



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL**

CARRERA DE ELECTRICIDAD

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA
SISTEMAS AISLADOS DE LA RED PÚBLICA, CON UNA CARGA DE
200W**

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

AUTORES: MARCOS ANDRÉS SUÁREZ MUÑOZ
JACINTO JAVIER VALLEJO DE LA VEGA

TUTOR: ING. CARLOS LUIS PÉREZ MALDONADO, MSc

GUAYAQUIL – ECUADOR

2022

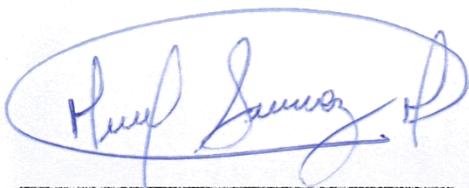
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Marcos Andrés Suárez Muñoz con documento de identificación N° 1311151896 y Jacinto Javier Vallejo De La Vega con documento de identificación N° 0924287121; manifestamos que:

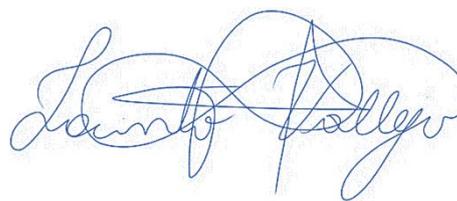
Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 7 de febrero del año 2022

Atentamente,



Marcos Andrés Suárez Muñoz
1311151896



Jacinto Javier Vallejo De La Vega
0924287121

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA**

Nosotros, Marcos Andrés Suárez Muñoz con documento de identificación N° 1311151896 y Jacinto Javier Vallejo De La Vega con documento de identificación N° 0924287121; 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 trabajo de titulación: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA SISTEMAS AISLADOS DE LA RED PÚBLICA, CON UNA CARGA DE 200W”, 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 antes 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, 7 de febrero del año 2022

Atentamente,

Marcos Andrés Suarez Muñoz
1311151896

Jacinto Javier Vallejo De La Vega
0924287121

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Carlos Luis Pérez Maldonado, con documento de identificación N° 0913456851, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: "IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA SISTEMAS AISLADOS DE LA RED PUBLICA, CON UNA CARGA DE 200 W" realizado por: Marcos Andrés Suárez Muñoz con documento de identificación N° 1311151896 y por Jacinto Javier Vallejo De La Vega con documento de identificación N° 0924287121, obteniendo como resultado final el proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 7 de febrero del año 2022

Atentamente,



Ing. Carlos Luis Pérez Maldonado, MSc

0913456851

DEDICATORIA

Ofrezco el presente trabajo al creador por brindarme bienestar, y permitirme cristalizar esta meta; a mi adorada esposa, quien de manera incondicional estuvo impulsándome, convirtiéndose un peldaño importante para alcanzar esta meta.

A mis hijos que son el motor de mi vida, y son unos de los motivos por el cual no desistí en la lucha por alcanzar el éxito.

A mis padres y suegros que han sabido brindarme sus valiosos consejos, y han depositado en mí su confianza; a todos mis familiares y amistades que de una manera grata Dios los ha puesto en mi camino y han sido participes durante esta etapa en mi vida.

JACINTO JAVIER VALLEJO DE LA VEGA

Dedico este trabajo de grado principalmente a Dios por darme la vida, salud, sabiduría e inteligencia para cumplir mi propósito; a mi esposa por ser un pilar importante en mi vida y mi hogar apoyándome en los diferentes periodos de este proceso de estudios, a mis hijos por darme fuerza, alegría y ganas de salir adelante ya que ellos son los motores de esta meta, a mi madre y hermanas que con sus palabras de aliento y motivación me hacían sentir orgulloso de lo que soy.

MARCOS ANDRÉS SUÁREZ MUÑOZ

AGRADECIMIENTOS

No me cansare de agradecer a Dios, porque fue el que me sostuvo durante mi trayectoria estudiantil y puso a las personas indicadas en mi proceso de aprendizaje, a los docentes quienes de manera desinteresada compartieron su conocimiento y me guiaron en el camino del saber.

A mi esposa, por ser mi ayuda idónea y brindarme su apoyo durante todo este proceso de formación, a mis compañeros de curso los cuales se convirtieron en eslabón en el camino a la meta, a mi amigo de tesis el cual formo parte de toda mi trayectoria estudiantil y logramos desarrollar este proyecto de grado.

A mi tutor de tesis, y los docentes que me brindaron sus críticas y aportes en la realización de este proyecto.

Por ultimo y no menos importante a mi madre y familiares los cuales me alentaron y estuvieron ahí aun cuando las cosas se complicaron. A todos ellos mis más sinceros agradecimientos, los amo mucho.

JACINTO JAVIER VALLEJO DE LA VEGA

Agradezco con mucho cariño a todas las personas que me ayudaron a llegar hasta la culminación de esta carrera que estuvieron en los momentos difíciles, alegres y tristes de esta etapa.

A mi esposa por todo su amor, comprensión y ayuda ya que sin ella no sería posible todo este logro.

A toda mi familia en general por darme la motivación que necesitaba para seguir día a día con mis estudios, de igual manera a mis amigos, compañeros y maestros por todo lo que compartí dentro y fuera de la universidad, gracias por su apoyo y conocimiento en este periodo de formación profesional.

MARCOS ANDRÉS SUÁREZ MUÑOZ

RESUMEN

El presente trabajo de grado tiene como objetivo implementar un sistema de paneles solares fotovoltaicos para residencias aisladas, comprobando su correcto funcionamiento y evaluando su eficiencia energética.

En la ejecución de este proyecto se llevó a cabo diferentes inspecciones a comunidades aisladas de la red de energía eléctrica pública con el propósito de realizar un estudio y establecer un sistema idóneo que pueda dotar de energía eléctrica en dicha comunidad.

En base a el estudio de campo realizado se pudieron determinar las siguientes condicionantes como son:

- Tipo de terreno
- Carga a suministrar
- Característica de los paneles
- Factibilidad del proyecto

Finalmente se realizará prueba de consumo y eficiencia energética a plena con el fin de garantizar la calidad de energía eléctrica entregada para proceder en conjunto con la Universidad Politécnica Salesiana realizar la entrega del sistema fotovoltaico a los moradores de la comunidad.

Palabras claves: paneles solares, aisladas, eficiencia energética.

ABSTRACT

The objective of this degree work is to implement a photovoltaic solar panel system for isolated residences, checking its correct operation and evaluating its energy efficiency.

In the execution of this project, different inspections were carried out in communities isolated from the public electric power network in order to carry out a study and establish an ideal system that can provide electric power in said community.

Based on the field study carried out, the following conditions could be determined, such as:

- Type of terrain
- Cargo to be supplied
- Characteristics of the panels
- Feasibility of the project

Finally, a full consumption and energy efficiency test will be carried out in order to guarantee the quality of electrical energy delivered to proceed together with the Salesian Polytechnic University to deliver the photovoltaic system to the residents of the community.

Keywords: solar panels, isolated, energy efficiency.

ACRÓNIMOS

A	Amperios
Ah	Amperios - hora
Ar	Tamaño del panel solar
AWG	American Wire Gauge conjunto estándar estadounidense de tamaños de conductores de metal no ferroso.
C	Corriente
CA	Corriente alterna
CC	Corriente continua
CO	Monóxido de carbono
CT	Coefficiente de temperatura
CO2	Dióxido de carbono
FVS	Sistemas fotovoltaicos Solar
H	Hora
Hr	Henrio
Hz	Hertz, unidad para medir la frecuencia
IR	Rayos Infrarrojo
ISC	Corriente de cortocircuito
°K	Grado Kelvin
Km	Kilómetros
KW-h	Kilovatio hora
MPPT	Seguidor de Punto de Máxima Potencia
NEC	Norma Ecuatoriana de Construcción
NHP	Potencia nominal
T	Tensión
T. max.	Tensión máxima
V	Voltaje
VAC	Voltaje corriente alterna
VDC	Voltaje corriente directa
VI	Rayos Visibles
Vpmax	Voltaje Máximo
Vpn	Voltaje Nominal
W	Watios

°C	Grado Celsius
HPS	Irradiación solar
FV	Fotovoltaico
P	Potencia
Pmax	Profundidad de descarga de batería
PWM	Modulación de ancho de pulso
Wh/día	Vatio hora día
nBat	Eficiencia de la batería
UE	Unión Europea
UV	Rayos Ultravioleta
W/m ²	Vatio por metro cuadrado
LED	Diodo Emisor de Luz
CONELC	Consejo Nacional del Electricidad
MEER	Ministerio de Electricidad y Energías Renovables
PV	Fotovoltaica
η	Eficiencia
VOC	Tension en circuito abierto

INDICE GENERAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
ACRÓNIMOS.....	ix
INDICE GENERAL.....	xi
INDICE DE FIGURA	xiv
INDICE DE TABLA.....	xvi
INTRODUCCION	1
1 CAPÍTULO 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Antecedentes	3
1.2. Problema de estudio	5
1.3. Justificación.....	5
1.4. Objetivos	6
1.4.1. Objetivo general	6
1.4.2. Objetivos especificos.....	6
1.5. Metodología	6
2 CAPITULO 2 MARCO TEÓRICO	8
2.1 Historia de la energía solar fotovoltaica.....	9
2.2 El sol.....	9
2.2.1 Ciclo solar	10
2.2.2 Manchas solares	11
2.2.3 Radiación solar	12
2.3 Espectro electromagnético	12
2.4 Generación de la radiación solar	13
2.4.1 Tipos de radiacion solar	14
2.4.2 Radiacion solar según los rayos	14
2.5 Sistemas FV.....	15
2.5.1 Sistemas fotovoltaicos conectado a una red.....	15

2.5.2	Sistemas fotovoltaicos híbridos.....	16
2.5.3	Sistema FV autonomo	17
2.6	Paneles fotovoltaicos	18
2.7	Modelos de paneles fotovoltaicos	19
2.7.1	Paneles monocristalinos de silicio.....	19
2.7.2	Paneles policristalinos de silicio	20
2.7.3	Modulos FV de capa fina	21
2.7.4	Módulos solares hibridos	21
2.7.5	Modelos de paneles solares hibridos	22
2.8	Baterias.....	23
2.9	Tipos de baterias.....	23
2.10	Inversor.....	25
2.11	Regulador de carga.....	26
2.11.1	Regulador tipo MPPT.....	27
2.11.2	Regulador tipo PWM.....	28
2.12	Uso de software para proyectos fotovoltaicos.....	29
2.12.1	PVSYST	29
3	CAPITULO 3 IMPLEMENTACION DE SISTEMA FOTOVOLTAICO	
	 AISLADO DE LA RED PUBICA, CON UNA CARGA DE 200	31
3.1	Diseño.....	32
3.2	Uso de la energia	34
3.3	Obtencion de tados metonorm.....	35
3.4	Estudio de dimensionamiento	37
3.4.1	Dimensionamiento de paneles solares.....	37
3.4.2	Oriencion optima de los paneles.....	41
3.5	Condiciones nominales de operacion	42
3.6	Regulador de carga.....	42
3.7	Inversor.....	45
3.8	Banco de baterias	46
3.9	Profundidad de descarga de la batería.....	47
3.10	Plano de la vivienda	48
3.11	Dimensionamiento de los conductores.....	48
3.12	Instalacion de tuberias, cajas de servicios y cableado de circuitos	50
3.13	Instalacion y alimentacion del centro de carga	51

3.14	Simulación del proyecto en PVsyst.....	52
3.15	Implementacion del sistema FV	55
3.15.1	Fabricación de la estructura para el panel solar.....	55
3.15.2	Fundicion del plinto.....	56
3.15.3	Montaje del panel solar en la base.....	57
4	CAPITULO 4 ANALISIS DE RESULTADOS.....	59
4.1	Resultados de producción del SFV	60
4.2	Resultados de consumo de la vivienda.....	64
4.3	Evaluacion de costos	68
4.3.1	Costos generados antes de la implementación del SFV	69
4.3.2	Costos generados despues de la implementacion del SFV	69
4.3.3	Ahorro energético.....	70
4.4	Cálculo de eficiencia	71
5	CAPITULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
	CONCLUSIONES	74
	RECOMENDACIONES	75
	BIBLIOGRAFIAS	76
6	ANEXOS.....	80

INDICE DE FIGURA

Figura 1 Ubicación del Recinto Masa II	3
Figura 2 Recinto Masa II.....	4
Figura 3 Ciclo solar	10
Figura 4 El ciclo solar 25	11
Figura 5 segmento del sol con manchas solares oscuras.....	11
Figura 6 Espectro electromagnético de la radiación solar	13
Figura 7 Sistema Fotovoltaico de conexión a la red	16
Figura 8 Sistema Fotovoltaico Híbrido	17
Figura 9 Sistema Fotovoltaico autónomo	18
Figura 10 Partes de un panel solar fotovoltaico	19
Figura 11 Panel solar monocristalino de silicio.	20
Figura 12 Panel solar fotovoltaico policristalino de silicio.....	20
Figura 13 Panel solar fotovoltaico de capa fina	21
Figura 14 Panel solar híbrido	22
Figura 15 Batería de plomo-acido.....	23
Figura 16 Batería AGM	24
Figura 17 Batería Gel	24
Figura 18 Batería estacionaria.....	25
Figura 19 Batería de litio.....	25
Figura 20 Inversor	26
Figura 21 Controlador de carga.....	27
Figura 22 Controlador de carga tipo MPPT.....	28
Figura 23 Controlador de carga PWM	28
Figura 24 Software Pvsyst	30
Figura 25 Generador eléctrico.....	34
Figura 26 Trayectoria solares simulado en Pvsyst.....	37
Figura 27 Panel Solar JKM405M-72H-V	38
Figura 28 Controlador de carga Smart Solar MPPT 75/15	44
Figura 29 Descripción controlador de carga Smart Solar MPPT 75/15.....	44
Figura 3031 Inversor phoenix 24/250	45
Figura 32 Descripción Inversor phoenix 24/250.....	46
Figura 33 Banco de baterías	47

Figura 34 Plano eléctrico de la vivienda	48
Figura 35 Diagrama de conexión de un Tomacorriente 120 V	50
Figura 36 Conexión e instalación de un circuito de alumbrado.....	51
Figura 37 Instalación, cableado y brequeado del centro de carga.....	51
Figura 38 Resultados Principales	52
Figura 39 Diagrama de entrada y salidas	53
Figura 40 Diagrama de producciones normalizadas kWp	53
Figura 41 Diagrama de perdida.....	54
Figura 42 Elaboración de mueble para banco de batería	55
Figura 43 Soldadura de poste / base.....	56
Figura 44 Pintada de poste para el panel.....	56
Figura 45 Elaboración de plinto	57
Figura 46 Desencofrado de plinto	57
Figura 47 Montaje del panel solar en la estructura	58
Figura 48 Producción de energía mes de noviembre 2021	61
Figura 49 Producción de energía mes de diciembre 2021	62
Figura 50 Consumo de energía mes de enero 2022	63
Figura 51 Consumo de energía mes de noviembre 2021	65
Figura 52 Consumo de energía mes de diciembre 2021	66
Figura 53 Consumo de energía mes de enero 2022	67
Figura 54 Etiqueta energética.....	71

