Universidad de Burgos, Burgos-España, 2019. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10259/5399>
- [29] E. Villegas y L. Alcivar, «Diseño de un sistema fotovoltaico para la escuela de educación básica Simón Bolívar en la comunidad Masa 2, Golfo de Guayaquil», Proyecto de titulación, Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, Guayaquil - Ecuador, 2020. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19525>
- [30] L. Lino, «Diseño de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la alimentación de la instalación de una vivienda residencial», Trabajo de titulación, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil - Ecuador, 2022. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/18022>
- [31] G. Bermúdez, «Especificación de un sistema de Generación de energía eléctrica usando paneles fotovoltaicos y convertidores DC/AC», Trabajo de titulación, Universidad Central de Venezuela, Caracas-Venezuela, 2008. [En línea]. Disponible en: <http://saber.ucv.ve/handle/10872/745?mode=full>
- [32] Smartbitt, «Panel Monocristalino», energiasolar.smartbitt. Accedido: 2 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible en: http://energiasolar.smartbitt.com/downloads/panel_monocristalino.pdf
- [33] A. Valdiviezo, «Implementación de un inversor boost monofásico en malla abierta», Trabajo de titulación, Universidad Técnica del Norte, Ibarra-Ecuador, 2022. Accedido: 11 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13089>
- [34] AutoSolar, «Qué es un inversor», AutoSolar. Accedido: 11 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://autosolar.co/aspectos-tecnicos/que-es-un-inversor?srsltid=AfmBOoq6TbFdfQbmqF6jUXZiGblcNoeCIYMdzTr07gUncMLTVmEdecgm>
- [35] C. Sánchez, D. Milone, y R. Buitrago, «Estudio de inversores fotovoltaicos», *Revista Asociación Argentina de Energía Solar*, n.º 14, pp. 9-15, 2018, [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11336/103420>

- [36] Y. Galeano, «Desarrollo e implementación de una instalación fotovoltaica off-grid de baja potencia para vivienda unifamiliar en San José del Guaviare, monitoreada mediante Arduino y LabVIEW en conjunto con un control difuso de iluminación», Trabajo de titulación, Universidad de Pamplona, Pamplona-Colombia, 2020. [En línea]. Disponible en: http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/4446/1/Galeano_2020_TG.pdf
- [37] CREEH Perú, «Estudio sobre el manejo de las baterías automotrices de plomo ácido usadas generadas en Lima y Callao», MINAM, DGCA, Perú, 2022.
- [38] S. Blas *et al.*, «Situación de manejo de las baterías de plomo ácido en el Perú», *Revista del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias geográficas*, vol. 25, n.º 50, pp. 345-352, 2022, Accedido: 11 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.15381/iigeo.v25i50.24258>
- [39] P. Quispe, «Eficiencia de un panel solar de energía limpia para la carga de Equipos portátiles a nivel laboratorio», Trabajo de titulación, Universidad César Vallejo, Lima, Perú, 2017. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/23090/Quispe_RP..pdf
- [40] A. Calderón, «Implementación de un cargador de baterías con algoritmo MPPT y convertidor Buck para un sistema fotovoltaico», Trabajo de titulación, Universidad Técnica del Norte, Ibarra-Ecuador, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/13327/2/04%20MEL%20175%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- [41] Solar Electric Supplu, Inc., «Solar Charge Controllers», Solar Electric Supply, Inc. Accedido: 12 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.solarelectricsupply.com/solar-charge-controllers?srltid=AfmBOopMxhqX0QNNQva7C5RTvbjaQC7treRtovcMbquyw_3X9Q36A6c3B#
- [42] E. Olivo y W. Chango, «Implementación de un sistema de energía fotovoltaica para la electrificación en zona costera de la provincia del Guayas», Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, Guayaquil - Ecuador, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24580/1/UPS-GT004253.pdf>
- [43] L. Jaimes, «Diseño de un controlador de carga MPPT para sistemas solares fotovoltaicos desconectados de la red eléctrica», Trabajo de titulación, Universidad Francisco de Paula Santander, San José de Cúcuta, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ufps.edu.co/bitstream/handle/ufps/6754/1161020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [44] A Electronic, «Cálculo y dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos, ejemplo práctico», YouTube. [En línea]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=JS09pxI7mCA>
- [45] App Store, «Brújula», Apps Store. [En línea]. Disponible en: <https://apps.apple.com/cr/app/br%C3%BAjula/id1067456176>
- [46] V. Vakharia, M. Shah, P. Nair, y V. Wanhkhede, «Estimation of Lithium-ion Battery Discharge Capacity by Integrating Optimized Explainable-AI and Stacked LSTM Model», vol. 9, n.º 2, 2023.

