



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE GUAYAQUIL**  
**CARRERA DE INGENIERIA ELECTRICA**

**TEMA:**

**DISEÑO Y ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA  
DE ENERGÍA RENOVABLE PARA USUARIOS RESIDENCIALES  
DE LA COMUNIDAD MASA 2**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero Eléctrico

**AUTOR(ES):** SOLIS MORAN WILLIAM MANUEL  
PERLAZA CASTILLO JAIR ANTHONY

**TUTOR:** Ing. NUÑEZ IZAGUIRRE PEDRO OSVEL, MSc.

GUAYAQUIL – ECUADOR

2022

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN**

Nosotros, William Manuel Solis Morán con documento de identificación N° 0944112382 y  
Jair Anthony Perlaza Castillo con documento de identificación N° 0930490305; manifestamos  
que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro  
la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera  
total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 8 de marzo del año 2022

Atentamente,



---

William Manuel Solis Morán  
0944112382



---

Jair Anthony Perlaza Castillo  
0930490305

## **CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, William Manuel Solís Morán con documento de identificación N° 0944112382 y Jair Anthony Perlaza Castillo con documento de identificación N° 0930490305 expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Diseño y Análisis del Funcionamiento de un Sistema de Energía Renovable para Usuarios Residenciales de la Comunidad Masa 2”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 8 de marzo del año 2022

Atentamente,



---

William Manuel Solís Morán

0944112382



---

Jair Anthony Perlaza Castillo

0930490305

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Pedro Osvel Nuñez Izaguirre con documento de identificación N° y , docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA RENOVABLE PARA USUARIOS RESIDENCIALES DE LA COMUNIDAD MASA 2, realizado por William Manuel Solis Morán y con documento de identificación N° 0944112382 y por Jair Anthony Perlaza Castillo con documento de identificación N° 0930490305, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto de Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 8 de marzo del año 2022

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a horizontal line across the middle, likely representing the name Pedro Osvel Nuñez Izaguirre.

Ing. Nuñez Izaguirre Pedro Osvel, MSc.

0959927153

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primero a Dios por haberme guiado en toda mi carrera universitaria, a mis padres por estar siempre presente en cada etapa de mi vida brindándome día a día su amor, siendo un pilar fundamental en cada momento. Mis hermanas por entregarme ese apoyo incondicional y comprensión. Mi pareja por su paciencia y apoyo en gran parte de mi vida.

También agradezco al hogar de la comuna a la cual se implementó el sistema de energía renovable, que nos abrió las puertas de su casa muy amablemente para poder realizar el proyecto y siempre demostrar su cariño hacia nosotros, como si fuéramos uno más de su familia.

**SOLIS MORAN WILLIAM.**

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>X</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XI</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>XII</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>XIII</b>
<b>EL PROBLEMA</b> .....	<b>XIII</b>
<b>1. TEMA</b> .....	<b>XIII</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XIII
1.2 CAUSAS Y CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA.....	XIII
1.3 OBJETIVOS.....	XIV
1.3.1 <i>Objetivo General</i> .....	xiv
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	xiv
1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	XV
1.4.1 <i>Social</i> .....	xv
1.4.2 <i>Ambiental</i> .....	xv
1.4.3 <i>Técnica</i> .....	xv
1.5 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	XV
1.6 DELIMITACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROBLEMA .....	XVI
1.6.1 <i>Delimitación del problema</i> .....	xvi
1.6.2 <i>Localización del Problema</i> .....	xvi
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>XVII</b>
2.1 <i>Energía Solar</i> .....	xvii
2.1.1 <i>Energía solar fotovoltaica</i> .....	xvii
2.2 RADIACIÓN SOLAR.....	XVIII
2.3 TIPOS DE RADIACIÓN SOLAR.....	XIX
2.4 PROYECTOS DE SISTEMA DE FOTOVOLTAICO .....	XX
2.5 BENEFICIO DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA.....	XXI
2.6 HORAS DE SOL PICO (H.S.P) .....	XXI
2.7 IRRADIACIÓN SOLAR .....	XXII
2.8 INSOLACIÓN SOLAR.....	XXII
2.9 ENERGÍA RENOVABLE.....	XXII
2.10 PANEL SOLAR .....	XXIII
2.11 SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA TIPO AISLADO.....	XXIII
2.12 INSTALACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO.....	XXIV
2.13 CAPTACIÓN SOLAR TÉRMICA .....	XXIV
2.13.1 <i>Funcionamiento del sistema de captación solar térmica</i> .....	xxiv
2.14 TIPOS DE PANELES SOLARES .....	XXV
2.15 REGULADOR DE CARGA.....	XXVI
2.15.1 <i>Regulador por derivación</i> .....	xxvi
2.15.2 <i>Regulador de una etapa</i> .....	xxvii
2.15.3 <i>Regulador por desvío</i> .....	xxvii
2.15.4 <i>Controlador PWM</i> .....	xxvii
2.15.5 <i>Controlador MPPT</i> .....	xxviii
2.16 INVERSORES.....	XXVIII
2.17 UNIDADES UTILIZADAS EN ENERGÍA FOTOVOLTAICA.....	XXIX
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>XXX</b>

<b>IRRADIACIÓN SOLAR EN VIVIENDA.....</b>	<b>XXX</b>
3.1 EFICIENCIA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	XXX
3.2 DATOS EN MAPA PVO UT.....	XXX
3.2.1 <i>Irradiación dentro del Ecuador</i> .....	xxxii
3.3 CONDICIONES AMBIENTALES QUE SOPORTARA EL SISTEMA DE ENERGÍA RENOVABLE.....	XXXII
3.3.1 <i>Ubicación Geográfica del PV</i> .....	xxxii
3.3.2 <i>Temperatura del aire anual desde la ubicación del PV</i> .....	xxxiii
3.3.3 <i>Reflectividad de la superficie terrestre</i> .....	xxxiii
3.3.4 <i>Intensidad del viento durante el año</i> .....	xxxiv
3.3.5 <i>Humedad relativa en la ubicación del PV</i> .....	xxxv
3.3.6 <i>Precipitación de lluvia anual en la ubicación del PV</i> .....	xxxv
3.3.7 <i>Agua precipitable anual en la ubicación del PV</i> .....	xxxvi
3.4 IRRADIACIÓN EXACTA DE LA UBICACIÓN DEL PANEL SOLAR.....	XXXVII
3.4.1 <i>Ubicación con respecto a la Radiación solar</i> .....	xxxvii
3.4.2 <i>Horizonte y trayectoria solar desde el PV</i> .....	xxxvii
3.4.3 <i>Ángulo cenital solar con respecto al tiempo</i> .....	xxxviii
3.4.4 <i>Promedio anual de la irradiación</i> .....	xxxix
3.4.5 <i>Inclinación de modulo fotovoltaico</i> .....	xxxix
3.5 CARGAS Y CONSUMO ELÉCTRICO EN VIVIENDA.....	XLI
3.5.1 <i>Consumo por tiempo de uso</i> .....	xli
3.5.2 <i>Cálculo del consumo total del sistema</i> .....	xlii
3.6 SISTEMAS DE BATERÍAS.....	XLII
3.7 BATERÍAS EN SERIE.....	XLIII
3.7.1 <i>Calcular el número de baterías en series</i> .....	xliii
3.7.2 <i>Calcular el número de baterías en paralelas</i> .....	xliiii
3.7.3 <i>Especificaciones de batería a utilizar en el proyecto</i> .....	xliv
3.8 CÁLCULO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	XLIV
3.8.1 <i>Hora solar pico</i> .....	xliv
3.8.2 <i>Los números de módulos fotovoltaicos</i> .....	xlvi
3.9 CÁLCULO DEL CONTROLADOR DE CARGA.....	XLVII
3.10 DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR.....	XLIX
3.11 DIAGRAMA DEL SISTEMA.....	LI
3.12 SIMULACIÓN EN PROGRAMA PVSYST.....	LI
3.13 IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.....	LII
3.13.1 <i>Instalación del sistema de energía renovable</i> .....	lii
3.13.2 <i>Implementación instalaciones eléctrica en el hogar de la comuna masa 2</i> .....	lvi
<b>4. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>LX</b>
<b>5. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>LX</b>
<b>5. ANEXOS.....</b>	<b>LXI</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>LXVI</b>

## ÍNDICE DE FIGURA

FIGURA 1. VIVIENDA DE LA COMUNA MASA 2.....	XIV
FIGURA 2. VISTA SATELITAL MASA 2.....	XVI
FIGURA 3. ESQUEMA DE ENERGÍA SOLAR.....	XVII
FIGURA 4. SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	XVIII
FIGURA 5. RADIACIÓN SOLAR.....	XIX
FIGURA 6. GRÁFICO DE CÓMO SE REALIZA LAS DISTINTAS RADIACIONES.....	XIX
FIGURA 7. LAS DISTINTAS RADIACIONES SOLARES QUE INGRESAN AL PLANETA TIERRA.....	XX
FIGURA 8 TRASLACIÓN DE PANEL SOLAR PARA LA COMUNA SIEKOPAI.....	XXI
FIGURA 9 PANELES SOLARES INSTALADOS EN TECHO.....	XXI
FIGURA 10. FUNCIÓN DE LOS PANELES SOLARES.....	XXIII
FIGURA 11. COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	XXIV
FIGURA 12. FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO.....	XXV
FIGURA 13. LOS DISTINTOS PANELES SOLARES.....	XXVI
FIGURA 14 APLICACIÓN DE ESTE SISTEMA PWM A LED DE POTENCIA.....	XXVIII
FIGURA 15 DIAGRAMA DE PORCENTAJES DE EFICIENCIA DE LOS EQUIPOS DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	XXX
FIGURA 16 MAPA DE IRRADIACIÓN SOLAR A NIVEL MUNDIAL FUENTE: GLOBAL SOLAR ATLAS.....	XXXI
FIGURA 17 MAPA POTENCIAL ELÉCTRICO FOTOVOLTAICO DEL ECUADOR.....	XXXII
FIGURA 18 COORDENADAS GEOGRÁFICA DEL PANEL SOLAR.....	XXXIII
FIGURA 19 TEMPERATURA ANUAL DEL AIRE.....	XXXIII
FIGURA 20. ALBEDO DE SUPERFICIE DURANTE LOS MESES DE AÑO.....	XXXIV
FIGURA 21 PROMEDIO DEL VIENTO DURANTE LOS MESES DEL AÑO.....	XXXIV
FIGURA 22 HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO DURANTE LOS MESES DEL AÑO.....	XXXV
FIGURA 23 PRECIPITACIÓN DE LLUVIA DURANTE LOS MESES DEL AÑO.....	XXXVI
FIGURA 24 AGUA PRECIPITABLE ANUAL DE LA UBICACIÓN DEL PV.....	XXXVI
FIGURA 25 VALOR DE IRRADIACIÓN DEL PUNTO EXACTO FUENTE:.....	XXXVII
FIGURA 26 HORIZONTE Y TRAYECTORIA SOLAR DESDE UN PUNTO.....	XXXVIII
FIGURA 27 DURACIÓN DEL DÍA Y ÁNGULO CENITAL SOLAR.....	XXXVIII
FIGURA 28 ESPECIFICACIONES DE LA BATERÍA.....	XLIV
FIGURA 29 FICHA TÉCNICA DEL MÓDULO SOLAR ESCOGIDO.....	XLVII
FIGURA 30 FICHA TÉCNICA DEL CONTROLADOR DE CARGA.....	XLIX
FIGURA 31 FICHA TÉCNICA DE INVERSOR.....	L
FIGURA 32 DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	LI
FIGURA 33 COMPONENTES DE SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	LII
FIGURA 34 PRUEBAS REALIZAS EN UPS.....	LII
FIGURA 35 INSTALACIÓN DE POSTE PARA PANEL FOTOVOLTAICO.....	LIII
FIGURA 36 INSTALAR EL PANEL SOLAR.....	LIII
FIGURA 37 CONEXIÓN DE PANEL SOLAR.....	LIV
FIGURA 38 BASE PARA CONTROLAR, INVERSOR, BATERÍAS.....	LIV
FIGURA 39 INSTALACIÓN Y CONEXIÓN DE CONTROLADOR, INVERSOR Y BATERÍAS.....	LV
FIGURA 40 PANEL SOLAR EN SU UBICACIÓN.....	LV
FIGURA 41 EQUIPOS EN FUNCIONAMIENTO.....	LVI
FIGURA 42 HOGAR DE LA COMUNA MASA 2.....	LVI
FIGURA 43 MATERIALES ELÉCTRICOS A INSTALAR EN HOGAR.....	LVII
FIGURA 44 INSTALACIÓN DE CONEXIÓN DE TUBERÍA, BOQUILLAS, CAJAS DE PASO Y TOMAS CORRIENTES.....	LVII
FIGURA 45 INSTALACIÓN DE BREAKER PRINCIPALES.....	LVIII
FIGURA 46 VERIFICACIÓN DE FOCOS.....	LIX
FIGURA 47 VERIFICACIÓN DE LOS TOMACORRIENTES.....	LIX

## ÍNDICE DE TABLA

TABLA 1 UNIDADES PARA UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	XXIX
TABLA 2 RADIACIÓN SOLAR Y PARÁMETROS METEOROLÓGICOS.....	XXXIX
TABLA 3 DATOS PROMEDIOS DE IRRADIACIÓN EN PUNTO DETERMINADO.....	XXXIX
TABLA 4 ÁNGULOS PARA LA INCLINACIÓN PARA SISTEMA AISLADO.....	XL
TABLA 5 POTENCIA A INSTALAR EN EL HOGAR.....	XLI
TABLA 6 POTENCIA INSTALADA POR HORAS DE USO EN EL DÍA Y MES.....	XLI
TABLA 7 TENSIÓN DEL SISTEMA CORRESPONDIENTE A LA POTENCIA QUE SE GENERA.....	XLII
TABLA 8 HORA SOLAR PICO.....	XLV

## RESUMEN

A través del presente trabajo de tesis, se elaborará el diseño y análisis de un sistema de energía renovable, el que se llevará a cabo para un hogar de la Comuna Masa 2 del Golfo de Guayaquil y de esta forma obtener el beneficio de la energía eléctrica; durante el desarrollo del trabajo se observó y estudió, las ventajas y desventajas que se podrían tener al momento de implementar un sistema de energía renovable. Durante la ejecución del proyecto se generó la obtención de datos, los cuales garantizaron la idea de instalar el sistema fotovoltaico, tomando en cuenta los factores o condiciones que se tiene a lo largo del año en la comuna masa 2 correspondiente a la parroquia rural Puna.

Para obtener los datos, fueron organizadas una serie de visitas a la comuna, por medio de transporte marítimo en el río guayas, comprobando el estado que se encontraba el terreno y sus alrededores. Se realizó además el análisis de la ubicación del módulo solar, para adquirir la mejor radiación solar; pero también tomando en cuenta la eficiencia del sistema fotovoltaico.

Obteniendo la ubicación del panel, además de las diferentes variables que se toman en cuenta para el diseño por medio de software, atlas solares, los cuales otorgaron los valores promedios de irradiación solar, así como latitud, longitud, elevación, temperatura a la cual el sistema de energía renovable estará expuesto. Finalmente se establece que será un gran beneficio para el hogar de la Comuna Masa 2 poder contar con el sistema fotovoltaico.

