



**Universidad
Técnica de
Cotopaxi**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE
POTENCIA**

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA
ELÉCTRICA EN VIVIENDA AISLADA”**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico en
Sistemas Eléctricos de Potencia

AUTORES:

Diego Hernán Lasluisa Morocho

Carlos David Tobar Jami

TUTOR:

Ph.D Secundino Marrero Ramírez

LATACUNGA – ECUADOR

FEBRERO 2019



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Eléctrica

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros Diego Hernán Lasluisa Morocho y Carlos David Tobar Jami declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica: **“SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN VIVIENDA AISLADA”**, siendo el PhD. Secundino Marrero Ramírez 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 trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Diego Hernán Lasluisa Morocho

C.I. 030267470 - 0

Carlos David Tobar Jami

C.I. 180517247 - 3



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Eléctrica

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: **“SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN VIVIENDA AISLADA”**, de Diego Hernán Lasluisa Moroch y Carlos David Tobar Jami, de la carrera de Ingeniería Eléctrica considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Febrero del 2019

PhD. Secundino Marrero Ramírez

Tutor de la Propuesta Tecnológica



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Eléctrica

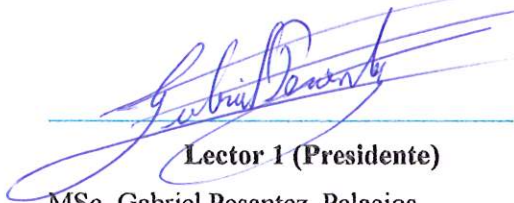
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación 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: Diego Hernán Lasluisa Morocho y Carlos David Tobar Jami con el título de Proyecto de titulación: **“SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN VIVIENDA AISLADA”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

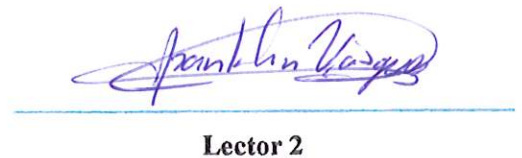
Latacunga, Febrero del 2019

Para constancia firman:



Lector 1 (Presidente)

MSc. Gabriel Pesantez Palacios
CC: 030189388-9



Lector 2

MSc. Franklin Vásquez Teneda
CC: 171043449-7



Lector 3

MSc. Marco León Segovia
CC: 050230540-2



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Eléctrica

AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

En calidad de Director de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Institución de Educación Superior “Universidad Técnica de Cotopaxi” Aprueba la implementación de la Propuesta Tecnológica sobre el título: **“SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN VIVIENDA AISLADA”**, que la realizaron los señores: Diego Hernán Lasluisa Morocho con cedula de ciudadanía 030267470-0 y Carlos David Tobar Jami, con cedula de ciudadanía 180517247-3.

Latacunga, Febrero del 2019

.....
PhD. Secundino Marrero Ramírez
Director de la Carrera de Ing. Eléctrica

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi guía en cada paso que di para poder culminar con mi carrera y realizar este sueño tan importante.

Agradezco a mi estimada Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas y poder pertenecer como estudiante de esta prestigiosa Institución.

A mí querida familia quienes fueron un apoyo constante y los cuales siempre me dieron ánimos para seguir día a día para llegar a este punto tan importante de formar parte de uno de los profesionales de nuestro querido País.

Han sido un sin número de personas que siempre me brindaron su apoyo, consejos, amistad y animo a nunca rendirme siempre les seré eternamente agradecido por todo.

Diego.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios por haberme dado la vida, y colmarme de sabiduría y así poder cumplir con el sueño tan anhelado de ser un profesional.

A mi querida familia, padres (Héctor y Carmen) y hermanos (Héctor y Lenin) quienes fueron el pilar fundamental en mi vida como estudiante, cada paso que doy está reflejado el esfuerzo y sacrificio que han dado para cumplir con mi promesa de ser un profesional.

Diego.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Dios por permitirme estudiar y darme la sabiduría, el entendimiento y la fortaleza espiritual para lograr realizar este sueño, a mi amada familia por el apoyo brindado en cada uno de los momentos de mi etapa estudiantil.

A mi prestigiosa Universidad Técnica de Cotopaxi y a cada uno de los docentes quienes me forjaron para llegar a ser un profesional.

Agradezco al PhD. Secundino Marrero, con su asesoramiento, conocimiento y experiencia, quien apoyó para culminar el trabajo de Titulación.
Carlos.

DEDICATORIA

A ti mi Dios por brindarme la sabiduría y fortaleza necesaria para seguir adelante día a día en cada pasó que doy y por haberme permitido llegar a este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi familia padres (Raúl e Inés) y hermano (Elvis) quienes son un pilar fundamental en mi vida y darme su apoyo incondicional, les extiendo mis más sentidos agradecimientos desde lo más profundo de mi corazón.

Carlos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
DECLARACION DE AUTORIA.....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA	ix
ÍNDICE DE CONTENIDO	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xiv
AVAL DE TRADUCCIÓN	xv
1. INFORMACIÓN BÁSICA	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	2
2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2.2. TIPO DE PROPUESTA ALCANCE	2
2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO:	2
2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN	3
2.5.1. Objeto de estudio	3
2.5.2. Campo de acción	3
2.6. SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA.....	3

2.6.1. Situación problemática:	3
2.6.2. Problema	4
2.7. HIPÓTESIS.....	4
2.8. OBJETIVOS	4
2.8.1. Objetivo general.....	4
2.8.2. Objetivos específicos	4
2.9. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS	5
3. MARCO TEÓRICO	6
3.1. Antecedentes	6
3.2. Conceptos generales	9
3.2.1. Las energías renovables	9
3.2.2. Energía solar	9
3.3. Energía solar fotovoltaica.....	10
3.3.1. Efecto fotovoltaico	10
3.3.2. Radiación solar.....	11
3.3.3. Instrumentación y medida de la radiación solar	11
3.3.4. Irradiancia	12
3.3.6.1. El piranómetro.	13
3.3.6.2. Actinómetro o Pirheliómetro.....	13
3.3.6.3. El solarímetro fotovoltaico.	14
3.3.7. Tipos de radiación	14
3.3.7.1. Radiación directa	14
3.3.7.2. Radiación difusa	14
3.3.7.3. Radiación reflejada.....	15
3.3.7.4. Radiación global.....	15

3.3.8. Radiación en el Ecuador	15
3.3.9. Radiación solar sobre superficies inclinadas	16
3.4. Paneles fotovoltaicos	16
3.4.1. Principio de funcionamiento de los paneles fotovoltaicos	16
3.4.2. Tipos de paneles fotovoltaicos.....	17
3.4.2.1. Células de silicio monocristalino..	17
3.4.2.2. Células de silicio policristalino..	18
3.4.2.3. Células de silicio amorfo.....	18
3.4.2.4. Células de arseniuro de galio.....	18
3.4.2.5. Células de sulfuro de cadmio y sulfuro de cobre..	19
3.4.2.6. Células bifaciales.....	19
3.4.3. Voltajes de los paneles:.....	19
3.4.4. Potencia de los paneles:	20
3.4.5. Estructura.	20
3.5. Sistema solar fotovoltaico	21
3.5.1. Sistemas fotovoltaicos aislados	21
3.5.1.1. Rentabilidad de la instalación.....	21
3.5.2. Sistemas fotovoltaicos conectados a la red.....	22
3.5.2.1. Balance de en una instalación fotovoltaica conectada con balance neto.....	22
3.5.2.2. Contadores de doble sentido.....	23
3.5.2.3. Ventajas y beneficios de las instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo conectadas a la red..	23
3.6. Componentes de un sistema solar fotovoltaico.....	25
3.6.1. Generador fotovoltaico	25
3.6.2. El regulador	26
3.6.3. Acumuladores	27
3.6.3.1. Tipos de baterías	28

3.6.4. El inversor.....	31
3.6.5. Cargas eléctricas	32
3.6.6. Elementos de protección.....	32
3.6.6.1. Fusible	32
3.6.6.2. Diodo de bloqueo	32
3.6.6.3. El seccionador	33
3.6.6.4. Apartarrayos	33
3.6.6.5. La barra de tierras	33
3.7. Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos autónomos.....	34
3.7.1. Pasos fundamentales para el proceso de dimensionamiento:	34
3.7.1.1. Determinar los consumos.....	34
3.7.1.2. El cálculo sobre la radiación solar disponible sobre la superficie en diferentes orientaciones ..	34
3.7.1.3. Cálculo de la/las batería/baterías.....	35
3.7.1.4. Calculo de la potencia necesaria para el generador fotovoltaico	36
3.7.1.5. Selección del regulador de carga	37
3.7.1.6. Selección del inversor.....	38
3.7.1.7. Dimensionamiento de los conductores	38
4. METODOLOGÍA.....	39
4.3. Nivel de investigación:	39
4.4. Tipos de investigación:	39
4.5. Técnicas e Instrumentos:	39
4.6. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	40
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	41
5.1. Estudio de la Radiación Solar	41
5.2. Instrumentos utilizados para medir la radiación solar	45
5.2.1. OsmAnd	45

5.2.2. Sistema de Posicionamiento Global (GPS satelital)	45
5.2.3. Portal de la NASA	46
5.3. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico	47
5.3.1. Determinación de la energía requerida para el sistema fotovoltaico	47
5.3.2. Cálculo del banco de baterías	47
5.3.2.1. Baterías en serie	48
5.3.2.2. Baterías en paralelo	48
5.3.3. Cálculo de los paneles solares	48
5.3.3.1. Número de módulos conectados en serie	49
5.3.3.2. Número de módulos conectados en paralelo	49
5.3.4. Selección del regulador de carga.....	50
5.3.6. Dimensionamiento de los conductores	50
5.3.6.1. Dimensionamiento del conductor del generador fotovoltaico hasta el regulador	50
5.3.6.2. Dimensionamiento del conductor del regulador hacia las baterías	51
5.3.6.3. Dimensionamiento del conductor del sistema de baterías hacia el inversor	52
5.3.6.4. Dimensionamiento del conductor del inversor hacia la carga.....	52
5.3.7. Cálculo de las protecciones del sistema de generación fotovoltaica	53
5.3.7.1. Dimensionamiento de la protección para el módulo fotovoltaico	53
5.3.7.2. Dimensionamiento de la protección para el banco de baterías	53
5.3.7.3. Dimensionamiento de la protección para el inversor	53
5.3.7.4. Dimensionamiento de la protección para la carga	53
5.4. Análisis económico.....	53
6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS	55
6.1. Presupuesto.....	55
6.2. Análisis de impactos	57
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58

7.1. Conclusiones	55
7.2. Recomendaciones	57
8. REFERENCIAS	59
9. ANEXOS	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Efecto fotovoltaico.	11
Figura 3.2. Piranómetrometro..	13
Figura 3.3. Pirheliómetro.	13
Figura 3.4. Solarímetro fotovoltaico.	14
Figura 3.5. Radiación directa	14
Figura 3.6. Radiación difusa	15
Figura 3.7. Radiación reflejada	15
Figura 3.8. Panel fotovoltaico..	16
Figura 3.9. Células de silicio monocristalino.....	17
Figura 3.10. Células de silicio policristalino.....	18
Figura 3.11. Células de silicio amorfo..	18
Figura 3.12. Células de arseniuro de galio	19
Figura 3.13. Células bifaciales	19
Figura 3.14. Estructura de un panel solar fotovoltaico	20
Figura 3.15. Instalación fotovoltaica conectada a la red.....	22
Figura 3.16. Instalación fotovoltaica conectada con balance neto.....	22
Figura 3.17. Elementos de una instalación fotovoltaica conectada con balance neto..	23
Figura 3.18. Panel fotovoltaico..	26
Figura 3.19. Regulador.....	27
Figura 3.20. Baterías Plomo Ácido.....	28
Figura 3.21. Baterías de tracción..	29
Figura 3.22. Baterías Estacionarias.....	29
Figura 3.23. Baterías Solares.	30
Figura 3.24. Conexión de baterías en paralelo.	30
Figura 3.25. Conexión de baterías en serie.....	31

Figura 3.26. El inversor.....	31
Figura 3.27. Fusible..	32
Figura 3.28. Diodo de bloqueo.....	32
Figura 3.29. Seccionador..	33
Figura 3.30. Apartarrayos..	33
Figura 3.31. Barra de tierras.....	33
Figura 5.1. Irradiación solar mensual.	43
Figura 5.2. Curvas de potencia, voltaje y corriente.	44
Figura 5.3. Curvas de potencia vs voltaje..	44
Figura 5.4. Ubicación del proyecto con la aplicación OsmAnd.	45
Figura 5.5. Latitud y Longitud según la aplicación Mapa Coordenada..	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Caída de voltaje entre los componentes del sistema.....	38
Tabla 4.1. Técnicas e Instrumentos.	39
Tabla 4.2. Radiación solar.	40
Tabla 4.3. Matriz de valoración y evaluación de impactos ambientales.	40
Tabla 5.1. Promedio mensual de la radiación que incide sobre una superficie inclinada - Ecuador (kWh /m ² /día)	41
Tabla 5.2. Datos de la irradiación solar, medido y obtenido del Portal de la NASA.	42
Tabla 5.3. Pruebas del SF del laboratorio de energías renovables.	43
Tabla 5.4. Matriz de valoración y evaluación de impactos ambientales.	46
Tabla 5.5. Energía requerida para el sistema fotovoltaico.....	47
Tabla 5.6. Calculo del VAN y TIR.....	54



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

TÍTULO: “SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN VIVIENDA AISLADA”

Autores:

Diego Hernán Lasluisa Morocho

Carlos David Tobar Jami

RESUMEN

En el presente proyecto de titulación se realizó la implementación de un sistema fotovoltaico en una vivienda aislada del sector Andracas de la parroquia Juan Montalvo del cantón Latacunga, para abastecerla de energía eléctrica. Para favorecer a la economía y al confort de dicha vivienda, la cual por estar localizada en un lugar muy alejado del sistema de red de distribución eléctrica, hace que resulte muy difícil su energización con red convencional. La implementación se la realizó en base a la recolección de datos gracias al equipo de medición de la radiación solar que se presenta en el lugar, juntamente con el respectivo análisis y comparación con los datos obtenidos del portal de la NASA, todo esto para el dimensionamiento de los elementos necesarios que conforman el sistema como son, paneles fotovoltaicos, baterías, regulador de carga, inversor y sus debidas protecciones contra sobre corrientes y sobre voltajes, los cuales son aspectos desfavorables que podrían poner en peligro a los demás equipos del sistema.

Todo el sistema contribuye plenamente al suministro eficiente y seguro de energía eléctrica, aún más contando con la ventaja de que el sistema fotovoltaico es amigable con el medio ambiente y el material eléctrico que se necesita para su implementación y conexión de equipos es menor en comparación con la red eléctrica convencional.

Palabras claves: paneles fotovoltaicos, red convencional, radiación solar.



TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

THEME: "PHOTOVOLTAIC SYSTEM FOR SUPPLYING ELECTRICAL ENERGY IN ISOLATED HOUSING"

Authors:

Diego Hernán Lasluisa Morocho

Carlos David Tobar Jami

ABSTRACT

The implementation of a photovoltaic system in an isolated house of the Andracas sector, Juan Montalvo Parish, Latacunga Canton was conducted from to supply it with electrical energy. To favor the economy and the comfort of that dwelling, whose location, in a place far from the electricity distribution network system, makes it very difficult to supply it with energy. The implementation was made based on the data collection by the solar radiation measurement equipment that is presented at the site, the respective analysis and comparison with the data obtained from "NASA" portal, too with the purpose of sizing the necessary elements that make up the system such as photovoltaic panels, batteries, charge regulator, inverter and its due protections against currents and voltages, which are unfavorable aspects that could endanger the other equipment in the system.

The entire system contributes fully to the efficient and safe supply of electricity, even more with the advantage that the photovoltaic system is friendly to the environment and the electrical equipment needed for its implementation and connection of equipment is lower compared to the conventional electrical network.

Keywords: photovoltaic panels, conventional network, solar radiation.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

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 de la Propuesta Tecnológica al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de **Ingeniería Eléctrica** de la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas** :**Diego Hernán Lasluisa Morocho** y **Carlos David Tobar Jami** cuyo título versa **“SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN VIVIENDA AISLADA”**, lo realizó 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 certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Febrero del 2019

Atentamente,

Lcdo. Wilmer Patricio Collaguazo Vega Mg.

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS

C.C. 172241757-1



CENTRO
DE IDIOMAS

1. INFORMACIÓN BÁSICA

PROPUESTO POR:

Diego Hernán Lasluisa Morocho

Carlos David Tobar Jami

TEMA APROBADO:

Sistema fotovoltaico para suministro de energía eléctrica en vivienda aislada.

CARRERA:

Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia

DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:

Ing. MSc. Verónica Tapia Cerda.

EQUIPO DE TRABAJO:

Tutor de la propuesta tecnológica:

Nombre: PhD. Secundino Marrero Ramírez

Celular: 0987647713

Correo electrónico: secundino.marrero@utc.edu.ec

Dirección: Latacunga

LUGAR DE EJECUCIÓN: Sector Andracas, provincia Cotopaxi, cantón Latacunga, parroquia Juan Montalvo.

TIEMPO DE DURACIÓN DE LA PROPUESTA: 6 meses

FECHA DE ENTREGA: 18 de Febrero del 2019

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Energías alternativas y renovables, eficiencia energética, y protección ambiental

SUBLÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Explotación y diseño de sistemas eléctricos de potencia

TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA:

Diseño e implementación de un sistema de generación fotovoltaica.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Sistema fotovoltaico para suministro de energía eléctrica en vivienda aislada.

2.2. TIPO DE PROPUESTA ALCANCE

- a) Interdisciplinar: Se considera interdisciplinario debido a que se encuentra involucrando en varias asignaturas de formación profesional del área de la ingeniería eléctrica como son: Energías Alternativas, Instalaciones Eléctricas, Calidad de energía. Con este conocimiento se permitirá el diseño e implementación del sistema fotovoltaico en la vivienda aislada.