INDICE DE TABLA

Tabla 1 Gasto ocasionados por uso de generador para electrificación de vivienda...	33
Tabla 2 Gastos ocasionados por uso de generador para electrificación de vivienda	33
Tabla 3 Características técnicas del generador	33
Tabla 4 Uso de la potencia y energía diaria	35
Tabla 5 niveles de irradiación anual en masa 2.....	36
Tabla 6 Especificaciones técnicas del panel	38
Tabla 7 Recomendaciones de inclinaciones de acuerdo con la localización geográfica	41
Tabla 8 Especificaciones para selección de inversor	45
Tabla 9 Caída de tensión para instalaciones autónomas	49
Tabla 10 Días de producción de energía mes de noviembre 2021.....	60
Tabla 11 Días de producción de energía mes de diciembre 2021	62
Tabla 12 Días de producción de energía mes de enero 2022.....	63
Tabla 13 Días de consumo energía mes de noviembre 2021	64
Tabla 14 Días de consumo energía mes de diciembre 2021	66
Tabla 15 Días de consumo energía mes enero 2022.....	67
Tabla 16 Pliegos tarifarios	68
Tabla 17 Costo mensual de consumo.....	69
Tabla 18 Costo anual sistema FV vs generador de gasolina.....	70

INTRODUCCION

En la actualidad contar con el beneficio de electricidad es fundamental en el desarrollo de un país, los combustibles fósiles y sus derivados han controlado el mercado de energía. [1]

La obtención de energía basados en los sistemas tradicionales está en constante debate debido a la problemática de la sostenibilidad económica y medioambiental; la producción de energía es un aspecto primordial para el sustento de la población y desde hace varias décadas el progreso de los países ha requerido el uso de combustibles fósiles, lo que ha generado consecuencias negativas en el medioambiente por la emanación de dióxido de carbono (CO₂) en la atmosfera. [2]

El requerimiento de energía está en constante crecimiento debido al aumento poblacional y el progresivo crecimiento industrial, razón por la cual es necesario que existan compromisos económicos, amigables con el medio ambiente y sociedad encaminadas en la investigación y desarrollo de otras formas de cubrir dichas demandas de electricidad. Por esta razón diferentes países miembros de la UE lideran diferentes proyectos con el fin de cubrir más del 20% de la demanda total empleando energías renovables. [3]

La generación de energía solar fotovoltaica podría ser una de las alternativas que abastezca la demanda energética en el futuro de la población por ser uno de los recursos más abundantes de fuentes de energía renovable. Alrededor de 1.8×10^{14} kW son captados por la tierra de los 3.8×10^{23} kW que emite el sol. [3]

Pese a que ha habido grandes avances en el sector eléctrico ecuatoriano, no se ha logrado cubrir la demanda energética con las redes de distribución públicas debido a la ubicación geográfica y pésimas condiciones del terreno en sectores rurales e islas que han sido pobladas.

1 CAPÍTULO 1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

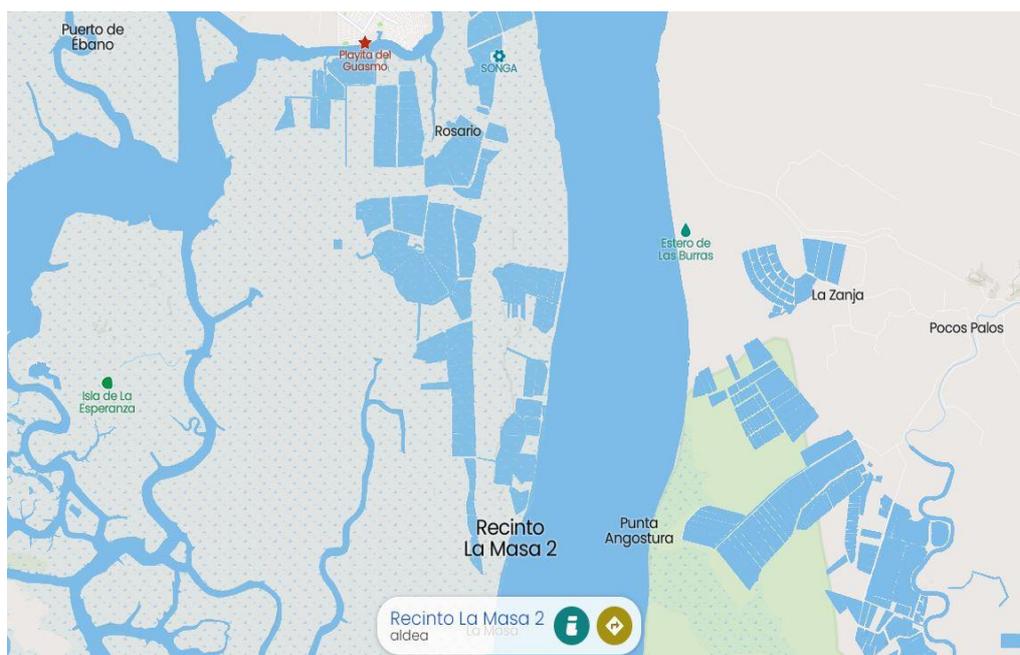


Figura 1 Ubicación del Recinto Masa II

Fuente: Mapcarta

Disponer del servicio básico de la electricidad es importante para el progreso de zonas rurales aisladas de las redes eléctricas estatales, debido a la ubicación geográfica que poseen estas zonas es difícil la implementación de proyectos eléctricos.

En el Golfo de Guayaquil, se encuentra ubicada en las coordenadas -23.844° (latitud) $-79,8602^{\circ}$ (Longitud) el recinto Masa II a 25.7 km del puerto principal del Ecuador, el acceso a este lugar se lo puede realizar vía marítima desde el muelle Caraguay con una duración de 50 minutos aproximadamente. Y desde vía terrestre se puede acceder ingresando por la camaronera Songa.

Los residentes del recinto Masa II están radicados en asentamientos rurales en el cantón de Guayaquil, en la desembocadura del Golfo de Guayaquil, provincia Guayas. Esta región del Ecuador tiene un clima tropical con dos variaciones estacionales muy marcadas; una estación lluviosa de enero a abril y la estación más seca de julio a octubre, con sus respectivos períodos de transición.

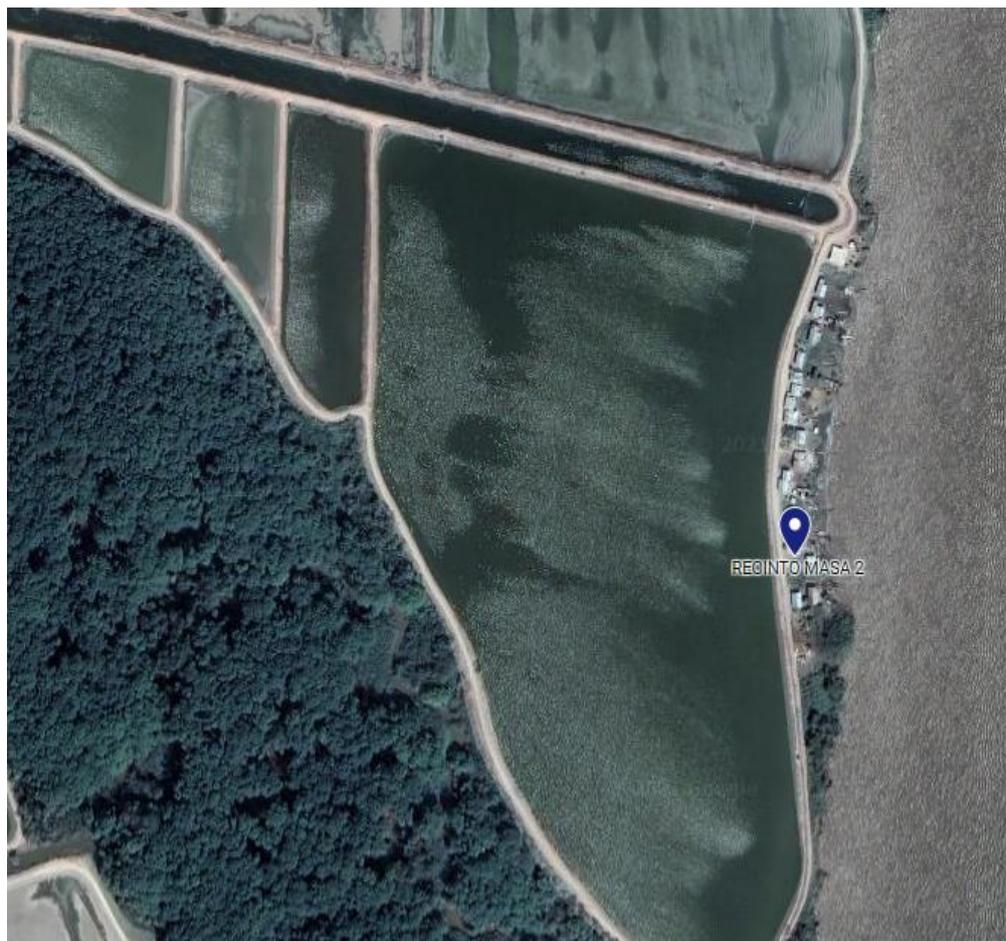


Figura 2 Recinto Masa II

Fuente: Mapcarta

El recinto Masa II esta apartado de la ciudad debido a su ubicación geográfica; lo que hace que carezca de servicios básicos como energía eléctrica, redes telefónicas servicio de alcantarillado y recolección de residuos sólidos, los moradores de la comunidad manifiestan que la única fuente que tienen para abastecerse de energía eléctrica es por medio de generadores eléctricos los cuales generan ruido además de los agentes contaminantes del oxígeno por el uso de combustibles fósiles sin olvidar que los gastos por mantenimiento son elevados.

Wilmar Suarez, en su artículo nos habla sobre la importancia de una correcta elección tecnológica para suministrar energía a zonas aisladas y difícil acceso es necesario involucrar a la comunidad que se beneficiará del proyecto, con el fin de ofrecer un servicio de calidad, eficiente y sustentable. [4]

1.2. Problema de estudio

La comunidad está conformada por 81 habitantes, que conforman 25 familias de los cuales 48 personas son de sexo masculino con los siguientes rangos de edades, 27 son mayores de edad, 2 son adolescentes y 19 niños. 33 personas son del sexo femenino, de las cuales 20 son mayores de edad, 4 son adolescentes y 9 niñas. [5]

Las viviendas donde habitan, la mayoría están construidas de bambú, y no poseen servicio eléctrico público, alumbrado, agua potable, servicio de aguas residuales públicos.

Con los precedentes mencionados surge la oportunidad de realizar un estudio aplicable a zonas rurales, donde se puede identificar la necesidad de una fuente de generación eléctrica, considerando las opciones de desarrollo local para establecer una metodología que facilite la estructuración de proyectos integrales, que aporten al avance para mejorar sectores aislados con responsabilidad ambiental.

Ante esta problemática surgió la necesidad de analizar, diseñar e implementar un sistema fotovoltaico piloto tomando como punto de estudio el recinto Masa II ya que no está conectado con las redes eléctricas convencionales; la falta de iluminación dentro del recinto afecta a los moradores al caer la noche.

1.3. Justificación

En el Ecuador es notoria la ausencia de energía eléctrica en las zonas rurales como es el caso del recinto Masa II, que es el motivo para ejecutar un análisis, diseño y estudio que permita la implementación de un sistema de generación fotovoltaico autónomo con el fin de aportar a mejorar su estilo de vida.

El crecimiento poblacional en el Ecuador cada vez se expande más en las zonas rurales; por ese motivo se realizó un estudio que pretende implementar un sistema de generación eléctrica con paneles solares que tenga la capacidad de

brindar electricidad renovable aprovechando que somos un país privilegiado al contar con niveles altos de radiación solar durante todo el año.

Se analizará, diseñará un sistema energía solar más idóneo para los moradores del recinto Masa II para así mejorar su calidad de vida, la implementación permitirá que ellos aprovechen el uso de la energía eléctrica para iluminar sus hogares y utilizar otros artefactos eléctricos.

En la página oficial de la ARCERNNR se encuentra publicado el informe de energía eléctrica correspondiente al mes de mayo del 2021, donde podemos conocer que el 60.73% corresponde al total de la energía eléctrica renovable y que solo el 0.32% corresponde a la energía solar (fotovoltaica).[6]

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Implementar un sistema de modulos solares fotovoltaicos para residencias aisladas, comprobando su correcto funcionamiento y evaluando su eficiencia energética.

1.4.2. Objetivos específicos

- Diseñar un sistema de energías renovables conformado de paneles fotovoltaicos para consumo residencial en zonas aisladas.
- Implementar y comprobar el correcto funcionamiento del sistema en su máxima demanda.
- Evaluar la eficiencia energética considerando (factor de calidad, ahorro energético, producción).

1.5. Metodología

- Emplearemos métodos cuantitativos y cualitativos en base a los datos recopilados a través de visitas al recinto Masa II, con el propósito de realizar un análisis mediante simulaciones ejecutadas en el software PVsyst para garantizar la viabilidad en la implantación de un sistema PV.
- Visita del recinto Masa II para exponer nuestro proyecto a los moradores por medio de un representante del recinto.

- Encuestar a los moradores del recinto Masa II para realizar un levantamiento de datos mediante un formulario diseñado, para conocer las necesidades de los habitantes y la percepción que tienen del proyecto a implementar.
- Elaborar el cálculo de demanda para determinar la potencia del sistema fotovoltaico a implementar.
- Diseñar planos eléctricos del Sistema Fotovoltaico para el recinto Masa II.
- Realizar cotizaciones de los diferentes elementos para implementar un sistema fotovoltaico.
- Emplear PVsyst como software de simulación para analizar los índices de radiación solar, calcular la de demanda de la vivienda, y validar si es factible el proyecto.

2 CAPITULO 2
MARCO TEÓRICO

2.1 Historia de la energía solar fotovoltaica

Alexandre Edmond Becquerel fue el primero en descubrir el efecto fotoeléctrico en (1838) basado en la conversión directa de la luminosidad en corriente eléctrica, utilizando semiconductores, años después, en (1877), un docente del King's College llamado W. G. Adams, junto con su estudiante R. E. Day, construyeron la primera célula PV con selenio. [7]

Un siglo después Gerald Pearson de Bell Laboratories registra la primera célula solar en (1953), seguidos por Daryl Chaplin y Calvin Fuller del mismo laboratorio, mejoraron la celda fotovoltaica y desarrollaron celdas solares basadas en silicio apta para proporcionar mayor cantidad de electricidad.

En el siglo XX, nacen las primeras empresas de energía solar, entre ellas Power Co, fundada por Frank Schuman en Tancony, Estados Unidos en 1911, con capacidad de generar 20KVA. [8]

En la actualidad la tecnología fotovoltaica está hecha de silicio cristalino, pero se están probando otros materiales de película delgada que podrían ganar una significativa participación de mercado en los siguientes años.

2.2 El sol

Es una estrella autoemisora ubicada a una distancia de 149.597.870 km de la superficie terrestre. La cual emite luz y calor al planeta Tierra. Dicha luz viaja esta distancia en un tiempo aproximado de 8', 19''.

Análisis realizados a su composición revelan que el 71% de su volumen es de hidrógeno, el 27% Helio, y el 2% lo forman otros compuestos más pesados. Su giro varía en un ciclo de 24 días en Ecuador y unos 36 días en los polos. La desigualdad en la marcha del giro juntamente con el desplazamiento de los gases ionizados, crea su estado magnético. Un aproximado del 99% de todo el material del Sistema Solar está contenida en el sol y su formación data entre 4567,9 y 4570,1 millones de años y tiene carburante para otros 5.000 millones más. Desempeña una fuerte captación gravitacional sobre los planetas y hace que roten alrededor de él. [9]

2.2.1 Ciclo solar

Se entiende por actividad solar al conglomerado de alteración espacio-temporales que se dan en el Sol, acopladas o tienen su interpretación en el estado magnético solar, son esencialmente alteraciones de energías y distintos parámetros que se perciben en las tres capas más evidente del Sol. [10]

- Fotósfera
- Cromósfera
- Corona.