## ABSTRACT

Through this thesis work, the design and analysis of a photovoltaic system, which will be carried out for a home in the Comuna Masa 2 of the Gulf of Guayaquil and thus obtain the benefit of electricity, will be performed during the development of the work was observed and studied, the advantages and disadvantages that could be had at the time of implementing a renewable energy system. During the execution of the project, data was obtained, which guaranteed the idea of installing the photovoltaic system, taking into account the factors or conditions that occur throughout the year in the commune Masa 2, corresponding to the rural parish of Puna.

To obtain the data, a series of visits to the commune were organized, by means of maritime transport on the Guayas River, verifying the state of the land and its surroundings. An analysis of the location of the solar module was also carried out, to acquire the best solar radiation; but also taking into account the efficiency of the photovoltaic system.

Obtaining the location of the panel, in addition to the main variables to consider in the design by means of software, solar atlases, which gave the average values of solar irradiation, as well as latitude, longitude, elevation, temperature to which the renewable energy system will be exposed. Finally, it is established that it will be a great benefit for the household of Comuna Masa 2 to be able to count on the photovoltaic system.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad la electricidad es una fuente de energía para el consumo por parte del ser humano, y es cada vez más indispensable en la vida cotidiana. Existen una amplia cantidad de zonas rurales, especialmente en los países en desarrollo, que no están conectadas a la red eléctrica nacional regular, siendo este problema mucho más grave cuando se trata del caso de islas.

En los últimos años, el uso de fuentes de energía renovable ha aumentado considerablemente; siendo hoy en día, las fuentes de generación distribuida las que ofrecen alternativas energéticas asequibles y convenientes para los moradores de estos lugares aislados. Estas fuentes de energía renovable son cada vez más importantes y necesarias, por el costo que genera la obtención de combustible fósil y las emisiones de carbono asociadas a ellos. Los generadores de energía descentralizados son una fuente de energía que puede ayudar a resolver este gran problema.

En Ecuador, existen sectores que no cuentan con el servicio de electricidad y va en aumento por el motivo de encontrarse ubicados en zonas de difícil acceso y aisladas de la red eléctrica nacional. En Guayaquil, una de las zonas afectadas se encuentra a orillas del golfo de Guayaquil, este lugar se conoce como comuna masa 2. El propósito de este trabajo es diseñar un sistema de energía renovable para usuarios residenciales de la comunidad masa 2, haciendo uso de la radiación del sol.

## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA

#### 1. Tema

DISEÑO Y ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA RENOVABLE PARA USUARIOS RESIDENCIALES DE LA COMUNIDAD MASA

2

#### 1.1 Planteamiento del problema

En los sectores rurales de la ciudad de Guayaquil, los servicios básicos son de difícil acceso, como los es agua potable y energía eléctrica. Para obtener este tipo de servicio es necesario comprar tanques de agua que son trasladados por medios marítimos, tales como canoas y en el caso de la energía eléctrica es por medio de pequeños generadores eléctricos los cuales funcionan con combustible fósil.

Se han realizados estudios de factibilidad para instalar sistema de energía renovable en sectores rurales del país; uno de los estudios, que se han realizado en la zona fue realizado por compañeros de la Universidad Politécnica Salesiana cuyo proyecto de titulación fue: Diseñar un sistema fotovoltaico para la Iluminación de la vía principal de la comuna 2. (L. Carrion and K. Mendoza, 2021)

En el país los inconvenientes más comunes de los sectores rurales de Guayaquil como la comunidad masa 2, es la falta de energía eléctrica por motivo de su ubicación, no se pueden acceder al sistema de interconexión nacional. Muchos de estos sectores, se proveen de electricidad por sistemas de energía renovables; la instalación y compra de los sistemas, son muchas veces realizados por instituciones de educación y alcaldía de cada ciudad. (Mestanza, 2014)

#### 1.2 Causas y consecuencias del problema

La energía eléctrica debe ser una premura para que una población se desarrolle, la principal razón por la que este tipo de comunidad migra a las ciudades con el tiempo es que no cuentan con los servicios por lo cual es crítico para su desarrollo. El progreso social conlleva una sobrepoblación, ya que tener o adquirir tecnología en las ciudades que conserve los alimentos y amplíe los mercados tendrá el potencial de aumentar el comercio. En

resumen, el desarrollo de toda ciudad comienza desde el momento en que comiencen a tener uso de energía eléctrica.



*Figura 1. Vivienda de la comuna Masa 2*

*Fuente: Autores*

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Realizar el diseño y análisis de un sistema de energía renovable para satisfacer las necesidades básicas diarias de consumo energético, para usuarios residenciales de la comunidad Masa 2.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Determinar la energía solar mediante la radiación en la zona donde se ubica la comuna Masa 2, isla del golfo de Guayaquil.
- ✓ Definir la ubicación y orientación adecuada de los paneles solares, mediante uso de ecuaciones de fabricantes, para un correcto funcionamiento del sistema.
- ✓ Diseño de un sistema de energía renovable, para abastecer las cargas mínimas básicas durante un tiempo determinado.

## **1.4 Justificación e importancia de la investigación**

### **1.4.1 Social**

Los trabajos de suficiencia profesional contribuyen a una mejor calidad de vida para los residentes de comunidad masa 2, lo que tiene un impacto en el índice de desarrollo debido a la falta de dichos servicios en la sociedad en la cual vivimos.

### **1.4.2 Ambiental**

En comparación con otras fuentes de energía asociadas al gas natural, el petróleo o el carbón, la energía que genera el sol consta a su favor los siguientes datos, energía limpia y sostenible, sin emisiones tóxicas de contaminantes y con menos gases de efecto invernadero, por lo que se considera una alternativa más conveniente a la energía de combustibles fósiles.

### **1.4.3 Técnica**

Facilita los enfoques tecnológicos en la comunidad y promover el uso de energías renovables.

## **1.5 Justificación del problema**

En la actualidad la energía eléctrica es tan necesaria para cada vivienda de un país, pero en los sectores rurales de nuestro país aún resulta muy difícil el acceso a este servicio. Uno de los mayores desafíos es entregar energía eléctrica a las comunidades remotas en áreas urbanas y elegir la tecnología adecuada para proporcionar este servicio básico a los hogares. (F. Pinto, 2004.)

En la comunidad de masa 2 no existe un sistema eléctrico adecuado y no solo en esta comunidad, sino también en varios sectores del Ecuador, en la cual no cuentan con servicio de energía eléctrica. Una solución que se proyecta para un estudio con estos aspectos, es la tecnología que genera energía eléctrica por medio de la radiación solar. El sistema de paneles solares en hogares, es uno de los más utilizados para este tipo de sector y al mismo tiempo ayudar a personas que viven en casa. En la comuna se tiene casos de implementación de sistemas solares, pero son al exterior de las viviendas, el camino donde los moradores se trasladan a diario.

## 1.6 Delimitación y Localización del Problema

### 1.6.1 Delimitación del problema

En este estudio de sistema de energía renovable se implemento módulos solares, por motivo que este tipo de sistema no requiere de demasiada tecnología, la desventaja es el alto costo de los componentes, pero es factible implementarlo.

### 1.6.2 Localización del Problema

La busca el diseño y análisis del funcionamiento de un sistema de energía renovable, incluyendo el estudio de las cargas de iluminación y posterior su implementación del uso de módulos solares, que abastecerá de electricidad a los usuarios residenciales de la comuna Masa 2 ubicada en el golfo de Guayaquil, provincia del Guayas.



*Figura 2. Vista satelital Masa 2*

*Fuente: Leaflet*

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Energía Solar

La energía solar se obtiene de la captación de la luz y el calor emitido por el sol. La radiación solar que llega a la Tierra puede ser aprovechada por el calor que produce, así como por la absorción de radiación. De la energía eléctrica se derivan diferentes términos como voltaje, potencia y corriente, los cuales se utilizan para construir redes eléctricas, permitiendo la conexión de diferentes sectores que antes solían estar alejados o aislados del mundo globalizado. (Camilo Arancibia Bulnes y Roberto Best y Brown, 2010)

La energía solar es una de las denominadas energías renovables, en especial la energía no contaminante, a la que se denomina energía limpia o energía verde. Actualmente, existen tecnologías que han logrado almacenar esta energía en celdas fotovoltaicas y potencialmente convertirla en electricidad.

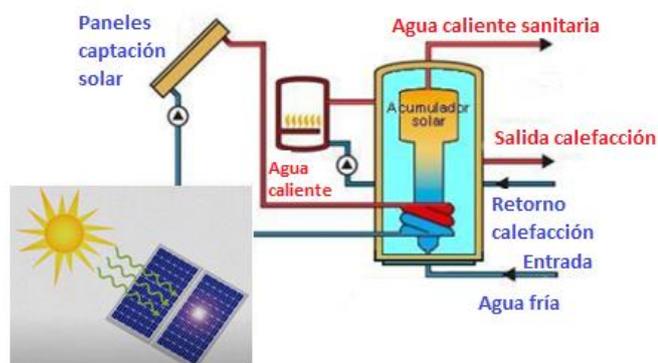


Figura 3. Esquema de energía solar

Fuente: (AUTOXUGA MOVIL, S.L., 2011)

#### 2.1.1 Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica realiza la siguiente conversión de luz solar a energía eléctrica mediante su tecnología, que se fundamenta por el efecto fotovoltaico. El efecto fotovoltaico constituye el principio de funcionamiento de las celdas solares, las cuales están compuestas por materiales semiconductores, y su campo eléctrico es positivo por un lado y negativo por el otro.

Cuando la energía de la luz cae sobre el modulo fotovoltaico, los conductores eléctricos se disponen a ambos lados del semiconductor en una rejilla y los electrones fluyen para que se forme la corriente eléctrica, proporcionando vitalidad. Cuando la luz del sol se dirige hacia la celda solar, puede: reflejarla, absorberla o atravesarla. Sin embargo, solo la luz absorbida puede generar electricidad.

La energía luminosa se transfiere a los electrones en los átomos de la celda fotovoltaica y, con la energía que se genera, la cual los electrones brincan de su posición natural en los átomos del material semiconductor fotovoltaico y pasan a formar parte de la corriente eléctrica. (Salazar-Peralta, Araceli, Pichardo-s. j. Alfredo, Pichardo-s, Ulises., 2016)

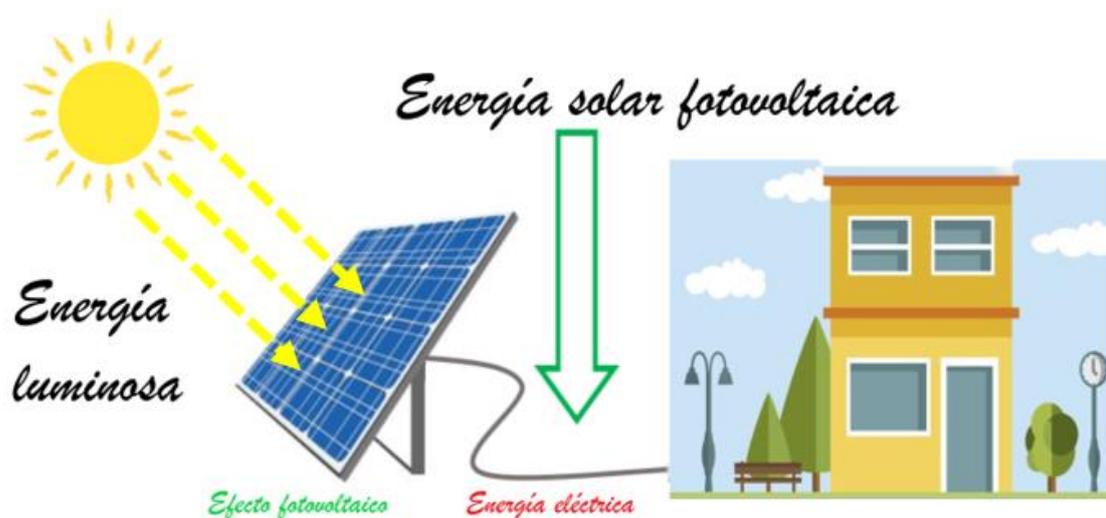


Figura 4. Sistema de Energía solar fotovoltaica

Fuente: (Areatecnologia, 2010)

## 2.2 Radiación solar

La energía del sol llega en forma de ondas electromagnéticas. Esta radiación es generada por medio del sol, la cual al traspasar la capa de la atmosfera se debilitada (alrededor de 1360 W por metro cuadrado), esto se debe por motivo de las distancia que se encuentra el sol y el planeta tierra. Su distribución de longitudes de onda va desde el infrarrojo hasta los rayos UV penetran la superficie de la Tierra, al igual que la radiación Luz ultravioleta de onda corta capturada por el ozono. La radiación en la superficie de planeta es aproximadamente  $1000 \text{ w/m}^2$ . (Aparicio, 2010)

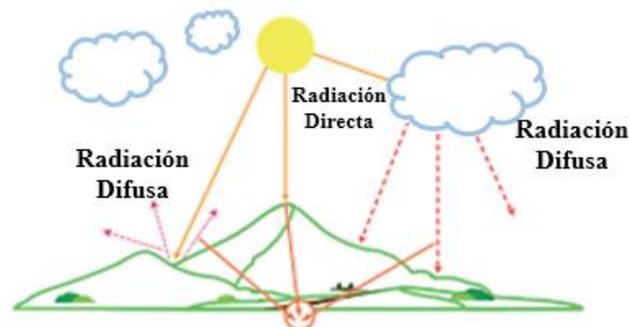


*Figura 5. Radiación Solar*

*Fuente: (Aparicio, 2010)*

### **2.3 Tipos de radiación solar**

La radiación solar, en la superficie del planeta tierra, cambia mucho por la latitud geográfica, la estación y hora, de la zona donde se situé. Se efectúa la radiación solar, gracias la capa de ozono, que es el responsable de la absorción porque fuera del planeta tierra, en el espacio la radiación es constante.



*Figura 6. Gráfico de cómo se realiza las distintas radiaciones*

*Fuente: (Alfaro Lozano, Llacza Rodriguez, & Sanchez Ccoyllo, 2016)*

#### **2.3.1.1 Radiación directa**

La radiación que llega al plante tierra por parte del sol, sin que se dirección no se vea afectada al momento de traspasar la atmósfera, Además de los efectos intermedios de refracción o reflexión que pueden representarse mediante líneas rectas, esta radiación solar se

caracteriza por proyectar sombras directas sobre los objetos oscuros interceptados en ella, y su presencia sólo se produce cuando el sol es visible. Un cuerpo que capta la luz del sol.

### 2.3.1.2 La radiación difusa

La cual obtiene cambios en su dirección, uno de los motivos es por la reflexión y difusión que se genera en la atmósfera, cabe destacar que las nubes emiten dispersión a la luz del sol, pero por su naturaleza no es difusa, y en invierno este tipo de radiación tiene un mayor porcentaje, un 55% a nivel global.

### 2.3.1.3 La radiación reflejada

Esta radiación, es generada por medio del efecto que se genera al momento que la radiación directa y difusa, se refleja en el suelo u otras superficies de su alrededor, aterrizar sobre un objeto, la radiación solar se produce lo más cerca posible del panel solar, y la reflexión que consigue un módulo fotovoltaico obviamente depende de las propiedades del objeto.



*Figura 7. Las distintas radiaciones solares que ingresan al planeta Tierra*

*Fuente: (SunFields Europe, 2007)*

## 2.4 Proyectos de Sistema de Fotovoltaico

El reportaje de parte del diario indica que en las comunidades Siekopai, Kofan, Siona o Waorani al atardecer los hogares tienen escasa energía eléctrica y las pocas casas tienen energía eléctrica por medio de generadores a combustión y tienen un costo muy elevado por tan solo de 2-3 horas de energía eléctrica, para solucionar y ayudar a los hogares se han implementado sistemas de energía solar de parte de fundaciones tales como “Fundación Alianza Ceibo” ellos tienen proyectado ayudar a más de 16 comunidades la Amazonía Ecuatoriana que han llevado a cabo la instalación de 126 sistemas de energía solar, que al mismo tiempo realizan capacitaciones para que los jóvenes de las comunidades realicen el

mantenimiento correcto para una mayor duración. La fundación tiene como objetivos duplicar los sistemas fotovoltaicos (El Comercio, 2019).