2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO:

Ingeniería, Industria y Construcción

2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

El propósito de nuestra tesis está enfocado en la electrificación de una vivienda aislada en el sector, mediante la implementación de paneles fotovoltaicos, beneficiando las necesidades básicas como iluminación, telecomunicación, entre otras. Esto ayuda a la sostenibilidad del hogar, en cuanto al confort y economía, mejorando la calidad de vida de los habitantes del lugar.

Con el avance de la tecnología y el aprovechamiento de las diferentes fuentes de energía naturales que existen, se da el crecimiento de la implementación de paneles fotovoltaicos en el país. Esto produce una mayor estabilidad en el campo eléctrico y económico, fortaleciendo al cambio de la matriz energética.

Por lo cual un dimensionamiento e implementación de un sistema fotovoltaico en una vivienda aislada, es la mejor manera de aprovechar un recurso abundante como el sol.

El sistema fotovoltaico permitirá que la vivienda aislada conste de energía eléctrica independientemente de la red de distribución, así se satisfecerá la falta de servicio eléctrico que se origina por caída del tendido eléctrico, avería de transformadores, entre otros. El sistema fotovoltaico sólo dependerá de la radiación. Se tomará en cuenta que esta energía está sometida a variaciones climáticas en el lugar, cuya variación influirá al momento del dimensionamiento del sistema.

Para la contribución con la matriz energética se realiza el abastecimiento de energía eléctrica en relación al mejoramiento del proyecto del buen vivir. Dicho proyecto pretende impulsar un

mecanismo de suministro como el caso de paneles fotovoltaicos.

El sistema fotovoltaico a implementarse se presenta con la intención de dar importancia a las energías renovables como también al cuidado del medio ambiente.

Estos sistemas tienen la ventaja de ser simples en la instalación, reparación y mantenimiento, aprovechando el beneficio técnico económico de recursos energéticos como son las fuentes renovables, cumpliendo así con los objetivos del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, favoreciendo a la protección ambiental y al desarrollo de la energización rural.

2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.5.1. Objeto de estudio

Sistema fotovoltaico.

2.5.2. Campo de acción

La generación de energías alternativas con el sistema fotovoltaico.

2.6. SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA

2.6.1. Situación problemática:

El crecimiento poblacional y la constante construcción de nuevas viviendas han originado un incremento en la demanda de la energía eléctrica. Generando la necesidad de expandir el sistema, buscando nuevas fuentes de energía, aprovechando los recursos de nuestro país, la búsqueda nos lleva a introducirnos en las fuentes de energías alternativas las mismas que deben ser rentables y accesibles, presentándose con todos los requisitos que necesita la demanda para abastecerse de la energía eléctrica. Las viviendas aisladas presentan una carencia de suministro de energía eléctrica por no ser rentable debido a que se produce una caída de tensión por su ubicación en el punto final de la red convencional.

Una de las energías a ser tomadas en cuenta para el abastecimiento de la demanda en esta zona es la energía fotovoltaica, ya que no representa ningún daño al medio ambiente, la misma que tiene una ventaja en el Ecuador ya que este país se encuentra en la mitad del mundo. Implicando que la radiación solar llegará perpendicularmente por el hecho de tener una latitud de cero grados con lo que la radiación va a ser aprovechada de mejor manera. Durante un periodo de 12 horas diarias, se hace presente la existencia de radiación solar, considerándose un gran potencial a ser aprovechado.

La necesidad de abastecimiento de energía eléctrica que tienen los habitantes de la vivienda, impide el aumento de su crecimiento económico, debido a que no cuentan con el acceso al servicio eléctrico, afectando significativamente en la comodidad de cada hogar. Esto implica que no

cuentan con la utilización de herramientas eléctricas para el desarrollo de sus trabajos, acceso a los medios de comunicación y a la conectividad de internet, siendo esta importante para mejorar la educación del sector. Por ello, el presente trabajo de grado pretende desarrollar un proyecto de energía alternativa, mediante la implementación de la energía fotovoltaica que permita mejorar las condiciones de vida de los habitantes de la vivienda.

2.6.2. Problema

La existencia de viviendas aisladas tiene inconvenientes, debido a que no poseen acceso a la acometida de la red de distribución nacional y no es rentable conectar las mismas al sistema por el exceso de pérdidas que pueden generarse, lo cual impide el suministro de energía eléctrica a estas viviendas, lo que incide en la calidad de vida de estos pobladores de bajos recursos.

2.7. HIPÓTESIS

Sí se implementa un sistema fotovoltaico mediante un adecuado levantamiento de potencial fotovoltaico y selección de equipos, entonces se podrá abastecer con la energía eléctrica para los servicios básicos a la vivienda aislada.

2.8. OBJETIVOS

2.8.1. Objetivo general

Implementar un sistema fotovoltaico mediante el análisis de la radiación solar de la zona para el suministro de energía en una vivienda aislada.

2.8.2. Objetivos específicos

- Evaluar potencial fotovoltaico de la zona y las tecnologías existentes en generación fotovoltaica.
- Determinar la demanda requerida en la vivienda para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.
- Dimensionar el sistema de generación fotovoltaica para su implementación en la vivienda.
- Realizar la experimentación de campo y evaluación de impactos técnico, económico, social y ambiental de la propuesta.

2.9. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS

OBJETIVOS	Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
Evaluar potencial fotovoltaico de la zona y las tecnologías existentes en generación fotovoltaica.	La lectura de la radiación se la realiza mediante la colocación de un dispositivo colocado en un área determinada de la vivienda en la cual los datos de la radiación solar serán mayormente adquiridos.	Los datos proporcionados por dicho dispositivo serán de mucha utilidad para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.	Se colocará el dispositivo en un lugar estratégico en el cual se podrá aprovechar de mejor manera la toma de datos de radiación solar, dependiendo del área en la cual se colocaran los paneles fotovoltaicos.
Determinar la demanda requerida en la vivienda aislada para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, mejorando la calidad de vida de los beneficiarios.	La demanda requerida se tomará en base a la cantidad de equipos eléctricos que se conectaran en el hogar, permitiéndonos dimensionar los paneles fotovoltaicos para abastecer a la demanda.	La demanda del hogar no representa mayor magnitud ya que no existe un gran número de equipos eléctricos a ser instalados en una zona rural, en comparación con una zona urbana	Se tomará los datos necesarios de la demanda proyectada del hogar para así dimensionar el sistema fotovoltaico en base a la carga instalada y de la radiación que se presente en dicho lugar.
Dimensionar el sistema de generación fotovoltaica para su implementación en la vivienda.	En base a datos obtenidos de la radiación y demanda de la vivienda se realizará los cálculos respectivos para el dimensionamiento y posterior implementación del sistema fotovoltaico.	Los cálculos obtenidos nos podrán ayudar a determinar el número de componentes necesarios para la implementación del sistema fotovoltaico.	Se calculará el número de paneles fotovoltaicos y baterías; también se determinará la característica del regulador de carga y del inversor y la configuración de la conexión de equipos mencionados.

Realizar la experimentación de campo y evaluación de impactos técnico, económico, social y ambiental de la propuesta.	Se realizará la ejecución de la operación del sistema y evaluación el aspecto técnico, económico, social y ambiental en base al impacto de su implementación.	La operación del sistema deberá ejecutarse con normalidad y la evaluación técnica, económica, social y ambiental de su implementación nos dará información necesaria para una base de datos que ayude a influenciar su aplicación en viviendas aledañas.	La experimentación de campo verificará la operación del sistema fotovoltaico y su evaluación técnico, económico, social y ambiental se realizará en base al impacto de la instalación del sistema en la vivienda aislada.
---	---	--	---

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

El término fotovoltaico proviene del griego phos, que significa “luz” y voltaico, que proviene del campo de la electricidad, en honor al físico italiano Alejandro Volta, (que también proporciona el término voltio a la unidad de medida de la diferencia de potencial en el Sistema Internacional de medidas). El término fotovoltaico se comenzó a usar en Inglaterra desde el año 1849 como se menciona [1].

El efecto fotovoltaico fue reconocido por primera vez en 1839 por el físico francés Becquerel, pero la primera célula solar no se construyó hasta 1883. Su autor fue Charles Fritts, quien recubrió una muestra de selenio semiconductor con un pan de oro para formar el empalme. Este primitivo dispositivo presentaba una eficiencia de sólo un 1%. Russell Ohl patentó la célula solar moderna en el año 1946, aunque Sven Ason Berglund había patentado, con anterioridad, un método que trataba de incrementar la capacidad de las células fotosensibles. La era moderna de la tecnología de potencia solar no llegó hasta el año 1954 cuando los Laboratorios Bell, descubrieron, de manera accidental, que los semiconductores de silicio dopado con ciertas impurezas, eran muy sensibles a la luz como se menciona en [1].

(M. Mercedes) En [2] menciona que el efecto fotovoltaico fue descubierto por el francés Alexandre Edmond Becquerel en 1838 cuando tenía sólo 19 años. Becquerel estaba experimentando con una pila electrolítica con electrodos de platino cuando comprobó que la corriente subía en uno de los electrodos cuando este se exponía al sol.

La primera célula capaz de convertir, de un modo eficaz, la luz del sol en energía eléctrica fue desarrollada en 1954 por Chapin, Fuller y Perarson. Desde este año estos dispositivos han sido mejorados y perfeccionados, utilizándose principalmente para la alimentación de satélites artificiales, para foto sensibilizar algunos equipos electrónicos y para alimentar pequeñas cargas en lugares remotos o de difícil acceso según se menciona en [3].

En la actualidad el mayor productor de energía solar fotovoltaica es Japón, seguido por Alemania. Pero lamentablemente la energía producida es muy pequeña, en el caso alemán esta producción equivale únicamente al 0,03% de su producción energética total. Conscientes del problema de la contaminación y del calentamiento global, países como Alemania han desarrollado tecnología y maquinaria en el campo energético y goza del área más extensa de parques solares en el mundo para bajar sus costos de producción y hacerse más competitiva, pues el kilovatio por hora a través de este sistema tiene un valor más bajo que el de las fuentes convencionales y están proponiendo a los gobiernos de otros países a implementar el sistema fotovoltaico (paneles solares), que no contamina el medio ambiente mencionado en [4].

En [5], se define que en el Ecuador desde el año de 1984 el Instituto Nacional de Energía, realizó la primera jornada de energía solar, el cual tuvo como objetivo de contribuir al desarrollo de la tecnología para el aprovechamiento de la energía solar dentro del país. Desde diciembre de 1996 en el Ecuador, se fomenta el uso y desarrollo de las energías no convencionales. El 4 de Abril del 2011 decide el Estado cambiar la matriz energética del país e impulsan a la generación de las energías renovables

En el Ecuador es notorio que la mayoría de estos proyectos son a pequeña escala y aislado. El potencial energético solar en nuestro país es enorme y merece un mayor apoyo por parte del Estado, tanto en investigación como en desarrollo, ya sea por inversión directa o creando estímulos para que otras fuentes de financiamiento puedan incursionar en este campo definido en [6].

CONELEC en [7] afirma que en el Ecuador se forjó el Atlas Solar Del Ecuador con Fines de Generación Eléctrica, fue generada por el Nacional Renewable Energy Laboratory NREL de los Estados Unidos, cuyas acciones están orientadas a la investigación y desarrollo de energías renovables y eficiencia energética.

La energía solar es una de las energías más abundantes en la naturaleza, pese a ello en el Ecuador esta apenas representó, dentro de la potencia eléctrica instalada en el país, el 0,02% en el 2005. El año pasado fue el 0,08%, según datos del CONELEC. El avance surgió de la inversión estatal, dotando de energía a zonas alejadas del país, siendo el obstáculo para este proyecto la falta de desarrollo tecnológico. [8].

En el periodo 2004-2030 se estima que las energías renovables continúen creciendo a razón de 1,7% anual [9]. Este incremento se mantiene por los altos precios de los combustibles fósiles, y son fuentes de energías poco contaminantes.

(E. Lojano) en [10] menciona que de acuerdo al CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad) en su artículo 63 de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, incentiva el uso de las energías renovables no convencionales para la generación eléctrica. La energía solar fotovoltaica a más de ser usada para sistemas aislados en especial en centros rurales, también puede entregar energía eléctrica generada por medio de los paneles solares a bajas tensiones (380-800 V) en corriente continua; se transforma por medio de un inversor en corriente alterna; mediante un centro de transformación se eleva a media tensión (13 ó 22 kV) y se inyecta en las redes públicas contribuyendo a la generación limpia y al cuidado del medio ambiente.

Según [11]. En Ecuador, en la provincia de Pastaza, en la Comunidad de Sarayaku llegó la energía eléctrica a través de paneles solares y benefició a cerca de 1.500 habitantes. Además, se ha formado a un grupo de jóvenes de la comunidad como técnicos en la instalación solar y mantenimiento. Éste es un extracto del artículo publicado en el Diario El Telégrafo de Ecuador el 20 de septiembre de 2009.

En el sector de la costa en el cantón Daule, igualmente se han realizado estudios a gran magnitud para la factibilidad para la implementación de paneles fotovoltaicos en el recinto Sabanilla, con el antecedente del cambio de Matriz productiva Energética y los estatus contemplados en la Constitución de nuestro país y el Plan Nacional del Buen Vivir, se desarrolló el proyecto para implementar paneles fotovoltaicos en las 50 viviendas de esta población como se menciona en [12].

Un impacto en el ámbito de paneles fotovoltaicos es la intervención de la Universidad Politécnica Salesiana en su misión de servir a la comunidad, con la propuesta de los estudiantes de los últimos cursos a establecer formas y métodos para mejorar la calidad de vida de los menos afortunados [13]. Decidiéndose inicialmente a dar iluminación a treinta viviendas del puerto Roma, con un foco por vivienda, centralizando los paneles y bancos de baterías en un área determinada, debido a que anteriormente no poseía suministro de energía eléctrica por su difícil acceso y reducido número de usuarios.

En [14] se menciona que en Ecuador la presente propuesta tecnológica tiene como propósito diseñar y construir un sistema eficiente de alimentación solar mediante acumuladores de energía para alimentación eléctrica para la operación sin combustible de un vehículo. El uso de sistemas de dispositivos de estado sólido en este diseño al no tener partes móviles, reducen totalmente el mantenimiento, ruido, emisiones tóxicas, contaminación ambiental y electromagnética, todas estas cualidades hacen atractivos a estos sistemas para aplicarlos en los vehículos eléctricos.

G. Sánchez en [15] define que en Ecuador se realizó el diseño y construcción de una trituradora de papel ecológica eléctrica alimentada por energía solar. El desarrollo de la tesis sirve como un aporte para el medio ambiente, donde podemos generar corriente eléctrica para accionar cualquier componente eléctrico de 220 voltios, ya sea dentro de un taller de servicios mecánicos, o de cualquier otro tipo de servicio, incluso para el uso doméstico, únicamente con la recepción de radiación solar por medio de paneles fotovoltaicos.

3.2. Conceptos generales

3.2.1. Las energías renovables

Las energías renovables son aquellas energías que provienen de recursos naturales que no se agotan y a los que se puede recurrir de manera permanente. Su impacto ambiental es nulo en la emisión de gases de efecto invernadero como el CO₂. Se consideran energías renovables la energía solar, la eólica, la geotérmica, la hidráulica y la eléctrica. También pueden incluirse en este grupo la biomasa y la energía mareomotriz como se menciona en [16].

3.2.2. Energía solar

Este tipo de energía nos la proporciona el sol en forma de radiación electromagnética (luz, calor y rayos ultravioleta principalmente).

El uso de la energía del sol se puede derivar en energía solar térmica (usada para producir agua caliente de baja temperatura para uso sanitario y calefacción) solar fotovoltaica (a través de placas de semiconductores que se alteran con la radiación solar), etc. La energía solar es una de las fuentes de energía inagotable, su aplicación es variada, por ende, debe ser explotada al máximo con el fin de mejorar la matriz energética como se hace referencia en [16].

3.3. Energía solar fotovoltaica

En [17] se define que la energía solar se puede transformar directamente en electricidad mediante células fotovoltaicas. Este proceso se basa en la aplicación del efecto fotovoltaico, que se produce al incidir la luz sobre unos materiales denominados semiconductores; de esta manera se genera un flujo de electrones en el interior del material que puede ser aprovechado para obtener energía eléctrica. Un panel fotovoltaico, está constituido por varias células fotovoltaicas conectadas entre sí y alojadas en un mismo marco. Las células fotovoltaicas se conectan en serie, en paralelo o en serie-paralelo, en función de los valores de tensión e intensidad deseados, formando los módulos fotovoltaicos.

Como se menciona en [17] las instalaciones fotovoltaicas se caracterizan por:

- Su simplicidad y fácil instalación.
- Ser modulares.
- La vida útil de los módulos fotovoltaicos es superior a 30 años.
- No requerir apenas mantenimiento.
- Tener una elevada fiabilidad.
- No producir ningún tipo de contaminación ambiental.
- Tener un funcionamiento totalmente silencioso.

3.3.1. Efecto fotovoltaico

Orbegozo y Arivilca [18] afirman que el efecto fotovoltaico se produce cuando el material de la celda solar (silicio u otro material semiconductor) absorbe parte de los fotones del sol. El fotón absorbido libera a un electrón que se encuentra en el interior de la celda. Ambos lados de la celda están conectados por un cable eléctrico, así que se genera una corriente eléctrica.

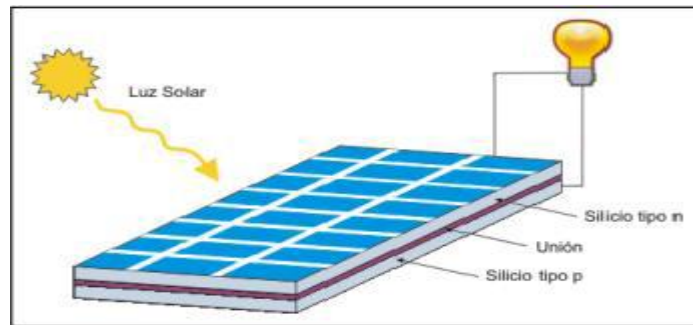


Figura 3.1. Efecto fotovoltaico. **Fuente:** [18].