8. ANEXOS

8.1. ANEXO 1



Figura 8.37. Colocación de los lagartos y ondas de corriente para la medición y análisis inicial del predio.

8.2. ANEXO 2



Figura 8.38. Ensamblaje y conexión de los equipos eléctricos.

8.3. ANEXO 3



Figura 8.39. Conexión de paneles fotovoltaicos (Triana- Vertex)

8.4. ANEXO 4



Figura 5.40. Colocación caja bypass.

8.5. ANEXO 5



Figura 8.41. Colocación riel, contactores de la caja bypass.

8.6. ANEXO 6



Figura 8.42. Colocación componentes bypass.

8.7. ANEXO 7



Figura 8.43. Sujeción canaletas.

8.8. ANEXO 8



Figura 8.44. Colocación canaletas ranuradas 40x40cm.

8.9. ANEXO 9



Figura 8.45. Conexiones internas gabinete fotovoltaico.

8.10. ANEXO 10



Figura 8.46. Colocación y conexión cable superflex 3x8.

8.11. ANEXO 11



Figura 8.47. Gabinete fotovoltaico, con su etiquetado.

8.12. ANEXO 12



Figura 8.48. Ubicación paneles fotovoltaicos, con su inclinación y ángulo óptimo.

8.13. ANEXO 13



Figura 8.49. Baterías JYC con su señalética.

8.14. ANEXO 14



Figura 8.50. Bypass con su señalética.

8.15. ANEXO 15



Figura 8.51. Caja de distribución con su señalética.