*Figura 8 Traslación de Panel Solar para la comuna Siekopai*

*Fuente: El comercio*

## **2.5 Beneficio de Energía Fotovoltaica.**

El Atlas solar es un documento en la cual señala, la radiación por regiones del país. El uso de este tipo de mapa, es muy esencial para determinar el área geográfica para colocar el sistema fotovoltaico. (González Peñafiel & Zambrano Manosalvas, 2014)

La empresa especializada en finanzas y seguro esta implementado un proyecto “Plan de Acción de Energía Limpia” para ayudar a la crisis climático que atraviesa el mundo, para su primera etapa va a generar 37.000 kW/h al año y así dejar de utilizar alrededor de 8500 Kg del CO<sub>2</sub> anual en la atmosfera. Un sistema fotovoltaico de 28 kW con 67 paneles solares está instalado en el techo del edificio de la aseguradora que a su vez estará conectada a la red eléctrica del Ecuador. (La Republica, 2021)



*Figura 9 Paneles Solares instalados en techo*

*Fuente: La Republica*

## **2.6 Horas de sol pico (H.S.P)**

La energía fotovoltaica está directamente relacionada con la radiación solar, que es el principal factor al momento de calcular el rendimiento para el sistema de energía renovable que en este caso es la Fotovoltaica. Se considera un elemento esencial en este estudio y se denominará "horas solares pico" (H.S.P), que se define como la irradiación, medida en W/m<sup>2</sup>,

del sol en horas por día. Como sabemos el valor de H.S.P, la producción de energía se obtiene multiplicando la potencia del panel por el H.S.P y el factor de disipación.

## 2.7 Irradiación solar

La energía del sol se denomina irradiación solar total, es la energía del sol por unidad de área, es decir, la energía que recibe cada punto sobre la atmósfera terrestre en cada momento, se considera como la magnitud de la radiación solar y se mide en potencia instantánea  $W/m^2$  por unidad de superficie, en caso contrario, en unidades equivalentes.

A efectos de aplicación, se trata como una constante, denominada constante solar, con un valor medio de  $1367 \text{ w}/m^2$ , valor proporcionado (Por la Secretaría del Sistema Mundial de Observación del Clima, 2016)

## 2.8 Insolación Solar

La energía producida por un sistema fotovoltaico depende de la cantidad de luz solar (Insolación) disponible. Esta insolación varía de un lugar a otro y de un mes a otro debido al cambio estacional y climático. La luz solar generalmente se mide en horas de sol. Una hora - El sol equivale a aportar  $1 \text{ W}/m^2$  de luz solar sobre una superficie perpendicular al sol durante una hora, lo que equivale a una hora al mediodía de un día despejado de verano. Por tanto, una hora de sol =  $1 \text{ kWh}/m^2$  Si la demanda (carga) no cambia durante el año, por ende hay que reducir la insolación para garantizar que haya suficiente energía disponible durante todo el año. Si el uso de energía varía a lo largo del año, el diseño debe basarse en la demanda de energía dividida por la luz solar disponible. El mes con la relación más alta será determinado por el diseño del sistema.

## 2.9 Energía renovable

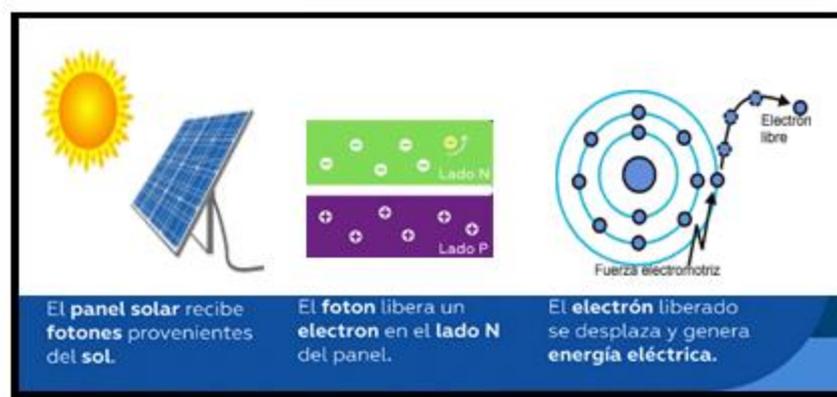
Las fuentes de energía renovable son extremadamente importantes en términos de protección ambiental y seguridad del suministro; por lo tanto, las fuentes de energía renovable juegan un papel central y estructural en el respaldo de las leyes de energía ambiental. La energía renovable es una fuente de energía limpia, inagotable.

Tiene muchas diferencias al comparar con los combustibles fósiles unas de ellas es su diversidad, abundancia y potencial al ser empleado en cualquier parte del mundo, estos sistemas no emiten gases de efecto invernadero la cual influye al cambio climático. Adicional, el costo de sus equipos está disminuyendo al pasar de los años por motivo de sus avances

tecnológicos, al contrario de los costos de los combustibles fósiles que va en aumento. (Estrada Gasca, C.,, 2010)

## 2.10 Panel solar

Los paneles solares son módulos fotovoltaicos individuales que convierten la energía suministrada por el sol y luz solar, la celda solar es una función similar a un batería. La luz del sol recibida divide los electrones por lo cual se genera una capa cargada positivamente y una capa negativamente en la celda solar; esta diferencia de potencial genera una corriente eléctrica.



*Figura 10. Función de los paneles solares*

*Fuente: (ASTRUM, 2008)*

## 2.11 Sistema fotovoltaico para tipo aislado

Un sistema solar fotovoltaico aislado es un sistema sin tener conexión a la red de interconexión, que suministra energía su propietario a través de la luz solar. Normalmente, requiere el almacenamiento de energía fotovoltaica generada a partir de acumuladores solares o baterías y permite su uso las 24 horas del día.

Las implementaciones de sistemas fotovoltaicos que se encuentran aislados son ideales en regiones donde la red de interconexión eléctrica, no se encuentra a su alrededor para su conexión, esto muchas veces es debido a los altos costos de desarrollo de la construcción, especialmente en áreas rurales remotas. Por lo general están compuestos por módulos solares, regulador, acumuladores solares e inversor fotovoltaico.

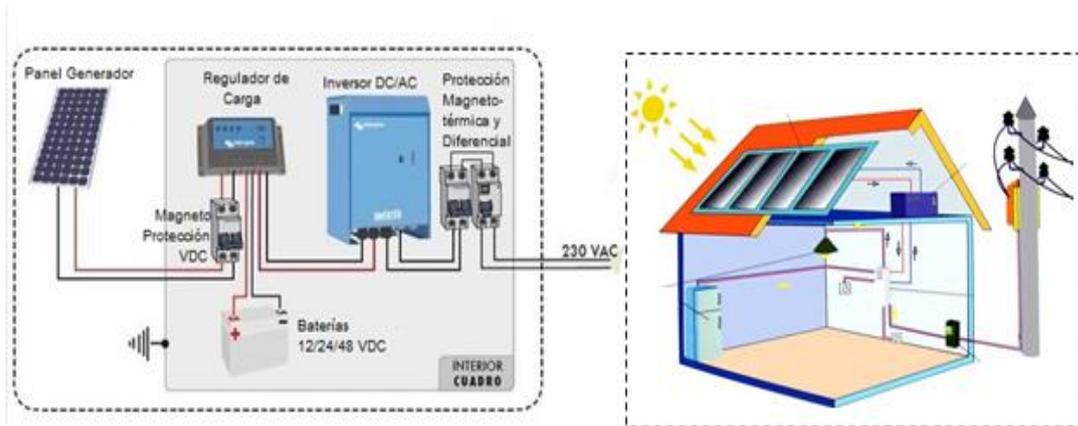


Figura 11. Componentes de una instalación fotovoltaica

Fuente: (Ingemecanica, 2007)

## 2.12 Instalación de un sistema fotovoltaico aislado

La instalación de un sistema fotovoltaico para un sector aislado debe tener un estudio, una planificación, y diseño, pero teniendo en cuenta, estos cinco factores:

- La potencia de conexión necesaria
- El consumo de energía
- El tipo de consumo
- El periodo de uso
- La localización y el clima.

## 2.13 Captación solar térmica

La captación solar o también conocido como colector solar la cual nos genera energía termo solar proveniente del sol. La energía solar se captura por paneles solares fotovoltaicos que convierten los rayos del sol en electricidad utilizable. Por lo general este dispositivo (captador solar térmico) nos permite aprovechar de la energía del sol para calentar agua. Esta agua se puede utilizar para muchas cosas. Se puede usar directamente en la ducha diaria para tareas de limpieza y fregado, pero también se puede usar, por ejemplo, como sistema de calefacción.

### 2.13.1 Funcionamiento del sistema de captación solar térmica

Los módulos solares captan los rayos emitidos por el sol, absorbiendo su energía en forma de calor. Por parte del panel solar se transporta agua para el cual el calor se transfiere al panel y eleva la temperatura y se almacena, la cual llega al punto de consumo.

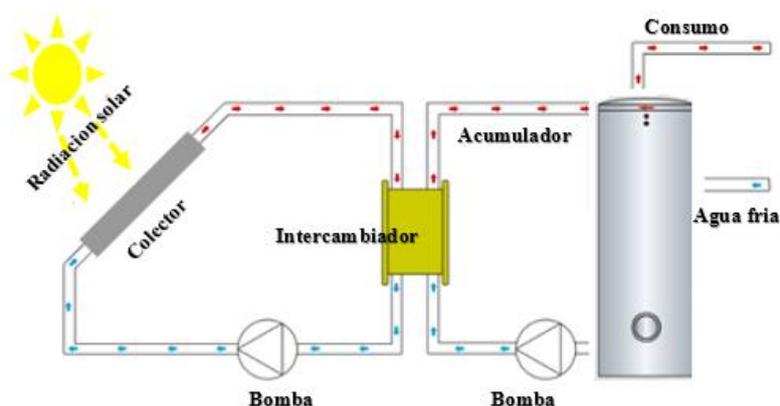


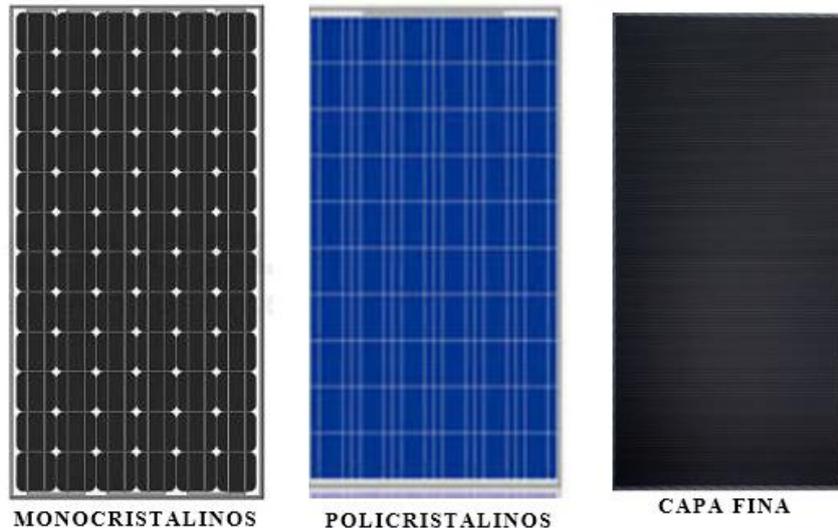
Figura 12. Funcionamiento de un sistema solar térmico

Fuente: (Jorge, 2019)

## 2.14 Tipos de paneles solares

En el mercado se pueden encontrar distintitos tipos de módulos fotovoltaicos para uso de un hogar. Los más comunes son:

- **Los paneles fotovoltaicos monocristalinos:** Las celdas fotovoltaicas de paneles solares mono cristalino cuenta con unas especificaciones técnicas de las mejores para el clima que normalmente tiene nubes, tormentas y soporta temperaturas muy altas, esto es debido que consta con sensibilidad del módulo fotovoltaico monocristalino consigue la máxima radiación solar en caso de tener bajas temperaturas en el ambiente y no tiene una buena resistencia al sobrecalentamiento.
- **Los paneles solares policristalinos:** Las celdas del panel solar policristalinos son más accesibles, suministra la tensión perfecta, se caracterizan por su gran eficacia. Estos paneles funcionan a altas temperaturas y con mayor potencia.
- **Las placas solares de capa fina:** Las celdas fotovoltaicas de paneles solares delgadas tienen una fabricación al depositar el material semiconductor encima de un sustrato similar al vidrio, para que los paneles solares rígidos se llegan a utilizar en los exteriores; o plástico, también en los paneles flexibles se pueden observar en lugares menos convencionales.



*Figura 13. Los distintos Paneles Solares*

*Fuente: (Solar magazine, 2020)*

## **2.15 Regulador de carga**

Son dispositivos electrónicos con la función de controlar o regular el voltaje del sistema de baterías. Este elemento evita que se sobrecargue la batería del panel fotovoltaico y evita que se sobre descargue la batería.

El regulador de carga monitorea constantemente el voltaje del sistema de la batería, reduciendo o deteniendo la corriente de carga cuando la batería está completamente cargada y, a su vez, tiende a desconectar o abrir el flujo de corriente si la batería está sobre descargada.

Durante su desarrollo se utilizó el lenguaje de programación LabVIEW. Esto permite crear gráficamente programas (llamados instrumentos virtuales) para medir señales, adquirir y procesar datos y controlar equipos y procesos.

### **2.15.1 Regulador por derivación**

El regulador de derivación es un tipo de sistema regulador lineal utilizado para mantener un voltaje estable en un sistema eléctrico.

En un regulador lineal, el nivel de resistencia cambia correspondiente a la entrada y produce un voltaje de salida. El regulador disipa la diferencia entre el voltaje de entrada y salida como calor residual. Estos controladores tienen disipadores de calor que ayudan a liberar el calor generado o generalmente tienen un diodo que bloquea la dirección de la corriente a las baterías.

### **2.15.2 Regulador de una etapa**

Estos Reguladores evitan que las baterías se sobrecarguen debido a un circuito que abre e interrumpe su corriente. Normalmente se establece un límite o valor predeterminado para la desconexión y otro valor para reanudar para algunos fabricantes incorporan un temporizador para que la corriente de desconexión de conexión ingresa programáticamente, los controladores usan un sensor en lugar de un diodo de bloqueo para evitar la retroalimentación de corriente.

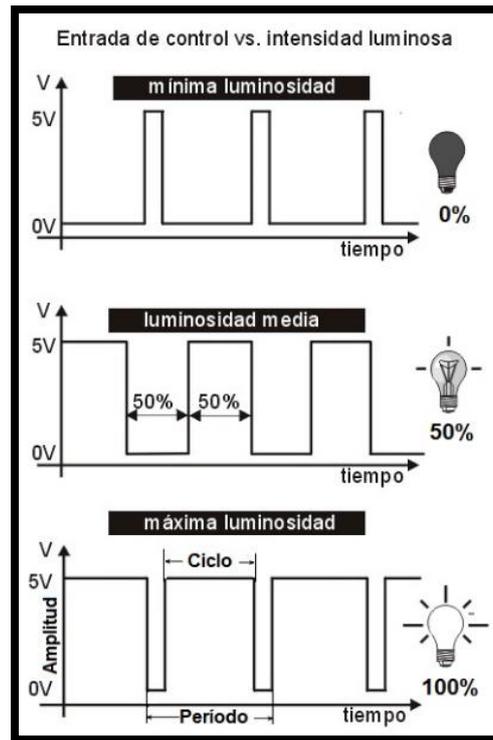
### **2.15.3 Regulador por desvío**

Estos controladores regulan automáticamente la corriente en función de la carga de la batería, desviando parcialmente el exceso a una resistencia de disipación.