3.3.2. Radiación solar

En [19] se define que la energía solar resulta del proceso de fusión nuclear que tiene lugar en el sol. Esta energía es el motor que mueve nuestro medio ambiente, siendo la energía solar que llega a la superficie terrestre 10.000 veces mayor que la energía consumida actualmente por toda la humanidad.

La radiación es transferencia de energía por ondas electromagnéticas y se produce directamente desde la fuente hacia fuera en todas las direcciones. Estas ondas no necesitan un medio material para propagarse, pueden atravesar el espacio interplanetario y llegar a la Tierra desde el Sol. Estas ondas electromagnéticas pueden tener diferentes longitudes de onda. El conjunto de todas las longitudes de onda se denomina espectro electromagnético. El conjunto de las longitudes de onda emitidas por el Sol se denomina espectro solar [19].

AEmet (2014) considera que la proporción de la radiación solar en las distintas regiones del espectro es aproximadamente:

Ultravioleta: 7%

Luz visible: 43%

Infrarrojo: 49%

El resto: 1%

3.3.3. Instrumentación y medida de la radiación solar

Como se menciona en [19] las medidas de la radiación son importantes para:

- Estudiar las transformaciones de la energía en sistema Tierra-Atmósfera.

- Analizar las propiedades y distribución de la atmósfera, los elementos que la constituyen, tales como los aerosoles, el vapor de agua, el ozono, etc.
- Estudiar la distribución y variaciones de la radiación incidente, reflejada y total.
- Satisfacer las necesidades derivadas de las actividades de la biología, de la medicina, de la agricultura, de la arquitectura, de la ingeniería y de la industria relacionadas con la radiación como se manifiesta según [19].

Es importante conocer el comportamiento de la radiación solar ya que es el combustible de las células fotovoltaicas y sin ésta no se produciría el efecto fotovoltaico.

M. Abella en [20] menciona que la radiación solar es un factor que depende de la posición del sol y de la tierra que se mueven siguiendo leyes de la física y también depende de la atmósfera de la tierra que posee cualidades que permanecen constantes y otras que son totalmente aleatorias.

La radiación está establecida en un valor de 1367 w/m^2 .

Para poder medir la radiación solar existen dos términos con los que se los puede hacer y estos son:

3.3.4. Irradiancia

Densidad de potencia incidente por unidad de superficie medido en w/m^2

La irradiancia máxima del sol en la superficie de la tierra esta aproximadamente en los 1000 w/m^2

La irradiancia varía directamente por efecto de rotación de la tierra

Por lo tanto tendremos:

- Días nublados
- Días soleados
- Días lluviosos

3.3.5. Irradiación

Es la energía incidente por unidad de superficie en un determinado periodo de tiempo y se mide en Kwh/m^2 y está establecida desde los 800 Kwh/m^2 - 2500 Kwh/m^2 .

3.3.6. Instrumentos de medición solar

3.3.6.1. El piranómetro. - Conocido como solarímetro y actinómetro, permite medir la irradiación solar global (directa y difusa) incidente sobre una superficie de la Tierra. Está diseñado para medir la densidad del flujo de radiación solar (W/m^2).

El pirómetro posee una pequeña plancha de metal negro en su interior, con una termocupla unida a ella. Esta plancha negra se calienta al sol y con la termocupla, el aumento de temperatura se puede medir. La salida de la termocupla es medida para la radiación en un momento dado [20].



Figura 3.2. Piranómetrometro. **Fuente:** [20].

3.3.6.2. Actinómetro o Pirheliómetro.- Es un instrumento que se usa para medir la radiación directa desde una parte del cielo, incluyendo el sol y en superficie perpendicular a los rayos solares. En los instrumentos modernos, esta última abarca un semiángulo de 2.5° aproximadamente a partir del centro del Sol. Generalmente el sensor está dotado de un visor en el que un pequeño punto luminoso coincide con una marca situada en el centro del mismo cuando la superficie receptora se halla en posición exactamente perpendicular al haz solar directo. Por lo que se precisa que todos los pirheliómetros vayan montados sobre un mecanismo que le permita un seguimiento muy preciso del Sol [21].



Figura 3.3. Pirheliómetro. **Fuente:** [21].

3.3.6.3. El solarímetro fotovoltaico. - Es una célula fotovoltaica pequeña que genera electricidad. Dicha cantidad de electricidad es nuevamente medida para la irradiación instantánea. Los solarímetros fotovoltaicos son mucho más económicos que los piranómetros, pero menos exactos como se ve según [21].



Figura 3.4. Solarímetro fotovoltaico. **Fuente:** [20].

3.3.7. Tipos de radiación

La radiación solar sobre la superficie tiene variaciones temporales, siendo unas aleatorias, como la nubosidad y otras previsible, como son los cambios estacionales o el día y la noche, provocadas por los movimientos de la Tierra.

3.3.7.1. Radiación directa

La forman los rayos recibidos directamente del Sol.

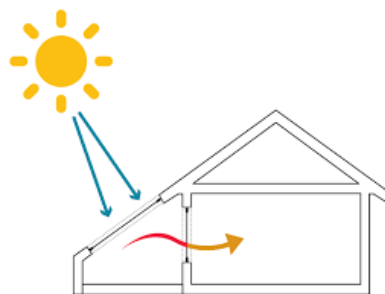


Figura 3.5. Radiación directa. **Fuente:** [22].

3.3.7.2. Radiación difusa

Llano y Monta [22] mencionan que la radiación difusa procede de toda la bóveda de cielo, excluyendo el disco solar, la forma los rayos dispersados por la atmósfera en dirección al receptor (por ejemplo, en un día completamente nublado toda la radiación es difusa).

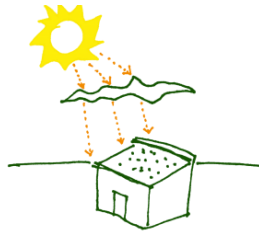


Figura 3.6. Radiación difusa .Fuente: [22].

3.3.7.3. Radiación reflejada

Como su nombre lo dice es reflejada por la superficie terrestre hacia el receptor. Depende directamente por la naturaleza de las montañas, lagos, edificios, etc. Que rodean al receptor.



Figura 3.7. Radiación reflejada .Fuente: [22].

3.3.7.4. Radiación global

La suma de todas las radiaciones descritas recibe el nombre de radiación global que es la radiación solar total que recibe la superficie de un receptor y por lo tanto la que nos interesa conocer y cuantificar.

3.3.8. Radiación en el Ecuador

El Ecuador es uno de los países aventajados por encontrarse en la mitad del mundo (Latitud cero) por lo cual la radiación va a ser aprovechada durante las 12 horas de este potencial energético. Pueden existir variaciones de acuerdo al comportamiento climático del lugar.

Lo ideal es colocar los paneles fotovoltaicos a una inclinación de 0° pero normalmente se colocan entre 10° y 15° .

3.3.9. Radiación solar sobre superficies inclinadas

Los sistemas fotovoltaicos que tienen un cierto ángulo de inclinación, tienen una mayor superficie de captación del sistema solar.

En los países que no están en la línea equinoccial se considera un ángulo de inclinación de los paneles conocida como acimut.

3.4. Paneles fotovoltaicos

En [22] se define que es el que permite transformar la energía solar en energía eléctrica. También se le llama módulo fotovoltaico y está conformado por varias celdas fotovoltaicas que produce corriente continua (CC).

El módulo fotovoltaico consta de diversas capas que re cubren a las células por arriba y por abajo, con el fin de darles una protección mecánica, a la vez que además las protegen contra los agentes atmosféricos, especialmente el agua, que puede llegar a ser causante de la oxidación de los contactos, con lo cual las células quedarían inservibles para la producción de energía mencionado también en [22].



Figura 3.8. Panel fotovoltaico. **Fuente:** [22].

3.4.1. Principio de funcionamiento de los paneles fotovoltaicos

Según [23] la luz solar consta de partículas que se llaman fotones. Si estos fotones encuentran un cuerpo semiconductor (generalmente una capa de silicio en una célula solar) se absorberá una cantidad de estos fotones por el cuerpo en lugar de reflejarse o pasar a través del cuerpo. Si está absorbido un fotón, su energía está transmitida a un electrón en un átomo de la célula causando el desplazamiento del electrón que crea así un agujero en el átomo. Este agujero atrae otro electrón de un átomo cercano, que creará por su turno un agujero que se llenará con el electrón de nuevo átomo, etc. Este procedimiento se repite mil millones de veces por lo que se forma una corriente eléctrica.

Conforme a lo referido en [23] los paneles fotovoltaicos se rigen por varios principios para su funcionamiento:

- Algunos de los fotones, provenientes de los rayos del sol, impactan sobre la primera superficie del panel, siendo absorbidos por diversos semiconductores, como puede ser el silicio.
- Los electrones que se alojan en orbitales son golpeados por los fotones, liberándose de los átomos a los que principalmente estaban destinados.

El conjunto de paneles transforma la energía solar en electricidad continua, también llamada DC y que es un tipo de corriente eléctrica que se define como un movimiento de cargas en una dirección y un solo sentido a través de un circuito. Además, esta corriente se lleva a un circuito conversor que transforma la corriente continua en alterna (AC), la cual entra en el panel eléctrico de la casa y genera una electricidad que se distribuye a los sistemas de iluminación de la casa ya que éstos no consumen demasiada energía como se muestra en [23].

3.4.2. Tipos de paneles fotovoltaicos

Existen varios tipos de células fotovoltaicas y depende de los materiales semiconductores con los que han sido fabricadas y son las siguientes:

3.4.2.1. Células de silicio monocristalino.- Son las células más utilizadas actualmente, su estructura es completamente ordenada. Tiene un elevado costo, además existe una demanda muy pequeña para los paneles solares. Se lo obtiene dopando silicio puro con boro y su rendimiento llega hasta el 18%.

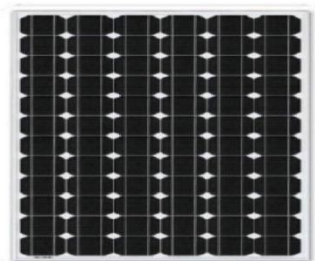


Figura 3.9. Células de silicio monocristalino. **Fuente:** [24].

3.4.2.2. Células de silicio policristalino.- Su proceso de fabricación es similar al del silicio monocristalino pero no necesita un riguroso control de temperatura en su etapa de enfriamiento. Su rendimiento llega al 14%, su costo es ligeramente más económico que el del monocristalino y su ventaja es que se pueden producir directamente células de forma cuadrada sin necesidad de cortes posteriores.



Figura 3.10. Células de silicio policristalino.**Fuente:** [23].

3.4.2.3. Células de silicio amorfo.- La gran ventaja de éstas es que el espesor de las células fotovoltaicas puede ser 50 veces más fino que el de las de silicio monocristalino, presentan un alto grado de absorción y al ser compuestas por menos cantidad de material su fabricación es más económica. Sus desventajas son que su rendimiento es menor al 10%, mucho menor que las de silicio monocristalino (15-18%), y su alto grado de degradación al entrar en contacto con el sol.



Figura 3.11. Células de silicio amorfo.**Fuente:** [24].

3.4.2.4. Células de arseniuro de galio.- Son las más recomendables para la fabricación de módulos ya que en su versión monocristalina el rendimiento llega hasta el 28%. El principal problema es el elevado costo de este material. Sus principales características son su elevado coeficiente de absorción y sus bajas pérdidas de eficiencia a elevadas temperaturas, por lo que son muy utilizadas en sistemas de concentración.



Figura 3.12. Células de arseniuro de galio .Fuente: [24].

3.4.2.5. Células de sulfuro de cadmio y sulfuro de cobre.- La ventaja de este sistema es que se utiliza muy poco material en un proceso de fabricación sencillo. Por el contrario su rendimiento es muy bajo, llegando en la práctica a valores del 5%. El mayor problema es su degradación en el transcurso del tiempo y la tecnología con la que se producen no está desarrollada así que aún se necesitan muchos estudios para mejorar esta técnica.

3.4.2.6. Células bifaciales.- Están fabricadas con una doble unión del tipo n+-p-p+ de tal manera que la célula puede absorber radiación por sus dos caras, aprovechando también la que es reflejada desde el suelo. [24]. Su rendimiento cercano al 30% pero muy caras y complejidad en la instalación.

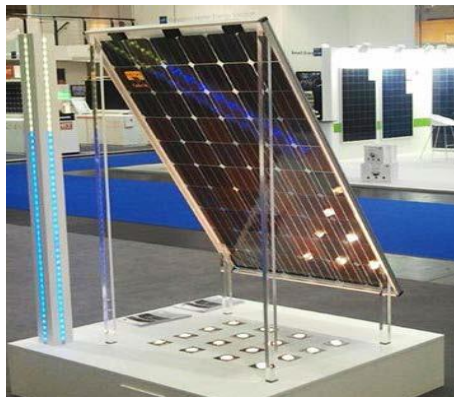


Figura 3.13. Células bifaciales .Fuente: [24].

3.4.3. Voltajes de los paneles:

1,3V, 6V, 9V, 12V, 24V, 48V.... sucesivamente en múltiplos de 12V.

3.4.4. Potencia de los paneles:

12 W, 24 W, 50 W, 60 W, 120 W, 150 W, 175 W, 250 W, 300 W.

3.4.5. Estructura.

Guzñay [25] afirma un panel solar fotovoltaico está conformado por:

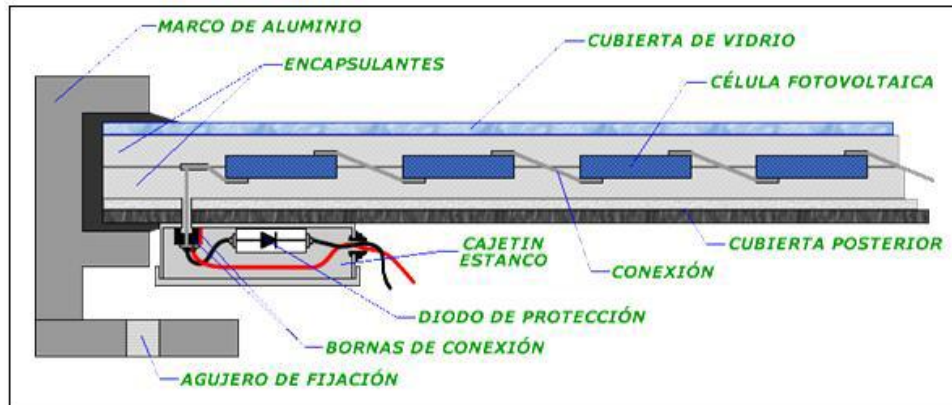


Figura 3.14. Estructura de un panel solar fotovoltaico .Fuente: [25].

En [25] se define ciertas partes del panel solar fotovoltaico:

- Cubierta exterior de cara al Sol: es de vidrio que debe facilitar al máximo la transmisión de la radiación solar. Se caracteriza por su resistencia mecánica, alta transmisividad y bajo contenido en hierro.
- Encapsulante: de silicona o más frecuentemente EVA (etilen-vinil-acetato). Es especialmente importante que no quede afectado en su transparencia por la continua exposición al sol, buscándose además un índice de refracción similar al del vidrio protector.
- Protección posterior: da rigidez y una gran protección frente a los agentes atmosféricos, usualmente se emplean láminas formadas por distintas capas de materiales.
- Marco metálico: de aluminio, que asegura una suficiente rigidez al conjunto, incorporando los elementos de sujeción a la estructura exterior del panel. La unión entre el marco metálico y los elementos que forman el módulo está realizada mediante distintos tipos de sistemas resistentes a las condiciones de trabajo del panel.
- Cableado y bornas de conexión: habituales en las instalaciones eléctricas, protegidos de la intemperie por medio de cajas estancas.

f) Diodo de protección: su misión es proteger contra sobre-carga u otras alteraciones de las condiciones de funcionamiento de panel.

3.5. Sistema solar fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico es un dispositivo que, a partir de la insolación, produce energía eléctrica en condiciones de ser aprovechada por el hombre según se explica en [26].

3.5.1. Sistemas fotovoltaicos aislados

En este proyecto se enfocará al sistema fotovoltaico aislado, por la carencia de red eléctrica de la zona.

En [27] se define que este tipo de sistemas son utilizados para poder generar energía eléctrica en lugares donde el acceso a la red pública es imposible llegar, ya sea por la inaccesibilidad por el terreno o en muchos casos por la distancia en la que se encuentra la red pública hasta el lugar en donde se necesite energía eléctrica, en donde resulta más optable emplear un sistema solar fotovoltaico aislado, ya que este sistema es económicamente viable y de un mantenimiento muy sencillo.

Este tipo de sistemas solares fotovoltaicos se pueden emplear en: iluminación doméstica, para sistemas de telecomunicaciones, para iluminación exterior o pública, para refrigeración de medicamentos, para sistemas de bombeo de agua, etc.

La distancia del punto de consumo a la red eléctrica puede hacer, en muchos casos, más rentable esta aplicación debida no solo al coste del instalar el tendido eléctrico sino también a la calidad del suministro eléctrico al evitarse cortes de electricidad, muy frecuentes en lugares aislados como se define en [27].

3.5.1.1. Rentabilidad de la instalación

En las instalaciones fotovoltaicas aisladas, resultará en muchos casos más rentables realizar una instalación solar fotovoltaica que costear el tendido eléctrico desde la zona electrificada más próxima. En nuestro caso utilizar la energía eléctrica de la red es inviable, ya que instalar el tendido eléctrico conlleva muchos costes y complicaciones como son el proyecto, dirección de obra, permisos de paso, licencia municipal, etc, según se menciona en [28].