Este evento se relaciona con fenómenos que se desplazan a la tierra formando grupos de radiaciones y partículas producidas por la llamada corona solar.

Aproximadamente cada década, el estado magnético del Sol evoluciona por completo, lo que significa que los polo norte y polo sur del Sol intercambia de posición, y tardan más o menos una década en retornar a sus posiciones originales. [11]

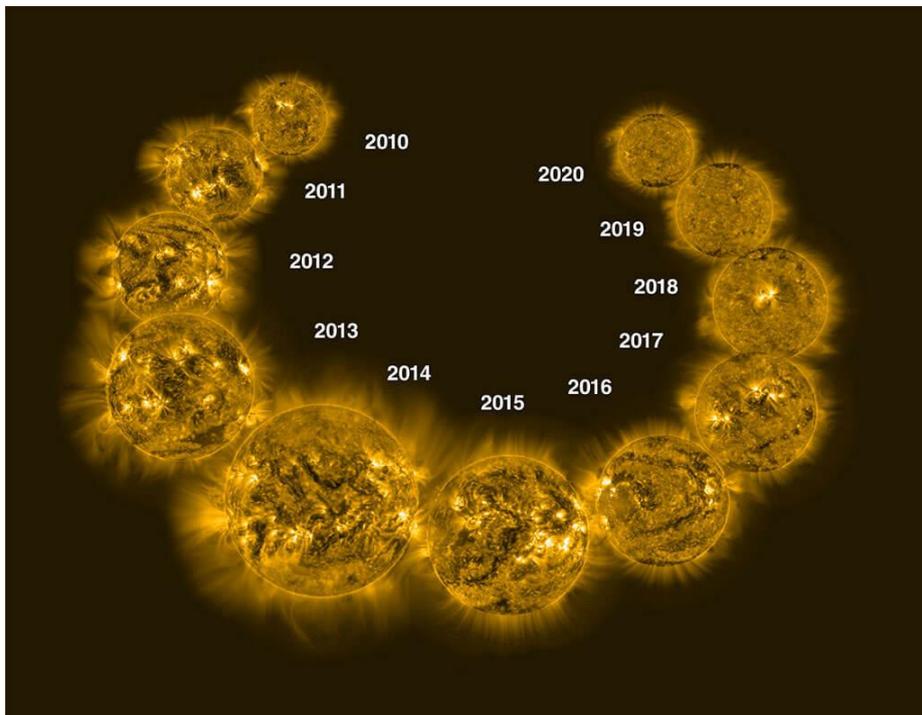


Figura 3 Ciclo solar

Fuente: spaceplace.nasa.gov

Según un equipo internacional de expertos, el número de manchas solares llegó a su etapa de cumplimiento en diciembre de 2019, poniendo fin al antiguo ciclo solar 24 desde entonces, el número de manchas solares ha ido en constante aumento, anunciando un nuevo ciclo solar 25. [12]

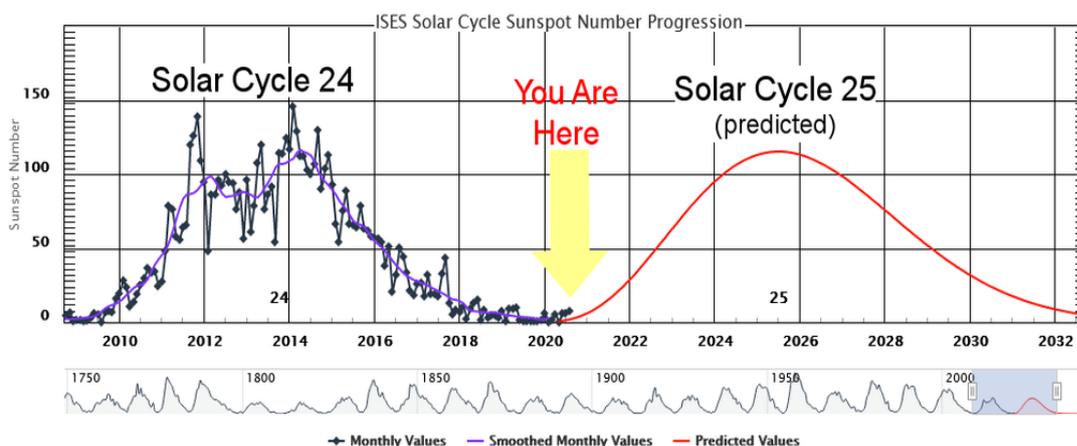


Figura 4 El ciclo solar 25

Fuente: tiempo.com

2.2.2 Manchas solares

Las manchas solares son zona oscuras dentro del sol, debido a temperaturas mas bajas a otras áreas; aun asi oscila entre los 6500 grados Fahrenheit. [13]

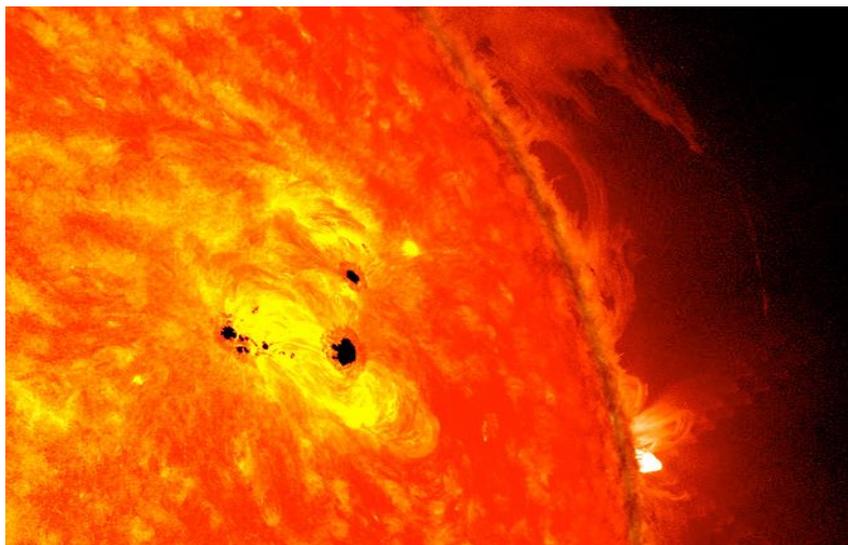


Figura 5 segmento del sol con manchas solares oscuras

Fuente: NASA/SDO/AIA/HMI/Goddard Space Flight Center

Son muy diferentes en tamaño y forma y pueden variar con el tiempo y dejar de ser visibles, puede distinguirse una sección gris en su interior denominada penumbra y tiene una estructura irregular. [12]

2.2.3 Radiación solar

Es la energía producida por los rayos del sol, que se dispersa en el espacio interplanetario a través de ondas electromagnéticas. Los rayos solares son absorbidos por los paneles fotovoltaicos, para producir energía limpia. Estos elementos semiconductores son capaces de generar electricidad al recibir grandes cantidades de radiación solar.

La unidad que se utiliza para medir los rayos solares que caen sobre la superficie terrestre es la irradiancia, la cual se obtiene en W/m^2 . [14]

2.3 Espectro electromagnético

Este fenómeno de distribución de energía está basado en ondas de los diferentes tipos de radiaciones, y su extensión de onda pueden alcanzar un intervalo enorme de hasta 22 órdenes de magnitud.

La parte de onda electromagnéticas que percible al ojo humano está en un pequeño rango del espectro que va desde los 380nm hasta llegar a 830nm. El rango para los rayos ultravioleta (UV) va desde los 10nm hasta alcanzar los 380nm. La radiación infrarroja (IR) está en el rango de los 830nm hasta superar los 400000nm. La radiación solar que recibimos en la Tierra abarca, en un 98%, de los 250nm a los 2500nm.

En conclusión además del espectro visible percibimos radiación ultravioleta e infrarroja. Su curva característica tiene la forma de un cuerpo negro, alcanzando su máximo en 555nm. [15]

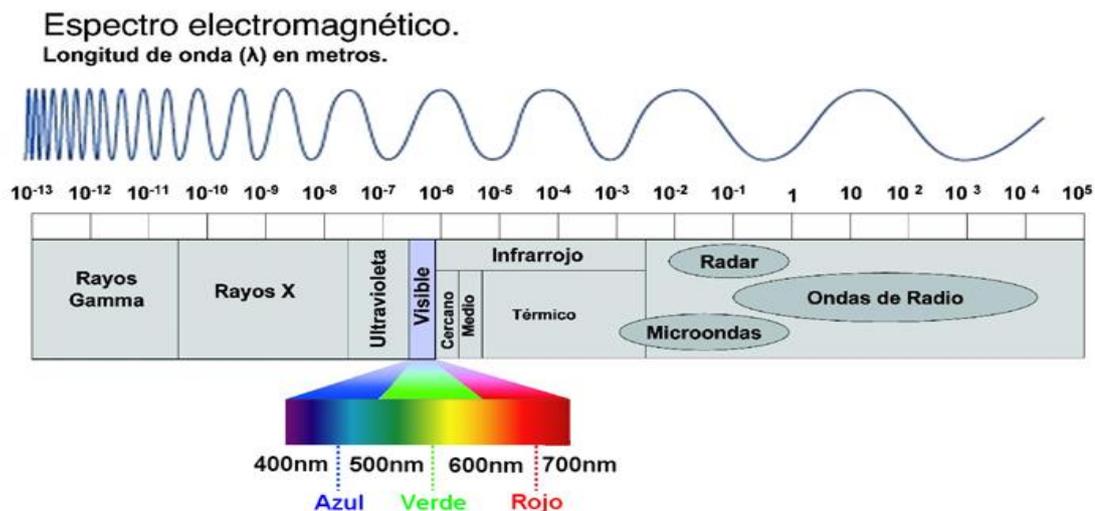


Figura 6 Espectro electromagnético de la radiación solar

Fuente: www.publico.es

2.4 Generación de la radiación solar

El sol es conocida como una estrella enana que se encuentra próxima al planeta tierra. Sus regiones interiores están fuera del alcance de la visión directa, y es aquí donde se dan temperaturas de unos 20 millones de grados, las cuales producen su energía en consecuencia de la actividad nuclear.

En su recubrimiento exterior se produce casi toda la radiación que se observa, se la conoce como fotosfera su temperatura es de 6000 K. Tiene una longitud de 200 a 300 km de ancho. Arriba está la cromosfera de unas 10.000 millas de ancho. Más allá está la corona solar, que es muy delgada y alcanza altas temperatura rodeando millones de km y se puede ver durante los eclipses totales.

Estos eventos nacen a diferentes profundidades, van siempre acompañados de emisiones energéticas superpuestas a la emisión primordial de la fotosfera, la causa de que el sol se marche levemente al emitir energía de un cuerpo negro en longitudes de onda cortas debido a la dispersión de rayos X y en longitudes de onda largas debido a los fenómenos señalados, resaltando que la emisión no es la misma cuando el sol está calmado que cuando está dinámico. [16]

2.4.1 Tipos de radiación solar

Durante su recorrido a la tierra, la radiación solar sufre varios fenómenos que cambian la forma que llega la energía, dichas alteraciones se conocen como:

- **Directa:** Esta forma de radiación solar no varía en su trayectoria, cuando llega a la superficie terrestre, es una radiación que se obtiene completamente completa y limpia.
- **Difusa:** Este tipo de rayo solar durante su trayectoria a la tierra ha sufrido diversas alteraciones y desviaciones.
- **Incidente:** Este tipo de radiación solar tiene su singularidad debido a la radiación que penetra a la tierra que no es inmediata, sino que está controlado por fenómenos que se encontraban en el viaje de la radiación y que atraen fracción de su energía.
- **Reflejada:** Se basa en la radiación incidente, y su reflejo se da a la superficie terrestre por el efecto del albedo, es decir pequeños o grandes reflejos de radiaciones sobre cualquier superficie.
- **Absorbida:** Este tipo de radiación es absorbida por la tierra aportando a su calentamiento.
- **Global:** El total de los diferentes tipos de radiaciones anteriores es conocida con radiación solar.

2.4.2 Radiación solar según los rayos

Las radiaciones emitidas por el sol presentan distinto modelo de rayos, entre los cuales tenemos:

- **Rayos infrarrojos (IR):** Constituyen el 49% de los rayos que forman la radiación y su función principal es la de generar calor.
- **Rayos visibles (VI):** Constituyen el 43% proporcionando luz que es perturbadora para la vista de las personas.
- **Rayos ultravioletas (UV):** Constituyen el 7% del total de los rayos, los cuales tienen una subclasificación.
- **Los UVA:** Puede desplazarse por la atmósfera y alcanzar toda la superficie de la tierra.

- **Los UVB:** Principalmente la encontramos en la region ecuatorial ya que se le incomoda presentarse en la superficie de la tierra.
- **Los UVC:** Los rayos ultravioleta no los encontramos en la atmósfera, por que son absorbido por el oxigeno y el ozono en la estratosfera.

2.5 Sistemas FV

Los sistemas FV son arreglos de elementos que nos permiten transformar, energía solar en electricidad, dicha energía puede ser canalizada por los siguientes modelos de sistemas fotovoltaicos: [17]

- Sistemas conectados a la red (SFCR),
- Sistemas híbridos (SFVH)
- Sistemas aislados (SFVA).

2.5.1 Sistemas fotovoltaicos conectado a una red.

Un SFCR está conformado por un generador FV combinado con un inversor el cual funciona en conexión paralela de la red electrica.

La energía que genera por este medio servicio es aprovechada por los consumidores más cercano, y la energía restante se inyectará al sistema público para ser repartida a otros beneficiarios. [18]

Según Cornejo, Hèctor [19] los SFCR son unas de las forma de energía solar FV que está en crecimiento durante esto ultimos tiempos, dando un alto logro de beneficio en lugares con crecimiento aledaño a las redes eléctricas convencionales. En Ecuador se trabaja con CA, con voltajes monofásicos y trifásicos, a 60 Hz de frecuencia.

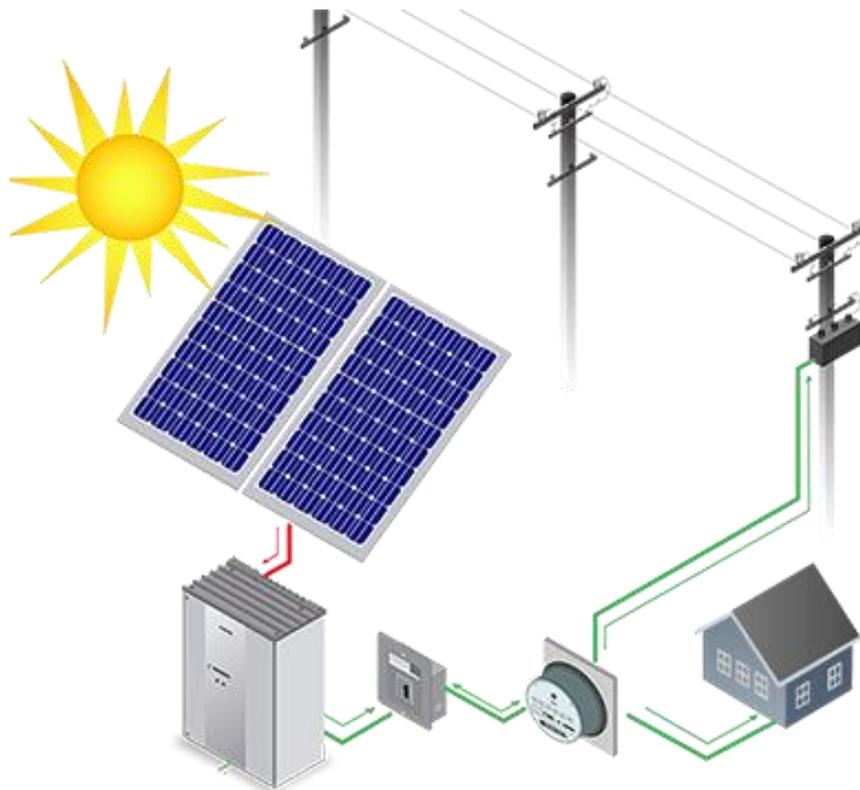


Figura 7 Sistema Fotovoltaico de conexión a la red

Fuente: www.iemsolar.com.mx

2.5.2 Sistemas fotovoltaicos híbridos

Un sistema de generación híbrido son amplio y llegan a abarcar diversos tipos de fuentes de energías sean estas renovables o no renovables, con la finalidad de garantizar la prolongación del abastecimiento eléctrico. Entre las configuraciones típicas de sistemas híbridos tenemos:

- Más de una unidad de producción de energía con fuentes renovables
- Mas de una fuente de producción convencional
- Sistemas de recolección de tipo mecánico, electroquímico o hidráulico
- Sistemas de condicionamiento de la potencia

Debido a que las unidades de energías de fuente renovables pueden ser irregulares, razón por la cual es conveniente integrar diferentes fuentes de energía con el fin de mitigar las irregularidades y convertirlas en sistemas más estables de energía. [20]

Estos pueden ser conectados a la red o aislados.