8.16. ANEXO 16

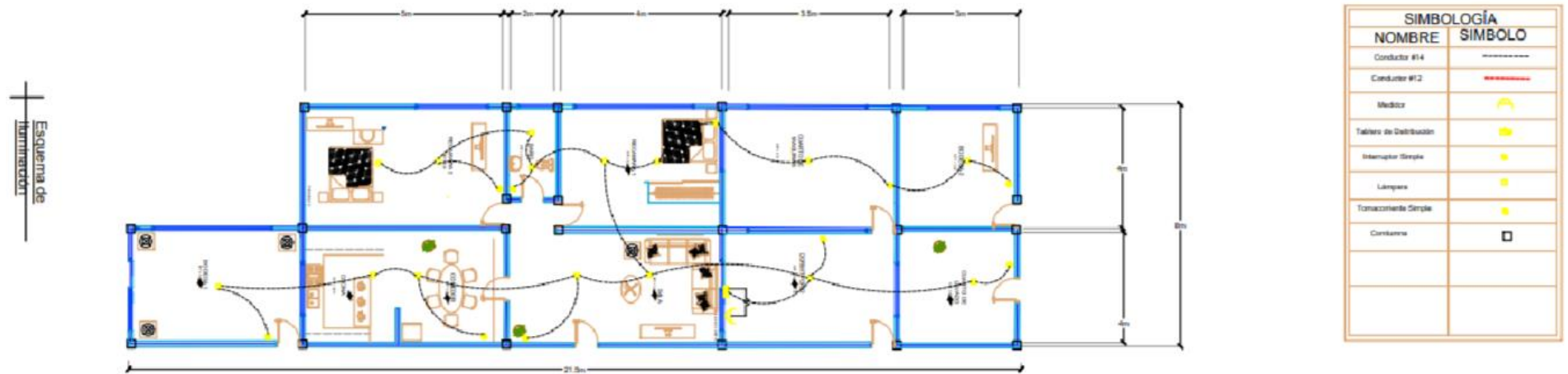


Figura 8.52. Plano iluminación vivienda

8.17. ANEXO 17

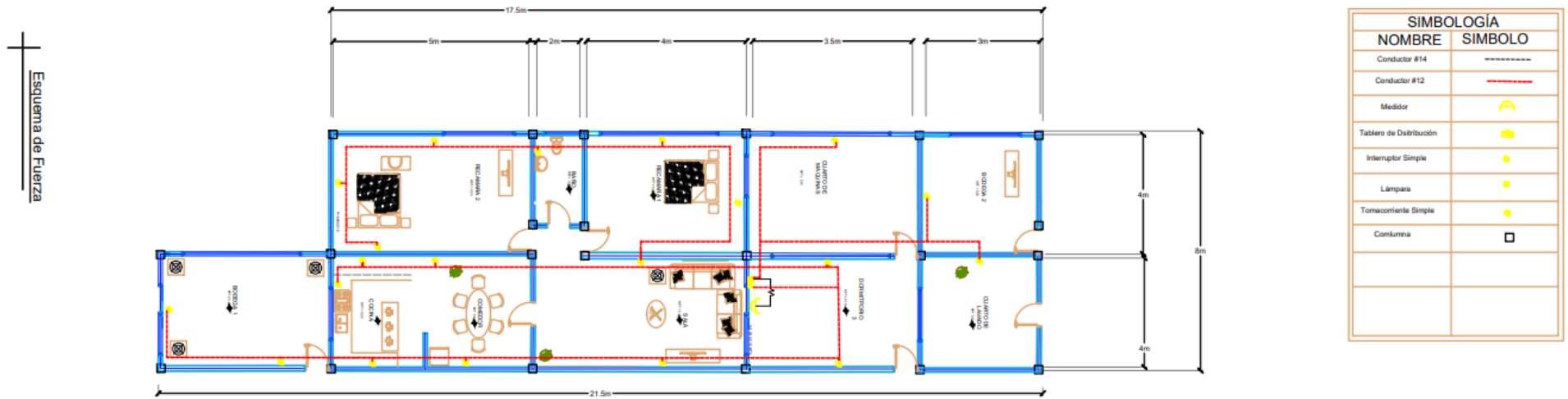


Figura 8.53. Esquema de sistema de fuerza

8.18. ANEXO 18

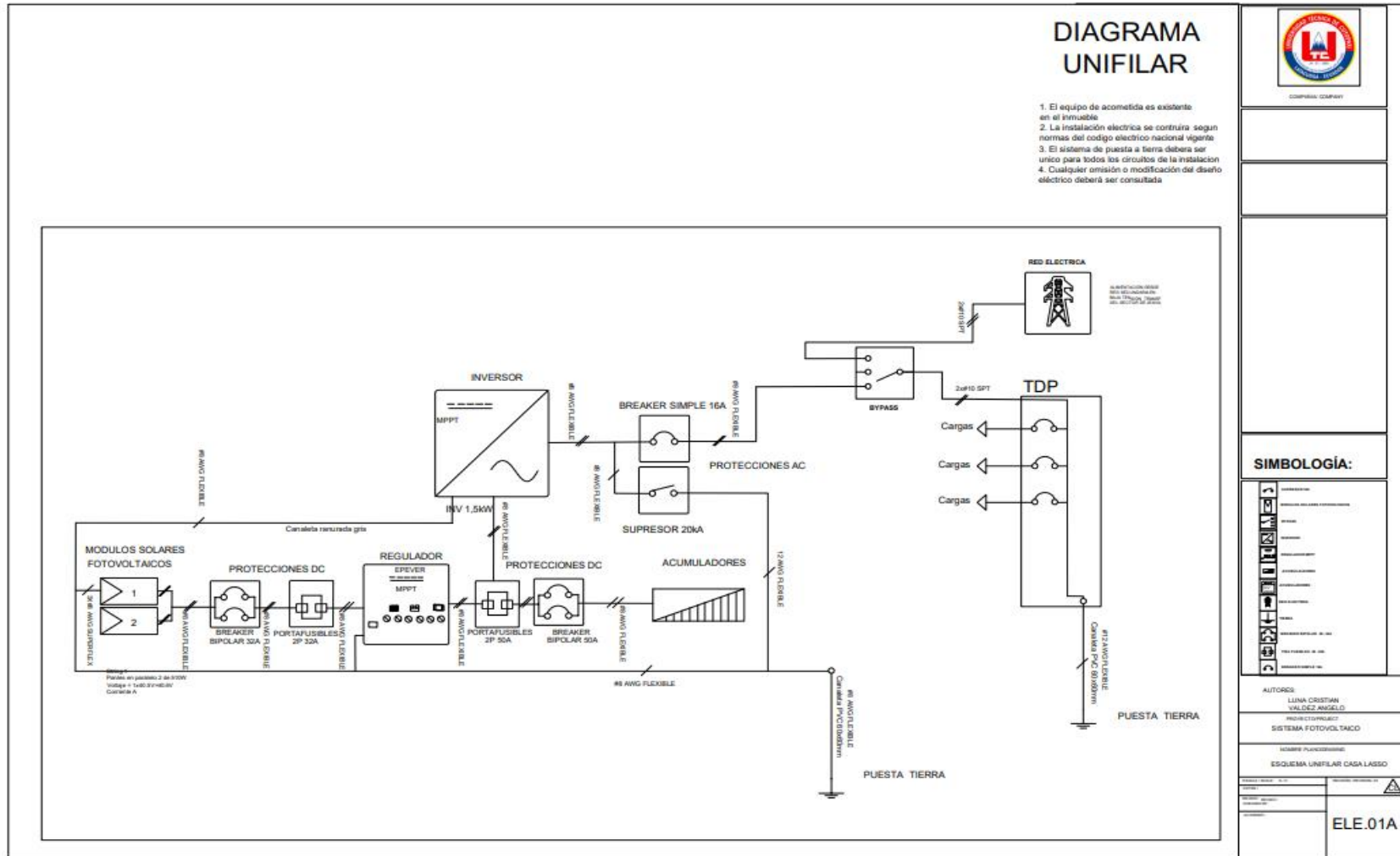


Figura 8.54. Diagrama Unifilar sistema fotovoltaico

8.19. ANEXO 19

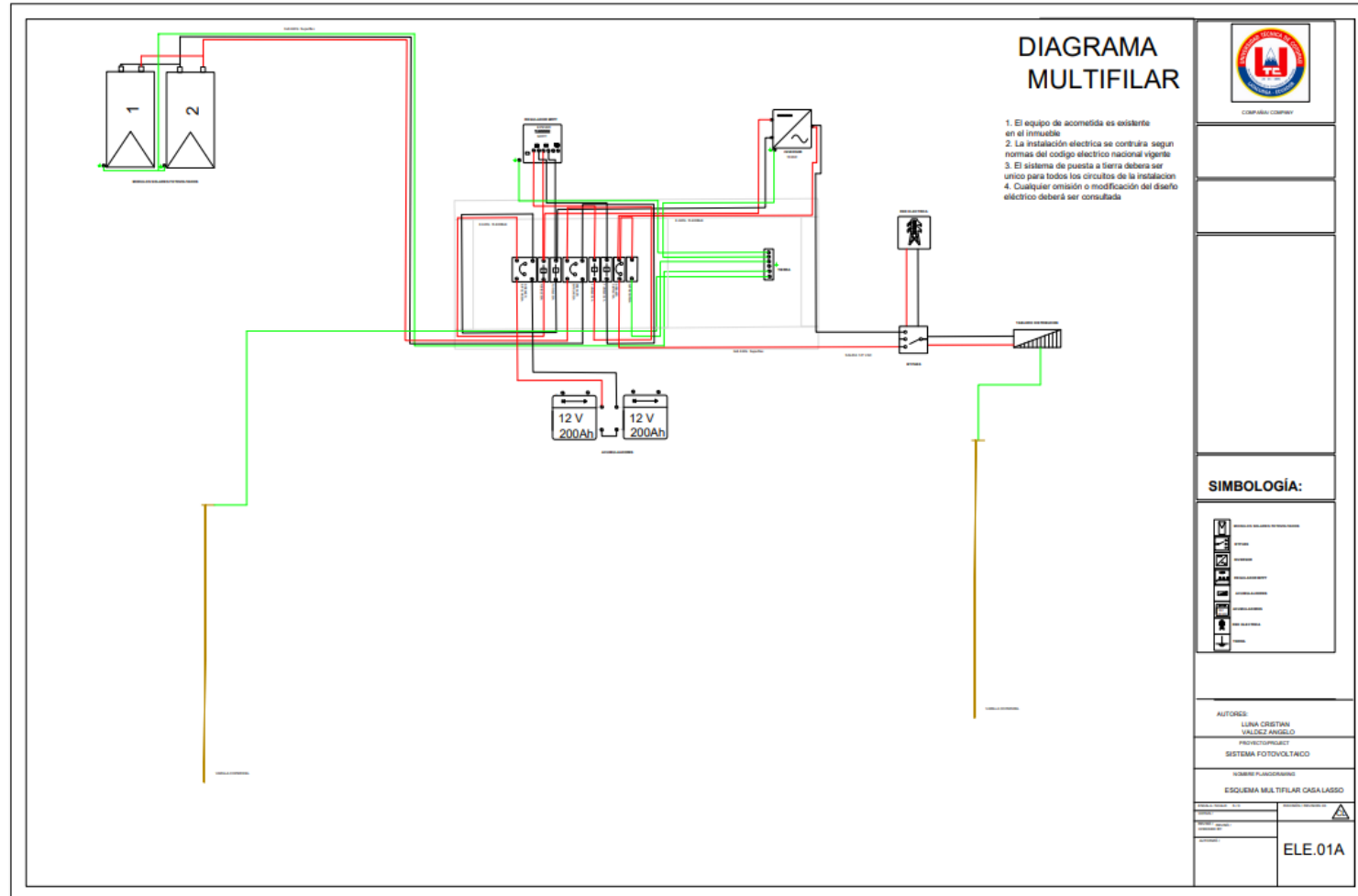



Figura 8.55. Diagrama multifilar sistema fotovoltaico

8.20. ANEXO 20



COMPRA A PROVEEDOR
 Fecha de impresión: 21/12/2024
 Hora de impresión: 11:10:00am

Nombre del proveedor

JYB Proyectos Eléctricos Asesoría Académica

Dirección: Quito - Ecuador Fax:
 CC: 0504003823
 Cel.: 099 252 4724

ING. HENRY JIMÉNEZ
GERENTE GENERAL

CLIENTE: CRISTIAN ROBERTO LUNA
 CI: 0503960056

Asesor: Gerente

Código	Descripción	Cantidad	UND	Costo	%Descuento	Total
	Panel solar monocristalino 510 W	2	uds	395	0,0	790
	Baterías selladas ciclo profundo GEL 12V-200Ah	2	uds	450	0,0	900
	Gabinete metálico	1	uds	120	0,0	120
	Inversor Onda pura 1500W-120Vac	1	uds	380	0,0	380
	Controlador de carga MPPT	1	uds	210	0,0	210
	Protecciones eléctricas DC y AC	10	uds	15	0,0	150
	Cable para conexión paneles solares 3X8 Awg C/M (10m)	10	m	2,4	0,0	24
	Conectores MC4	2	pares	14	0,0	28
	Cable para conexión en baterías	6	m	1,9	0,0	11,4
	Cables de conexión varios	10	m	1,9	0,0	19
	Varilla puesta a tierra (coperwel)	1	uds	8,25	0,0	8,25
	Caja breaker 2 puestos	1	uds	35	0,0	35
	Accesorios(Borneras, terminales, tornillos, etc)	11	uds	1,5	0,0	16,5

Observaciones: PAGO AL CONTADO

Total: \$ 2.692,15 USD






Figura 8.56. Factura Solar Box

8.21. ANEXO 21



SEIMAT
VILLARROEL SALGUERO WELLINGTON TOMAS
Dir. Matriz: AV. MARCO AURELIO SUBIA #7C / ELOY ALFARO (SAN FELIPE) / LATACUNGA / COTOPAXI
Dir. Sucursal: AV. MARCO AURELIO SUBIA #7C / ELOY ALFARO (SAN FELIPE) / LATACUNGA / COTOPAXI
Obligado A Llevar Contabilidad: NO
Contribuyente Régimen RIMPE - Emprendedores