### **2.15.4 Controlador PWM**

Los reguladores PWM tienen como función como un interruptor para los paneles fotovoltaicos y la batería. Estos reguladores obligan a los paneles fotovoltaicos a funcionar a voltaje de batería, sin existencia de instalación adicional.

Cuando se alcanza la fase de absorción de la carga de la batería, el regulador modifica la intensidad de los pulsos, interrumpiendo el contacto entre los módulos y la batería varias veces por segundo, evitando así la sobrecarga de la batería.



*Figura 14 Aplicación de este sistema PWM a Led de potencia*

*Fuente: (Shoptronica, 2007)*

### **2.15.5 Controlador MPPT**

Los controladores MPPT deben su acrónimo a lo que hace funcionar el panel en su punto de alimentación. Este modo de funcionamiento trae una serie de ventajas una de las más interesantes es que el panel no necesita tener el mismo voltaje que la batería, sino que debe ser igual o superior.

Es por esto que la nomenclatura de los modelos MPPT incluye un voltaje, que es el máximo que podemos en el campo solar.

### **2.16 Inversores**

Los inversores son elementos electrónicos que se utilizan para interrumpir la corriente y reducir el campo magnético de la bobina generando una onda de pulso inversa. Esta onda de pulso inversa es variable en el tiempo y puede inducir corriente.

Los inversores que alimentan la red eléctrica se denominan interactivos, los iguales a los iguales a los que se encuentran en las centrales eléctricas, así como en las zonas residenciales. El principio del método de conversión fue por medio de un transistor base para el cambio de polaridad de la corriente continua de positivo a negativo de una duración de 60 veces por segundo creando una onda cuadrada simulando onda senoidal.

Posteriormente fue empleado un transformador para aumentar el voltaje dado el número de vueltas necesarias para proporcionar el voltaje AC necesario para la instalación. Cuando los inversores se actualizan con circuitos integrados, transistores de efecto de campo y transformadores altos, producen una onda muy similar a la real.

### 2.17 Unidades utilizadas en energía fotovoltaica

La potencia solar, tiene variaciones que se pueden medir por distintas unidades. En la Tabla 1, se puede visualizar las diferentes unidades que se utilizan y sus conversiones.

Unidad	Explicación	Conversión
Potencia solar		
Wp	Watt pico	
W	Watt	
KW	Kilovatio (1000W)	
W /m <sup>2</sup>	W x metro cuadrado	
Energía solar		kWh/m <sup>2</sup>
KWh /m <sup>2</sup>	Kilovatio por hora por metro cuadrado	1
KJ/cm <sup>2</sup>	Kilojulios por centímetro cuadrado	2,78
MJ/m <sup>2</sup>	Mega julios por metro cuadrado	0,278
Kcal/cm <sup>2</sup>	1000 calorías por centímetro cuadrado	11,7
BTU/ ft <sup>2</sup>	Unidades térmicas británicas por pie cuadrado	0,043
Langley	Caloría por centímetro cuadrado	0,012

*Tabla 1 Unidades para un Sistema Fotovoltaico*

*Fuente: (CONELEC, 2008)*

## CAPÍTULO III

### Irradiación Solar En Vivienda

#### 3.1 Eficiencia de un sistema fotovoltaico

La eficiencia de este sistema de energía renovable, con el transcurso del tiempo ha ido mejorando y actualizando cada vez más, llegándose a convertir en la mejor opción de mercado.

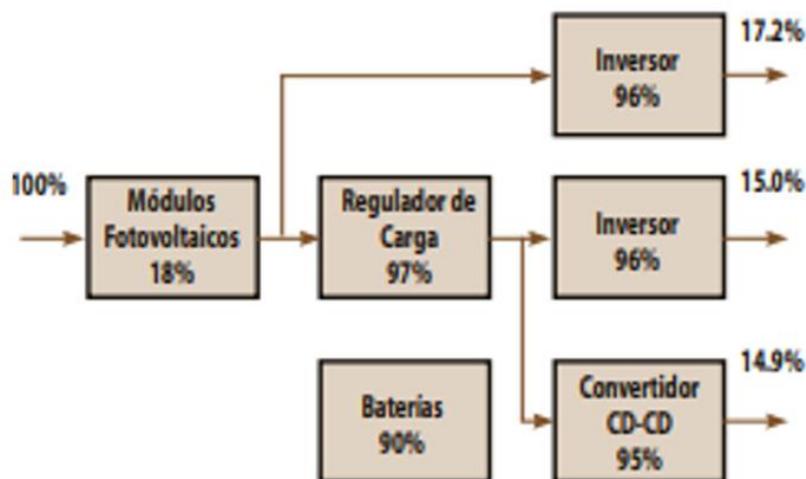


Figura 15 Diagrama de porcentajes de eficiencia de los equipos de un sistema fotovoltaico.

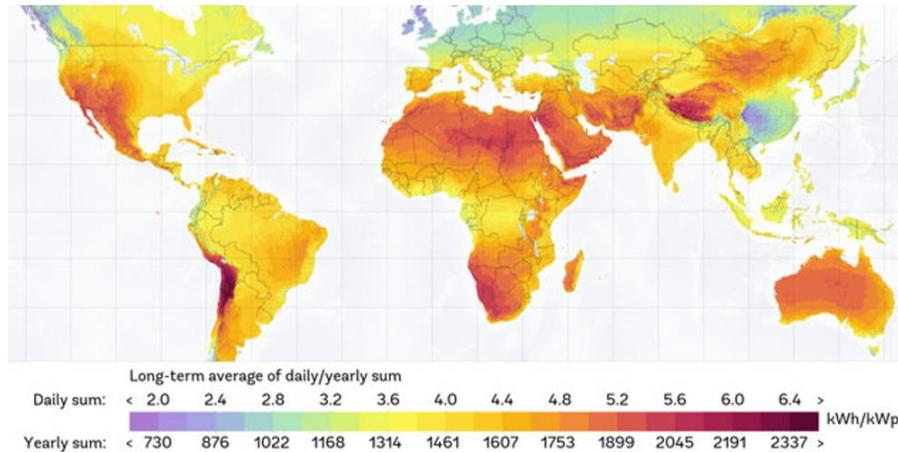
Fuente: Leaflet

En un sistema fotovoltaico los componentes determinan la eficiencia y duración; en la figura 15, se puede notar que el modulo fotovoltaico (panel solar), tiene la peor efectividad con respecto a los otros componentes, por un motivo que es imposible intervenir, la cual es la condición climática; una de las opciones para mejorar su efectividad es colocando un seguidor de sol, con esto se lograra incrementar alrededor de un 40%. Pero la vida útil del sistema, es de alrededor de 20 años.

#### 3.2 Datos en mapa PVOU

En el mapa de potencial de energía fotovoltaica (PVOU), en la Figura 16 se puede apreciar un balance del potencial de generación de energía solar fotovoltaica por metro cuadrado de la superficie, donde también se identifica por medio del color azul marino que es el más bajo y el más fuerte identificado con color rojo oscuro en irradiación solar. En el cual se tiene que la magnitud que se puede medir la radiación solar es la irradiación expresada en  $\left[\frac{\text{Kwh}}{\text{m}^2}\right]$ , se puede ubicar a el país Ecuador, que se encuentra entre el rango de 1022  $\left[\frac{\text{Kwh}}{\text{m}^2}\right]$  y 1314

$\left[\frac{\text{Kwh}}{\text{m}^2}\right]$  anual y diario alrededor de  $2.9 \left[\frac{\text{Kwh}}{\text{m}^2}\right]$  a  $6.3 \left[\frac{\text{Kwh}}{\text{m}^2}\right]$ , datos entregados por (Vaca Revelo & Ordoñez, 2019).



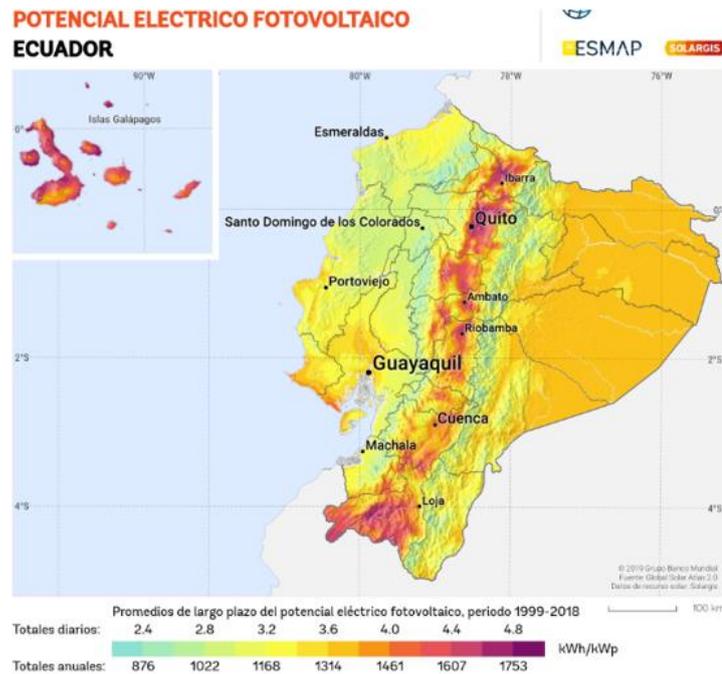
*Figura 16 Mapa de Irradiación Solar a nivel Mundial*

*Fuente: Global Solar Atlas*

### **3.2.1 Irradiación dentro del Ecuador**

Conociendo la ubicación geográfica que se encuentra Ecuador, sobre la línea ecuatorial, su recurso solar, es muy constante a lo largo del año. Por este caso la radiación es suficientemente elevada para tener una mejor efectividad, con respecto a la tecnología solares fotovoltaicas y terminas.

En la *figura 17*, nos indica que la zona de alta montaña, tanto de la región sierra y región Galápagos, cuenta con mayor irradiación solar, pero también debemos considerar que no se puede obtener mediciones puntuales por motivo que estas zonas son más propensas a estar en neblina y nubosidad durante el día. En la región de Galápagos tiene el rango de  $4.8-6.3 \left[\frac{\text{Kwh}}{\text{m}^2}\right]$  durante el día.



*Figura 17 Mapa Potencial Eléctrico Fotovoltaico del Ecuador*

*Fuente: (GeoModel Solar, 2021)*

### 3.3 Condiciones ambientales que soportara el sistema de energía renovable

Tomando datos de ubicación exacta de la radiación solar y las condiciones ambientales durante el año; todos los datos se obtienen por medio de los satélites. Son promedios de varias condiciones que se lleva a cabo durante las horas, días, meses y año. Es visto desde el punto exacto donde será colocado el modulo fotovoltaico.

Se debe de considerar que la comuna masa 2 se encuentra en las orillas del Río Guayas, donde los equipos se expondrán a un ambiente de humedad; por este motivo, los componentes del sistema fotovoltaico deben ser aptos para un área tropical, donde por lo menos deben de cumplir con estos requisitos:

#### 3.3.1 Ubicación Geográfica del PV

La ubicación geográfica precisa donde se efectuará la instalación del sistema energía renovable que en este caso es fotovoltaico, para la vivienda.

Latitud Sur: 2°23'02.1"S

Longitud Oeste: 79°51'37.6"W

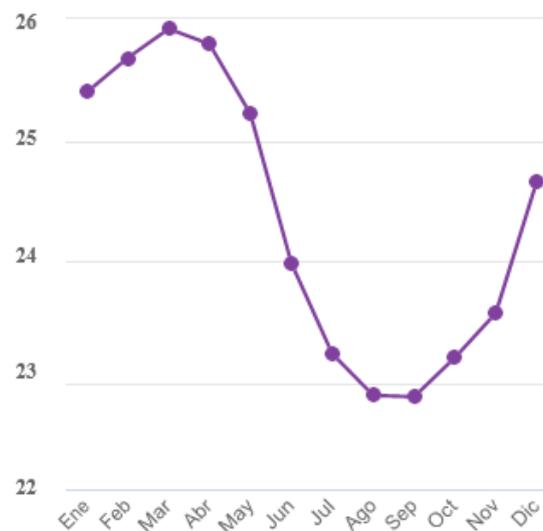


*Figura 18 Coordenadas Geográfica del Panel solar*

*Fuente: Google Earth*

### **3.3.2 Temperatura del aire anual desde la ubicación del PV**

Podemos contemplar, que el sistema de energía renovable, tiene como máximo 26 °C y mínimo alrededor de 23 °C.



*Figura 19 Temperatura anual del aire.*

*Fuente: (Solargis, 2021)*

### **3.3.3 Reflectividad de la superficie terrestre**

La Reflectividad de la superficie terrestre o también llamado albedo de la superficie, se representa como el porcentaje de la radiación que la superficie terrestre refleja relacionado con la radiación que incide sobre la misma.

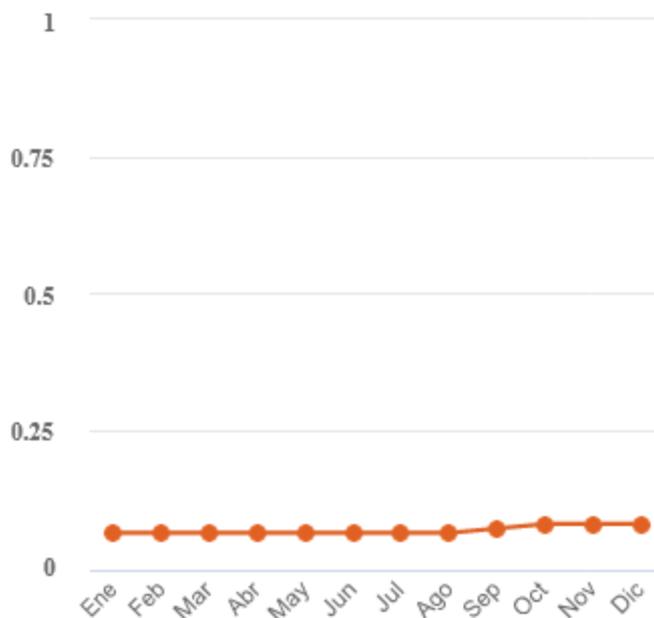


Figura 20. Albedo de superficie durante los meses de año.

Fuente: (Solargis, 2021).

### 3.3.4 Intensidad del viento durante el año

Se tiene como conocimiento que el aumento de la velocidad del viento, proporciona las transferencias del vapor del agua, el calor y del bióxido de carbono. Teniendo en cuenta estos factores, se puede notar que viento no es tan constante y los únicos meses que se mantiene es en octubre y noviembre, pero en diciembre desciende bruscamente.