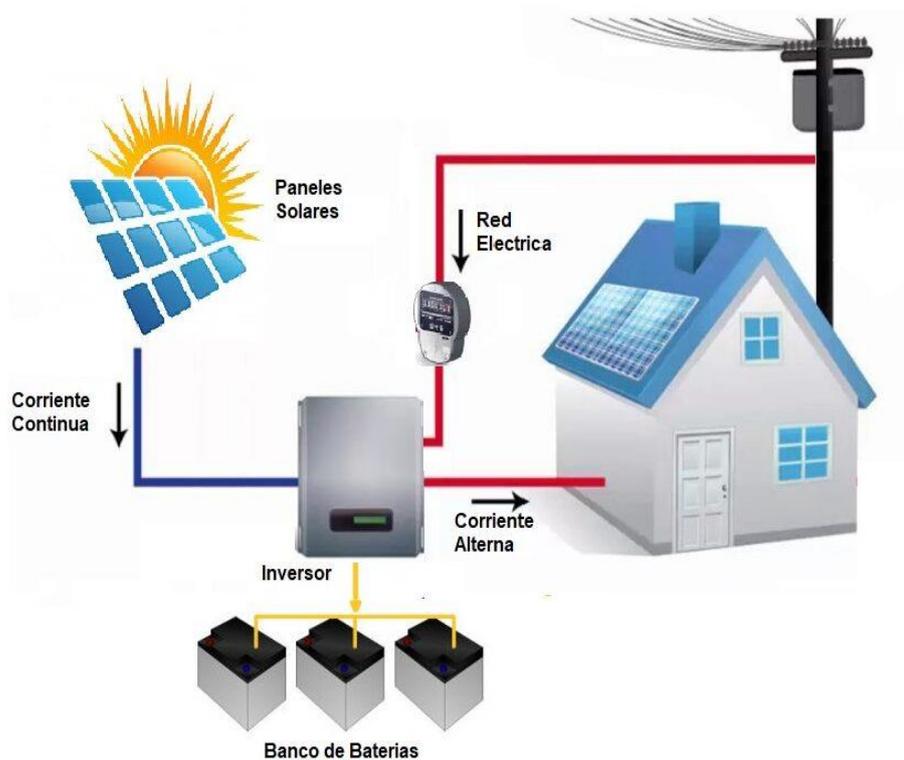


Figura 8 Sistema Fotovoltaico Híbrido

Fuente: www.solartech-energy.com.ar

2.5.3 Sistema FV autónomo

Este tipo de sistema es aquel que produce energía limpia sin conectarse al servicio eléctrico público, usualmente son sistemas de baja potencia y su aplicación esta generalmente basada en cualquier sitio que no exista energía eléctrica convencional, además de ser aplicable en el área de telecomunicaciones, redes VSAT, alumbrado público, señalización, bombeo de agua, telemetría y otros usos.

En este tipo de uso la corriente que producen las células solares es guardada en las baterías por medio de un convertidor de carga, el mismo que es el encargado de controlar el voltaje y la corriente del sistema de acuerdo con sus características, luego por medio de un inversor será transformada en corriente alterna si fuere necesario para satisfacer las necesidades y condiciones de las cargas. [21]

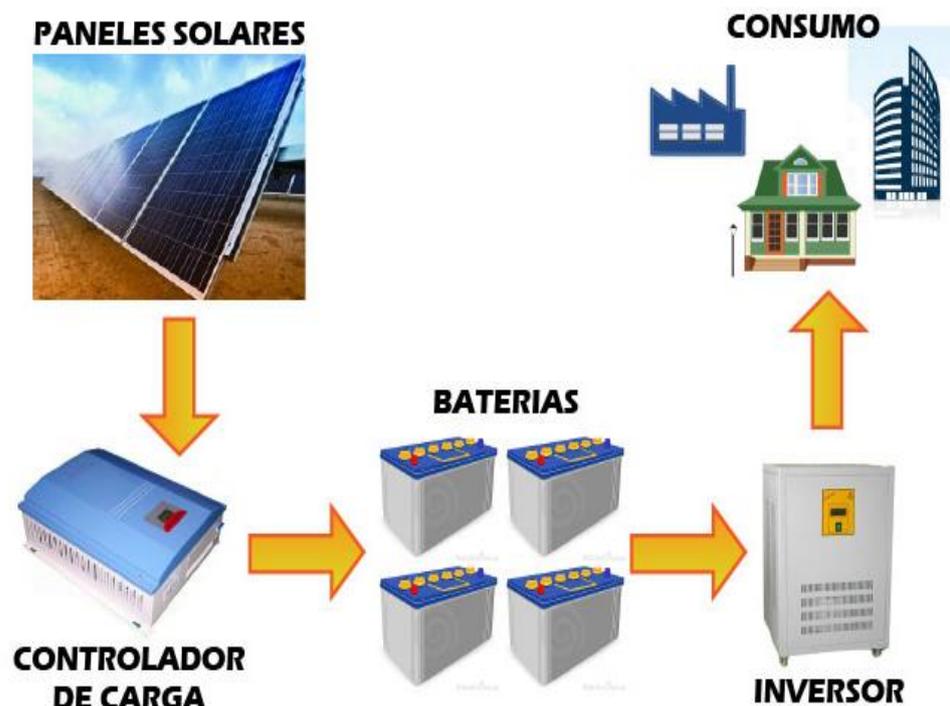


Figura 9 Sistema Fotovoltaico autónomo

Fuente: www.ambientesoluciones.com

2.6 Paneles fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos son componentes esenciales de los sistemas solares fotovoltaicos, estos dispositivos aprovechan la radiación de los rayos solar, están constituidos de numerosas celdillas fotovoltaicas siendo esta su unidad básica.

Se conoce como celdas fotovoltaicas al mecanismo formado por metales sensibles cuando los rayos de luminosidad inciden sobre ellos, al ocurrir esto genera electricidad. Estas células la fabrican a con material seleccionado de silicio y unos aditamentos de mezcla de algunas composiciones químicas, generando cada una de estas celdas un promedio entre 2 - 4 Amperios, y una tención de 0,46 - 0,48 Voltios. [22]

En su document p Lozano-luna, D [23] no dice que la eficiencia de los paneles solares se basa principalmente en su capacidad para cambiar la energía del sol en electricidad, esto se determina a través de la teoría de Shockley y Queisser, la misma que nos menciona que la corriente generada por la célula FV esta

definida por una desigualdad en el número de fotones atraídos y enviados por el panel.

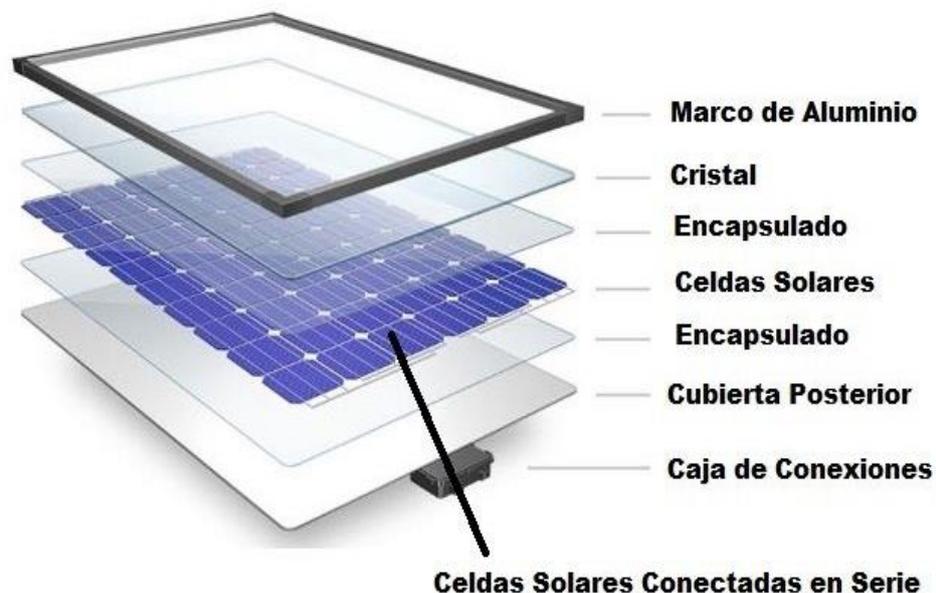


Figura 10 Partes de un panel solar fotovoltaico

Fuente: www.saveenergysolar.com

2.7 Modelos de paneles fotovoltaicos

Comercialmente tenemos diferentes modelos y tipos de células solares fotovoltaicas para el uso que se requiera, entre estos tenemos los más conocidos:

- Paneles monocristalinos.
- Paneles policristalinos.
- Paneles de capa fina.

La pureza del silicio empleado en su fabricación es lo que hace la diferencia entre los diferentes tipos de paneles fotovoltaicos. Por lo que mientras mejor sea seleccionado el silicio, más alineadas estarán sus moléculas, lo que permite convertir la energía solar en electricidad con mayor rapidez. [24]

2.7.1 Paneles monocristalinos de silicio

Son fabricados en forma de bloques cilíndricos de silicio o ingots y son fáciles de reconocer por sus esquinas redondeadas.

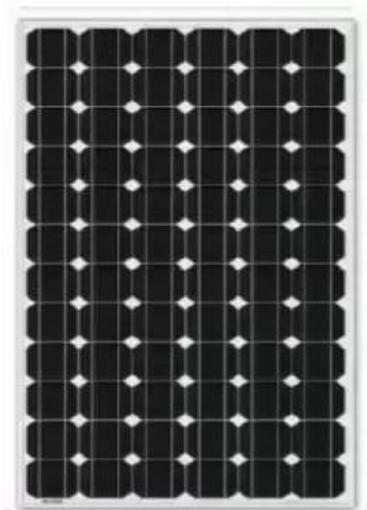


Figura 11 Panel solar monocristalino de silicio.

Fuente: www.energysolar.com

2.7.2 Paneles policristalinos de silicio

Para la elaboración de este producto primero se derrite el silicio luego se hacen los moldes cuadrado, se lo deja enfriar para después proceder con los corte en rebanados perfectamente cuadrado.

1981 apareció en el mercado el primer panel solar policristalino.

Los paneles solares fotovoltaicas de tipo policristalinos su precio es más económicas. Pero poseen una menor tolerancia al calor lo que reduce su eficiencia.

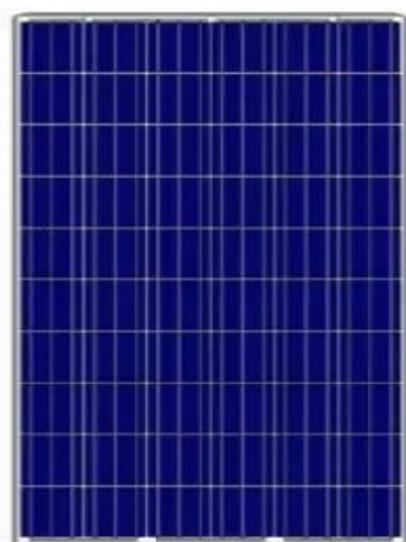


Figura 12 Panel solar fotovoltaico policristalino de silicio

Fuente: www.energysolar.com

2.7.3 Módulos FV de capa fina

La principal características de estos modulos poner varias capas de material FV en la misma base. Se pueden distinguir modulos de capa fina fabricados de a-Si, de CdTe, de cobre, indio, galio y GIS/CIGS o pueden ser células PV orgánicas . [25]



Figura 13 Panel solar fotovoltaico de capa fina

Fuente: www.energysolar.com

2.7.4 Módulos solares híbridos

Los módulos solares híbridos están compuestos de tecnología FV y térmica en un solo panel, A diferencia de los modulos FV y térmicos convencionales que son instalados de manera individual, siendo así que logran conseguir la forma de de generar electricidad y calor de forma simultanea. [26]



Figura 14 Panel solar hibrido

Fuente: www.endef.com

2.7.5 Modelos de paneles solares hibridos

Entre variedad de módulos fotovoltaicos, encontramos diversos tipos de paneles solares, pero son 3 los más usado en el desarrollo de los sistemas solares fotovoltaicos hoy en día, hay algunos más, aunque no los describiremos, ya que normalmente no se instalan en la actualidad. [24]

- **Modulo PV híbrido de generación.-** Es un modelo elemental desarrollado por el mercado de células híbridos, su estructura está formada por un conjunto de celdillas fotovoltaicas, un aspirador de calor y un cajón de empalmes para las conexiones eléctricas. [26]
- **Modulo PV híbrido de 1ª generación.** – Para esto modelo de paneles se añade una tapa trasera que cumple la función de retener el calor impidiendo que se extinga por la parte trasera.
- **Modulo PV híbrido de 2ª generación.** - La característica mas sobresaliente de este modelo es la adaptación de una carcasa transparente en el frente, para reducir la pérdida de calor en el panel frontal.

2.8 Baterías

Las baterías para uso en sistemas fotovoltaicos su principal función es de recibir y almacenar energía proveniente de las células solares para después poder ser utilizada en cualquier momento que sea requerido.