R.U.C: 0502581291001

FACTURA

No. 001-002-000000196

NÚMERO AUTORIZACIÓN
2401202501050258129100120010020000001969846951115

FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN 2025-01-24 16:12:39-05:00

AMBIENTE: Producción

EMISIÓN: Normal

CLAVE DE ACCESO



2401202501050258129100120010020000001969846951115

Razón Social / Nombres y Apellidos: LUNA MENA CRISTIAN ROBERTO **RUC / CI:** 0503980056

Fecha Emisión: 24/01/2025 **Guía de Remisión:**

Cod. Principal	Cod. Auxiliar	Cant.	Descripción	Detalle Adicional	Detalle Adicional	Detalle Adicional	Precio Unitario	Descuento	Precio Total	
BYPAS		1	BYPAS CON SELECTOR Y CABLE	-	-	-	\$117.3900	0%	\$0.00	\$117.39

Forma de Pago	Valor	Plazo	Tiempo
SIN UTILIZACIÓN DEL SISTEMA FINANCIERO	\$135.00	0	días


SUBTOTAL 15%	\$	117.39
SUBTOTAL 0%	\$	0.00
SUBTOTAL NO SUJETO IVA	\$	0.00
SUBTOTAL EXENTO IVA	\$	0.00
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	\$	117.39
DESCUENTO	\$	0.00
ICE	\$	0.00
IVA 15%	\$	17.61
PROPINA	\$	0.00
VALOR TOTAL	\$	135.00
VALOR A PAGAR	\$	135.00

Información Adicional

DIRECCION LATACUNGA
TELEFONO 0999869958
EMAIL cristian.luna0056@utcc.edu.ec

Figura 8.57. Factura bypass.

8.22. ANEXO 22




EquipOil
INGENIERIA ELECTRICA, CONTROL Y COMUNICACIONES

RUC No 1792056292001
FACTURA No 001 - 001 - 000000881

NÚMERO AUTORIZACIÓN
1401202501179205629200120010010000008810004292615
FECHA AUTORIZACIÓN :14/1/2025 12:16:24

AMBIENTE PRODUCCION **EMISION** NORMAL
CLAVE DE ACCESO



1401202501179205629200120010010000008810004292615

AGENTE DE RETENCIÓN según Resolución #
NAC-DNCRASC20-00000001

Información Contribuyente

RAZÓN SOCIAL:
EQUIPOIL INGENIERIA COMERCIO Y REPRESENTACIONES S.A
RAZÓN COMERCIAL:
EQUIPOIL S.A
DIRECCIÓN MATRIZ
AV.10 DE AGOSTO N26-116 Y AV. FRANCISCO DE ORELLANA
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD SI
TELÉFONO: 2507007
e-Mail: info@equipoil.com

Información Cliente

Lugar y Fecha	: QUITO, 14 de enero del 2025		
Cliente	: Luna Mena Cristian Roberto	CEDULA	: 0503960056
Dirección	: .	Teléfono	: 0999869958
E-mail	: cristian.luna0056@utc.edu.ec		
Observación	: OC_1509		

Detalle de Factura

Descripción	Cant	UM	Precio U	%Dcto	Precio T
MEDICION DE ANALISIS DE CALIDAD DE ENERGIA	1.00	U	360.00	0.00%	360.00

INFORMACION ADICIONAL

Nombre	Valor
ORDE DE COMPRA EQUIPOIL	OC_1509

FORMA DE PAGO: [20] OTROS / UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO \$414.00
SON: CUATROCIENTOS CATORCE 00/100 DOLARES AMERICANOS

SUBTOTAL	: \$360.00
DESCUENTO	: \$0.00
BASE TARIFA 0%	: \$0.00
BASE TARIFA 15%	: \$360.00
I.V.A. 15%	: \$54.00
VALOR TOTAL	: \$414.00

Figura 8.58. Factura de analizador de red