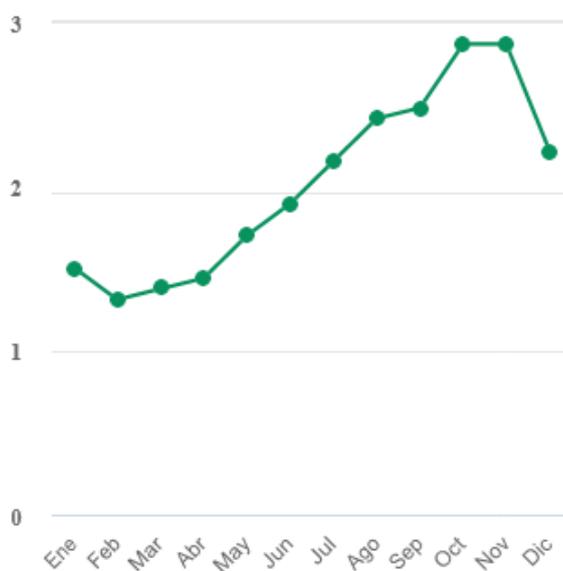
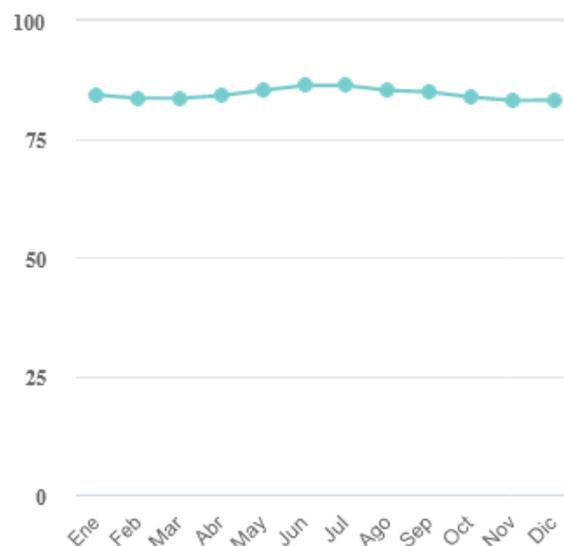


Figura 21 Promedio del viento durante los meses del año

Fuente: (Solargis, 2021).

### 3.3.5 *Humedad relativa en la ubicación del PV*

Es la relación entre dos presiones, tales como la presión parcial del vapor del agua y presión de vapor de equilibrio del agua. Se contempla que la humedad es muy elevada debido a que su ubicación geográfica es muy baja con respecto al nivel del mar.

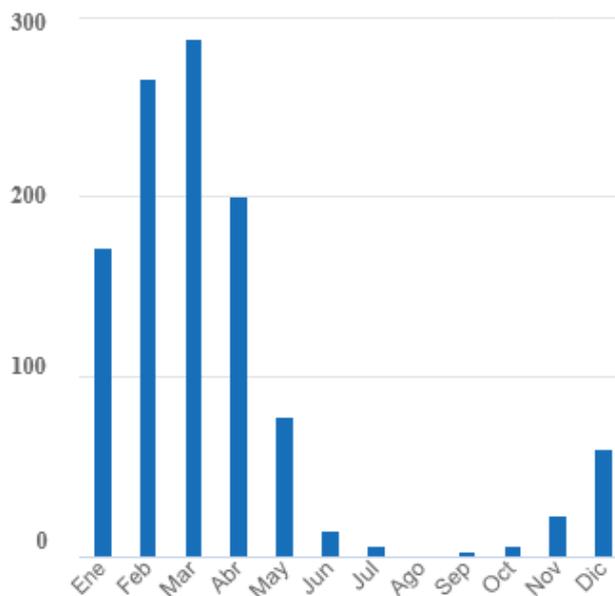


*Figura 22 Humedad relativa promedio durante los meses del año*

*Fuente:* (Solargis, 2021).

### 3.3.6 *Precipitación de lluvia anual en la ubicación del PV*

Opera es una plataforma para acceder rápidamente a datos históricos, recientes y de pronóstico para casi cualquier ubicación del planeta. Nuestra base de datos de recursos solares ha sido reconocida de forma independiente varias veces como la empresa más precisa y confiable. (Solargis, 2021); En la *Figura 23* se puede observar que tiene una precipitación muy normal al momento de comparar con la ciudad más cercana, que es la ciudad de Guayaquil.

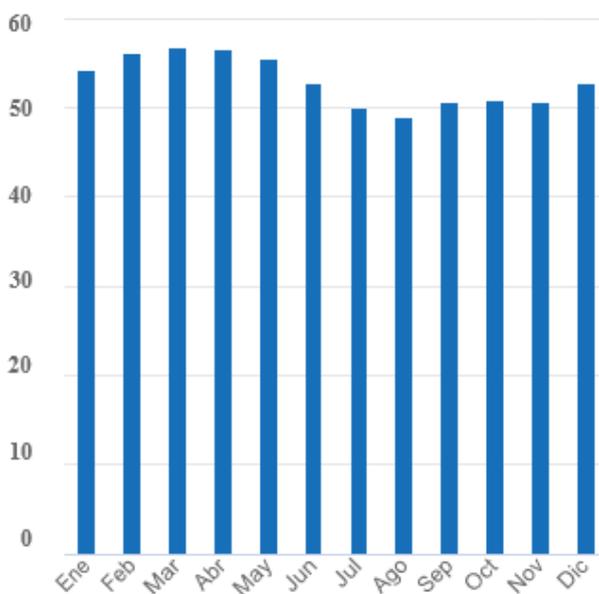


*Figura 23 Precipitación de lluvia durante los meses del año*

*Fuente: (Solargis, 2021).*

### **3.3.7 Agua precipitable anual en la ubicación del PV**

El agua precipitable se puede expresar como el vapor del agua en la columna atmosférica. Los datos nos otorgan, que es muy elevado y es entendible por motivo que se encuentran a la orilla del río Guayas.



*Figura 24 Agua Precipitable anual de la ubicación del PV*

*Fuente: (Solargis, 2021).*

### 3.4 Irradiación exacta de la Ubicación del Panel Solar

#### 3.4.1 Ubicación con respecto a la Radiación solar.

Teniendo en cuenta los datos obtenidos sobre la ubicación en el cual se va implementar el panel del sistema fotovoltaico, para obtener los datos promedios de los meses y anuales, de la irradiación que se ejerce en la posición exacta. Esta información es otorgada por medio de satélites.

En la *Figura 25* es mostrada la irradiación promedio de la ubicación donde se va a instalar el panel solar, estos datos fueron tomados en el lugar de la comuna teniendo un valor de  $1333.5 \frac{\text{Kwh}}{\text{m}^2}$ .



*Figura 25 Valor de Irradiación del punto Exacto*

Fuente: (Solargis, 2021)

#### 3.4.2 Horizonte y trayectoria solar desde el PV.

En la *figura 26* se tiene un plano, con dos coordenadas las que corresponden a azmuth y la elevación solar, las que establecen la posición que se tiene hacia el sol en el cielo, desde un punto en concreto, como lo es el equipo PV que se instalará.

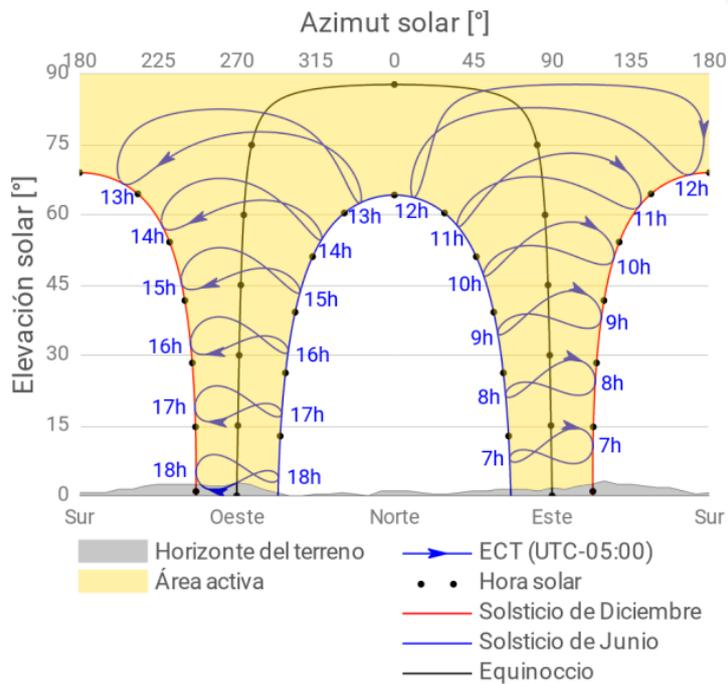


Figura 26 Horizonte y trayectoria solar desde un punto

Fuente: SolarGis

### 3.4.3 Ángulo cenital solar con respecto al tiempo

En el plano de la figura 27, se puede observar el ángulo cenital solar durante los meses del año, la cual representa la posición entre el sol y la vertical, que tiene como semejanza al ángulo de elevación.

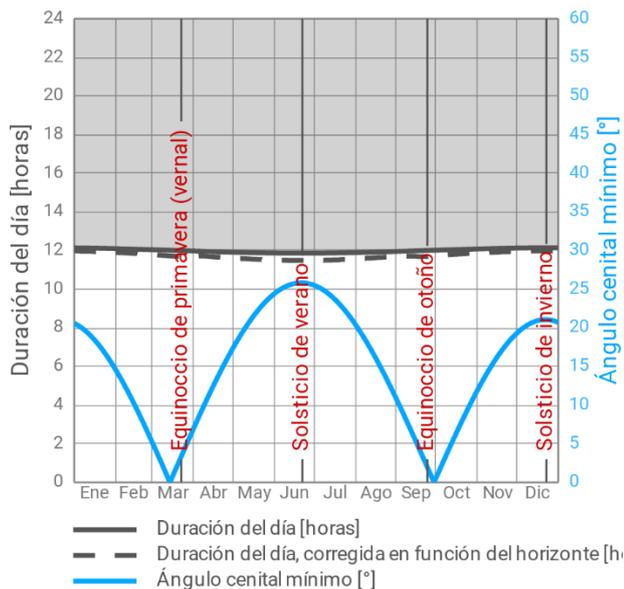


Figura 27 Duración del día y ángulo cenital solar.

Fuente: SolarGis

### 3.4.4 Promedio anual de la irradiación

En la siguiente tabla, se muestra la información obtenida del mapa PVOUT que proporciona el promedio de la irradiación que recibirá el panel y la temperatura promedio a la cual se encontrará expuesto el panel solar.

Mes	GHI kWh/m <sup>2</sup>	DNI kWh/m <sup>2</sup>	DIF kWh/m <sup>2</sup>	D2G	GHI opta kWh/m <sup>2</sup>	TEMP °C	WS m/s	CDD Grados día	HDD Grados día
Ene	139.3	78.5	80.6	0.579	136.5	25.4	1.6	230	0
Feb	127.8	67.9	75.2	0.588	126.4	25.7	1.4	217	0
Mar	154.6	90.2	84.5	0.546	154.6	25.9	1.4	246	0
Abr	153.8	103.6	74.8	0.487	155.8	25.8	1.5	234	0
May	141.6	93.1	75.1	0.530	144.8	25.2	1.8	224	0
Jun	119.7	74.8	70.1	0.585	122.8	24.0	1.9	180	0
Jul	123.7	78.5	72.8	0.588	126.6	23.2	2.2	163	0
Ago	137.1	86.4	77.0	0.562	139.2	22.9	2.4	152	0
Sep	144.3	84.3	81.4	0.564	145.0	22.9	2.5	146	0
Oct	142.7	75.6	86.4	0.605	141.6	23.2	2.9	162	0
Nov	136.7	74.7	81.5	0.596	134.3	23.6	2.9	167	0
Dic	144.5	82.4	83.3	0.576	141.3	24.7	2.3	207	0
<b>Anual</b>	<b>1665.9</b>	<b>990.1</b>	<b>942.6</b>	<b>0.566</b>	<b>1669.0</b>	<b>24.4</b>	<b>2.1</b>	<b>2327</b>	<b>0</b>

Tabla 2 Radiación solar y parámetros meteorológicos

Fuente: (GeoModel Solar, 2021)

Irradiación Global Horizontal ( GHI )	1665.9 $\left[\frac{\text{Kwh}}{\text{m}^2}\right]$ .
Irradiación Directa Normal ( DNI )	990.1 $\left[\frac{\text{Kwh}}{\text{m}^2}\right]$ .
Irradiación difusa Horizontal ( DIF )	942.6 $\left[\frac{\text{Kwh}}{\text{m}^2}\right]$ .
Temperatura del aire (TEMP)	24.4 °C

Tabla 3 Datos promedios de irradiación en punto determinado

Fuente: autor

### 3.4.5 Inclinación de modulo fotovoltaico

Los módulos fotovoltaicos deben ser ajustados por su inclinación óptima para recibir de esta manera la radiación solar, existen dos tipos: soporte fija y móvil, una vez que es determinada la ubicación donde será fijado el módulo. En la tabla 4 se indica el rango del ángulo a tomar en cuenta, por motivo que estará fijado en una base. (Cornejo, 2013)

Teniendo en cuenta que panel solar, se debe de colocar con vista al cielo, pero al mismo tiempo, considerar los factores ambientales que pueden afectar.

Latitud del Lugar (Grados)	ANGULO DE INCLINACION
0° - 15°	15°
15° - 25°	= igual a latitud
25.0° - 30°	Latitud > 5°
30.0° - 35°	Latitud > 10°
35.0° - 40°	Latitud > 15°
40.0° - mayor	Latitud > 20°

*Tabla 4 Ángulos para la Inclinación para sistema aislado*

*Fuente: Antusol.*

### **3.4.5.1 Cálculo de Inclinación Óptima**

Tomando los datos de coordenadas, específicas de la ubicación:

- Coordenadas geográficas: Sur -2.383917; Oeste -79.86048
- Elevación: 6 msnm

Estos datos serán remplazados, en la fórmula para obtener el ángulo de inclinación óptimo para un panel solar, siguiente:

$$\beta = 3.7 + 0.69 * |\phi|$$

$$\beta = 3.7 + 0.69 * |2.383917|$$

$$\beta = 3.7 + 1.644$$

$$\beta = 5.344^\circ \approx 5.34$$

$\beta$ = Angulo de inclinación óptimo.

$\phi$ = Latitud del lugar

Observar el resultado del ángulo de inclinación óptimo. Se encuentra en el rango establecido que es menor a 15°.

### 3.5 Cargas y consumo eléctrico en vivienda

Para obtener un diseño del sistema de fotovoltaico, el principal punto es definir el consumo energético; a posterior se dimensionar la capacidad para el inversor, regulador y panel solar.

CANTIDAD DE PUNTOS #	EQUIPO DESCRIPCION	POTENCIA INDIVIDUAL W	POTENCIA ACUMUALADA W
5	Focos	20	100
3	Tomas Corrientes en general	60	180
1	Televisor	80	80
Total			360

*Tabla 5 Potencia a instalar en el hogar*

*Fuente: Autores*

#### 3.5.1 Consumo por tiempo de uso

Una vez que se conoce los datos de la potencia que se va a instalar en el hogar, se establece el tiempo que los equipos van a estar encendidos y así conseguir la potencia diario. Las potencias que se encuentran en la *Tabla 6*, fueron ingresadas al simulador PVsyst las cuales se pueden observar en el anexo 6.

EQUIPOS	POTENCIA ACUMULADA W	HORAS	POTENCIA DE CONSUMO DIARIO (KW/h)	POTENCIA DE CONSUMO DEL MES (KW/h)
Focos	100	6	0.6	18
Tomas Corrientes	180	4	0.72	21.6
Televisor	80	4	0.32	9.6
Total	360		1.64	49.2

*Tabla 6 Potencia instalada por horas de uso en el día y mes*

*Fuente: Autores*

### 3.5.2 Cálculo del consumo total del sistema

Para conseguir la potencia total consumo total del sistema que se va instalar, para el cual se reemplaza los valores en la fórmula del medio de energía diario consumo.

$$E_{CM} = 1.2 * C$$

**Donde:**

$E_{CM}$  = Energía de consumo máximo.