Su unidad de medida está definida como la agrupación de energía eléctrica que puede obtenerse durante una descarga, dicha unidad de servicio se da en amperios sobre hora (Ah). [21]

2.9 Tipos de baterías

Baterías de plomo ácido abierto.- Está formada por seis placas de plomo con conexión serie, sumergidas en H_2SO_4 . Entre los elementos que componen la batería tenemos electrodo polarizado de forma negativa y positiva alternado en el interior de la batería. Es frecuentemente utilizada en arranque de motores y son de bajo costo. [27]

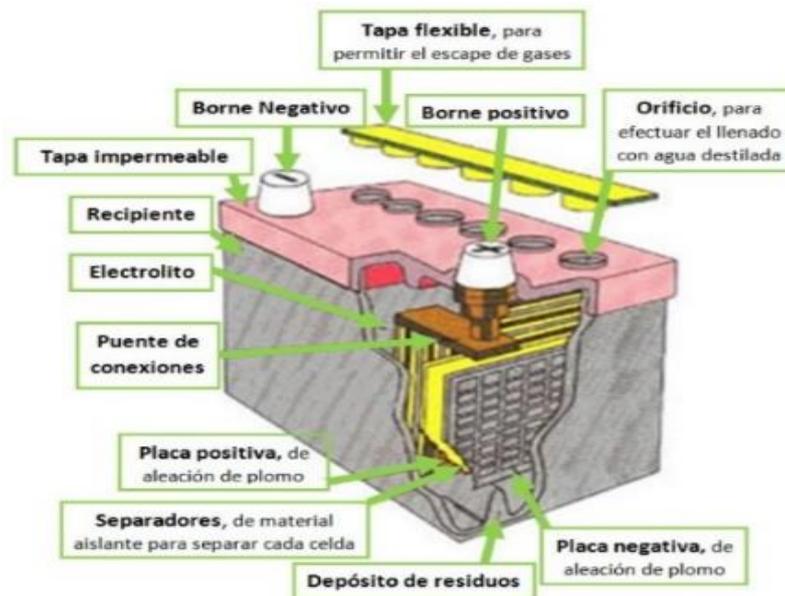


Figura 15 Batería de plomo-ácido

Fuente: www.generatuluz.com

Baterías AGM.- Esta tecnología permite que los paneles de plomo de esta batería absorban como mayor rapidez el ácido. Su principal característica es que son libres del mantenimiento, por su ingeniería que es totalmente sellada por lo que su transportación es simple.

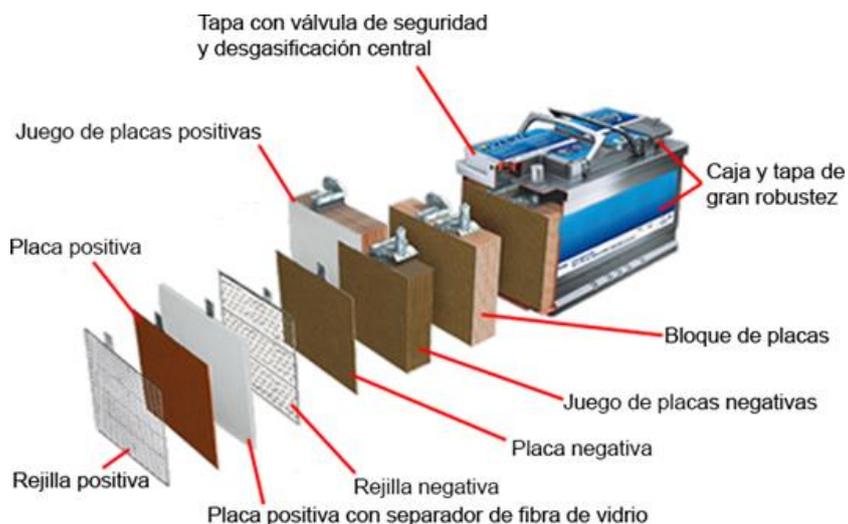


Figura 16 Batería AGM

Fuente: www.blogmecanico.com

Baterías gel.- Las baterías de gel son útiles para instalaciones solares autónomas o aisladas de la red, destacan por su durabilidad, libres de mantenimiento y sin emisiones nocivas. Las propiedades de una batería de gel le permiten funcionar bien en instalaciones móviles como caravanas o barcos. [28]

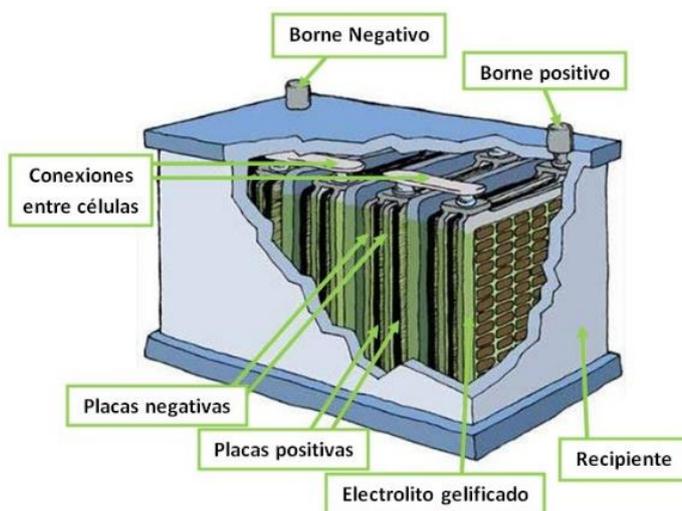


Figura 17 Batería Gel

Fuente: www.generatuluz.com

Baterías estacionarias.- Su principal característica está basada en la carga continua gracias a un regulador de carga que detecta cuando se produce una descarga. Se pueden agrupar baterías estacionarias OPzV con baterías OPzS y TOPzS. [29]



Figura 18 Batería estacionaria

Fuente: www.autosolar.com

Baterías de litio.- Este tipo de baterías tienen una mayor vida útil y su carga es mucho más rápida que otro tipo de baterías, pueden llegar a tener descargas del 100% o del 50% sin verse afectada ya que no les afecta el efecto memoria. Los atributos físicos de las baterías de litio se diferencian de otras, pero logran una mayor autonomía, son livianas por lo que también son más simple de transportar. Son libres de mantenimiento y no es contaminante por lo que se puede colocar en sitio de poco flujo de aire. [30]



Figura 19 Batería de litio

Fuente: www.teknosolar.com

2.10 Inversor

Estos dispositivos se emplean en la implementación de los sistemas solares fotovoltaicos, su función está basada en convertir la corriente continua, en corriente alterna. [21]

Existen dos clases de inversores:

Inversor de Honda modificada.- El inversor de onda modificada es un dispositivo energético para demandas reducidas, simula electrónicamente ondas de corriente que produce ondas cuadradas. [31]

Inversor de honda Sinusoidal.- A diferencia de los inversores anteriores, este inversor genera ondas de corriente muy precisas y de alta calidad. Están diseñados para alimentar todo tipo de dispositivos electrónicos, satisfaciendo necesidades de energía más amplias. [31]



Figura 20 Inversor

Fuente: www.areatecnologia.com

2.11 Regulador de carga

Los reguladores de carga son equipos electrónicos que permiten dirigir la fuerza de la corriente que alimenta las baterías con la finalidad que tengan un correcto uso del almacenamiento de energía y poder alargar la vida útil.

Este componente es ampliamente empleado en sistemas de energía solar fotovoltaica. También es conocido como controlador de carga. [32]

Funciones

1.- Vigila el voltaje de las baterías, ya sea regulando el excedente de carga o la sobredescarga, aplicando los siguientes criterios de voltaje:

- Voltaje de corte por exceso de carga
- Voltaje de rearme de carga

- Voltaje de corte por sobredescarga
- Voltaje de rearme por exceso de carga descarga

2.- Optimiza las condiciones de carga

3.- Controla el estado de las cargas conectadas en la salida.

4.- Otras actividades que pueden cumplir es la Cargas de ecualización.

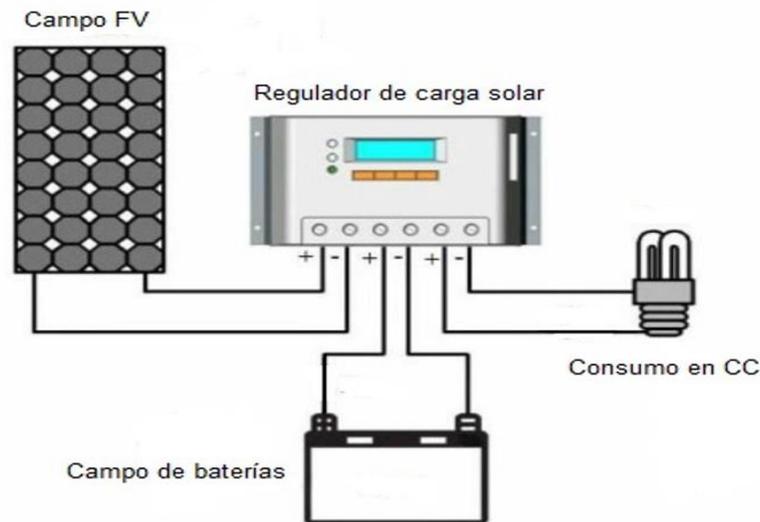


Figura 21 Controlador de carga

Fuente: <https://energitysa.com/blog/regulador-de-carga-solar-2/.com>

2.11.1 Regulador tipo MPPT

Un regulador MPPT incluye un transformado de voltaje CC-CC y un seguidor de potencia aparte del diodo de protección, lo que le permite operar a diferentes tensiones en el ámbito de las baterías y celdas FV. Además de adaptar la tensión para brindar mejores resultados.

Consecuentemente, en los reguladores MPPT la energía de entrada sera igual a la salida, pero cambia la tensión y la corriente de un lado a otro. Esto permite incrementar el voltaje del panel solar hasta el 30% de la producción, en comparación a los reguladores solares PWM, sin embargo su costo es superior. [33]



Figura 22 Controlador de carga tipo MPPT

Fuente: www.todosolarchile.cl

2.11.2 Regulador tipo PWM

Se trata de reguladores sencillos que hacen las veces de interruptores entre paneles fotovoltaicos y el sistema de almacenamiento. El regulador obliga a las células fotovoltaicas, trabajar con voltaje de batería, sin ninguna instalación extra. Por ejemplo: si tenemos una batería de 12 Voltios, los paneles cargaran la misma con tensión de 12 V. [34]

Una de las ventajas de estos reguladores es su simplicidad, sus costos son bajos y de facil manipulacion. Los podemos encontrar con intensidades que van desde los 10A hasta los 60A. Existen modelos que pueden incluir una función pasiva de enfriamiento térmico.



Figura 23 Controlador de carga PWM

Fuente: www.saclimafotovoltaica.com

2.12 Uso de software para proyectos fotovoltaicos

Los utilitarios de software son utilizados para el desarrollo de proyectos de ingeniería en diversos sectores. Particularmente en la ejecución de proyectos con fuentes renovables (térmica, solar, eólica...), estas herramientas nos facilitan el acceso a bases de datos geográficas de todo el mundo, permiten conocer los niveles de radiación, escoger el mejor ángulo de inclinación, seleccionar los necesarios para la simulación de un proyecto fotovoltaico y generar reportes de manera oportuna y eficaz. Cuando hablamos de energía solar, podemos decir que existen diversos softwares que ayudan evaluar y medir las conexiones de los circuitos y su productividad. Considerando ejemplos representativos como PVGIS, PVSYS o Censol. [35]

Diversos programas están enfocados en las etapas de diseño de instalación conociéndose con ciertos detalles.

Tenemos como característica básica: el emplazamiento de los componentes (inversores y paneles en funcionamiento), considerada como característica constructiva en el proceso del tendido de los conductores para la distribución de los circuitos la mismas que están diseñadas para desarrolladores de proyectos con experiencia en este campo.

2.12.1 PVSYST

PVsyst es una herramienta informática utilizada en el ámbito profesional por investigadores, ingenieros y arquitectos. Siendo también una herramienta educativa muy útil para modelar, calcular y simular sistemas fotovoltaicos. Dentro de sus funciones expresa el menú contextual que desarrolla procesos y ejemplos que se aplica, a la vez que brinda un enfoque fácil de emplear, siendo una guía en el desarrollo de un esquema. Esta herramienta permite ingresar los valores meteorológicos o datos únicos de diversos orígenes. [36]

Grid system definition, Variant VCO: "First simulation: simple system without perturbations"

Sub-array

Sub-array name and Orientation
 Name: PV Array
 Orient: Fixed Tilted Plane
 Tilt: 25°
 Azimuth: 20°

Presizing Help
 No sizing Enter planned power: 15.1 kWp
 Resize ... or available area(modules): 125 m²

Select the PV module
 Available Now: Filter: All PV modules Maximum nb. of modules: 85
 Generic: 190 Wp 22V Si-poly Poly 190 Wp 54 cells Since 2015 Typical
 Use optimizer
 Sizing voltages: Vmpp (60°C) 22.0 V
 Voc (-10°C) 36.8 V

Select the inverter
 Available Now: Output voltage 230 V Mono 50Hz
 Generic: 4.2 kW 125 - 500 V TL 50/60Hz 4.2 kWac inverter Since 2012
 Nb. of inverters: 3
 Operating voltage: 125-500 V Global Inverter's power: 12.6 kWac
 Input maximum voltage: 700 V "String" inverter with 2 inputs

Design the array
Number of modules and strings
 Mod. in series: 13 between 6 and 18
 Nb. strings: 6 between 5 and 6
 Overload loss: 0.0%
 Pnom ratio: 1.18
 nb. modules: 78 Area: 115 m²

Operating conditions
 Plane irradiance: 1000 W/m²
 Vmpp (60°C): 286 V
 Vmpp (20°C): 346 V
 Voc (-10°C): 478 V
 Impp (STC): 43.8 A
 Isc (STC): 46.9 A
 Isc (at STC): 46.9 A

Max. in data
 STC
 Max. operating power at 1000 W/m² and 50°C: 13.2 kW
 Array nom. Power (STC): 14.8 kWp

List of subarrays

Name	#Mod #Inv.	#String #MPPT
PV Array		
Generic - Poly 190 Wp 54 cells	13	6
Generic - 4.2 kWac inverter	3	1

Global system summary

Nb. of modules	78
Module area	115 m²
Nb. of inverters	3
Nominal PV Power	14.8 kWp
Maximum PV Power	13.8 kWDC
Nominal AC Power	12.6 kWAC

System overview Simplified sketch Cancel OK

Figura 24 Software Pvsyst

Fuente: www.pvsyst.com

3 CAPITULO 3
IMPLEMENTACION DE SISTEMA FOTOVOLTAICO
AISLADO DE LA RED PUBLICA, CON UNA CARGA DE 200

3.1 Diseño

El propósito del presente proyecto es implementar un sistema solar fotovoltaico independiente en la comunidad Masa II, tomando como referencia las características técnicas y ventajas presentadas por los distintos modelos de sistemas fotovoltaicos mencionados en el capítulo 2.

Como se mencionó en el capítulo 1 esta comunidad no cuenta con el servicio de energía eléctrica de la red estatal, por encontrarse ubicada en un área geográficamente aislado, este sector aislado que carecen de energía eléctrica, lo cual imposibilita o requiere de una gran inversión por parte de la empresa eléctrica publica para dotar de este servicio a los moradores de esta comunidad.

Para realizar cualquier diseño basado en una implementación eléctrica es necesario primero obtener datos que nos facilite realizar el correcto dimensionamiento de los diferentes elementos de nuestro sistema fotovoltaico, para ello se evaluó cual se evaluará los siguientes aspectos: el lugar idóneo para la ubicación de los diferentes componentes que compondrán el sistema fotovoltaico, la capacidad del panel solar, el regulador a utilizar, el inversor, el banco de baterías según la autonomía que se vaya proporcionar en días nublados.