3.5.2. Sistemas fotovoltaicos conectados a la red

En [28] se define que la principal diferencia entre las instalaciones autónomas y conectadas a la red, es que, en las autónomas se cuenta con los acumuladores para almacenar la energía y los reguladores de carga de los mismos, mientras que en las instalaciones conectadas a la red como se muestra en la figura 28, la energía no se almacena, sino que se pone a disposición de los usuarios a través de la red eléctrica según se produce.

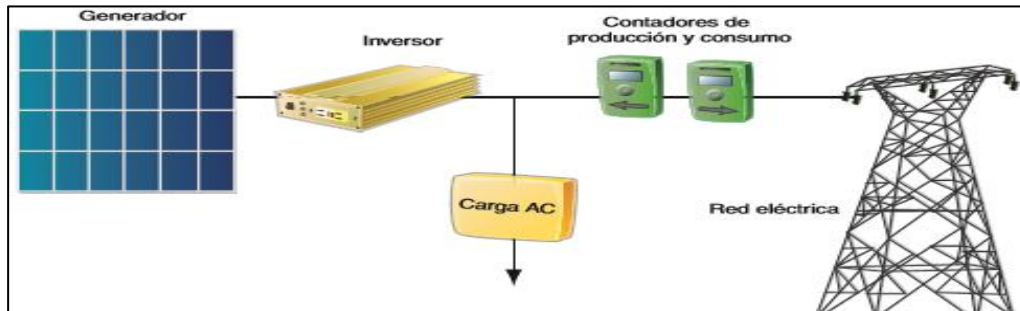


Figura 3.15. Instalación fotovoltaica conectada a la red. **Fuente:** [28].

En el caso de las instalaciones conectadas a la red, el inversor debe proporcionar una corriente alterna que sea de las mismas características de la red eléctrica a la que está conectado, tanto en forma (senoidal) como en valor eficaz (240V) y sobre todo en la frecuencia (60Hz); no se permiten prácticamente variaciones, con el fin de evitar perturbaciones sobre la red eléctrica de distribución.

3.5.2.1. Balance de en una instalación fotovoltaica conectada con balance neto

Como se puede visualizar en la figura 28, el sistema fotovoltaico al estar conectada a una red eléctrica, puede presentar dos comportamientos, el primero el cual consiste en consumir la energía eléctrica de la red, cuando el sistema fotovoltaico no abastezca de la misma a la instalación, y la segunda la cual consiste en el suministro de la energía excedente del sistema fotovoltaico hacia la red.



Figura 3.16. Instalación fotovoltaica conectada con balance neto. **Fuente:** [29].

En [29] se considera que una de las ventajas del sistema fotovoltaico conectado a la red, es que se necesitan menos componentes que en el caso de los sistemas fotovoltaicos aislados, como se puede observar en la figura 20, ya que no requiere de una batería que almacene la energía sobrante, por lo que resultan más económicos. Así, un sistema fotovoltaico de autoconsumo con conexión a red en balance neto o net metering sólo requiere de los siguientes elementos:

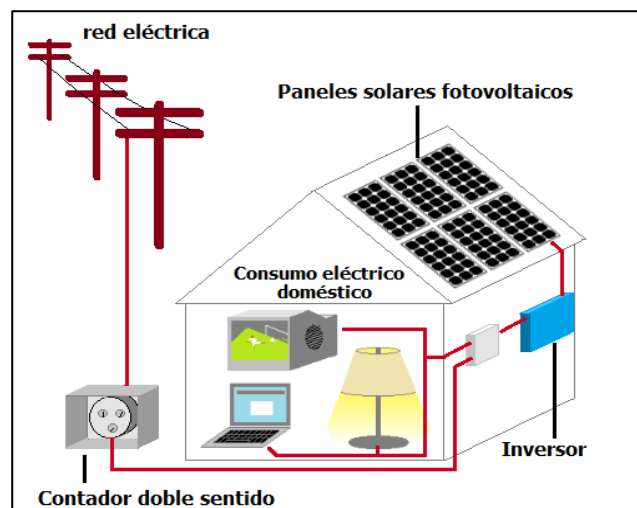


Figura 3.17. Elementos de una instalación fotovoltaica conectada con balance neto. **Fuente:** [29].

3.5.2.2. Contadores de doble sentido

En [29] se define que es el elemento que contabiliza por un lado la cantidad de electricidad sobrante que la vivienda no ha usado y que inyecta a la red como por otro la que la vivienda toma de la red. Este tipo de contadores son semejantes a los que las compañías eléctricas tienen instalados en las viviendas, sólo que con la función de descontar.

3.5.2.3. Ventajas y beneficios de las instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo conectadas a la red

- Ahorro económico

En [29] se define que la instalación de un sistema de paneles solares fotovoltaicos para autoconsumo conectado a red, puede suponer un ahorro en la factura de electricidad de en torno al 60% o 90% en función del tamaño de la instalación y de su nivel de cobertura de la demanda.

El ahorro se deriva de que al generar electricidad de manera gratuita con el sol para autoconsumo, se deja de gastar dinero en la compra de ese mismo volumen de electricidad a la compañía eléctrica como se menciona en [29].

Considerando que un sistema solar fotovoltaico puede funcionar por 20 años como mínimo, aunque algunos tipos de reguladores tienen una vida más corta y necesitarán ser cambiados antes, a partir de que se cumpla el periodo de retorno, el ahorro económico que produzca el sistema será neto [29].

Al generar un porcentaje importante de la electricidad que consume de forma gratuita, el productor doméstico sufre mucho menos las posibles fluctuaciones (normalmente al alza) de los precios de la electricidad [29].

- Eficiencia energética, transporte

En [29] se define que producir la energía eléctrica en el mismo lugar en que se consume resulta mucho más eficiente que producirla de manera centralizada y distribuirla. Se estima que en el transporte y la distribución de la electricidad se pierde en torno al 10 % de la misma. Esto supone una gran cantidad de dinero y energía desperdiciados y cuando la energía es origen es fósil, una emisión de CO₂ gratuita.

- Reducción de emisiones de CO₂

Según [29] se considera aunque está actualmente menos presente, sigue siendo de vital importancia. Los paneles solares fotovoltaicos, al generar la electricidad a partir del Sol, no generan ningún tipo de CO₂ en su funcionamiento.

La instalación masiva de este sistema, lo cual en pocos años podría ser una realidad debido a las constantes bajadas de precio de los equipos (en los últimos 4 años los paneles solares fotovoltaicos han bajado un 70 % y las previsiones son que la bajada de precios continúe), supondrá una reducción importante de las emisiones de CO₂ a la atmósfera como se define en [29].

- Fomento de empleo y sostenibilidad

En [29] se define que la posibilidad de que los ciudadanos puedan generar su propia electricidad para autoconsumo a través de paneles solares fotovoltaicos e inyectarlo a la red promoverá la creación y el mantenimiento de un conjunto de empresas instaladoras que generarán empleo local. A la vez se fomentará la industria fotovoltaica, que en muchos países es también local, la tecnología del sector seguirá avanzando, reduciendo los precios y aumentando la eficiencia. Se permitirá que

en un futuro muy próximo la electricidad fotovoltaica resulte más barata que la generada con combustibles fósiles.

- Experiencias con el Balance neto práctico, el caso de Nueva Jersey

En [29] menciona que las legislaciones que permiten y regulan el balance neto o net metering son aún recientes en los países de habla hispana que la tienen, pero llevan tiempo existiendo en otros países como Japón, Alemania o Estados Unidos. De este último país es el caso del funcionamiento de la ley en el Estado de Nueva Jersey, que sirve para ilustrar claramente las ventajas del sistema.

A principios de la pasada década, la población y la economía del estado de Nueva Jersey crecieron de manera importante. Pronto, las infraestructuras eléctricas, que no habían cambiado, resultaron insuficientes para gestionar el aumento de la demanda eléctrica que el incremento de la población y la economía suponía. Por ello, el sistema eléctrico se desestabilizó, empezando a ser frecuentes los apagones. Estos supusieron importantes pérdidas económicas en restaurantes, supermercados y empresas de distribución de alimentos ya que la comida de las cámaras frigoríficas y congeladores que dejaron de funcionar por falta de suministro eléctrico, se echaron a perder y hubo que tirarlas

3.6. Componentes de un sistema solar fotovoltaico

- El sistema consta de los siguientes elementos:
- Generador fotovoltaico
- Regulador o controlador de carga
- Acumulador
- Inversor
- Cargas eléctricas
- Elementos de protección

3.6.1. Generador fotovoltaico

Un panel solar o módulo fotovoltaico está formado por un conjunto de células, conectadas eléctricamente, encapsuladas, y montadas sobre una estructura de soporte o marco. Proporciona en su salida de conexión una tensión continua, que definirán la tensión a la que va a trabajar el sistema fotovoltaico como se señala en [28].

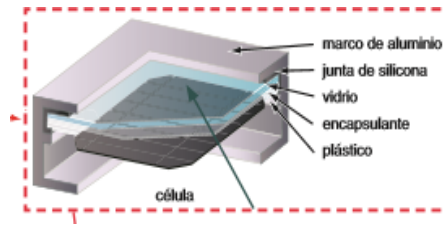


Figura 3.18. Panel fotovoltaico. **Fuente:** [28].

En [28] también se definen las estructuras del panel fotovoltaico.

- Soporte: Debe proporcionar una rigidez estructural adecuada, con vistas a la instalación del módulo
- Los cables de conexión del panel se encuentran en una caja en la parte trasera del mismo
- Marco del panel: permitirá la instalación sobre un determinado soporte
- El vidrio que recubre el panel sirve como protección para las células solares ante los fenómenos atmosféricos
- Encapsulado: Protege al módulo de la intemperie; es muy importante que el módulo esté protegido frente a la abrasión, la humedad, y los rayos UV. El encapsulante también protege las células y las conexiones ante posibles vibraciones
- Conexionado: el panel debe ser fácil de instalar. Las células solares que forman el panel van conectadas entre sí en serie o en paralelo.

3.6.2. El regulador

En [28] se explica que para el funcionamiento óptimo de una instalación, se debe que instalar el sistema de regulación de carga en la unión entre paneles solares y baterías. Este elemento evita situaciones de carga y sobre descarga de la batería, con el fin de alargar su vida útil. El regulador trabaja por tanto en las dos zonas como son:

En la parte relacionada con la carga, su misión es garantizar una carga suficiente al acumulador evitando sobrecarga. En la parte de descarga asegura el suministro eléctrico diario suficiente y evita la descarga excesiva de la batería.



Figura 3.19. Regulador. Fuente: [28].

3.6.3. Acumuladores

La llegada de la energía solar a los módulos fotovoltaicos no se produce de manera uniforme, sino que presenta variaciones por diferentes motivos. Algunas de estas variaciones son predecibles, como la duración de la noche o las estaciones del año, pero existen otras causas que pueden producir alteraciones de manera aleatoria en la energía recibida, como puede ocurrir con un aumento de la nubosidad en un determinado instante [28].

Este hecho hace necesario utilizar algún sistema de almacenamiento de energía pero aquellos momentos en que la radiación recibida sobre el generador fotovoltaico no sea capaz de hacer que la instalación funcione en los valores diseñados. Para ello se utilizarán las baterías o acumuladores:

Las baterías son recargadas desde la electricidad producida por los paneles solares, a través de un regulador de carga, y pueden entregar su energía a la salida de la instalación, donde será consumida [28].

Tres son las dimensiones que tienen las baterías en las instalaciones fotovoltaicas:

- Almacenar energía durante un determinado número de días
- Proporcionar una potencia instantánea elevada.
- Fijar la tensión de trabajo de la instalación.

Uno de los parámetros más importantes que tener en cuenta a la hora de elegir un acumulador es la capacidad. Se define como la cantidad de electricidad que puede lograrse en una descarga completa del acumulador partiendo de un estado de carga total del mismo [28]. SE mide en amperios hora (Ah), y se calcula como el producto de la intensidad de descarga del acumulador durante el tiempo en el que está actuando: $C=t \cdot I$ como se menciona.

Además de la capacidad, debemos considerar otros parámetros en los acumuladores que vamos a utilizar en las instalaciones fotovoltaicas como se ve en [28].

3.6.3.1. Tipos de baterías

- Baterías de Plomo Ácido

Son las baterías más usadas en vehículos eléctricos, montacargas, carros de golf, etc. También son muy usadas en los automóviles de combustión interna. Sin embargo para aplicaciones de tracción se necesitan baterías que soporten descargas profundas y para aumentar la robustez pueden usar un gel en vez de un electrólito líquido. Es importante mencionar que estas baterías corresponden a las más baratas por kW/h, están establecidas comercialmente y tienen un buen respaldo.

Dependiendo de la calidad de la batería, típicamente después de 30 - 60 descargas completas, la capacidad de la batería se reduce a 60% de su capacidad inicial. Se considera que las descargas mayores de 50% dañan irreversiblemente estas baterías. Por otro lado, si se retira en cada ciclo solamente 20 % de la carga total, estas baterías pueden soportar 500 - 1000 ciclos de carga/descarga, y 1000 - 2000 ciclos de 10 % de descarga cada uno [28].



Figura 3.20. Baterías Plomo Ácido. **Fuente:** [28].

- Baterías de Tracción

Tienen mayor costo y son diseñadas para operar con ciclos de descarga profunda tal como se requiere en un auto eléctrico con ciclos típicos de carga/descarga diarios. Estas baterías, que poseen placas con una aleación de alto contenido de antimonio (4-10%), tienen una autodescarga relativamente grande y una eficiencia de carga baja, ya que requieren periódicamente sobrecargas de 20% con gasificación para evitar sulfatación; requieren asimismo regularmente mantenimiento, pero resisten muchos ciclos de descarga profunda: 1500 o más ciclos con 80% de descarga.



Figura 3.21. Baterías de tracción. **Fuente:** [28].

- **Baterías Estacionarias**

Estas baterías con menos de 2% de antimonio y algo de selenio en la aleación tienen una construcción con planchas blindadas ("tubulares") y cuestan 3-6 veces más que las baterías de arranque comunes. Tienen una autodescarga menor de 3%, una eficiencia de 95-98% y una vida hasta 15-20 años, permitiendo 1300-1500 ciclos de 80% de carga/descarga, o 4500 ciclos de 30%. Son usadas en instalaciones fotovoltaicas grandes. Pueden tener el electrolito gelificado, ser selladas y aptas para ser colocadas en cualquier posición, sea vertical u horizontal.



Figura 3.22. Baterías Estacionarias. **Fuente:** [28].

- **Baterías Solares**

Generalmente se trata de baterías que por su geometría y materiales usados buscan hacer un compromiso entre costo, vida útil (número de ciclos de carga/descarga) y libre de mantenimiento. Pueden ser selladas o abiertas. Las baterías solares más usadas son las de tipo arranque mejorado que tienen placas más gruesas, más electrolito etc. No son selladas y requieren un mantenimiento bajo de más o menos 1 - 2 veces por año. Permiten un número de 1000 - 2000 ciclos de carga/descarga de 15 - 20 % cada uno (manteniendo permanentemente el 80-85% de la carga total) y son más resistentes a las descargas de 50 % que las baterías normales de arranque.



Figura 3.23. Baterías Solares. **Fuente:** [28].

3.6.3.2 Conexión de baterías

- Baterías en paralelo

La conexión en paralelo de dos baterías iguales, permite obtener una salida dos veces la capacidad de las baterías individuales, manteniendo el mismo voltaje nominal.

La capacidad identifica la máxima cantidad de de carga que puede almacenarse. Cuanto mayor sea la capacidad, mayor será la cantidad de carga que puede almacenarse. Se mide en Amperios por hora.

Cuanto menor sea la intensidad máxima utilizada (amperios), mayor será la duración en tiempo de las baterías.

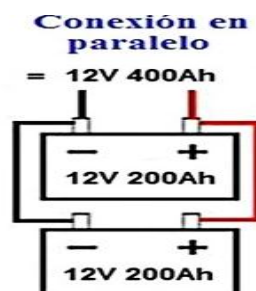


Figura 3.24. Conexión de baterías en paralelo. **Fuente:** [29].

- Baterías en serie

La conexión en serie de baterías solamente permite el paso de corriente cuando hay consumo. Cuando no hay ningún consumo las baterías se mantienen en reposo.

Para obtener el conjunto con la tensión deseada, conectamos baterías en serie de iguales capacidades para sumar las tensiones.

Para obtener la capacidad deseada en el conjunto deberemos seleccionar la capacidad de cada batería (idénticas) acorde a nuestras necesidades.



Figura 3.25. Conexión de baterías en paralelo. **Fuente:** [29].

3.6.4. El inversor

El inversor se encarga de convertir la corriente continua de la instalación en corriente alterna, igual a la utilizada en la red eléctrica: 220 V de valor eficaz y una frecuencia de 60 Hz. Es un elemento imprescindible en las instalaciones conectadas a red, y estará presente en la mayoría de instalaciones autónomas, sobre todo en aquellas destinadas a la electrificación de viviendas mencionado en [28].

Las características deseables para un inversor DC-AC las podemos resumir de la siguiente manera:

- Alta eficiencia: debe funcionar bien para un amplio rango de potencias.
- Bajo consumo en vacío, es decir, cuando no hay cargas conectadas.
- Alta fiabilidad: resistencia a los picos de arranque.
- Protección contra cortocircuitos.
- Seguridad.
- Buena regulación de la tensión y frecuencia de salida, que como ya hemos comentado debe ser compatible con la red eléctrica.

Algunos inversores funcionan también como reguladores de carga de las baterías. En este caso no sería necesario incluir el regulador en la instalación como se muestra en [28].



Figura 3.26. El inversor. **Fuente:** [28].

3.6.5. Cargas eléctricas

En [30] se define que la carga de un sistema de distribución de energía eléctrica es la parte terminal del sistema que convierte la energía eléctrica a otra forma de energía. Por ejemplo, un motor eléctrico convierte la energía eléctrica en energía mecánica. Más aún, este concepto incluye a todos los artefactos que requieren de energía eléctrica para funcionar o realizar un trabajo.