C = Consumo.

$$E_{CM} = 1.2 * 1.64 Kwh$$

$$E_{CM} = 1.968 Kw/h$$

### 3.6 Sistemas de baterías

Se tiene definida una tabla, para obtener el voltaje del sistema fotovoltaico.

Potencia Generada del FV	TENSION NOMIMAL
$P \leq 800 \text{ W}$	12V
$800 \leq P \leq 1600 \text{ W}$	24 V
$1600 \leq P \leq 3200 \text{ W}$	48 V
$P \geq 3200 \text{ W}$	120 o 300V

*Tabla 7 Tensión del sistema correspondiente a la potencia que se genera*

*Fuente: Autores*

Para conseguir el # (números) de baterías, primero se debe tomar en cuenta el cálculo de la capacidad para el banco de baterías; tomando referencia con respecto a la demanda máxima. Este cálculo se debe realizar por medio de la ecuación de Banco de baterías.

$$C_{SB} = \frac{D_{max} * D_A}{V_{SB} * MPD}$$

**Donde:**

$C_{SB}$  = Capacidad del sistema de baterías.

$D_{max}$  = Demanda máxima.

$D_A$  = Días de autonomía.

$MPD$  = Profundidad de descarga de la batería.

$V_{SB}$  = Voltaje del sistema de baterías.

**Entonces:**

$$C_{SB} = \frac{1968 \text{ Wh} * 2 \text{ días}}{24 \text{ Vdc} * 0.7} = 234.285 \text{ Ah}$$

### 3.7 Baterías en serie

Luego se debe optar por una batería, con el propósito de determinar la numero de baterías para el proyecto. Por el cual se va calcular las baterías a utilizar en el sistema y también se calcula su conexión, en serie o en paralela.

#### 3.7.1 Calcular el número de baterías en series.

$$V_{SB} = N_S * V_B$$

**Donde:**

$V_{SB}$  = Voltaje del sistema de baterías.

$N_S$  = Numero de baterías en serie

$V_B$  = Voltaje de la batería.

$$N_S = \frac{V_{SB}}{V_B}$$

$$N_S = \frac{24 \text{ Vdc}}{12 \text{ Vdc}} = 2$$

#### 3.7.2 Calcular el número de baterías en paralelas.

$$C_{SB} = N_P * C_B$$

$C_{SB}$  = Capacidad del sistema de baterías.

$N_P$  = Numero de baterías en paralelo.

$C_B$  = Capacidad de la batería.

$$N_P = \frac{C_{SB}}{C_B}$$

$$N_p = \frac{234.285}{100 \text{ Ah}} = 2.34$$

### 3.7.3 Especificaciones de batería a utilizar en el proyecto.

Specification	
Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	100Ah@20hr-rate to 1.75V per cell @25°C
Weight	Approx. 30.0 Kg (Tolerance ±2%)
Internal Resistance	Approx. 5 mΩ
Terminal	F12(M8)/F5(M8)
Max. Discharge Current	1000A (5 sec)
Design Life	12 years (floating charge)
Maximum Charging Current	30.0 A
Reference Capacity	C3 74.4AH
	C5 83.5AH
	C10 95.0AH
	C20 100.0AH
Float Charging Voltage	13.6 V~13.8 V @ 25°C Temperature Compensation: -3mV/°C/Cell
Cycle Use Voltage	14.6 V~14.8 V @ 25°C Temperature Compensation: -4mV/°C/Cell
Operating Temperature Range	Discharge: -20°C~60°C
	Charge: 0°C~50°C
	Storage: -20°C~60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C ±5°C
Self Discharge	RITAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for up to 6 months at 25°C and then recharging is recommended. Monthly Self-discharge ratio is less than 3% at 25°C. Please charged batteries before using.
Container Material	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.



DC (Deep Cycle) series batteries provide superior high integrity and reliability. It is specially designed for frequent cyclic charge and discharge. By using strong grids, thick plate and specially active material are designed for repeated deep-discharge applications. The DC series batteries offer 30% more cyclic life than the standby series. It is suitable for solar and wind renewable energy storage, mobility and medical equipment, V, telecom, broadband and cable TV, UPS systems etc.





Figura 28 Especificaciones de la batería

Fuente: RenovarEnergía.

## 3.8 Cálculo de módulos fotovoltaicos

### 3.8.1 Hora solar pico

Para poder dimensionar con precisión se debe implementar el peor escenario; escoger el menor mes con hora solar pico (HSP). Es la energía que se obtiene en horas por metro cuadrado (m<sup>2</sup>), pero depende de la ubicación de la cual quiere obtener el valor de HSP.

MES	Radiación sobre la horizontal	Días	Hora Solar Pico	Radiación difusa sobre la horizontal
Ene	139,3	31	4,4935484	80,6
Feb	127,8	28	4,5642857	75,2
Mar	154,6	31	4,9870968	84,5
Abr	153,8	30	5,1266667	74,8
May	141,6	30	4,7200	75,1
Jun	119,7	30	3,9900	70,1
Jul	123,7	31	3,9903226	72,8
Ago	137,1	31	4,4225806	77
Sep	144,3	30	4,81	81,4
Oct	142,7	31	4,6032258	86,4
Nov	136,7	30	4,5566667	81,5
Dic	144,5	31	4,6612903	83,3
Anual	1665,9			942,6

*Tabla 8 Hora solar Pico*

*Fuente: Autores*

Se puede calcular la pérdida que se presenta en el sistema fotovoltaico; las pérdidas de los equipos que pertenecen al sistema, se las pueden obtener en las características de cada uno de los componentes o también en los programas de simulación tal como se nos muestra en el Anexo 5. La ecuación que se utiliza es el de rendimiento global de la instalación, la cual es la siguiente:

$$K_T = (1 - K_B - K_C - K_R) * \left[ 1 - \left( \frac{K_A * D_A}{P_D} \right) \right]$$

**Donde:**

$K_B$  = Pérdida debido al rendimiento del sistema de almacenamiento.

$K_A$  = Pérdida debido al auto descarga diaria de la batería.

$K_C$  = Pérdida debido al rendimiento del inversor.

$K_R$  = Pérdida debido al rendimiento del regulador.

$D_A$  = Días de autonomía.

$P_D$  = Profundidad de descarga de la batería.

**Entonces:**

$$K_T = (1 - 0.1 - 0.08 - 0.05) * \left[ 1 - \left( \frac{0.005 * 2}{0.5} \right) \right]$$

$$K_T = 0.75$$

Después, se debe calcular la potencia máxima de carga que el modulo fotovoltaico deberá de suministrar al sistema durante las horas solares pico. La ecuación:

$$P_{G-FV} = \frac{D_{MAX}}{HSP}$$

**Donde:**

$D_{MAX}$  = demanda máxima de la instalación.

HSP = Hora solar pico.

$$P_{G-FV} = \frac{1968 \text{ Wh}}{3.99}$$

$$P_{G-FV} = 493.23 \text{ W}$$

### **3.8.2 Los números de módulos fotovoltaicos**

Una vez que se obtiene el valor de la potencia, el siguiente paso es determinar los números de módulos fotovoltaicos, se deberá de elegir un panel solar comercial y obtener sus características o ficha técnica. Para el cual se escogió el módulo JKM280PP-60 y sus especificaciones se observa en la *figura29*, fueron también se ingresadas al simulador PVsyst, las cuales se pueden observar en el anexo 4.

SPECIFICATIONS										
Module Type	JKM390M-72H-V		JKM395M-72H-V		JKM400M-72H-V		JKM405M-72H-V		JKM410M-72H-V	
	STC	NOCT								
Maximum Power (Pmax)	390Wp	294Wp	395Wp	298Wp	400Wp	302Wp	405Wp	306Wp	410Wp	310Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	41.1V	39.1V	41.4V	39.3V	41.7V	39.6V	42.0V	39.8V	42.3V	40.0V
Maximum Power Current (Imp)	9.49A	7.54A	9.55A	7.60A	9.60A	7.66A	9.65A	7.72A	9.69A	7.76A
Open-circuit Voltage (Voc)	49.3V	48.0V	49.5V	48.2V	49.8V	48.5V	50.1V	48.7V	50.4V	48.9V
Short-circuit Current (Isc)	10.12A	8.02A	10.23A	8.09A	10.36A	8.16A	10.48A	8.22A	10.60A	8.26A
Module Efficiency STC (%)	19.38%		19.63%		19.88%		20.13%		20.38%	
Operating Temperature (°C)	-40°C~+85°C									
Maximum System Voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum Series Fuse Rating	20A									
Power Tolerance	0~+3%									
Temperature Coefficients of Pmax	-0.36%/°C									
Temperature Coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature Coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C									

Figura 29 Ficha técnica del módulo solar escogido

Fuente: Renova Energía.

Ecuación para calcular el número de paneles solar:

$$N_{\text{paneles}} = \frac{P_{G-FV}}{P_{\text{panel}}}$$

**Donde:**

$N_{\text{paneles}}$  = números de módulos fotovoltaicos.

$P_{G-FV}$  = potencia de generador fotovoltaico.

$P_{\text{panel}}$  = Potencia pico del panel elegido.

$$N_{\text{paneles}} = \frac{493.23 \text{ W}}{405 \text{ W}}$$

$$N_{\text{paneles}} = 1.21 \approx 1$$

### 3.9 Cálculo del Controlador de Carga.

El controlador es el encargado de mantener cargado el banco de baterías y se dimensiona por medio de la corriente de cortocircuito del módulo solar. La cual se obtendrá por medio de la siguiente ecuación:

$$I_{\text{Regulador}} = I_{\text{cort-FV}} * M_{\text{seg}}$$

**Donde:**

$I_{cort-FV}$  = Corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico.

$M_{seg}$  = Margen de seguridad.

La corriente de cortocircuito del panel solar, se obtiene por medio de la ficha técnica, Figura 27, la cual es: 10.48 A.

El margen de seguridad, para estos tipos de sistema de fotovoltaicos es del 25%; por motivo para que el regulador no trabaje un 100%.

$$I_{Regulador} = 10.48 A * 1.25$$

$$I_{Regulador} = 13.1$$

Una vez que se calculó la corriente del cortocircuito del regulador, se determinó que el sistema fotovoltaico va trabajar con el controlador de carga Victron Energy MPPT 75/10 con el voltaje de operación 24V, donde se la *Figura 30* se puede observar las características. Las características y marca del inversor se ingresan al simulador PVsyst, las cuales se pueden apreciar en el anexo 4.

Controlador de carga SmartSolar	MPPT 75/10	MPPT 75/15	MPPT 100/15	MPPT 100/20	MPPT 100/20 48V
Tensión de la batería	Selección automática 12/24V				48V
Corriente de carga nominal	10A	15A	15A	20A	20A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	145W	220W	220W	290W	n.a.
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	290W	440W	440W	580W	n.a.
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1160W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	13A	15A	15A	20A	20A
Desconexión automática de la carga	Sí				
Tensión máxima del circuito abierto FV	75V		100V		
Eficiencia máxima	98%				
Autoconsumo	12V: 25 mA 24V: 15 mA			15mA	
Tensión de carga de "absorción"	14,4V / 28,8V (ajustable)				57,6V (ajust.)
Tensión de carga de "flotación"	13,8V / 27,6V (ajustable)				55,2V (ajust.)
Algoritmo de carga	adaptativo multifase				
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.				
Corriente de carga continua	15A		20A		1A
Desconexión de carga por baja tensión	11,1V/22,2V/44,4V u 11,8V/23,6V/47,2V o algoritmo BatteryLife				
Reconexión de carga por baja tensión	13,1V/26,2V/52,4V o 14V/28V/56V o algoritmo BatteryLife				
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible)/Cortocircuito de salida/Sobretensión				
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40°C)				
Humedad	95%, sin condensación				
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)				
<b>CARCASA</b>					
Color	Azul (RAL 5012)				
Terminales de conexión	6 mm <sup>2</sup> / AWG10				
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)				
Peso	0,5 kg	0,6 kg		0,65 kg	
Dimensiones (al x an x p)	100 x 113 x 40 mm	100 x 113 x 50 mm		100 x 113 x 60 mm	
<b>NORMATIVAS</b>					
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2				

Figura 30 Ficha técnica del controlador de carga

Fuente: Victron Energy

### 3.10 Dimensionamiento del inversor

Para el dimensionamiento del inversor, se toma en cuenta la potencia total de la instalación y el factor de seguridad que se tiene con el 20%. Este cálculo se realiza por medio de la siguiente ecuación.

$$P_{Inversor} = P_{total} * F_S$$

$P_{total}$  = Potencia total a instalar.

$F_S$  = Factor de seguridad.

**Entonces:**

$$P_{Inversor} = 360 W * 1.2$$

$$P_{Inversor} = 432 W$$

Una vez que se calculó la potencia del inversor, se determinó que el sistema fotovoltaico va a trabajar con el inversor Victron Energy 650/560 W con el voltaje de operación 24V, donde se la *Figura 31* se puede observar las características.

Inversor Phoenix	12 voltios 24 voltios 48 voltios	12/250 24/250 48/250	12/375 24/375 48/375	12/500 24/500 48/500	12/800 24/800 48/800	12/1200 24/1200 48/1200
Potencia cont a 25°C (1)		250VA	375VA	500VA	800VA	1200VA
Potencia cont. a 25°C / 40°C		200 / 175W	300 / 260W	400 / 350W	650 / 560W	1000 / 850W
Pico de potencia		400W	700W	900W	1500W	2200W
Tensión / frecuencia CA de salida (ajustable)		230VCA o 120VCA +/- 3% 50Hz o 60Hz +/- 0,1%				
Rango de tensión de entrada		9,2 - 17 / 18,4 - 34,0 / 36,8 - 62,0V				
Desconexión por CC baja (ajustable)		9,3 / 18,6 / 37,2V				
Dinámica (dependiente de la carga)		Desconexión dinámica, ver				
Desconexión por CC baja (totalmente ajustable)		<a href="https://www.victronenergy.com/live/ve.direct:phoenix-inverters-dynamic-cutoff">https://www.victronenergy.com/live/ve.direct:phoenix-inverters-dynamic-cutoff</a>				
Reinicio y alarma por CC baja (ajustable)		10,9 / 21,8 / 43,6V				
Detector de batería cargada (ajustable)		14,0 / 28,0 / 56,0V				
Eficacia máx.		87 / 88 / 88%	89 / 89 / 90%	90 / 90 / 91%	90 / 90 / 91%	91 / 91 / 92%
Consumo en vacío		4,2 / 5,2 / 7,9W	5,6 / 6,1 / 8,5W	6 / 6,5 / 9W	6,5 / 7 / 9,5W	7 / 8 / 10W
Consumo en vacío predeterminado en modo ECO (Intervalo de reintento: 2,5 s, ajustable)		0,8 / 1,3 / 2,5W	0,9 / 1,4 / 2,6W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0
Ajuste de potencia de parada y arranque en modo ECO		Ajustable				
Protección (2)		a - f				
Rango de temperatura de trabajo		-40 to +65°C (refrigerado por ventilador) (reducción de potencia del 1,25% por cada °C por encima de 25°C)				
Humedad (sin condensación)		máx. 95%				
<b>CARCASA</b>						
Material y color		Chasis de acero y carcasa de plástico (azul RAL 5012)				
Conexión de la batería		Bornes de tornillo				
Sección de cable máxima:		10mm <sup>2</sup> / AWG8	10mm <sup>2</sup> / AWG8	10mm <sup>2</sup> / AWG8	25/10/10mm <sup>2</sup> / AWG4/8/8	35/25/25 mm <sup>2</sup> / AWG 2/4/4
Tomas de corriente CA estándar		230V: Schuko (CEE 7/4), IEC-320 (enchufe macho incluido) UK (BS 1363), AU/NZ (AS/NZS 3112) 120V: Nema 5-15R				
Tipo de protección		IP 21				
Peso		2,4kg / 5,3lbs	3,0kg / 6,6lbs	3,9kg / 8,5lbs	5,5kg / 12lbs	7,4kg / 16,3lbs
Dimensiones (al x an x p en mm.) (al x an x p, pulgadas)		86 x 165 x 260 3.4 x 6.5 x 10.2	86 x 165 x 260 3.4 x 6.5 x 10.2	86 x 172 x 275 3,4 x 6,8 x 10,8	105 x 216 x 305 4.1 x 8.5 x 12.1 (12V modelo: 105 x 230 x 325)	117 x 232 x 327 4.6 x 9.1 x 12.9 (12V modelo: 117 x 232 x 362)
<b>ACCESORIOS</b>						
On/Off remoto		Sí				
Conmutador de transferencia automático		Filax				
<b>ESTÁNDARES</b>						
Seguridad		EN-IEC 60335-1 / EN-IEC 62109-1				
EMC		EN 55014-1 / EN 55014-2 / IEC 61000-6-1 / IEC 61000-6-2 / IEC 61000-6-3				
Directiva de automoción		ECE R10-4				