También es necesario mencionar que los habitantes de la comunidad Masa 2 para poder electrificar sus viviendas utilizan generadores eléctricos residenciales, los cuales le permite tener energía eléctrica de 2 a 4 hora diarias y representa los siguientes gastos por el uso del generador:

Cant	Descripción de la carga	Potencia Eléctrica	Demanda máxima (W)	Uso diario (horas)	Demanda Total (Wh)
1	Televisor	100	100	3	300
1	Foco led	45	45	4	180
1	Celular	5	5	2	10

		Total Potencia (W)	150	Total Energía (Wh)	490
--	--	-----------------------------------	------------	-----------------------------------	------------

Tabla 1 Gasto ocasionados por uso de generador para electrificación de vivienda

Fuente: los autores

Item	Diario	Semanal	Mensual	Anual
Combustible	3.00	21.00	90.00	1080
Aceite	-	-	5.00	60
Bujías	-	-	-	6
Mantenimiento	-	-	-	150
Total \$	3.00	21.00	95.00	1296

Tabla 2 Gastos ocasionados por uso de generador para electrificación de vivienda

Fuente: los autores

FICHA TÉCNICA DEL GENERADOR	
Generador a Gasolina Marca PTK	GG 2/17 335 6.5 HP
Frecuencia	60 Hz
Cilindrada	210 cc
Potencia Máxima	3,3 kW
Potencia Continua	3,1 kW
Velocidad	n ₀ =3600/min
C.C	12 V – 8 A
Cap. Dep. combustible	15L
Tiempo de Trabajo Continuo	10hs
P. del Motor	6.5 HP
Peso	46kg – 101lb
Sistema de encendido	Manual
Indicado nivel de aceite	Si
Índice de Protección	IP23M
Aislación	Clase I

Tabla 3 Características técnicas del generador

Fuente: Los autores



Figura 25 Generador eléctrico

Fuente: Los autores

3.2 Uso de la energía

Se plantea la siguiente tabla para detallar los diferentes dispositivos eléctricos e indicar la cantidad de horas que se utiliza diariamente, sobre los cuales realizara el dimensionamiento del SFV para garantizar un correcto uso de energía eléctrica, bajo estos criterios aseguramos un funcionamiento perfecto del sistema, si no se siguen estas recomendaciones se pueden presentar fallas en cualquiera de los elementos del servicio fotovoltaico causando incomodidad a los beneficiarios.

Cant.	Descripción de la carga	Potencia Eléctrica	Potencia Instalada (W)	Uso diario (horas)	Demanda diaria (Wh)	Demanda Mensual (Wh)
1	Televisor	100	100	5	500	1500
5	Foco led	9	45	4	180	5400
1	Celular	5	5	2	10	300
1	Radio	20	20	3	60	1800

1	Otros	30	30	2	60	1800
Totales			200	-	810	10800

Tabla 4 Uso de la potencia y energía diaria

Fuente: Los autores

Potencia Total de la vivienda: 200 W

Energía Total de la vivienda: 810 Wh/día

Distribución de los diferentes circuitos de la vivienda:**Circuito 1 de alumbrado**

5 focos led = 9W

Circuito 2 de tomacorriente.

1 televisor = 100W

Circuito 3 de tomacorriente.

Celular = 5W

Radio = 20W

Otros = 30W

3.3 Obtencion de tados metonorm

Es primordial obtener los datos meteorológicos del sitio donde será instalado el sistema fotovoltaico para así elegir los componentes adecuados para las condiciones ambientales del lugar, en este caso los datos son de la comunidad Masa II.

COORDENADAS DE LA COMUNIDAD MASA II

Lugar: Recinto Masa II

País: Ecuador

Región: América del sur

Latitud: -2.3844°

Longitud: -79.8602°

Altitud: 8 msnm

Zona: -5 GMT
 Albedo: 0.20
 Humedad relativa: 86 %
 Precipitaciones: 885 mm/año (promedio)
 Radiación solar: 1 kWh/m²(año)

	Irradiación Horizontal Global	Irradiación difusa horizontal	Temp.	Velocidad del viento	Humedad relativa
Mes	kWh/m²/día	kWh/m²/día	°C	m/s	%
Enero	4.38	2.54	26.5	1.30	71.1
Febrero	4.38	2.63	26.3	1.00	77.1
Marzo	4.79	2.89	26.9	1.10	75.1
Abril	5.02	2.61	26.6	1.19	75.1
Mayo	4.68	2.44	26.3	1.50	72.5
Junio	3.92	2.31	24.7	2.10	74.1
Julio	3.95	2.48	24.3	2.40	72.2
Agosto	4.00	2.64	24.0	2.80	71.4
Septiembre	4.23	2.30	24.0	2.90	71.0
Octubre	3.18	2.35	24.4	2.79	69.9
Noviembre	3.14	2.28	24.6	2.71	69.7
Diciembre	4.34	2.93	26.4	2.19	64.7
Total	1520.7	924.5	25.4	2.00	72.0

Tabla 5 niveles de irradiación anual en masa 2

Fuente: Pvsyst – Base de datos Meteonorm

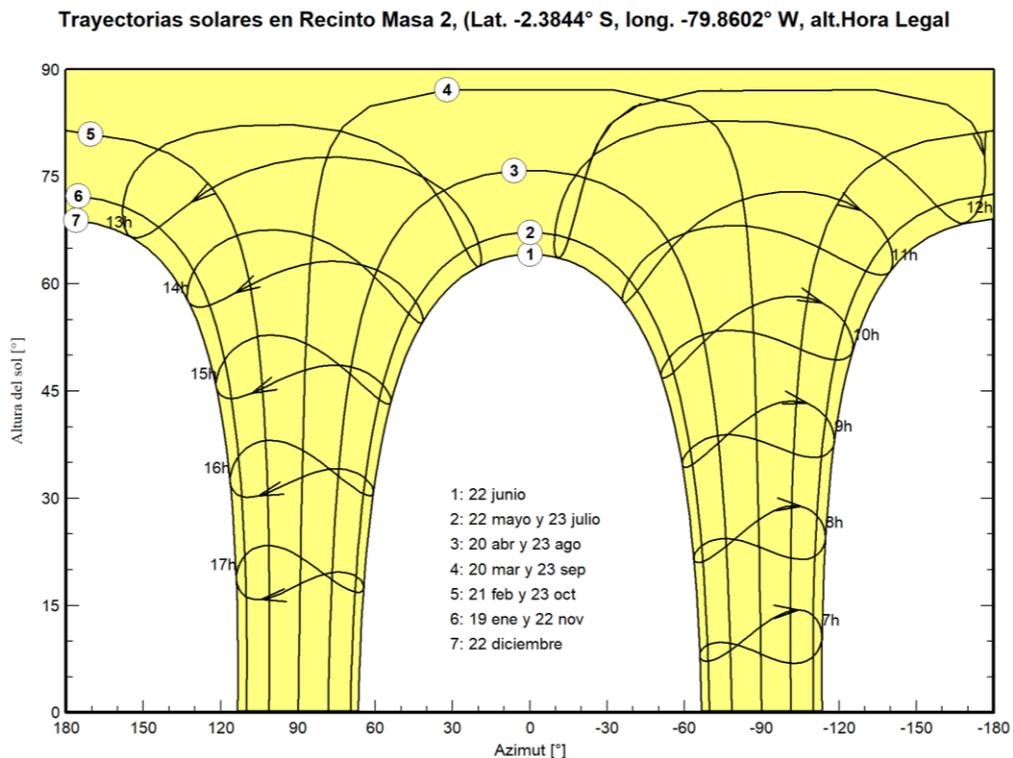


Figura 26 Trayectoria solares simulado en Pvsyst

Fuente: Los autores

3.4 Estudio de dimensionamiento

El análisis de este estudio debe garantizar que la generación energética del SFV abastezca la demanda programada en la vivienda para ello es imprescindible el correcto funcionamiento de los diferentes elementos que conforman el servicio de la generación solar.

3.4.1 Dimensionamiento de paneles solares

El correcto dimensionamiento del panel solar es la base para reducir el costo de la inversión inicial, por lo cual procedemos a calcular cuantos paneles se emplearán en nuestro proyecto y lo realizamos aplicando las siguientes formulas:



Figura 27 Panel Solar JKM405M-72H-V

Fuente: www.jinko.com

Jinko Solar JKM405M-72H-V	
P. Nominal max.	405Wp
T. Pmax-VMPP (V)	42.0V
C. en el punto Pmax-IMPP (A)	9.65A
VOC (V)	50.1V
ISC (A)	10.48A
η del panel (%)	20.13%
Temp. de trabajo (°C)	-40°C~+85°C
T. max. del sistema	1500VDC (IEC)
Fusible recomendado	20A
Tolerancia de NHP (%)	0~+3%
C.T. de PMAX	-0.36%/°C
C.T. de VOC	-0.28%/°C
C.T. de ISC	0.048%/°C
Temperatura operacional nominal de célula	45±2°C

Tabla 6 Especificaciones técnicas del panel

Fuente: Jinko Solar Holding- Fabricante

Producción Eléctrica del Módulo Fotovoltaico

$$E_{pf} = P_{max f} * HSP$$

Donde:

E_{pf} = Energía producida del modulo fotovoltaica.

$P_{max f}$ = Potencia maxima del modulo fotovoltaica

HSP = Hora solar pico

$$E_{pf} = 405W * 3.14 = 1271.7Wh$$

Consumo Máximo de energía en la vivienda

$$E_{maxv} = 1.2 * C_{total}$$

Donde:

E_{maxv} = Energía maxima consumida por la vivienda

C_{total} = Consumo total neto de energia por la vivieneda

1.2 = Factor de reserva

$$E_{maxv} = 1.2 * 810Wh = 972 Wh$$

Fórmula para calcular el Consumo medio diario

Para realizar el cálculo respectivo de consumo medio diario hacemos la relación del total de la energía consumida de la vivienda sobre la tensión del banco de batería.

$$Q_d = \frac{E_{maxv}}{U_n}$$

Donde:

Q_d = Consumo medio diario (Ah/dia)

E_{maxv} = Energía maxima consumida por la vivienda

U_n = Tension nominal del sistema de acumulacion o bateria (V)

$$Q_d = \frac{972WAh}{24V} = 40.5 WAh$$

Fórmula para calcular la Potencia nominal

$$P_n = \frac{E_{maxv}}{HSP * n_{sf}}$$

Donde:

P_n = Potencia nominal

E_{maxv} = Energia maxima consumida por la vivienda

HSP = Hora solar pico (peor mes)

n_{sf} = Eficiencia del sistema

$$P_n = \frac{972 Wh}{3.14 * 0.9} = 343.94 W$$

Fórmula para calcular la Potencia pico

$$P_{pico} = 1.2 * P_n$$

Donde:

P_{pico} = Potencia pico

P_n = Potencia nominal

1.2 = Factor de reserva del 20 %

$$P_{pico} = 1.2 * 343.94 W = 412.73 W$$

Fórmula para calcular el número de panel

$$N_{TP} = \frac{P_{pico}}{V_{MF}}$$

Donde:

N_{TP} = Numero de panel fotovoltaico

P_{pico} = Potencia pico

V_{MF} = Voltaje del Modulo fotovoltaico

$$N_{TP} = \frac{412.73 W}{405 V} = 1$$

3.4.2 Orientación óptima de los paneles

Debemos orientar los paneles al sol para captar con mayor amplitud los rayos solares para ellos debemos calcular el ángulo de orientación e inclinación.

Debido a las coordenadas geográficas de la comunidad Masa II, y por encontrarse en Ecuador y este es atravesado por la línea Ecuatorial el azimut para una mejor captación de irradiación es 0° . [37]

Angulo de inclinación para sistemas fijos	
Latitud en grado del sitio	Angulo de inclinación fijo
$0^\circ - 15^\circ$	15°
$15^\circ - 25^\circ$	Igual a la latitud
$25^\circ - 30^\circ$	Se incrementa en 5° la latitud
$30^\circ - 35^\circ$	Se incrementa en 10° la latitud
$35^\circ - 40^\circ$	Se incrementa en 15° la latitud
$> 40^\circ$	Se incrementa en 20° la latitud

Tabla 7 Recomendaciones de inclinaciones de acuerdo con la localización geográfica

Fuente: antusol.webcindario.com

Cálculo de inclinación óptima

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69x|\varnothing|$$

Donde:

β_{opt} = Angulo de inclinación óptimo

\varnothing =Latitud del lugar

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 * 2.3844 = 5.34^\circ$$

Recomendación: Para valores de ángulos $< 15^\circ$ usar el ángulo de inclinación como referencia el de 15° .

3.5 Condiciones nominales de operacion

El sistema solar fotovoltaico debe cumplir con los requerimientos energéticos para funcionar adecuadamente, y debemos considerar que la potencia que generan los paneles fotovoltaicos depende de factores externos entre ellos la radiación solar, las pérdidas ocasionadas por los diferentes elementos que conforman el SFV los cuales ya se tuvieron en cuenta en la energía a suministrar por ello se utiliza un factor del 90%.

$$T_c = T_a + \frac{N_{oct} - 20^{\circ}c}{800W/m} * IR_{stc}$$

Donde:

Tc = Temperatura de la celda solar

Ta = Temperaturas de ambiente

Noct = Temperatura nominal de trabajo de la célula

IRstc = Irradiancia.

$$T_c = 25^{\circ} + \frac{45^{\circ} - 20^{\circ}c}{800W/m^2} * 1000w/m^2 = 56.25^{\circ}C$$

Eficiencia en los paneles solares

$$n_{FT} = 100 + (T_c - T_{stc}) * Cc_{fp}$$

Donde:

nFT = Eficiencia de los módulos fotovoltaicos.

TC = Temperatura de la celda solar.

Tstc = Temperatura estándar dado por el fabricante.

Cc_{fp} = Coeficiente de temperatura de los módulos dado por el fabricante.

$$n_{FT} = 100 + (56.25 - 45) * -0.36\% = 95.95\%$$

3.6 Regulador de carga

El cálculo para dimensionar el regulador de carga nos va a permitir mantener cargadas nuestro banco de baterías para ello cara calcular el regulador idóneo para nuestro sistema aplicamos la siguiente formula:

Fórmula para obtener la corriente entrada del regulador

$$I_{entrada} = 1.25 * I_{cc} * N_{tp}$$

Donde:

$I_{entrada}$ = Corriente de entrada del regulador.

1.25 = factor de seguridad.

I_{cc} = corriente de cortocircuito.

N_{tp} = número total de paneles.

$$I_{entrada} = 1.25 * 10.48 * 1 = 13.1 A$$

Fórmula para calcular la corriente salida del regulador

$$I_{Sal} = 1.25 * \frac{\frac{P_{inv}}{n_{inv}}}{V_{SB}}$$

Donde:

I_{Sal} = Corriente de salida

1.25 = Factor de seguridad

P_{inv} = Potencia del inversor

n_{inv} = Eficiencia del inversor

V_{SB} = Voltaje del sistema de batería

$$I_{Sal} = 1.25 * \frac{\frac{440w}{98\%}}{24v} = 23.38 A$$



Figura 28 Controlador de carga Smart Solar MPPT 75/15

Fuente: www.victronenergy.com

Especificaciones técnicas

Controlador de carga SmartSolar	MPPT 75/10	MPPT 75/15	MPPT 100/15	MPPT 100/20
Tensión de la batería (Selección automática)	12 / 24V			12 / 24 / 48V
Corriente de carga nominal	10A	15A	15A	20A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	145W	220W	220W	290W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	290W	440W	440W	580W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	n.a.	n.a.	n.a.	1160W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	13A	15A	15A	20A
Desconexión automática de la carga	Sí			
Tensión máxima del circuito abierto FV	75V		100V	
Eficiencia máxima	98%			
Autoconsumo – on de la carga	12V: 19 mA 24V: 16 mA		26 / 20 / 19 mA	
Autoconsumo – off de la carga	12V: 10 mA 24V: 8 mA		10 / 8 / 7 mA	
Tensión de carga de "absorción"	14,4V / 28,8V (ajustable)			14,4V / 28,8V / 57,6V (adj.)
Tensión de carga de "flotación"	13,8V / 27,6V (ajustable)			13,8V / 27,6V / 55,2V (adj.)
Algoritmo de carga	adaptativo multifase			
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.			
Corriente de carga continua	15A			20A / 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	Cortocircuito de salida/Sobre temperatura			
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)			
CARCASA				
Color	Azul (RAL 5012)			
Terminales de conexión	6 mm ² / 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
NORMATIVAS				
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2			
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia.				
1b) La tensión FV debe exceder Vbat + 5V para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.				
2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador.				