La suma de las intensidades o potencias de placa de todos los artefactos de consumo dependientes del sistema de distribución de energía eléctrica, o de una parte de él, constituyen su carga conectada (CC) y representa la máxima demanda posible de una instalación [30].

3.6.6. Elementos de protección

Como se explica en [31] las instalaciones y la demanda de sistemas fotovoltaicos aumentan la necesidad de una protección eléctrica eficaz. Los sistemas fotovoltaicos, al igual que todos los sistemas de alimentación eléctrica, deben tener una protección adecuada frente a los picos de corriente y la sobretensión.

3.6.6.1. Fusible

En [32] se define que el fusible o elemento de protección contra sobrecorriente debe ser dimensionado a un valor no menor al 125% de la corriente del conductor una vez aplicados factores de corrección.



Figura 3.27. Fusible. **Fuente:** [32].

3.6.6.2. Diodo de bloqueo

Reduce pérdidas por sombras en los módulos, el uso de estos elementos es para conseguir una mejor eficiencia y una mayor protección de los elementos de los arreglos fotovoltaicos como se menciona en [32].



Figura 3.28. Diodo de bloqueo. **Fuente:** [32].

3.6.6.3. El seccionador

El seccionador o desconectador es un medio que permite abrir el circuito para sacar de operación los módulos en caso de alguna supervisión o mantenimiento [32]. Éste tipo de seccionador se exige sea de aplicación fotovoltaica para que extinga el arco eléctrico en cada apertura del circuito.



Figura 3.29. Seccionador. **Fuente:** [32].

3.6.6.4. Apartarrayos

Protección de sobretensiones o apartarrayos. Cuando ocurre una descarga atmosférica el apartarrayos o supresor de tensiones es el dispositivo que drena la descarga a tierra y evita el daño a los elementos del sistema.

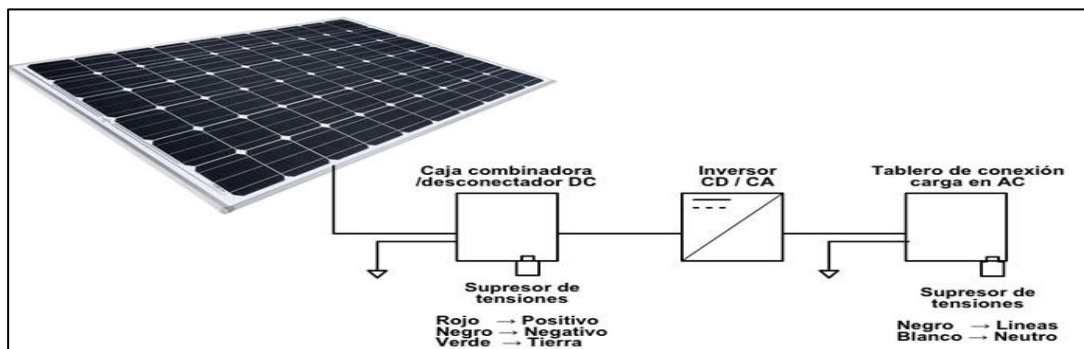


Figura 3.30. Apartarrayos. **Fuente:** [32].

3.6.6.5. La barra de tierras

La barra de tierras es un elemento el cual va a concentrar los conductores de puesta a tierra dependiendo de la cantidad de arreglos.



Figura 3.31. Barra de tierras. **Fuente:** [32].

3.7. Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos autónomos

Es el cálculo de los elementos que lo constituyen es decir los paneles fotovoltaicos, banco de baterías, regulador de carga y el inversor [31].

3.7.1. Pasos fundamentales para el proceso de dimensionamiento:

3.7.1.1. Determinar los consumos

El cálculo de los consumos comprende la carga instalada en el hogar, la cual debe ser alimentada con energía eléctrica, para su uso correspondiente.

$$\text{Carga generada} = \text{Carga consumida}$$

Energía real necesaria

$$E = \frac{L_{cc}}{n_g} + \frac{L_{ca}}{n_g * n_{inversor}} \quad (3.1)$$

Donde:

L_{cc} = Carga diaria en corriente continua.

L_{ca} = Carga diaria en corriente alterna.

n_g = Eficiencia de carga y descarga de la batería.

$n_{inversor}$ = Rendimiento del inversor.

3.7.1.2. El cálculo sobre la radiación solar disponible sobre la superficie en diferentes orientaciones

El cálculo de la radiación solar debe ser realizado durante un tiempo determinado, generalmente de dos años, periodo durante el cual se toma ciertos valores de radiación presente en el lugar, tomando en cuenta la época con menor radiación, ya que el sistema fotovoltaico debe estar diseñado para soportar hasta los días de mayor ausencia de radiación.

- Días de autonomía

Según [33]. Los días de autonomía se refieren a que tan eficiente es el sistema fotovoltaico cuando no se dispone de sol.

Los días de autonomía de un sistema fotovoltaico generalmente se designa por la letra N= número de días de autonomía del sistema fotovoltaico (Cuanto dura sin sol)

En los sistemas fotovoltaicos previos para la utilización en función de las características climatológicas de la zona y la aplicación o uso final de la instalación.

Se consideran los peores días para la selección de datos de un sistema fotovoltaico.

- HSP (Hora Solar Pico)

Está en función de:

- Latitud
- Ángulo de inclinación de paneles.
- Radiación

3.7.1.3. Cálculo de la/las batería/baterías

Las baterías deben de ser calculadas tanto en su número como en sus características constructivas, como son: tiempo de descarga de la batería, capacidad de la batería, tiempo de carga de batería, entre otras.

$$CB^* = \frac{L^* N}{DOD * n_c} \quad (3.2)$$

Donde:

E=Energía real.

N= Número de días de autonomía.

DOD= Descarga profunda de las baterías.

n_c =Pérdidas en los cables.

L^* = Energía media.

$$L^* = \frac{E}{V_N} \quad (3.3)$$

- Baterías en serie

$$N_{BS} = \frac{V_N}{V_B} \quad (3.4)$$

Donde:

V_N = Voltaje nominal.

V_B = Voltaje de las baterías.

- Baterías en paralelo

$$N_{BP} = \frac{C_B}{C_{BN}} \quad (3.5)$$

Donde:

C_B = Capacidad de la Batería.

N_{BP} = Numero de baterias en paralelo

3.7.1.4. Calculo de la potencia necesaria para el generador fotovoltaico

La potencia necesaria para el generador fotovoltaico, viene en relación al cálculo de los consumos, ya que de eso depende el dimensionamiento de la potencia necesaria que se debe obtener del generador fotovoltaico.

- Número de módulos

$$\# \text{ Módulos} = \frac{E}{W_p * HSP_{\alpha} * (1 - n_d)} \quad (3.6)$$

Donde:

W_p = Potencia máxima del panel.

HSP_{α} = Hora solar pico incidentes sobre el plano de los paneles.

E = Energía Real.

n_d = Factor global de pérdidas que se produce en el generador fotovoltaico.

- Numero de módulos conectados en serie

$$N_{ms} = \frac{V_N}{V_p} \quad (3.7)$$

Donde:

N_{ms} = Numero de baterias conectadas en serie

V_N = Voltaje nominal.

V_p = Voltaje máximo del panel.

- Número de módulos conectados en paralelo:

$$N_{mp} = \frac{I_m}{I_p} \quad (3.8)$$

Donde:

I_m = Corriente diaria requerida.

I_p = Corriente máxima del panel.

$$I_m = 1,1 * \frac{L_{ca} * \frac{1kw}{m^2}}{\text{Radiación peor mes} * V_N} \quad (3.9)$$

3.7.1.5. Selección del regulador de carga

El regulador de carga es muy importante en el sistema fotovoltaico ya que ayuda a alargar la vida útil de las baterías, ya que controla la potencia de la carga y descarga de las mismas.

$$I_{Gmax} = N_p * I_{sc} \quad (3.10)$$

Donde:

I_{sc} = Corriente de cortocircuito.

N_p = Número total de paneles.

$$I_{regulador} = I_{Gmax} + 3\% * I_{Gmax} \quad (3.10)$$

3.7.1.6. Selección del inversor

Básicamente conectamos la salida del regulador de carga con el inversor, para transformar la corriente continua que produce el generador fotovoltaico, en corriente alterna para ser consumida por la carga del hogar.

$$P_{inv} = 1,25 * P_{CA} \quad (3.11)$$

Donde:

P_{CA} =Potencia total en corriente alterna.

3.7.1.7. Dimensionamiento de los conductores

El dimensionamiento del cableado se lo realiza en base a la distancia de cable que se tendrá que utilizar para la instalación y la corriente que circulara por el mismo.

Tabla 3.1. Caída de voltaje entre los componentes del sistema.

Componentes	% de caída
Generador -Regulador/inversor	<3%
Regulador – Batería	<1%
Inversor – Batería	<1%
Regulador – Inversor	<1%
Inversor/regulador – equipos	<3%

Fuente. Postulantes.

- Caída de voltaje entre extremos de los conductores

Para calcular el calibre del conductor, sea en mm^2 o AWG, se utiliza la siguiente ecuación:

$$S = 2 * \frac{l * I}{k * U} (mm^2) \quad (3.12)$$

El valor de la conductividad (k) dependerá del material utilizado.

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

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

Donde:

l =Longitud del cable.

U =Caída de tensión entre los extremos.

I =Corriente que circulara por el conductor.

4. METODOLOGÍA

4.3. Nivel de investigación:

Investigación Exploratoria: Este nivel de investigación nos permitirá incursionar en la información histórica relevante al tema de la implementación de paneles fotovoltaicos y niveles de radiación solar en la zona.

Investigación Descriptiva: Esta investigación se utiliza para la caracterización o descripción de los componentes que se utilizarán para establecer la estructura del sistema fotovoltaico.

4.4. Tipos de investigación:

Investigación Documental: Será utilizado para la obtención de información de los sistemas fotovoltaicos.

Investigación de Campo: Será utilizado para la recolección de información de la radiación solar en el lugar y la puesta en marcha del sistema de generación.

Investigación Experimental: Esta investigación será utilizada porque se instalará los componentes, para observar la generación de energía eléctrica, se realizarán pruebas de campo para evaluar el comportamiento del sistema instalado.

4.5. Técnicas e Instrumentos:

Las técnicas utilizadas para obtener la información son: la observación, medición, registro y experimentación. Los instrumentos utilizados para recoger y almacenar la información son: tabla 3 para recolección de datos de la radiación, gráficos, fotos, cuaderno de notas y computadora.

Tabla 4.1. Técnicas e Instrumentos.

No.	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
1	Observación	Fotografías de un sistema fotovoltaico y gráficos de la configuración de las conexiones del sistema.
2	Medición	Piranómetro, voltímetro, amperímetro.
3	Registro	Cuaderno de notas
4	Experimentación	Pruebas en el módulo del sistema fotovoltaico de energías renovables.

Fuente: Postulantes.

Tabla para recopilación de datos del Sistema Fotovoltaico.

Radiación solar kWh / m² día.

Tabla 4.2. Radiación solar.

Latitud	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
Longitud													
Parámetros													

Fuente: Notas de clase.

Tabla 4.3. Matriz de valoración y evaluación de impactos ambientales.

Matriz de valoración y evaluación de impactos ambientales																	
Empresa :																	
Equipo evaluador:																	
Actividad	Aspecto ambiental	Impacto	Impacto ambiental	Calificación de aspectos ambientales										Calificación	Importancia		
				Código	N	IN	EX	MO	PE	PR	AC	EF	RV			MC	SI

Fuente: Notas de clase.

Técnica de experimentación: Se utilizará el módulo de laboratorio de energías renovables para las pruebas del sistema fotovoltaico, para conocer el comportamiento del sistema antes de implementarlo.

4.6. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Esta técnica será utilizada para el registró porque se almacenara los datos de la radiación solar como los cálculos para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Estudio de la Radiación Solar

Mediante mediciones de la radiación solar realizadas en el sector, con la aplicación de un medidor fotovoltaico, la toma de los datos se lo realizó durante 3 meses. Una vez determinado la tabla de la radiación solar se realizó la comparación de los datos medidos en el sector, con los datos estadísticos de estudios ya realizados del portal de la NASA meteorología de superficie y energía solar.

Del portal de la NASA meteorología de superficie y energía solar, se obtuvo el siguiente informe meteorológico de la radiación solar, el mismo que mediante las coordenadas de Latitud y Longitud se detalla la radiación mensual que incide en una superficie horizontal e inclinada.

Tabla 2.1. Promedio mensual de la radiación que incide sobre una superficie inclinada - Ecuador (kWh /m²/día)

Latitud - 0,9111 Longitud - 78,4816	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
Directa	2,97	2,99	3,10	3,01	3,08	3,17	3,47	3,39	2,80	2,80	3,14	2,85	3,06
Directa máxima	4,10	3,72	4,08	4,24	4,08	4,61	4,51	4,38	3,91	4,45	4,06	4,50	4,22
Directa mínima	1,96	2,41	2,55	2,45	2,37	2,23	2,57	2,27	2,04	1,58	2,44	2,15	2,25
Difusa máxima	2,08	2,25	2,33	2,20	2,03	1,93	1,99	2,10	2,22	2,12	2,16	2,06	2,12
Difusa mínima	2,13	2,26	2,31	2,17	2,01	1,86	1,91	2,06	2,25	2,21	2,15	2,05	2,11
Difusa	2,16	2,28	2,35	2,22	2,05	1,96	1,98	2,13	2,28	2,28	2,18	2,11	2,17
K	0,40	0,40	0,41	0,41	0,42	0,43	0,44	0,44	0,42	0,40	0,42	0,39	0,42
Todo incidente de insolación	4,14	4,35	4,55	4,33	4,12	4,02	4,27	4,46	4,27	4,24	4,30	3,98	4,25
Inclinación -15°	2,87	2,57	2,38	2,65	2,96	3,15	3,22	2,92	2,31	2,44	2,84	2,83	2,76
Inclinación 0°	4,08	4,11	4,49	4,28	4,07	3,97	4,21	4,41	4,23	4,17	4,25	3,93	4,18
Inclinación 15°	4,18	4,12	4,41	4,31	4,23	4,19	4,43	4,51	4,17	4,16	4,34	4,04	4,26
Inclinación 90°	2,35	2,02	1,69	1,99	2,34	2,56	2,57	2,22	1,66	1,85	2,27	2,33	2,15
Irradiancia solar óptima	4,18	4,14	4,49	4,32	4,24	4,23	4,46	4,51	4,23	4,19	4,34	4,04	4,28
Ángulo óptimo	16,00	9,00	1,00	-10,00	-20,00	-25,00	-23,00	-15,00	-3,00	6,00	14,00	17,00	-2,00
Orientación de la superficie inclinada	S	S	S	N	N	N	N	N	N	S	S	S	N

Fuente: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

Utilizado un piranómetro se obtuvieron datos de radiación solar cuya información se detalla en la siguiente tabla. Además se realiza una comparación de la radiación medida gracias al equipo de medición con los datos obtenidos del portal de la NASA meteorología de superficie y energía solar.

Tabla 5.2. Datos de la irradiación solar, medido y obtenido del Portal de la NASA.

Ubicación Andracas		
Latitud -0,9111		
Longitud -78,4816		
Altura 2813 m		
Irradiación (kwh/m ² /día)		
Mes	Medido	Según la NASA a una inclinación de 15 ⁰
Enero		4,18
Febrero		4,12
Marzo		4,41
Abril		4,31
Mayo		4,23
Junio		4,19
Julio		4,43
Agosto		4,51
Septiembre	4,29	4,17
Octubre	4,26	4,16
Noviembre	4,10	4,34
Diciembre		4,04
Promedio	4,22	4,26

Fuente: Postulantes.

Los datos obtenidos con el piranómetro y los obtenidos con el Portal de la Nasa tuvieron un error de medición del 0,12 en el mes de Septiembre - 0,1 en el mes de Octubre y 0,24 en el mes de Noviembre, y su promedio con un error del 0,04. Por esta razón se tomaron los datos obtenidos por el Portal de la NASA.

Al observar la gráfica se tiene que la diferencia entre valores puntuales, no son muy considerables, y los resultados están cercanos por lo cual se procede a realizar el dimensionamiento del sistema fotovoltaico con los datos obtenidos del Portal de la NASA.

Pruebas del SF del laboratorio de energías renovables

Los valores detallados en la tabla son valores de la radiación promedio de los meses de estudio y los obtenidos del portal de la NASA, en la cual con el dato de la radiación del peor mes que es Diciembre, se considera para el cálculo apropiado del sistema fotovoltaico garantizando así que el sistema sea confiable durante todo el año.

La figura muestra la curva de radiación tanto de los meses medidos y los descargados del portal de la NASA.

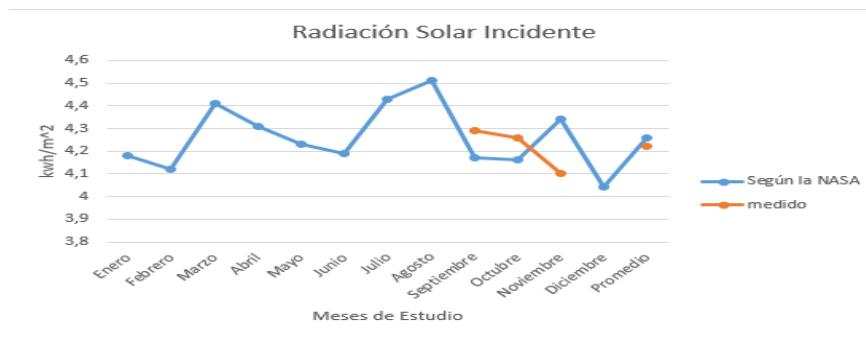


Figura 5.1. Irradiación solar mensual. **Fuente:** Datos del Portal de la NASA.