*Figura 31 Ficha técnica de Inversor*

*Fuente: Victron Energy*

### 3.11 Diagrama del sistema

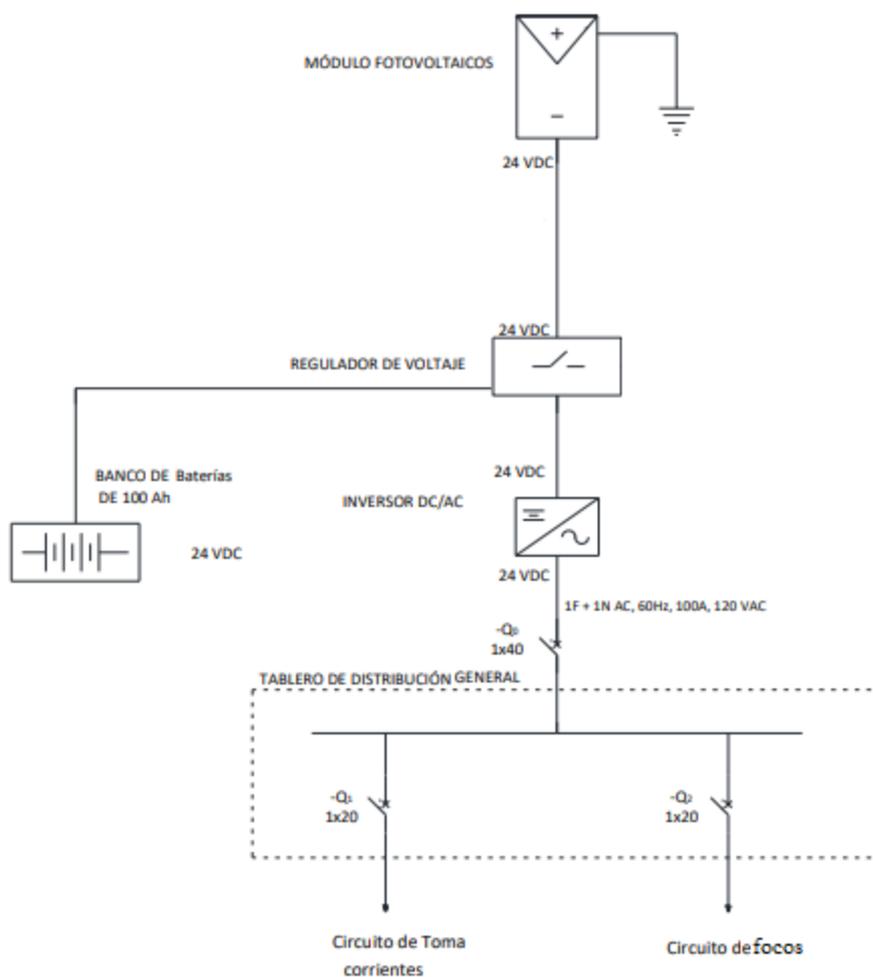


Figura 32 Diagrama unifilar del sistema Fotovoltaico

Fuente: Autores

### 3.12 Simulación en programa PVSYST

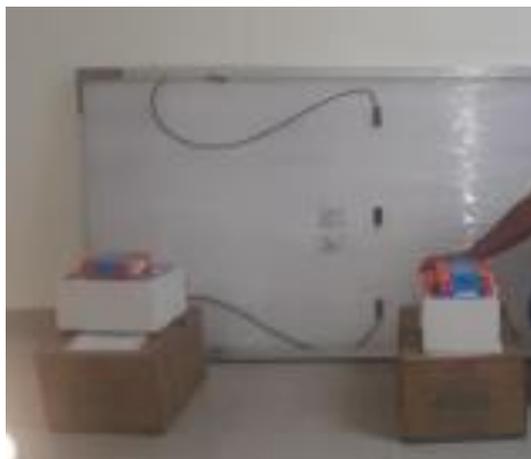
El software PVSYST permite medir la capacidad de los componentes, teniendo en cuenta la radiación solar que se obtendrá según su posición que nos entrega la base de datos meteorológica, que permite su diseño en 3D, considerando la proyección de sombras del sol simulado en movimiento durante el día.

Además el distinto tipo de conexión, como ejemplo la conexión a la red y aislamiento, también contempla dos variantes específicas de instalación, bombeada y conectada a CC. Contiene una gran cantidad de opciones la cual permite modificar e incluir todos los datos necesarios para un estudio detallado y un óptimo resultado.

### 3.13 Implementación del proyecto

#### 3.13.1 Instalación del sistema de energía renovable

- 1) Retiro y traslado todos los equipos y materiales del sistema fotovoltaico que se encontraban en la Universidad Politécnica Salesiana hacia el hogar de la comuna Masa 2. Las características los componentes se pueden observar en el anexo 3.



*Figura 33 Componentes de sistema Fotovoltaico*

*Fuente: Autores*

- 2) Se realizan pruebas de equipos, para comprobación de los componentes del sistema estén funcionando correctamente.



*Figura 34 Pruebas realizadas en UPS*

*Fuente: Autores*

- 3) Al conocer la ubicación donde se ubicará el módulo fotovoltaico, las coordenadas que se muestran en el anexo 1 y se realiza la excavación para colocar el poste, el cual es de acero inoxidable y pintada con pintura anticorrosiva.



*Figura 35 Instalación de poste para panel Fotovoltaico*

*Fuente: Autores*

- 4) Ubicar el panel solar con respecto a la orientación e inclinación, la cuales fueron conseguidas por las fórmulas de inclinación óptima. Los valores de inclinación se muestran en el anexo 2.



*Figura 36 Instalar el panel solar*

*Fuente: Autores*

- 5) Conexión de panel eléctrico con los cables que serán conectados a la protección (disyuntor).



*Figura 37 Conexión de panel solar*

*Fuente: Autores*

- 6) Base donde se ubican los componentes del sistema fotovoltaico, los cuales son controlador, inversor, baterías y también el disyuntor para la protección del módulo fotovoltaico.



*Figura 38 Base para controlar, inversor, baterías.*

*Fuente: Autores*

7) Instalación y conexión de componentes, baterías conectadas en series.



*Figura 39 Instalación y conexión de controlador, inversor y baterías*

*Fuente: Autores*

8) Vista general del sistema fotovoltaico.



*Figura 40 Panel solar en su ubicación*

*Fuente: Autores*



*Figura 41 Equipos en funcionamiento*

*Fuente: Autores*

### **3.13.2 Implementación instalaciones eléctrica en el hogar de la comuna masa 2**

- 1) Estado el cual estaba el hogar, antes de la instalación del sistema fotovoltaico.



*Figura 42 Hogar de la comuna Masa 2*

*Fuente: Autores*

2) Los materiales eléctricos que se van a implementar en el hogar.



*Figura 43 Materiales eléctricos a instalar en hogar*

*Fuente: Autores*

3) Instalación de tuberías y tendido de cableado.



*Figura 44 Instalación de conexión de tubería, boquillas, cajas de paso y tomas corrientes*

*Fuente: Autores*

4) Instalación de los breaker generales.



*Figura 45 Instalación de breaker principales*

*Fuente: Autores*

5) Finalmente, conexión y comprobación de boquillas con interruptores y tomas corrientes.



*Figura 46 Verificación de focos*

*Fuente: Autores*



*Figura 47 Verificación de los tomacorrientes*

*Fuente: Autores*

## 4. Conclusión

- El estudio previo permitió conocer la radiación solar que recibiría el panel solar, siendo indispensable su aplicación, dando paso al desarrollo del diseño e implementación óptimo de un sistema de energía renovable para abastecer las cargas mínimas que utiliza un hogar de la comuna Masa 2.
- Se logró obtener la ubicación, orientación del módulo fotovoltaico adecuada que favorece al mejor rendimiento gracias al estudio realizado aprovechando al máximo la radiación solar diaria.
- El uso del software PVSYST, favoreció en el diseño del sistema fotovoltaico, debido a la amplia gama de opciones que permite modificar e incluir todos los datos necesarios para un estudio detallado y un óptimo resultando siendo una herramienta esencial para la creación de este y futuros proyectos de sistemas fotovoltaicos.
- Fue desarrollado el diseño e implementación de un sistema de energía renovable para abastecer las cargas mínimas que utiliza un hogar de la comuna Masa 2.

## 5. RECOMENDACIONES

- Realizar un análisis y estudio para que en un futuro, el proyecto que se realizó obtenga mayor capacidad para aumentar el tiempo y el abastecer más carga en el hogar.
- El mantenimiento del sistema de energía renovable, sea por lo mínimo, una vez al año para su mejor funcionamiento y no disminuya su eficiencia.
- Evitar conectar equipos con resistencias eléctricas. Por motivo que el sistema no es el adecuado para abastecer la carga que genera estos equipos.

## 5. ANEXOS

### Resultados de simulador PVSYST

#### ANEXO 1. Resúmenes de proyecto

Resumen del proyecto					
<b>Sitio geográfico</b>		<b>Situación</b>		<b>Configuración del proyecto</b>	
COMUNA MASA 2		Latitud	-2.38 °S	Albedo	0.20
Ecuador		Longitud	-79.86 °W		
		Altitud	7 m		
		Zona horaria	UTC-5		
<b>Datos meteo</b>					
MASA 2					
NASA-SSE satellite data 1983-2005 - Sintético					
Resumen del sistema					
<b>Sistema independiente</b>			<b>Sistema independiente con baterías</b>		
<b>Orientación campo FV</b>			<b>Necesidades del usuario</b>		
Plano fijo			Consumidores domésticos diarios		
Inclinación/Azimut			Constante durante el año		
5 / 0 °			Promedio		
1.6 kWh/Día					
<b>Información del sistema</b>					
<b>Conjunto FV</b>					
Núm. de módulos		1 unidad		<b>Paquete de baterías</b>	
Pnom total		405 Wp		Tecnología	
				Plomo-ácido, ventilado, placas	
				Núm. de unidades	
				2 unidades	
				Voltaje	
				24 V	
				Capacidad	
				100 Ah	
Resumen de resultados					
Energía disponible	559.1 kWh/año	Producción específica	1381 kWh/kWp/año	Proporción rend. PR	74.48 %
Energía usada	504.4 kWh/año			Fracción solar (SF)	84.26 %

#### ANEXO 2. Resumen del sistema.

Resumen del sistema					
<b>Sistema independiente</b>			<b>Sistema independiente con baterías</b>		
<b>Orientación campo FV</b>			<b>Necesidades del usuario</b>		
Plano fijo			Consumidores domésticos diarios		
Inclinación/Azimut			Constante durante el año		
5 / 0 °			Promedio		
1.6 kWh/Día					
<b>Información del sistema</b>					
<b>Conjunto FV</b>					
Núm. de módulos		1 unidad		<b>Paquete de baterías</b>	
Pnom total		405 Wp		Tecnología	
				Plomo-ácido, ventilado, placas	
				Núm. de unidades	
				2 unidades	
				Voltaje	
				24 V	
				Capacidad	
				100 Ah	
Resumen de resultados					
Energía disponible	559.1 kWh/año	Producción específica	1381 kWh/kWp/año	Proporción rend. PR	74.48 %
Energía usada	504.4 kWh/año			Fracción solar (SF)	84.26 %

## ANEXO 3. Parámetros generales

Parámetros generales	
<b>Sistema independiente</b>	<b>Sistema independiente con baterías</b>
<b>Orientación campo FV</b>	<b>Configuración de cobertizos</b>
<b>Orientación</b>	Sin escena 3D definida
Plano fijo	
Inclinación/Azimut	5 / 0 °
<b>Necesidades del usuario</b>	<b>Modelos usados</b>
Consumidores domésticos diarios	Transposición Perez
Constante durante el año	Difuso Perez, Meteonorm
Promedio	Circunsolar separado
	1.6 kWh/Día

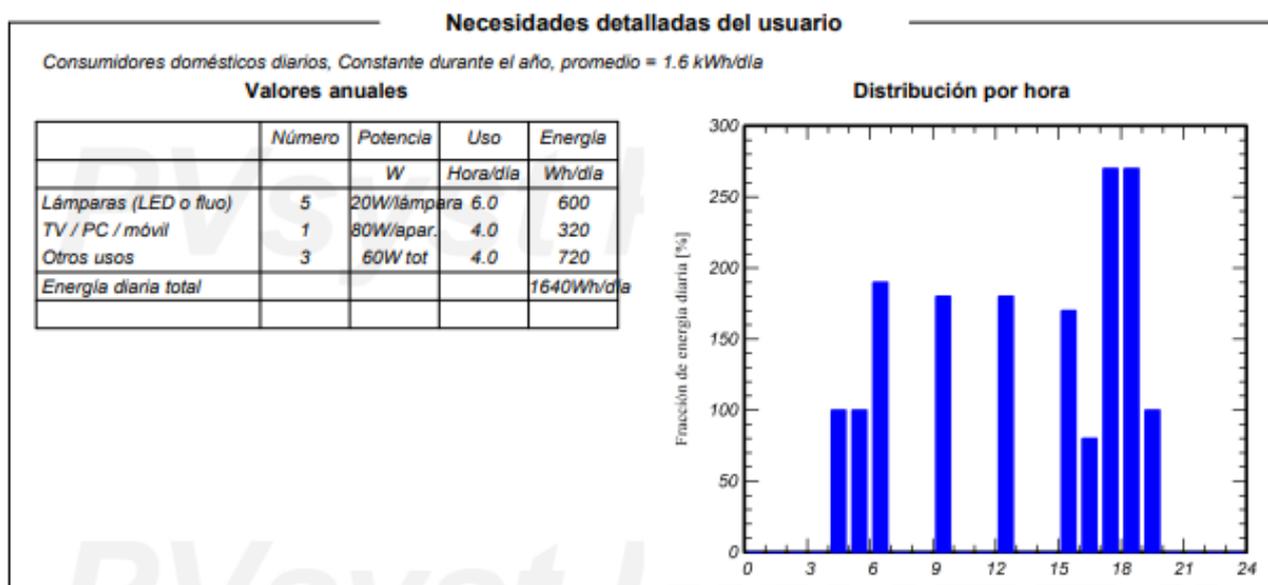
## ANEXO 4. Características de los componentes del sistema fotovoltaico.