Figura 29 Descripción controlador de carga Smart Solar MPPT 75/15

Fuente: www.victronenergy.com

3.7 Inversor

El inversor seleccionado es un phoenix 24/250 el cual tiene entrada de voltaje de 24 VDC, y lo convierte a 110V AC, su eficiencia es del 90%, y puede soportar un consumo de hasta 800 W. posee 2 LEDs indicadores, el primero es de color azul e indica que el equipo funciona de forma normal, y el segundo es de color rojo e indica si el equipo presenta algún fallo.

Potencia	Tensión nominal
$P \leq 800 \text{ W}$	12 V
$800 < P \leq 1600\text{W}$	24 V
$1600 < P \leq 3200\text{W}$	48 V
$P > 3200 \text{ W}$	120 o 300 V

Tabla 8 Especificaciones para selección de inversor

Fuente: Los autores

Fórmula para calcular la potencia del inversor.

$$S_{carga} = P_c * 1.25$$

Donde:

S_{carga} = Potencia del inversor

P_c = Potencia de consumo

1.25 = Factor de seguridad

$$S_{carga} = 200 * 1.25 = 250$$

El inversor que se utilizó en nuestro proyecto es de la marca victron energy el cual se muestra en la figura 30.



Figura 3031 Inversor phoenix 24/250

Fuente: www.victronenergy.com

Especificaciones técnicas

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)	https://www.victronenergy.com/live/va-direct:phoenix-inverters-dynamic-cutoff					
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 / 3,0W	
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%					
CARCASA						
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 ² / AWG8	10mm ² / AWG8	10mm ² / AWG8	25/10/10mm ² / AWG4/8/8	35/25/25 mm ² / AWG 2/4/4	
Tomadas 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, GFCI					
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)	
ACCESORIOS						
On/Off remoto	Sí					
Conmutador de transferencia automático	Filax					
ESTÁNDARES						
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 32 Descripción Inversor phoenix 24/250

Fuente: www.victronenergy.com

3.8 Banco de baterías

La batería a utilizar en la implementación del sistema es una Ritar DC12-100 de la categoría, la cual posee un voltaje de alimentación de 12 VDC, y tiene una capacidad de carga de 100Ah en 20Hr, está formada de 6 células internas, y el fabricante no recomienda descargarla de forma profunda porque se disminuye el tiempo de vida útil. Es recomendable llegar a una descargarla de hasta un 30% de su capacidad, y no debe someterse a lugares que excedan una temperatura de 25° C. A. para realizar los cálculos del banco de batería nos basamos según lo indicado en:[32]

3.9 Profundidad de descarga de la batería

Conocido también como máximo nivel de descarga permitido a la batería antes del apagado, con el fin de proteger la durabilidad del regulador, los ciclos máximos de descarga usualmente considerados para periodos diarios (profundidad máxima de descarga diaria) pueden estar alrededor del 15 al 20%.

Fórmula para calcular la capacidad de la batería

$$C_{sb}(Wh) = \left(\frac{E_{cm} * D_{aut}}{V_{sb} * MPD} \right)$$

Donde:

C_{sb} = Capacidad del sistema de batería

E_{cm} = Energía de Consumo máximo

D_{aut} = Día de autonomía

V_{sb} = Voltaje del sistema de batería

MPD = Profundidad de descarga

$$C_{sb}(Wh) = \left(\frac{972W * 2días}{24V * 60\%} \right) = 135 \text{ Ah}$$

Fórmula para calcular el número de batería.

$$N_s = \left(\frac{V_{sb}}{V_B} \right)$$

Donde:

N_s = Número de Batería

V_{sb} = Voltaje del sistema de Batería

V_B = Voltaje de batería

$$N_s = \left(\frac{24V}{12V} \right) = 2 \text{ Baterías}$$

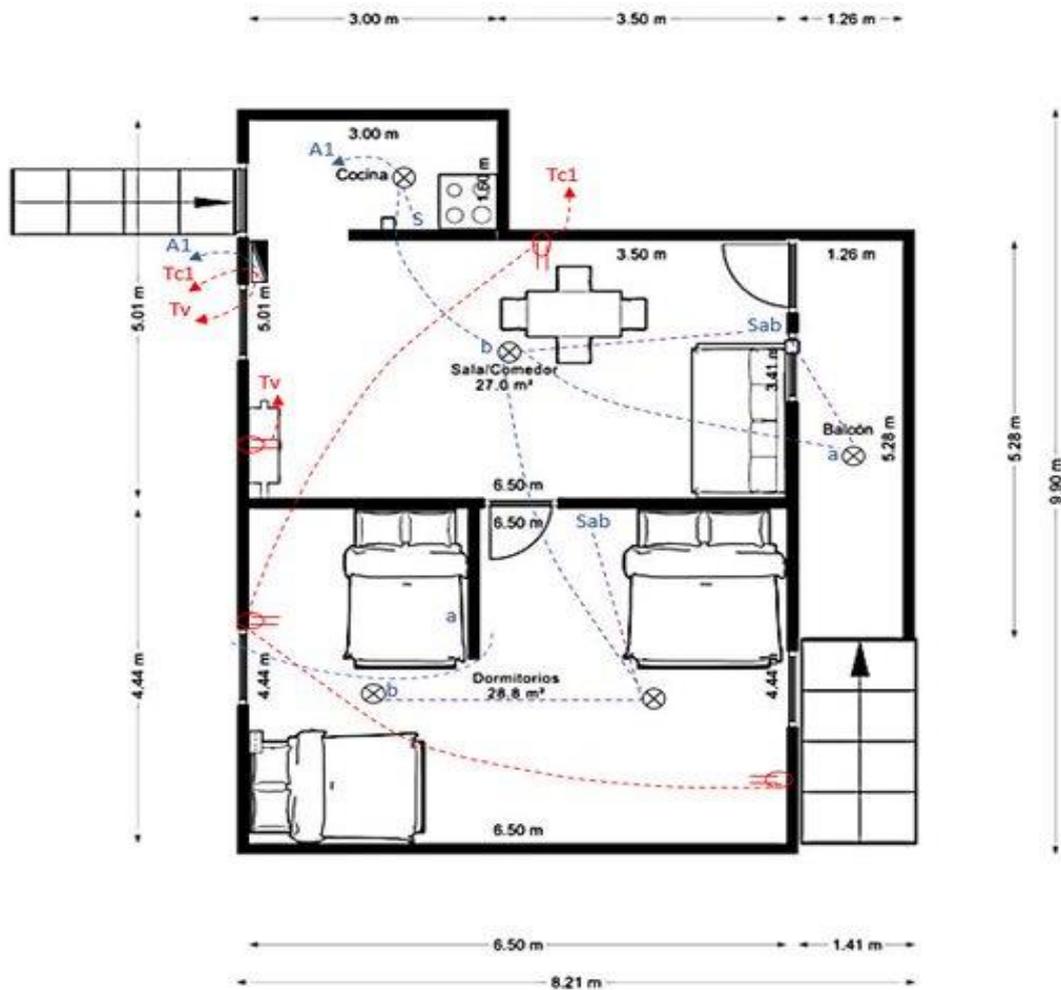
Después de los cálculos realizados, en nuestro banco de baterías se emplearán 2 baterías conectadas en serie de la marca Ritar DC-12V100Ah.



Figura 33 Banco de baterías

Fuente: Los autores

3.10 Plano de la vivienda



SIMBOLOGIA		OBRA	UBICACIÓN
⊗	FOCO	ELECTRIFICACION DE VIVIENDA COMUNIDAD MASA 2	GOLFO DE GUAYAQUIL
⊕	TOMACORRIENTE	BENEFICIARIOS	ELABORADO POR
Sab	INTERRUPTOR DOBLE	FAMILIA BONILLA ZUÑIGA	JACINTO VALLEJO MARCOS SUAREZ
S	INTERRUPTOR SIMPLE	PLANO ELECTRICO ILUMINACION Y TOMACORRIENTES	
A1	CIRCUITO DE ALUMBRADO 1	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	
Tc1	CIRCUITO DE TOMACORRIENTE 1		
Tv	CIRCUITO DE TOMACORRIENTE Tv		
▬	TABLERO DE DISTRIBUCION		

Figura 34 Plano eléctrico de la vivienda

Fuente: Los autores

3.11 Dimensionamiento de los conductores

La operación para evaluar la sección de cable a utilizar en los ramal de los circuitos fotovoltaico es similar a las instalaciones eléctricas convencionales, respetando el principio de la caída de voltaje máxima permisible en los

diferentes circuitos a la máxima intensidad admisible con relación a ciertas limitaciones del diseño propuesto.

Para una instalación fotovoltaica autónoma hay que tener en consideración el porcentaje de las caídas de tensión de los diferentes circuitos mostrados en la tabla 9 según lo menciona. [38]

Circuito	Caída de Tensión
Panel-regulador	1,5%
Regulador-batería	0,5%
Batería-inversor	1%
Circuito continuo	1,5%
Circuito alterna	1,5%

Tabla 9 Caída de tensión para instalaciones autónomas

Fuente: ikastaroak.ulhi.net

Un factor para tomar en cuenta es la resistencia del elemento conductor a utilizar y su temperatura de trabajo, para ello nos podemos valer de la tabla 10.

Material	20°	70°	90°
Cobre	56	46.6	44
Temperatura	20 °C	70°	90 °C

Tabla 10 Datos de conductividad

Fuente: ikastaroak.ulhi.net

Para determinar diámetro del cable a usar emplearemos esta ecuación:

$$S = \left(\frac{2 * L * I_{cc}}{\Delta V * K} \right)$$

Donde:

S = La sección del cable

L = Longitud del cable

I_{cc} = Corriente que circula por el conductor

ΔV = Caída de voltaje en el conductor

K = Conductividad eléctrica del conductor

3.12 Instalación de tuberías, cajas de servicios y cableado de circuitos

Para la instalación de tuberías, cajas de servicios y cableado nos basamos en normativas, las mismas que brindan las indicaciones para trabajos eléctricos. Para los circuitos de Tomacorriente de uso general y de uso dedicado se utilizó cable calibre #12 AWG, rojo para identificar la fase, blanco para neutro y verde para identificar tierra.

La Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) nos indica que la altura a la cual deben colocarse la caja para el servicio de tomacorrientes es de 0,40 m desde el suelo finalizado, excepto en ambientes particulares como lo son cocina y baños los cuales pueden ser colocados sobre mesones a 0,10 m. considerando que los tomacorriente tienen una carga de salida de 200 W.[39, p. 22]

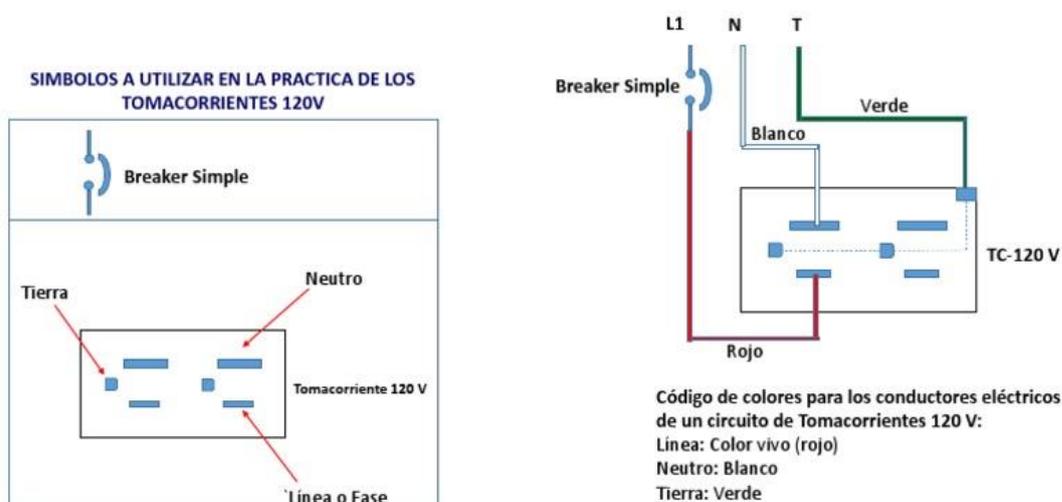


Figura 35 Diagrama de conexión de un Tomacorriente 120 V

Fuente: Electotec.ec

Para las instalación de conmutadores, pulsadores e interruptores, la altura desde la superficie del suelo lo recomendado por la norma NEC es de 1,2 m a un costado de la abertura de la puerta, y en su funcionamiento se debe desconectar el conductor de la fase. [39, p. 21]

Para el circuito de alumbrado se empleó cable calibre # 12 AWG para la fase, calibre # 14 AWG para retorno y neutro. Con el siguiente código de colores:

Negro – fase, Blanco – Neutro, Amarillo – retorno. Se debe tener en cuenta una carga máxima de 100 Vatios (W) por cada salida de iluminación.

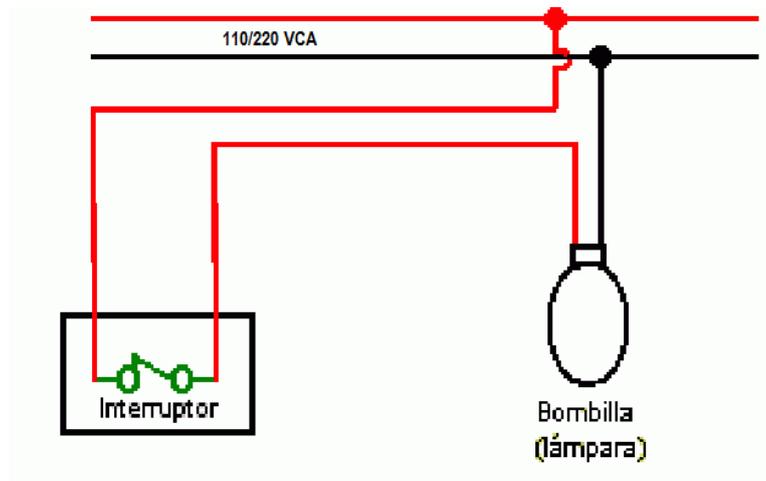


Figura 36 Conexión e instalación de un circuito de alumbrado

Fuente: Instalacioneselectricasresidenciales.com

3.13 Instalacion y alimentacion del centro de carga

El centro de carga de la vivienda es el elemento de donde se alimentarán todos los circuitos de una instalación eléctrica, también es conocido como tablero de distribución, en nuestro caso disponemos de 2 Breaker de 20 Amp para circuitos de tomacorrientes y uno de 15 Amp. Para el circuito de alumbrado.



Figura 37 Instalación, cableado y brequeado del centro de carga

Fuente: los autores

3.14 Simulación del proyecto en PVsyst

Con los datos obtenidos en los cálculos anteriores, los procesamos con la herramienta informática Pvsyst para validar la viabilidad del sistema, a su vez obtener las pérdidas, aprovechamientos de energía y rendimiento que el sistema a implementar nos va a brindar.

En la figura 37 se muestran los resultados principales de la simulación. Donde se puede visualizar la energía utilizada y la disponible, también podemos ver el excedente de energía o la falta de esta. Las gráficas detallan los niveles de producción y consumo mensuales, así como el factor de rendimiento de la instalación.