A modo de poder comprobar el comportamiento del sistema en una zona con coordenadas cercanas al proyecto, se utilizó el módulo del laboratorio de energías renovables con cargas similares a las que se conectarán en el sistema fotovoltaico y se obtuvieron los siguientes datos.

Tabla 5.3. Pruebas del SF del laboratorio de energías renovables.

Pruebas del SF del laboratorio de energías renovables			
Hora	I (A)	V (v)	P(w)
9:00	4,3	12,77	54,91
9:15	2,62	12,69	33,24
9:30	2,4	12,68	30,43
9:45	2,05	12,64	25,91
10:00	3,19	12,74	40,64
10:15	3,5	12,87	45,04
10:30	2,5	12,84	32,10
10:45	1,6	12,68	20,28
11:00	1,5	12,67	19,00
11:15	1,73	12,65	21,88
11:30	1,8	12,67	22,80
11:45	1,97	12,68	24,98
12:00	2,34	12,73	29,78
12:15	2,58	12,75	32,89
12:30	2,87	12,79	36,70
12:45	3,15	12,86	40,51
13:00	2,97	12,90	38,31
13:15	3,6	12,97	46,69
13:30	4,1	13,02	53,39
13:45	2,7	12,95	34,97

14:00	2,35	12,85	30,20
14:15	1,2	12,79	15,35
14:30	0,8	12,73	10,18
14:45	0,54	12,68	6,85
15:00	0,36	12,78	4,60

Fuente: Postulantes.

Se utilizó el módulo del laboratorio de energías renovables, con cargas de: lámparas fluorescentes, incandescente y leds. Obteniéndose una curva del voltaje, corriente y potencia, como se detalla en las siguientes figuras.

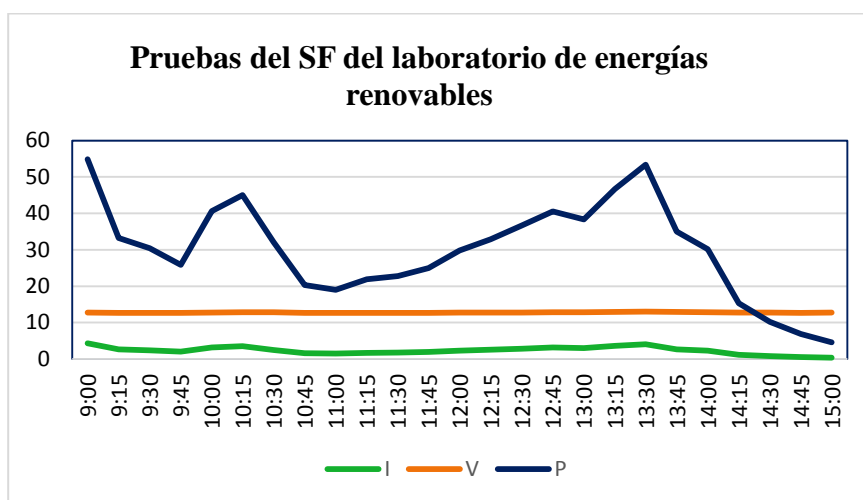


Figura 32. Curvas de potencia, voltaje y corriente. **Fuente:** Postulantes.

Las pruebas se realizaron en las horas pico de 09h00 a 15h00, obteniendo la siguiente curva de la potencia en relación al voltaje, como se puede ver en la siguiente figura.

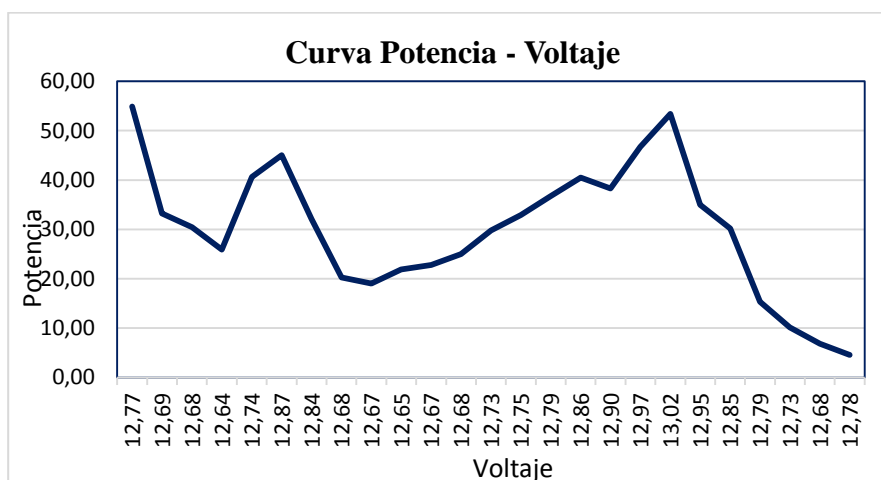


Figura 5.3. Curvas de potencia vs voltaje. **Fuente:** Postulantes.

5.2. Instrumentos utilizados para medir la radiación solar

5.2.1. OsmAnd

La aplicación que se utilizó para determinar la posición del lugar donde se realizó el proyecto es la aplicación OsmAnd instalada en un celular la cual nos facilita los datos latitud y longitud del lugar.

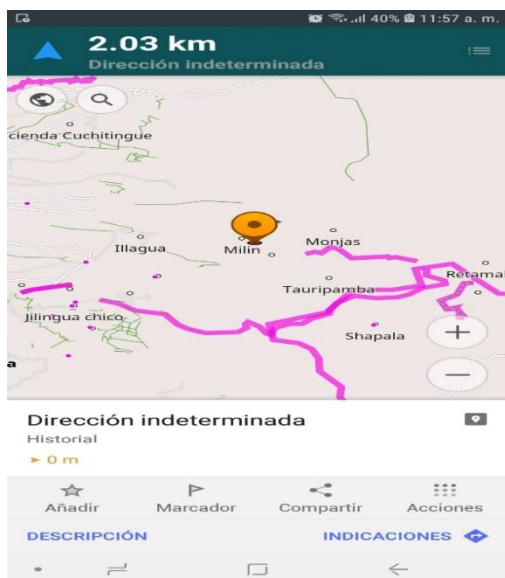


Figura 5.4. Ubicación del proyecto con la aplicación OsmAnd. **Fuente:** Postulantes.

5.2.2. Sistema de Posicionamiento Global (GPS satelital)

Google Sunearthtools es un programa informático que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital, en cualquier parte del mundo y en todas las condiciones climáticas. Este programa informático, proporcionó información sobre la posición en donde se encuentra el lugar de estudio, es decir facilitó los datos sobre la longitud, latitud y altura del lugar.



Figura 5.5. Latitud y Longitud según la aplicación Mapa Coordinada. **Fuente:** Postulantes.

5.2.3. Portal de la NASA

El portal nos ayudó con la información para determinar la radiación incidente a una inclinación de 15 ° el cual lo comparamos con la radiación medida el mismo que se lo realizó en el sector donde se implementó el sistema fotovoltaico.

5.2.4. Evaluación de impactos ambientales sobre el proyecto del sistema fotovoltaico

Tabla 5.4. Matriz de valoración y evaluación de impactos ambientales.

Actividad	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Calificación de aspectos ambientales											Calificación	Importancia
			N	IN	EX	MO	PE	PR	AC	EF	RV	MC	SI		
Generación de energía eléctrica con un sistema fotovoltaico	Consumo de energía	Consumo electricidad	+	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	20	Compatible
	Consumo de recurso sol	Alteración de la calidad sol	+	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	18	Compatible
	Generación de ruidos	Alteración del ruido y la atmosfera	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	Compatible
	Generación gases	Alteración de la calidad del aire	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	Compatible
	Generación de residuos líquidos	Vertido de ácido sulfúrico de las baterías	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	Compatible

Fuente: Notas de clase

5.3. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

5.3.1. Determinación de la energía requerida para el sistema fotovoltaico

En la Tabla se detalla los consumos de cada una de las cargas que se implementó en el sistema. La sumatoria de consumos de energía alcanza un valor aproximado de 225 W.

Tabla 5.5. Energía requerida para el sistema fotovoltaico.

ITEM	ARTEFACTO	CC / CA	CANTIDAD	POTENCIA (W)	TIEMPO DE USO (HORAS/DÍA)	POTENCIA (W)	ENERGIA (Wh/día)
1	Lámpara Led	CA	15	9	5	135	675
2	Cargador de baterías	CA	1	30	2	30	60
3	Cargador de celular	CA	2	5	2	10	20
4	Cerca eléctrica de ganado	CA	1	50	8	50	400
					TOTAL	225	1155

Fuente: Postulantes.

Una vez estimado el consumo energético total del sistema, es necesario calcular el consumo real (E) que tendrá la vivienda una vez realizada la instalación fotovoltaica. Para esto, se utilizará la ecuación:

$$E = \frac{L_{cc}}{n_g} + \frac{L_{ca}}{n_g * n_{inversor}}$$

$$E = \frac{1155 \text{ Wh}}{0,86 * 0,86} = 1562 \text{ Wh/día}$$

5.3.2. Cálculo del banco de baterías

Al conocer el valor real del consumo de energía en la instalación es posible calcular la capacidad del banco de baterías necesario para acumular la energía generada por el sistema, se consideró para dos días de autonomía, esto lo obtenemos aplicando la ecuación:

$$CB^* = \frac{L * N}{DOD * n_c}$$

$$CB^* = \frac{(1562 \text{ Wh/día})(2 \text{ días})}{0,7 * 0,9}$$

$$CB^* = \frac{3124}{0,7*0,9} = 4959 \text{ Wh}$$

$$CB = \frac{4959 \text{ Wh}}{12V} = 413,25 \cong 414 \text{ Ah}$$

5.3.2.1. Baterías en serie

$$N_{BS} = \frac{V_N}{V_B}$$

$$N_{BS} = \frac{12 \text{ V}}{12 \text{ V}}$$

$$N_{BS} = 1$$

5.3.2.2. Baterías en paralelo

$$N_{BP} = \frac{C_B}{C_{BN}}$$

$$N_{BP} = \frac{414 \text{ Ah}}{150 \text{ Ah}}$$

$$N_{BP} = 2,76 \cong 3$$

$$N_{BT} = N_{BS} * N_{BP}$$

$$N_{BT} = 1 * 3 = 3$$

Se instalará tres baterías de 150 Ah, 12 V cada uno teniendo entre los tres un total de 450 Ah y por ende se cubre la capacidad para la cual se dimensionó el sistema.

5.3.3. Cálculo de los paneles solares

Mediante la capacidad del banco de baterías, se procede a calcular la cantidad de paneles solares necesarios para la instalación. Para esto se hará uso de los datos del portal de la NASA considerando la radiación más crítica aplicada en ese sector.

$$HSP = \frac{\text{Radiación peor mes}}{1 \text{ kw /m}^2}$$

$$HSP = \frac{4,04 \text{ kwh /m}^2}{1 \text{ kw /m}^2}$$

$$HSP = 4,04 \text{ h}$$

Conocido las Horas Solares Pico (HSP), las que corresponden a las horas solares equivalentes por día, en base a un nivel de radiación estándar de 1000W/m^2 . Se obtendrá el número de paneles solares por la ecuación:

$$\# \text{ Módulos} = \frac{E}{W_p * HSP_x * (1 - n_d)}$$

$$\# \text{ Módulos} = \frac{1562 \text{ Wh/día}}{175 * 4,04 * (1 - 0,25)}$$

$$\# \text{ Módulos} = \frac{1562 \text{ Wh/día}}{818,1}$$

$$\# \text{ Módulos} = 2,93 \cong 3$$

5.3.3.1. Número de módulos conectados en serie

$$N_{ms} = \frac{V_N}{V_p}$$

$$N_{ms} = \frac{12 \text{ V}}{19,13 \text{ V}}$$

$$N_{ms} = 0,62 \cong 1$$

5.3.3.2. Número de módulos conectados en paralelo

$$N_{mp} = \frac{I_m}{I_p} = \frac{1,1 * \frac{L_{ca} * \frac{1\text{kw}}{\text{m}^2}}{\text{Radiación peor mes} * V_N}}{I_p}$$

$$N_{mp} = \frac{1,1 * \frac{1155 \text{ wh} * \frac{1\text{kw}}{\text{m}^2}}{4,04 \frac{\text{kwh}}{\text{m}^2} * 12 \text{ v}}}{9,25 \text{ A}}$$

$$N_{mp} = 2,83 \cong 3$$

$$N_{mT} = N_{ms} * N_{mp}$$

$$N_{mT} = 1 * 3 = 3$$

Los paneles fotovoltaicos que van a cubrir la potencia requerida por el sistema son de 175 Wp con un total de dos paneles solares, que dan una potencia total de 525 Wp en el sistema.

5.3.4. Selección del regulador de carga

Para seleccionar el regulador de carga necesario en el sistema, se utilizará los datos indicados por el fabricante del panel solar a utilizar, específicamente se centrará en la corriente de cortocircuito (I_{sc}), luego este valor será multiplicado por la cantidad de paneles necesarios para la instalación. Esto se puede observar en la ecuación:

$$I_{sc} = 9,25 \text{ A}$$

$$I_{Gmax} = N_p * I_{sc}$$

$$I_{Gmax} = 3 * 9,25 \text{ A} = 27,75 \text{ A}$$

$$I_{regulador} = I_{Gmax} + 3\% * I_{Gmax}$$

$$I_{regulador} = 27,75 \text{ A} + 0,83 = 28,58 \text{ A} \cong 30 \text{ A}$$

Acorde al valor de corriente obtenido se requiere un regulador de carga estándar de 30 A con un nivel de voltaje de 12 VDC.

5.3.5. Selección del inversor

La potencia del inversor se determina con el valor de la potencia máxima instalada en la vivienda, donde la demanda máxima alcanza los 225 W, considerando un factor de reserva que por lo general es el 25 % de la potencia de carga, llegando a la siguiente ecuación:

$$P_{inv} = 1,25 * P_{CA}$$

$$P_{inv} = 1,25 * 225 \text{ W} = 281 \text{ W}$$

El inversor a utilizarse es de 12 V a 120 V para una potencia de 500 W.

5.3.6. Dimensionamiento de los conductores

5.3.6.1. Dimensionamiento del conductor del generador fotovoltaico hasta el regulador

- Caída de voltaje

La caída de voltaje entre el panel y el regulador debe ser máximo del 3%, como nuestro sistema es de 12V la caída de voltaje será de $12 * 0,03 = 0,36V$

$$U = 12 * 0,03$$

$$U = 0,36 V$$

- Sección del conductor

$$S = 2 * \frac{2m * 27,75 A}{56 m/\Omega mm^2 * 0,36 V} (mm^2)$$

$$S = 2 * \frac{2m * 27,75 A}{56 m/\Omega mm^2 * 0,36 V} (mm^2)$$

$$S = 5,51 (mm^2)$$

Según la tabla de sección de conductores, sería el cable numero 8 AWG.

5.3.6.2. Dimensionamiento del conductor del regulador hacia las baterías

- Caída de voltaje

La caída de voltaje entre el regulador y el banco de baterías debe ser máximo de 1% como el banco de baterías es de 12V la caída de tensión es: $12 * 0,01 = 0,12V$.

$$U = 12 * 0,01 = 0,12 V$$

- Sección del conductor

$$S = 2 * \frac{1,5m * 27,75 A}{56 m/\Omega mm^2 * 0,12 V} (mm^2)$$

$$S = 2 * \frac{1,5m * 27,75 A}{56 m/\Omega mm^2 * 0,12 V} (mm^2)$$

$$S = 12,39 (mm^2)$$

Según la tabla de sección de conductores, sería el cable numero 6 AWG.

5.3.6.3. Dimensionamiento del conductor del sistema de baterías hacia el inversor

Longitud= 1,5m

La corriente que circulara por el conductor será

$$I = \frac{500 W}{12 V}$$

$$I = 41,66 A$$

- Caída de voltaje

La caída de voltaje entre inversor y el banco de baterías es máximo 1%, como el banco de baterías es de 12V la caída de tensión es:

$$U = 12 * 0,01$$

$$U = 0,12 V$$

- Sección del conductor

$$S = 2 * \frac{1,5m * 41,66 A}{56 m/\Omega mm^2 * 0,12 V} (mm^2)$$

$$S = 2 * \frac{1,5m * 41,66 A}{56 m/\Omega mm^2 * 0,12 V} (mm^2)$$

$$S = 18,60 (mm^2)$$

Según la tabla de sección de conductores, sería el cable número 4 AWG.

5.3.6.4. Dimensionamiento del conductor del inversor hacia la carga

Longitud=12 m.

- Caída de voltaje

La caída de tensión entre inversor y la carga es máximo 3%, la caída de tensión es: 120*0,03=3,6V.

$$U = 120 * 0,03 = 3,6 V$$

- Sección del conductor

$$S = 2 * \frac{12m * 1,88 A}{56 m/\Omega mm^2 * 3,6 V} (mm^2)$$

$$S = 2 * \frac{12m * 1,88 A}{56 m/\Omega mm^2 * 3,6 V} (mm^2)$$

$$S = 0,22 (mm^2)$$

En este caso es recomendable utilizar el cable numero 12 AWG.

5.3.7. Cálculo de las protecciones del sistema de generación fotovoltaica

5.3.7.1. Dimensionamiento de la protección para el módulo fotovoltaico

$$I_p = 1,1 * I_{G-max}$$

$$I_p = 1,1 * 27,75 A = 30,52 A \approx 32 A$$

5.3.7.2. Dimensionamiento de la protección para el banco de baterías

$$I_p = 1,1 * I_{G-max}$$

$$I_p = 1,1 * 27,75 A = 30,52 A \approx 32 A$$

5.3.7.3. Dimensionamiento de la protección para el inversor

$$I = \frac{500 W}{12 V} = 41,66 A$$

$$I_p = 1,1 * 41,66 = 45,82 A \approx 50 A$$

5.3.7.4. Dimensionamiento de la protección para la carga

$$I = \frac{225 W}{120 V} = 1,88 A$$

$$I_p = 1,5 * 1,88 A = 2,82 A \approx 16 A$$

5.4. Análisis económico

Al determinar el costo inicial de un sistema fotovoltaico que reemplace la energía eléctrica es considerado como una inversión inicial alta, debido a que los componentes de dicho sistema requieren tecnología de última generación de alto costo de adquisición; luego se consideran algunos otros costos que forman parte del proyecto como son:

- Adquisición de materiales y elementos necesarios como: cables, conectores, tomacorrientes, herramientas, madera, pernos, tuercas.
- Construcción del soporte del panel.
- Mano de obra.
- Transporte.
- Instalación total del sistema.