Características del conjunto FV	
<b>Módulo FV</b>	<b>Batería</b>
Fabricante	Generic
Modelo	Open 12V / 100 Ah
(Base de datos PVsyst original)	
Unidad Nom. Potencia	405 Wp
Número de módulos FV	1 unidad
Nominal (STC)	405 Wp
Módulos	1 Cadena x 1 En series
<b>En cond. de funcionam. (50°C)</b>	<b>Características del paquete de baterías</b>
P <sub>mpp</sub>	370 Wp
U <sub>mpp</sub>	37 V
I <sub>mpp</sub>	9.9 A
<b>Controlador</b>	<b>Control de gestión de la batería</b>
Fabricante	Generic
Modelo	SmartSolar MPPT 75/15 24V
Tecnología	Convertidor MPPT
Coef. temp.	-2.7 mV/°C/Elem.
<b>Convertidor</b>	
Eficiencias máxi y EURO	98.0 / 96.0 %
<b>Potencia FV total</b>	
Nominal (STC)	0 kWp
Total	1 módulos
Área del módulo	2.0 m <sup>2</sup>
Área celular	1.8 m <sup>2</sup>

ANEXO 5. Pérdidas con respecto a los componentes del sistema fotovoltaico.

Pérdidas del conjunto								
<b>Factor de pérdida térmica</b>			<b>Pérdidas de cableado CC</b>			<b>Pérdida diodos serie</b>		
<i>Temperatura módulo según irradiancia</i>			<i>Res. conjunto global</i> 62 mΩ			<i>Caída de voltaje</i> 0.7 V		
<i>Uc (const)</i>	20.0 W/m²K		<i>Frac. de pérdida</i> 1.5 % en STC			<i>Frac. de pérdida</i> 1.7 % en STC		
<i>Uv (viento)</i>	0.0 W/m²K/m/s							
<b>Pérdida de calidad módulo</b>			<b>Pérdidas de desajuste de módulo</b>			<b>Pérdidas de desajuste de cadenas</b>		
<i>Frac. de pérdida</i> -0.8 %			<i>Frac. de pérdida</i> 2.0 % en MPP			<i>Frac. de pérdida</i> 0.1 %		
<b>Factor de pérdida IAM</b>								
<i>Efecto de incidencia (IAM): Recubrimiento Fresnel AR, n(vidrio)=1.526, n(AR)=1.290</i>								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

ANEXO 6. Potencias de consumo del hogar de la comuna Masa 2



## ANEXO 7. Resultados principales.

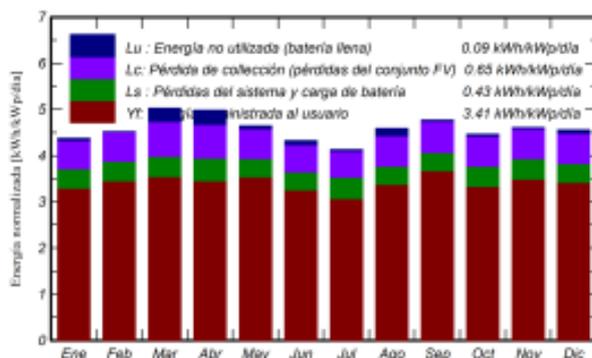
## Resultados principales

## Producción del sistema

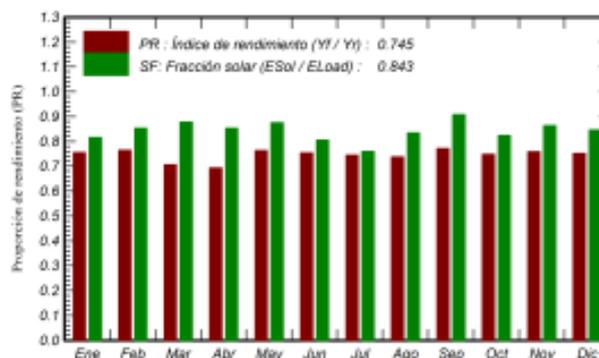
Energía disponible	559.1 kWh/año
Energía usada	504.4 kWh/año
Exceso (sin usar)	13.2 kWh/año
<b>Pérdida de carga</b>	
Fracción de tiempo	16.7 %
Energía faltante	94.2 kWh/año

Producción específica	1381 kWh/kWp/año
Proporción de rendimiento (PR)	74.48 %
Fracción solar (SF)	84.26 %
<b>Envejecimiento de la batería (Estado de desgaste)</b>	
Ciclos SOW	80.0 a 70.1 %
SOW estático	89.8 %

## Producciones normalizadas (por kWp instalado)



## Proporción de rendimiento (PR)



## Balances y resultados principales

	GlobHor	GlobEff	E_Avail	EUnused	E_Miss	E_User	E_Load	SolFrac
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	proporción
Enero	139.2	131.9	45.32	0.441	9.39	41.45	50.84	0.815
Febrero	128.5	123.3	42.41	0.000	6.72	39.20	45.92	0.854
Marzo	156.2	152.6	51.92	3.558	6.23	44.61	50.84	0.877
Abril	147.3	146.2	49.90	3.676	7.21	41.99	49.20	0.853
Mayo	139.8	140.6	48.34	0.733	6.36	44.48	50.84	0.875
Junio	125.4	126.6	43.63	0.992	9.58	39.62	49.20	0.805
Julio	124.3	124.9	42.98	0.314	12.22	38.62	50.84	0.760
Agosto	139.5	139.0	47.52	1.879	8.39	42.45	50.84	0.835
Septiembre	142.2	139.7	47.80	0.193	4.54	44.66	49.20	0.908
Octubre	139.8	134.6	45.94	0.400	8.97	41.87	50.84	0.824
Noviembre	141.6	134.2	46.27	0.200	6.73	42.47	49.20	0.863
Diciembre	146.0	137.2	47.09	0.803	7.85	42.99	50.84	0.846
<b>Año</b>	<b>1669.9</b>	<b>1630.8</b>	<b>559.13</b>	<b>13.190</b>	<b>94.19</b>	<b>504.41</b>	<b>598.60</b>	<b>0.843</b>

## Leyendas

GlobHor Irradiación horizontal global

GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados

E\_Avail Energía solar disponible

EUnused Energía no utilizada (batería llena)

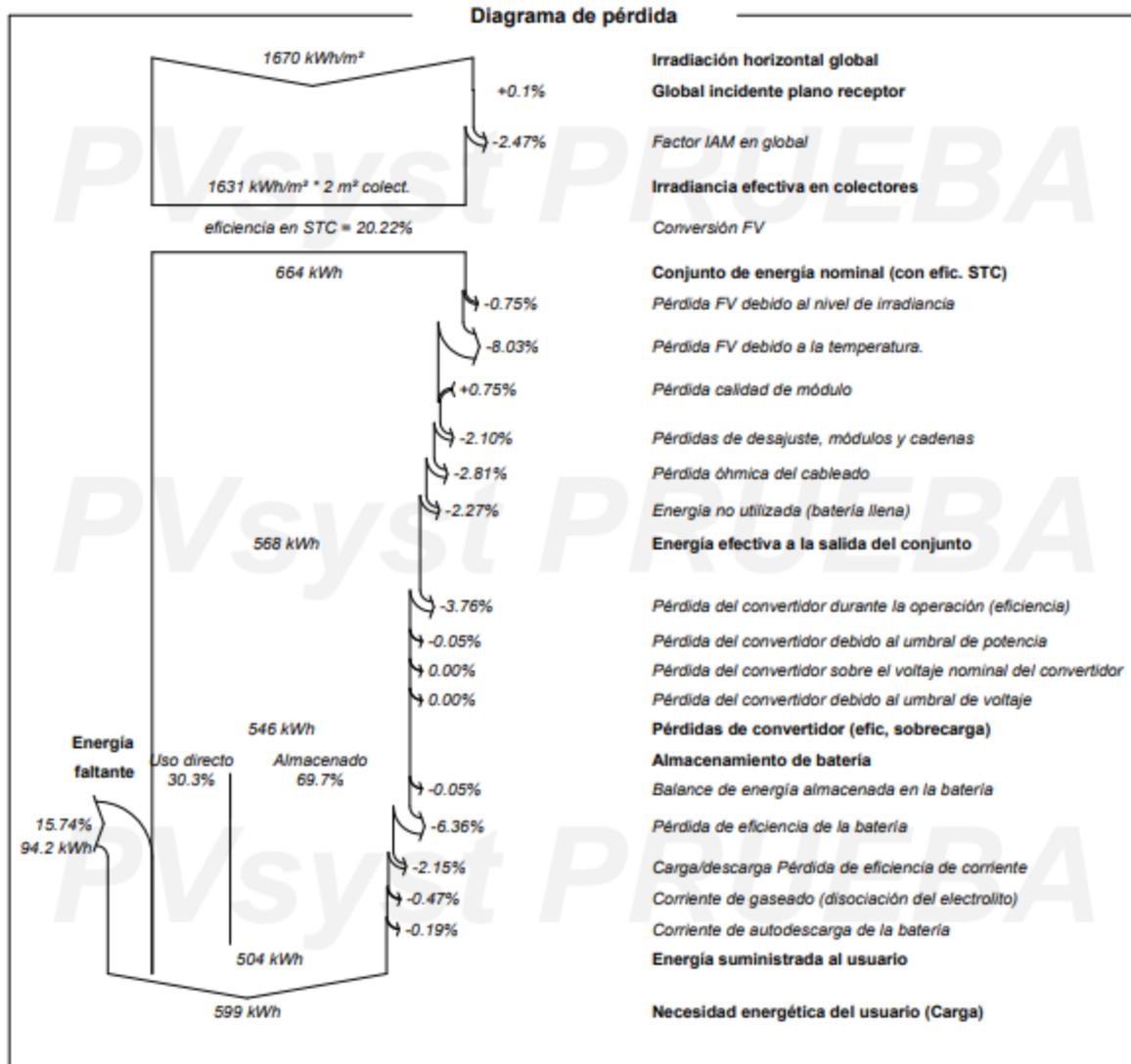
E\_Miss Energía faltante

E\_User Energía suministrada al usuario

E\_Load Necesidad energética del usuario (Carga)

SolFrac Fracción solar (EUtilizada / ECarga)

ANEXO 8. Diagrama de pérdidas que sufrirá el sistema.



## 6. Bibliografía

1. Alfaro Lozano, L., Llacza Rodriguez, A., & Sanchez Ccoyllo, O. (2016). Pronóstico con cobertura Nacional del índice de radiación solar ultravioleta. *Senamhi*, <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/282>.
2. Aparicio, M. P. (2010). *Radiación solar y su aprovechamiento energético*. Barcelona (España): Marcombo S.A.
3. *Areatecnologia*. (2010). Obtenido de Energía solar fotovoltaica: <https://www.areatecnologia.com/energia-solar-fotovoltaica.htm>
4. *ASTRUM*. (2008). Obtenido de <https://astrummx.com/como-funcionan-paneles-solares/>
5. AUTOXUGA MOVIL, S.L. (2011). *Autoxuga*. Obtenido de Energía Solar: <https://www.autoxuga.com/energiasolar/energiasolar3.htm>
6. Camilo Arancibia Bulnes y Roberto Best y Brown. (Abril - Junio de 2010). Energía del sol. *Ciencia*, 71(3), 17.
7. CONELEC. (2008). Atlas solar del Ecuador. *Corporación para la Investigación Energética*, 1-51.
8. Cornejo, L. H. (2013). Sistema solar fotovoltaico de conexión a red en el Centro Materno Infantil de la Universidad de Piura. (*Tesis de pregrado*). Universidad de Piura, Perú.
9. ECORFAN. (2016). Diseño e implementación de metodología para la elaboración de diagnósticos energéticos. *Revista de Aplicaciones de la*, 1-140.
10. El Comercio. (16 de Noviembre de 2019). *La Amazonía cuenta con 126 sistemas de energía solar*. Obtenido de El Comercio: <https://www.elcomercio.com/tendencias/intercultural/amazonia-sistemas-generator-energia-solar>
11. Estrada Gasca, C.,. (1 de Agosto de 2010). Las Energías renovables: La Energía Solar y sus implicaciones. *UNAM*, 11(8), 27.
12. F. Pinto. (2004.). "Energías renovables y desarrollo sostenible en zonas rurales de Colombia.",. *Cuad. Desarro. Rural*, 0(53), 103 –132 .
13. GeoModel Solar. (2021). *SolarGis*. Obtenido de <https://solargis.com/>
14. González Peñafiel, G. G., & Zambrano Manosalvas, J. C. (2014). diseño e implementación de un sistema de energía solar en la comuna Puerto Roma de la Isla Mondragon del golfo de Guayaquil, provincia del Guayas. (*Tesis de Ingeniería*). Universidad Politecnica Salesiana.
15. *Ingemecanica*. (2007). Obtenido de Instalación Solar Fotovoltaica para Vivienda: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html>
16. Jorge. (26 de Enero de 2019). *Save Energe Solar*. Obtenido de Funcionamiento de un sistema solar térmico: <https://saveenergysolar.com/funcionamiento-de-un-sistema-solar-termico/>
17. L. Carrion and K. Mendoza. (2021). *Diseño Optimo de Sistemas Aislados fotovoltaicos para la Iluminación de la Vía Principal de la Comuna Masa 2 - Golfo de Guayaquil*.

18. La Republica. (16 de Abril de 2021). *Seguros Confianza pone en marcha Plan de Energía Limpia para mitigar el cambio climático* . Obtenido de La Republica:  
<https://www.larepublica.ec/blog/2021/04/16/seguros-confianza-pone-en-marcha-plan-de-energia-limpia-para-mitigar-el-cambio-climatico/>
19. Mestanza, J. (2014). "Guayaquil insular busca tener mejores días, a través del turismo,". *El comercio*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador-turismo-guayaquil-insular-pobreza.html>.
20. Por la Secretaría del Sistema Mundial de Observación del Clima. (2016). Estado del Sistema Mundial de Observación del Clima. *Organización Meteorológica Mundial (OMM)*, 65(1). Obtenido de <https://public.wmo.int/es/resources/bulletin/estado-del-sistema-mundial-de-observaci%C3%B3n-del-clima>
21. Salazar-Peralta, Araceli, Pichardo-s. j. Alfredo, Pichardo-s, Ulises. (Septiembre de 2016). La energía solar, una alternativa para la generación de energía renovable. *Revista de Investigación y Desarrollo* 2(5), 11-20.
22. *Shoptronica*. (2007). Obtenido de Que es pwm y como funciona:  
<https://www.shoptronica.com/curiosidades-tutoriales-y-gadgets/4517-que-es-pwm-y-como-funciona-0689593953254.html>
23. *Solar magazine*. (2020). Obtenido de Tipos de Paneles Solares: En el Mercado y en el Laboratorio [2020]: <https://solarmagazine.com/es/paneles-solares/>
24. Solargis. (2021). *Solargis*. Obtenido de Golbal Solar Atlas : <https://solargis.com/>
25. SunFields Europe. (2007). *Radiación Solar*. Obtenido de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/radiacion-solar/>
26. Vaca Revelo, D., & Ordoñez, F. (2019). Mapa Solar del Ecuador. *SCINERGY*, <https://meteo-scinerogy.epn.edu.ec/mapa-solar>.