Para el análisis del sistema fotovoltaico lo realizamos con el VAN y TIR.

Donde el VAN (valor actual neto), es el método que ayuda en la evaluación de proyectos con el fin de determinar si es viable o no el proyecto. Si el VAN >0 el proyecto es bueno, si el VAN <0 significa que en dinero los ingresos son menores que los egresos y por lo tanto el proyecto no debe realizarse, y si el VAN=0 los ingresos serán iguales a los egresos y el TIR (tasa interna de retorno), este método nos ayuda a determinar la rentabilidad de nuestro proyecto como se puede ver en la siguiente tabla , cuyos resultados se detallan en la tabla 16, en la cual se especifica que la implementación del sistema de generación eléctrica mediante paneles fotovoltaicos tiene factibilidad ya que en un periodo de 14 años se recuperara el dinero invertido en dicha implementación y, en 25 años, que es la vida útil del sistema fotovoltaico el valor del VAN es mayor por lo que el proyecto de implementar paneles fotovoltaicos para la vivienda aislada es viable económicamente.

A que si se implementara el proyecto de red convencional existiera una inversión muy elevada en comparación con el sistema fotovoltaico, ya que llevar una red eléctrica un lugar muy lejano implicaría costos elevados y perdidas grandes en el sistema de distribución.

- Cálculo de TIR Y VAN

VAN:

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{(1+r)} + \frac{Q_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+r)^n} \quad (5.1)$$

TIR.

$$0 = -A + \frac{Q_1}{(1+r)} + \frac{Q_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+r)^n} \quad (\%) \quad (5.2)$$

Donde:

-A: Inversión inicial.

Q = Flujo de caja anual.

r = Tasa de descuento.

Tabla 5.6. Calculo del VAN y TIR.

Calculo del VAN y TIR	
Año	VALOR
0	1142,64
1	115
2	115
3	115
4	115

5	115
6	115
7	115
8	115
9	115
10	-355
11	115
12	115
13	115
14	115
15	115
16	115
17	115
18	115
19	115
20	-355
21	115
22	115
23	115
24	115
25	115
VAN	\$ 349,85
Tasa descuento	10%
TIR	5,12%

Fuente: Postulantes.

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

6.1. Presupuesto

- Directos

EQUIPOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO				
Elemento	Cantidad	Unidad	V. Unitario (\$)	Valor Total (\$)
Panel fotovoltaico 175 w 12 V	3	c/u	175	525
Regulador de carga de 30 A	1	c/u	109,40	109,40
Inversor 12/ 500w 12v	1	c/u	120	120
Conectores paneles	1	c/u	24	24
TOTAL				778,40

MATERIALES ELÉCTRICOS				
Descripción	Cantidad	Unidad	V. Unitario (\$)	Valor Total (\$)
Breaker LS riel dim 1 polo 20A	1	c/u	5,85	5,85
Breaker LS riel dim 1 polo 16A	1	c/u	5,90	5,90
Base CAMSCO 32 A IP 500V	3	c/u	2,38	7,14
Fusible cilíndrico CAMSCO 10 3X38mm 32 A	3	c/u	0,50	1,50
Gabinete metálico liviano 40x30x20 cm	1	c/u	30,60	30,60
Bornera Legrand 4 AWG	12	c/u	3,67	44,04
Tornillo colepato 11/4x6	6	c/u	0,020	0,11
Tornillo Triplepato 8x1"	20	c/u	0,0199	0,35
Taco Fisher F6	26	c/u	0,018	0,46
Canaleta ranurada 40x40 mm	1	m	5,16	5,16
Varilla Magnet 5/8 x 1.80 m cooperweld	1	c/u	4,96	4,96
Conector de varilla cooperweld	2	c/u	0,74	1,48
Riel dim	1	m	1,74	1,74
Angulo ½"x 3/16m 40x4	6	m	16,07	16,07
TEE ¼"X1/8X6M 30X3	6	m	12,15	12,15
Cable THHN 7 hilos # 4	4	m	2,80	11,20
Cable THHN flexible # 6	4	m	2,15	8,6
Cable THHN flexible # 8	31	m	1,18	36,58
Cable THHN flexible # 10	11	m	0,76	8,36
Cable THHN flexible # 12	4	m	0,49	1,96
Enchufe polarizado cooper	1	c/u	1,63	1,63
Amarras plásticas 15cm T6	1	paq.	1,98	1,98
Grapa EMT una oreja ½"	20	c/u	0,0496	1
TOTAL				208,82

- Indirectos

Recursos	PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN			
	Cantidad	Unidad	V. Unitario (\$)	Valor Total(\$)
Transporte y salida de campo al sector Andracas	2	c/u	3	6
Transporte a la compra de materiales	1	c/u	15	15
Materiales y suministros (computadora)	2	c/u	1	2
Material Bibliográfico y fotocopias. (libros de sistemas fotovoltaicos e impresiones)	5	c/u	2	33
TOTAL				33

- Presupuesto total

Recursos	Valor total (\$)
Presupuesto Directo	987,22
Presupuesto Indirecto	33
Sub Total	1020,22
12%	122,42
TOTAL	1142,64

6.2. Análisis de impactos

- **Impacto Tecnológico**

Suministrar de servicio eléctrico con el uso de energía renovable a una vivienda aislada, busca que en los futuros tomen como iniciativa la realización de estos proyectos ya que es innovador y se puede verificar la eficiencia de la utilización de este recurso, permitiendo con el desarrollo del tiempo no depender de energías no renovables, contaminantes que se utilizan con mayor magnitud en la actualidad.

- **Impacto Ambiental**

Mediante la implementación de la vivienda aislada con el servicio de energía renovable se podrá aportar al cuidado del medio ambiente, ya que el principio de funcionamiento de esta energía es pura y limpia.

- **Impacto Económico**

Implementar este tipo de proyectos en base al uso de paneles solares provoca una inversión económica alta dependiendo la carga que se requiera abastecer, pero a largo plazo lo invertido generará ahorro.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- Se evaluó la radiación solar de la zona para la obtención de datos esenciales que nos permitieron dimensionar los elementos del sistema fotovoltaico, obteniendo un promedio de radiación solar de 4,22 kwh/mes similar a los datos obtenidos por el portal de la NASA.
- Se determinó la demanda necesaria de la vivienda aislada, llegando a una carga de 225 W, constando de iluminación, cerca eléctrica, cargador de baterías, cargador de celular
- Se dimensionó el sistema fotovoltaico en base a los datos obtenidos de la radiación y de la carga a alimentar obteniendo el número y características exactas de los elementos del sistema para abastecer de la energía necesaria a la vivienda.
- Se realizó la instalación del sistema fotovoltaico y la experimentación del sistema fotovoltaico, para la constatación del funcionamiento correcto del mismo bajo las diferentes condiciones a las cuales estará sometido el mismo.

7.2. Recomendaciones

- Es necesario contar con el instrumento preciso para medir la radiación solar, y compararlo con el portal de la NASA para estimar la diferencia que se obtuvo en el momento de la recolección de datos.
- Es primordial conocer la carga a alimentar, para realizar el dimensionamiento correcto de los elementos necesarios para abastecer la demanda de la vivienda aislada.

- Es necesario determinar exactamente todos los elementos del sistema fotovoltaico para un buen desempeño del mismo y para que el sistema cumpla con los requerimientos de la carga instalada en la vivienda aislada.
- Se debe realizar las pruebas de funcionamiento del sistema fotovoltaico bajo todas las condiciones a las cuales estará sometido el sistema, para lo cual se requiere de todas las cargas en funcionamiento.

8. REFERENCIAS

[1] L. Flores. “Implementación de paneles fotovoltaicos en el aerogenerador existente en el instituto tecnológico superior aeronáutico”, (Tesis de grado), Facultad de electrónica, Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, Latacunga, 2011.

[2] M. Mercedes. “Como incide el desarrollo de la energía solar fotovoltaica acorde a las energías renovables en la provincia de Imbabura, parroquia Pimampiro en el año 2015”. Facultad De Jurisprudencia, Ciencias Políticas Y Sociales. Universidad Central del Ecuador, Quito, 2015

[3] J. Romero. “Análisis del funcionamiento de paneles fotovoltaicos y su utilización en las regiones de la costa y sierra del Ecuador. Caso de estudio: Biblioteca Pompeu Fabra de Mataró”. (Tesis de grado), Universidad politécnica de Catalunya.

[4] F. Ugarte. “Implementación de un sistema de paneles fotovoltaicos (solares) para suministro de energía eléctrica en los exteriores de un condominio”. (Tesis de grado), Facultad de Especialidades Empresariales, Universidad Católica De Santiago De Guayaquil, Guayaquil, 2014.

[5] L. Basurto. “Plan de negocios para la creación de una empresa dedicada a la comercialización, instalación y mantenimiento de paneles solares en el área rural del cantón Santa Lucía, provincia del Guayas”. (Tesis de grado). Facultad De Ciencias Económicas. Universidad De Guayaquil, Guayaquil. 2015.

[6] F. Vázquez. (2015). Energía solar en el Ecuador. (Online). Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/291356953_Energia_solar_en_el_Ecuador.

- [7] CONELEC. (2008). Atlas Solar Del Ecuador. (Online): Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/291356953_Energia_solar_en_el_Ecuador.
- [8] Revista Líderes. (2013). 17 proyectos para instalar 284 megavatios. (Online). Disponible en: <https://www.revistalideres.ec/lideres/17-proyectos-instalar-284-megavatios.html>.
- [9] M. Sotomayor. “Proyecto de factibilidad para la implementación de una empresa productora y comercializadora de paneles fotovoltaicos en Ecuador”. (Tesis de Grado). Facultad de Economía y Ciencias Empresariales, Universidad espíritu Santo, Samborondon, 2011.
- [10] E. Lojano. (2018). “Sistema fotovoltaivo.”. (Online). Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/369/1/Tesis.pdf>.
- [11] E. León. (2013). “Diseño e instalación de un sistema de captación de radiación solar para suplir de energía a un emplazamiento de vivienda en la laguna de Rasococha, reserva ecológica del ángel, Carchi”. (Tesis de grado). Online. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/1346>.
- [12] C. Salazar. “Estudio de factibilidad para la implementación de paneles fotovoltaicos en el recinto Sabanilla - cantón Daule”. (Tesis de grado). Facultad De Administración De Empresas, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, 2017.
- [13] G. Galarza, C. Gordillo y C. Rivera. “Implementación de energía solar y estudio de la energía eólica en Puerto Roma”. Facultad de ingenierías, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2012.
- [14] M. Nuñez y C. Salazar. “Diseño y construcción de un sistema eficiente de alimentación solar, mediante acumuladores de energía, para un vehículo eléctrico “, (tesis de grado), Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, UTC, Latacunga ,2014.
- [15] G. Sánchez. “Diseño y construcción de una trituradora de papel ecológica eléctrica alimentada por energía solar “, (tesis de grado), Facultad de Ingeniería Automotriz, UIDE, Quito ,2014.
- [16] twenergy (2012, Marzo 23). Energías renovables. [Online]. Disponible: <https://twenergy.com/a/que-son-las-energias-renovables-516>.
- [17] J. Schallenberg, P. Gonzalo y C. Hernández. *Energías renovables y eficiencia energética*. Canarias: Instituto Tecnológico de Canarias S.A., 2008.

- [18] C. Orbeago y R. Arivilca (13 de 06 de 2010). Manual_ES_Fotovoltaica Energía Solar Fotovoltaica. [Online]. Disponible: http://energiaverde.pe/wp-content/uploads/2010/06/Manual_ES_Fotovoltaica.pdf
- [19] AEmet (2014). La Radiación Solar. [Online]. Disponible en: http://www.aemet.es/documentos/es/eltiempo/observacion/radiacion/Radiacion_Solar.pdf.
- [20] M. Abella. *Sistemas Fotovoltaicos*. Madrid: S.A.P.T. Publicaciones Técnicas, 2005.
- [21] N. Chuquin y F. Márquez. “Diseño, construcción y pruebas de un sistema publicitario alimentado con energía solar y controlado con un relé inteligente “, (tesis de grado), Facultad de Mecánica, ESPOCH, Riobamba ,2011.
- [22] W. Llano y S. Monta. “Implementación de un sistema fotovoltaico para energizar un sistema de oxigenación de agua en la crianza y reproducción de truchas “, (tesis de grado), Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, UTC, Latacunga ,2016.
- [23] EnergiaSolar365 (2011, Enero 25). Funcionamiento de los paneles fotovoltaicos [Online]. Disponible:<https://www.energiasolar365.com/articulos/como-funcionan-los-paneles-fotovoltaicos>.
- [24] J. Romero (2015, Enero 15). Análisis del funcionamiento de paneles fotovoltaicos y su utilización en las regiones de la costa y sierra del Ecuador. [Online]. Disponible: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/26396/memoria.pdf>.
- [25] G. Guzñay. “Calculo y diseño de un sistema solar fotovoltaico autónomo, que genera 5kW “, (tesis de grado), Facultad de Ingeniería de Sistemas Eléctrica y Electrónica, UCACUE, Cuenca ,2013.
- [26] CONELEC (2007). Atlas solar del Ecuador.
- [27] RENOVA (2015). Energía Solar Fotovoltaica Autónoma. [Online]. Disponible: <http://www.renova-energia.com/energia-renovable/energia-solar-fotovoltaica/>.
- [28] Anónimo. (2017). Componentes de una instalación solar fotovoltaica. [Online]. Disponible en:<https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>.
- [29] Sitiosolar. (2013). El autoconsumo fotovoltaico inyectado a red. Disponible en: <http://www.sitiosolar.com/el-autoconsumo-fotovoltaico-inyectado-a-red/>.

[30] LinkedIn. (2017). Carga, demanda y energía eléctrica: Conceptos fundamentales para la distribución de electricidad. [Online]. Disponible en: <https://es.linkedin.com/pulse/carga-demanda-y-energ%C3%ADa-el%C3%A9ctrica-conceptos-para-la-espina-alvarado>.

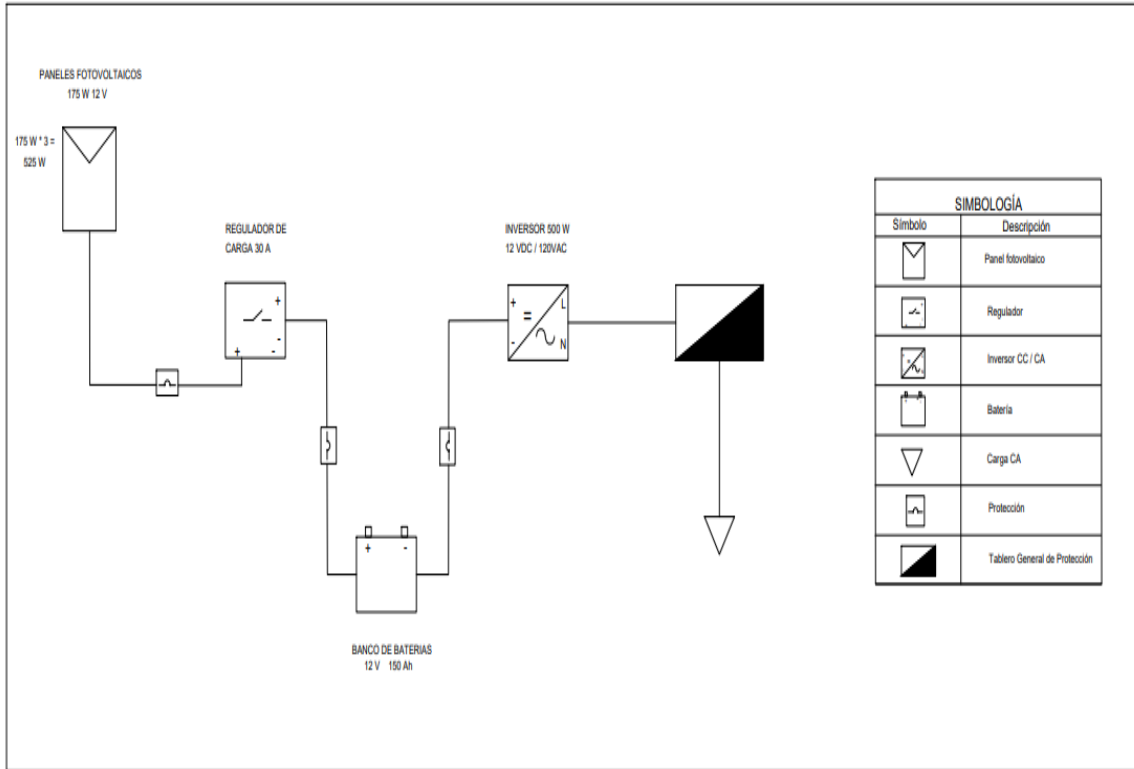
[31] Bussman. (2014). Protección de circuitos solares completa y fiable.

[32] CCEEA. (2018). Protecciones en una caja combinadora para SFV interconectados. [Online]. Disponible en: <https://ccea.mx/blog/energia-solar-fotovoltaica/protecciones-en-una-caja-combinadora-para-sfv-interconectados>.

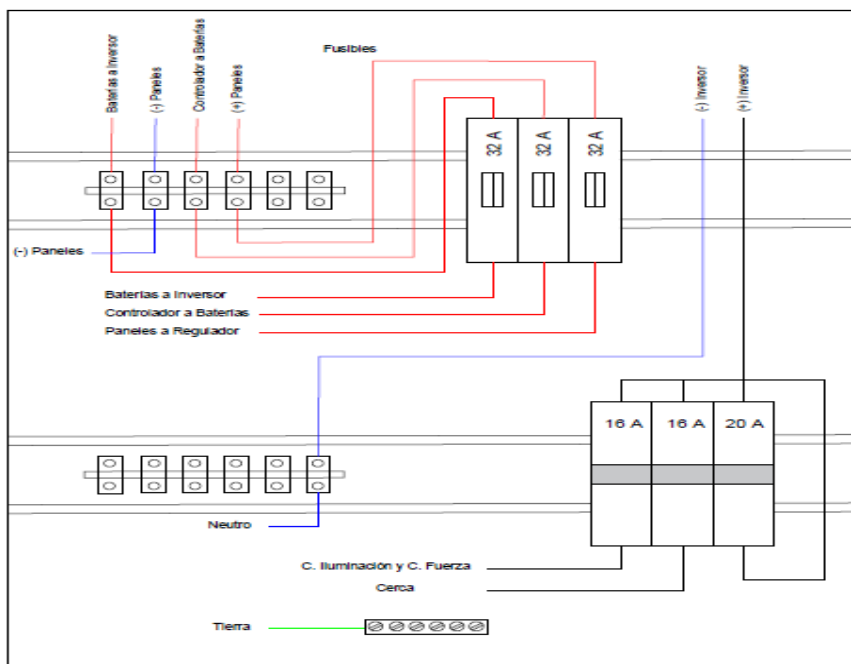
[33] Sánchez, David. “Sistema de energía solar fotovoltaica aislado para vivienda unifamiliar aislada”. (Tesis de grado). Carrera de ingeniería eléctrica, Madrid, Leganés, 2012.

ANEXOS

Anexo I.1. Componentes del sistema fotovoltaico.



Anexo I.2. Tablero de protección.



Anexo II.1. Tablas de mediciones de radiación solar

Mes de Septiembre	Irradiación Wh/m ² /día	Irradiación Promedio kWh/m ² /día
1/9/2018	4576,5	4,29
2/9/2018	4856	
3/9/2018	5459,5	
4/9/2018	4826	
5/9/2018	4795,5	
6/9/2018	3266,5	
7/9/2018	5184,5	
8/9/2018	5612	
9/9/2018	3462,5	
10/9/2018	3143	
11/9/2018	5047,5	
12/9/2018	5548,5	
13/9/2018	3896,5	
14/9/2018	3700,5	
15/9/2018	2581	
16/9/2018	4756	
17/9/2018	4540	
18/9/2018	4509,5	
19/9/2018	4368,5	
20/9/2018	3081	
21/9/2018	3127,5	
22/9/2018	4958,5	
23/9/2018	4509	
24/9/2018	4606	
25/9/2018	4067,8	
26/9/2018	3803,5	
27/9/2018	2586	
28/9/2018	4882,5	
29/9/2018	4602,5	
30/9/2018	4319,5	

Mes de Octubre	Irradiación Wh/m ² /día	Irradiación Promedio kWh/m ² /día
1/10/2018	5592,5	4,26
2/10/2018	4634	
3/10/2018	5059,5	
4/10/2018	5555,5	
5/10/2018	5630	
6/10/2018	4311,5	
7/10/2018	1807	
8/10/2018	3975	
9/10/2018	4884,5	

10/10/2018	3673	
11/10/2018	4688	
12/10/2018	4483,5	
13/10/2018	4420	
14/10/2018	5511,5	
15/10/2018	2933	
16/10/2018	4162,5	
17/10/2018	4052	
18/10/2018	4045,5	
19/10/2018	4003	
20/10/2018	4619,5	
21/10/2018	4957	
22/10/2018	4737	
23/10/2018	1447,5	
24/10/2018	4698	
25/10/2018	5224	
26/10/2018	3434	
27/10/2018	2012	
28/10/2018	3703	
29/10/2018	4694	
30/10/2018	4453	
31/10/2018	4762	

Mes de Noviembre	Irradiación Wh/m²/día	Irradiación Promedio kWh/m²/día
1/11/2018	3604,5	4,10
2/11/2018	4967	
3/11/2018	2417,5	
4/11/2018	4229,5	
5/11/2018	3916	
6/11/2018	3374	
7/11/2018	3426	
8/11/2018	2994,5	
9/11/2018	3068	
10/11/2018	4721	
11/11/2018	5220	
12/11/2018	3733	
13/11/2018	2949,5	
14/11/2018	3916	
15/11/2018	3838	
16/11/2018	3511,5	

17/11/2018	5234	
18/11/2018	4799,5	
19/11/2018	4148	
20/11/2018	4302	
21/11/2018	5682	
22/11/2018	4182	
23/11/2018	5222	
24/11/2018	3292	
25/11/2018	3400	
26/11/2018	4468	
27/11/2018	3756	
28/11/2018	4866	
29/11/2018	4661,9	
30/11/2018	4954	

Anexo III.1. Pruebas del sistema fotovoltaico.



Anexo IV.1. Instalación de los paneles fotovoltaicos.





Anexo IV.2. Instalación de la puesta a tierra.





Anexo IV.3. Construcción del tablero de protección.




Anexo IV.4. Instalación del tablero de protección.



Anexo IV.5. Instalación del regulador de carga e inversor.



Anexo V.1. Características del panel fotovoltaico.

 **ECCO GREEN ENERGY**




Module type: EGE-175M-36

Rated maximum power	(Pmax)	175 W
Power tolerance		0-3 %
Current at Pmax	(Imp)	8.85 A
Voltage at Pmax	(Vmp)	19.77 V
Short circuit current	(Isc)	9.25 A
Open circuit voltage	(Voc)	23.79 V
Nominal operating cell temp	(NOCT)	45 ± 2 °C
Weight		11.00 kg
Dimensions		1480x670x30 mm
Maximum system voltage		1000 V
Maximum series fuse rating		10 A
Cell type		Monocrystalline
Application class		A

All technical data at standard test conditions
AM=1.5 E=1000 W/m² Tc=25 °C

⚠ WARNING / ELECTRICAL HAZARD

This photovoltaic module produces electricity when exposed to sun light. Follow all applicable electrical safety precautions. Only qualified personnel should install or perform maintenance work on this module. Do not damage or scratch the rear surface of the module. Do not handle the module when it is wet.

   Eco Green Energy's management system has been certified by SGS as complying with ISO 9001

JIANGSU ECO GREEN ENERGY CO. LTD
 Add: No. 3333 New Tong Jue Road, Tongzhou District, Nantong, Jiangsu, P.R.China
 Tel: +86-513-66699101
 Email: info@eco-greenenergy.com

www.eco-greenenergy.com

Anexo V.2. Características del regulador de carga.

CMLsolid (30 A)

Four-Stage PWM Solar Charge Controller

Type	CMLsolid 30
System voltage	12/24 V auto recognition
Max. charge/load current	30 A
Float charge	13.8/27.6 V (25 °C)
Main charge	14.4/28.8 V (25 °C), 0.5 h (daily)
Boost charge	14.4 /28.8 V (25 °C), for 2 h Activation: battery voltage < 12.3/24.6 V
Equalization	14.8/29.6 V (25 °C), for 2 h Activation: battery voltage < 12.1/24.2 V
Deep discharge protection:	
State-of-charge dependent	11.4 – 11.9 V / 22.8 – 23.8 V
Voltage dependent	11.0/22.0 V
Reconnect level	12.8/25.6 V
Overvoltage protection	15.5/31.0 V
Undervoltage protection	10.5/21.0 V
Max. panel voltage	30 V in 12 V system 50 V in 24 V system
Temperature compensation	-25 mV/K at 12 V
(Charge voltage)	-50 mV/K at 24 V
Remote control for inverter series	Yes (Phocos SI 1500, SI 700, SI 350 inverter)
idle self-consumption	10 mA
Grounding	Positive grounding
Ambient operating temperature	-40 to +50 °C
Max. altitude	4,000 m above sea level
Battery type	Lead acid (GEL, AGM, flooded)
USB port	5.0 V; 800 mA
Wire cross section	Up to 16 mm ²
Weight	420 g
Dimensions (W x H x D)	140 x 90 x 40 mm
Type of protection	IP20

Anexo V.3. Características de las baterías.

TIPO DE BATERÍA	BATERÍAS ESTACIONARIAS
	LIBRE DE MANTENIMIENTO
	CICLO PROFUNDO
	ELECTROLITO TIPO AGM
	VRLA Valve Regulated Lead Acid
APLICACIONES	FOTOVOLTAICA
	UPS
PESO APROXIMADO	44.5 kg
DIMENSIONES	483(L)×240(W)×170(H)
TIPO DE ELECTROLITO	ELECTROLITO TIPO AGM
POLARIDAD	ESTÁ CLARAMENTE MARCADA LA POLARIDAD EN ALTO RELIEVE
VOLTAJE NOMINAL	12 VDC
VOLTAJE FLOTACIÓN	13.6 to 13.8 VDC/unit Average at 25°C
VOLTAJE DE ECUALIZACIÓN	14.6 to 14.8 VDC/unit Average at 25°C
CAPACIDADES NOMINALES	150Ah@10hr-rate @25oC
MÁXIMA CORRIENTE DE DESCARGA	1500 A (5 sec)
LÍMITE DE MÁXIMA CARGA RECOMENDADO	45. A
RANGO DE TEMPERATURA DE OPERACIÓN	Descarga: -20°C ~ 60°C
	Carga: 0°C ~ 50°C
	Almacenamiento: -20°C ~ 60°C
RANGO NORMAL DE OPERACIÓN	25°C ± 5°C
AUTODESCARGA MÁXIMA A 25°C	NO MAYOR AL 3% 25°C
TIPO DE TERMINALES	F5/F12
FACILIDAD DE TRANSPORTE	CADA UNIDAD TIENE DOS ASAS PARA MANIPULACIÓN Y TRASLADO.
DATOS DEL CONTENIDOR (CAJA)	A.B.S. (UL94-HB), INFLAMABLE PARA UL94-V1

Anexo V.4. Características del inversor.

Model : TW-1500		TW-1500-12V	TW-1500-24V	TW-1500-48V
SALIDA AC:	Potencia continua:	1500W		
	Potencia Pico:	3000W		
		120%< carga		
	150%< carga			
	Tipo de onda	Sinoidal Pura (THD < 3%)		
	Frecuencia de salida	50Hz±0.1% or 60Hz±0.1% (Opcional)		
Voltaje de salida AC	100-120VAC / 200-240VAC (Opcional)			
DC Input	Voltajes DC de entrada	12V DC	24V DC	48V DC
	Rango de voltaje DC	10.8V-15.5V	21.6V-31V	43.2V-62V
	Alarma de batería baja	10.8V± 0.2V	21.6V±0.4V	43.2V±0.8V
	Desconexión de batería baja	10.2V±0.2V	20.4V±0.4V	40.8V±0.8V
	Desconexión por voltaje alta	15.5V±0.2V	31V±0.4V	62V±0.8V
Eficiencia máxima	90% (a toda carga) / 95% (1/3 carga)			
Autoconsumo	<0.8A	<0.4A	<0.2A	
Protección	Termico	Apagado automático con Temperatura >75°C		
	Contra corto circuito	Polaridad Externa a través de fusible		
	Ventilador enfriamiento	A partir de temperatura ≥45°C		
Environmental	Temperatura de operación	-10°C ~ +50°C		
	Humedad	20% ~ 90% RH		
	Bodegaje	-30°C ~ +70°C		
Indicadores, LED		Inversor, Falla		
Físico	Dimensiones (mm)	315*195*135mm		
	Peso (kg)	2.6 kg		
	Dimensiones Carton(mm)	420*340*460 mm		
	Peso Carton (kg)	16 kg		
				6pcs /Carton

Anexo VI.1. Valores normalizados de los cables AWG.

Número AWG	DIAMETRO (MM)	Sección (mm ²)	Intensidad (A)	Resistencia (Ω/km)
14	1,628	2,08	18,5	8,17
12	2,053	3,31	15	5,13
10	2,588	5,26	20	3,23
8	3,264	8,36	30	2,03
6	4,115	13,3	40	1,27
4	5,189	21,15	55	0,8
2	6,544	33,63	70	1,5
1/0	8,252	53,48	90	0,317
2/0	9,226	67,43	100	0,252
3/0	10,4	85,3	125	0,197

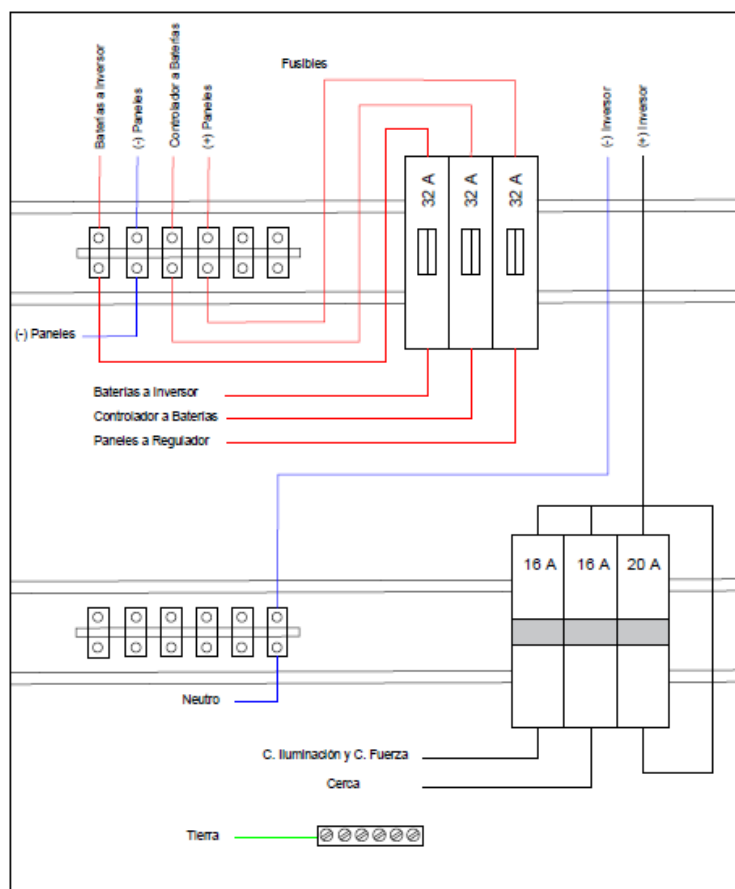
Anexo VII.1. Medicion de voltaje del sistema.



Anexo VIII.1. Manual de operación.

Manual de operación

Para poner en operación el sistema Fotovoltaico se debe de realizar las siguientes maniobras en el tablero de control.



1. Verifique que el mayor voltaje en circuito abierto de los paneles solares no exceda los 12(V) y que la corriente de carga no supere los 30(A) conectados al sistema Fotovoltaico.
2. Antes de conectar la batería, mida el voltaje del circuito abierto. Debe de estar por encima de los 10(V) para arrancar el controlador. Con la conexión de la batería en circuito abierto, conecte los cables (+) y (-) de la batería desde esta última al controlador.
3. Abrir el Breaker o Fusible de la línea que alimenta a la carga ya que para iniciar el sistema Fotovoltaico las cargas deben de estar desconectadas.
4. Para el encendido y verificación de la operación del sistema realiza las siguientes maniobras.
 - Cierre el fusible de la batería para poner en marcha el procesador y activar las protecciones del controlador.
 - Posteriormente proceda a cerrar el fusible de la línea de los paneles solares fotovoltaicos.
 - Cerrar el fusible de la línea de las baterías hacia el inversor y posterior a eso encender en inversor de corriente.
 - Cerrar el Breaker de la carga, y encender las cargas para confirmar el encendido de cada uno de los elementos conectados como cargas del sistema, para verificar que la conexión sea la adecuada.
5. Para apagar el sistema y que no tengamos daños, se debe realizar el apagado en el orden inverso al del encendido

ADVERTENCIA: Riesgo de daño.

Solamente desconecte la batería desde el controlador de carga después de que la entrada solar se haya desconectado. Ya que se puede dañar el controlador si la batería se retira mientras el controlador de carga se está cargando.

Inspección y Mantenimiento

A continuación se indica la agenda recomendada de mantenimiento para que el controlador de carga permanezca en condiciones óptimas.

Agenda	Artículos de Mantenimiento
2 semanas después de la Instalación	Vuelva a fijar cada una de las conexiones en los terminales de cada uno de los equipos y verifique que los parámetros sean los mismo del sistema instalado inicialmente.

<p>3 meses después de la Instalación</p>	<p>Vuelva a fijar cada una de las conexiones en los terminales de cada uno de los equipos y verifique que los parámetros sean los mismo del sistema instalado inicialmente.</p> <p>Realiza una inspección de los módulos fotovoltaico para verificar que no hayan sufrido daños ya que se encuentran a la intemperie y realice la limpieza de las mismas.</p>
<p>Mensualmente o después de cada ecualización</p>	<p>Lleve a cabo una inspección del banco de baterías. Compruebe que no existen grietas y protuberancias en las cajas ni corrosión en las terminales.</p>
<p>Anualmente</p>	<p>Realice una inspección del cableado para comprobar que no haya daños ni deterioros.</p> <p>Compruebe que no haya nidos de insectos.</p> <p>Vuelva a fijar cada una de las conexiones en los terminales de cada uno de los equipos y verifique que los parámetros sean los mismo del sistema instalado inicialmente.</p> <p>Haga una inspección del sistema de conexión a tierra de todos los componentes. Verifique que todos los conductores de conexión a tierra estén conectados a tierra adecuadamente.</p> <p>Realiza una inspección de los módulos fotovoltaico para verificar que no hayan sufrido daños ya que se encuentran a la intemperie y realice la limpieza con un trapo limpio y seco.</p>