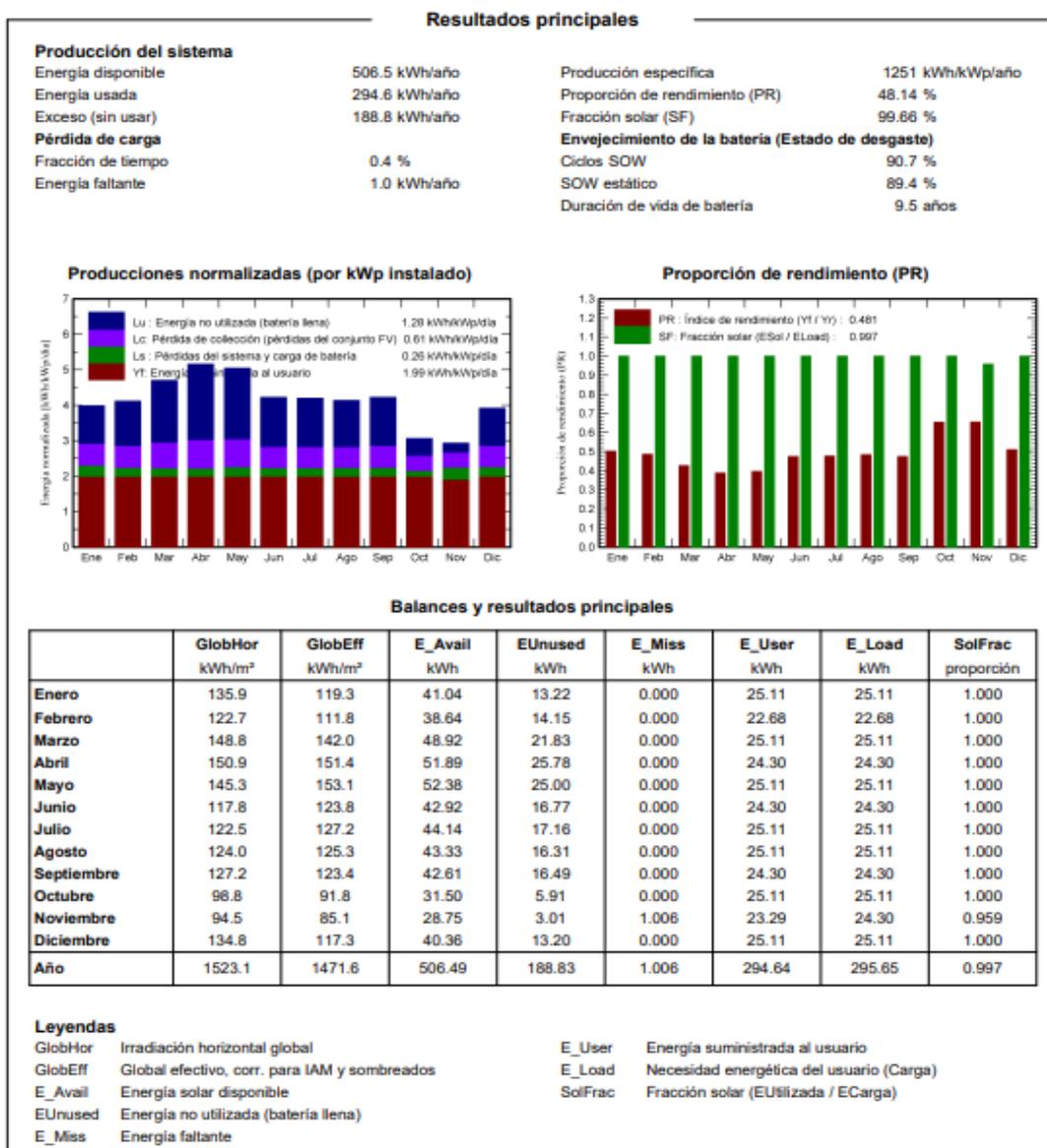


Figura 38 Resultados Principales

Fuente: Los autores (simulación mediante PVsyst)

En la figura 39 podemos observar los días del año en donde se concentra los mayores niveles de producción de energía, con lo cual podemos determinar la energía generada por la instalación y la energía incidente por los rayos del sol. En nuestro caso los mayores niveles de irradiación esta alrededor de los 4,5 kWh/m² y la producción sería de 1 kWh.

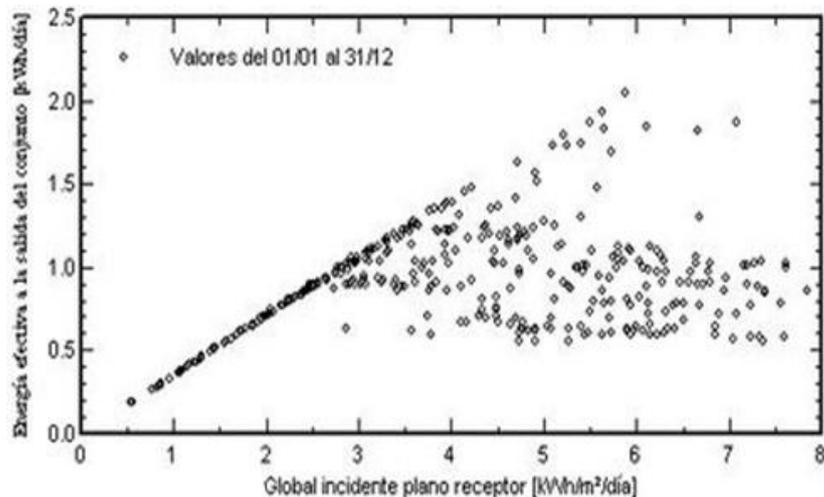


Figura 39 Diagrama de entrada y salidas

Fuente: Los autores (simulación mediante PVsyst)

En la figura 40 podemos observar que la energía que se distribuye a través del sistema al usuario definida por el color marrón es estable durante todo el año excepto del mes de noviembre donde no logra cumplir con el abastecimiento deseado del servicio. El remanente de energía identificado de color azul, se obtiene especialmente en marzo, abril y mayo, que son los meses de mayor irradiación solar en el lugar. Los niveles de pérdidas en el sistema de almacenamiento se incrementan ligeramente en el mes de noviembre.

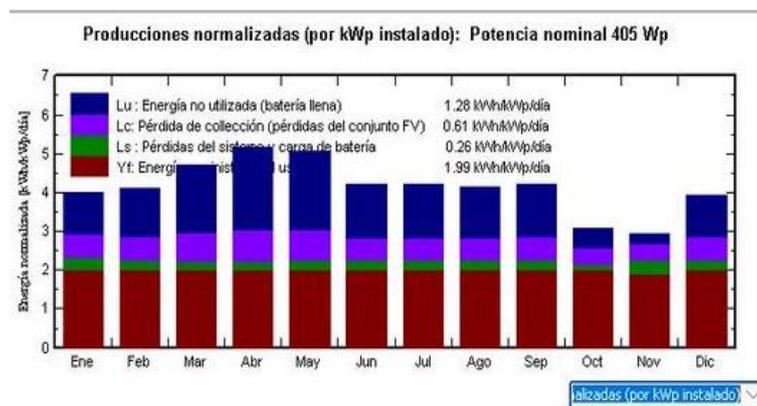


Figura 40 Diagrama de producciones normalizadas kWp

Fuente: Los autores (simulación mediante PVsyst)

Diagrama de pérdidas de una instalación que detalla el efecto de las diferentes pérdidas de cada elemento de una instalación sobre su rendimiento global. En este caso nos encontramos con que la principal "pérdida", en torno al 30%, se debe a que no se utiliza la energía disponible por lo que no se necesita y la batería se carga por completo.

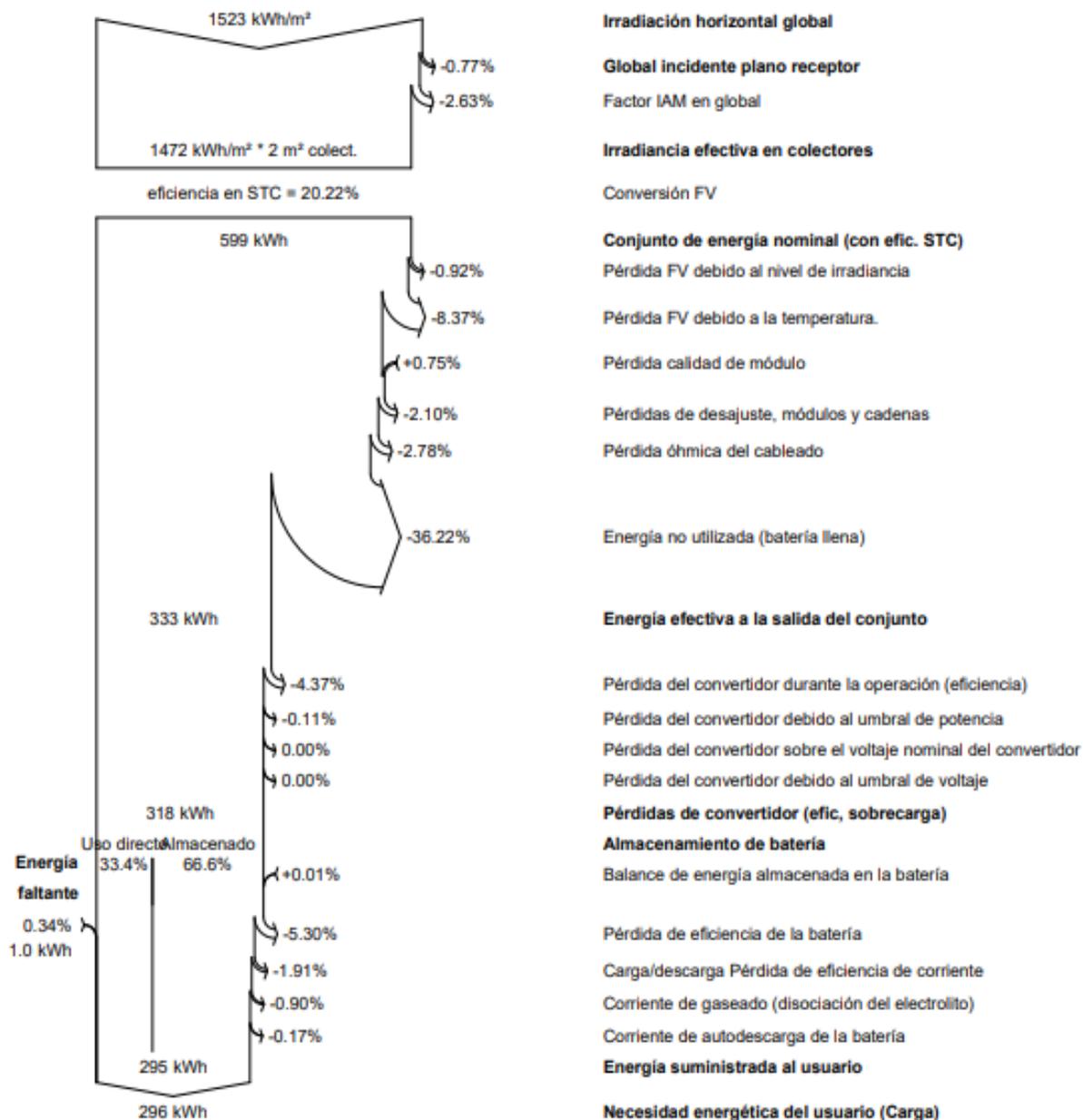


Figura 41 Diagrama de pérdida

Fuente: Los autores (simulación mediante PVsyst)

3.15 Implementación del sistema FV

Para implementar el sistema de energía solar fotovoltaica en la comunidad Masa II se procedió en el siguiente orden:

- Fabricación de base para el panel solar.
- Fundición de plinto para montaje de base.
- Montaje de panel solar en la base.

3.15.1 Fabricación de la estructura para el panel solar

En la elaboración de la base para el panel solar y el banco para ubicar las baterías, el regulador y el inversor se utilizó el siguiente material:

- 1 tubo galvanizado
- 2 ángulos de 1"x 3mm de espesor
- 1 Correa de 10x5
- 2 plancha de acero de 25x30 de 8mm de espesor.
- 4 pernos acerados con tuercas, anillo de presión y anillos planos
- 1 varilla corrugada de ½"
- 1 tubo de 3m x 3mm galvanizado
- 1 kg de soldadura AGA C-13 E-6011
- 2 litros de pintura anticorrosiva
- 3 discos de corte
- 1 disco de pulir



Figura 42 Elaboración de mueble para banco de batería

Fuente: Los autores



Figura 43 Soldadura de poste / base

Fuente: Los autores

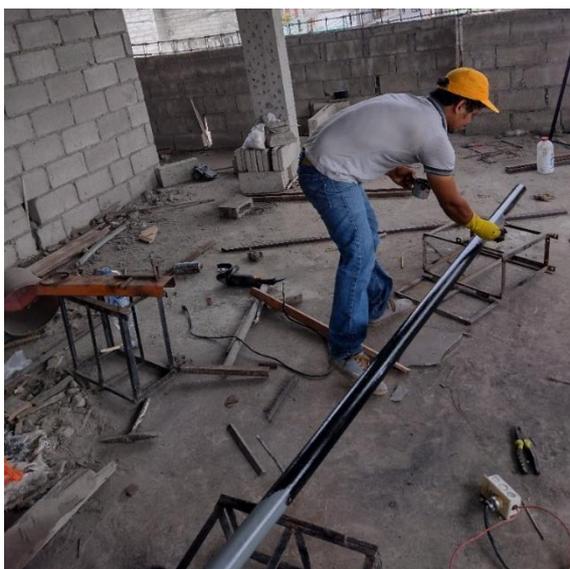


Figura 44 Pintada de poste para el panel

Fuente: Los autores

3.15.2 Fundicion del plinto

Debido a las condiciones del terreno es necesario fundir un plinto el cual ayudara a conservar la base para el panel y soportara el peso de la estructura y el panel este plinto tiene las siguientes medidas:

Profundidad 1metro

Ancho 80 cm x 80 cm

Se utilizo un saco de cemento y 5 de ripio



Figura 45 Elaboración de plinto

Fuente: Los autores

Se procede a desencofrar el plinto después de una semana que se retornó al lugar.



Figura 46 Desencofrado de plinto

Fuente: Los autores

3.15.3 Montaje del panel solar en la base

Se realizo el montaje del panel solar a la base, el cual fue fijado con 4 pernos acerados con tuercas de 6 pulgadas, proporcionándole firmeza al mismo



Figura 47 Montaje del panel solar en la estructura

Fuente: Los autores

4 CAPITULO 4
ANALISIS DE RESULTADOS

4.1 Resultados de producción del SFV

Mediante la conexión Bluetooth, podemos acceder desde el celular a la aplicación que incorpora el controlador para revisar los datos almacenados durante 30 días, y monitorear en tiempo real y descargar la información de producción, consumo, situación de carga de las baterías entre otros.

En nuestro estudio analizamos los datos de producción, consumo y calidad de energía desde noviembre del 2021 hasta enero del 2022.

Noviembre	
Días	Producción (Wh)
11/30/21	2160
11/29/21	1490
11/28/21	1400
11/27/21	1420
11/26/21	1940
11/25/21	1870
11/24/21	1210
11/23/21	1280
11/22/21	670
11/21/21	770
11/20/21	1900
11/19/21	1450
11/18/21	1740
11/17/21	2310
11/16/21	2080
11/15/21	1180
11/14/21	1830
11/13/21	1150
11/12/21	1570
11/11/21	1320
11/10/21	1540
11/9/21	1570
11/8/21	1820
11/7/21	1650
11/6/21	560
Total	37880

Tabla 10 Días de producción de energía mes de noviembre 2021

Fuente: Los autores

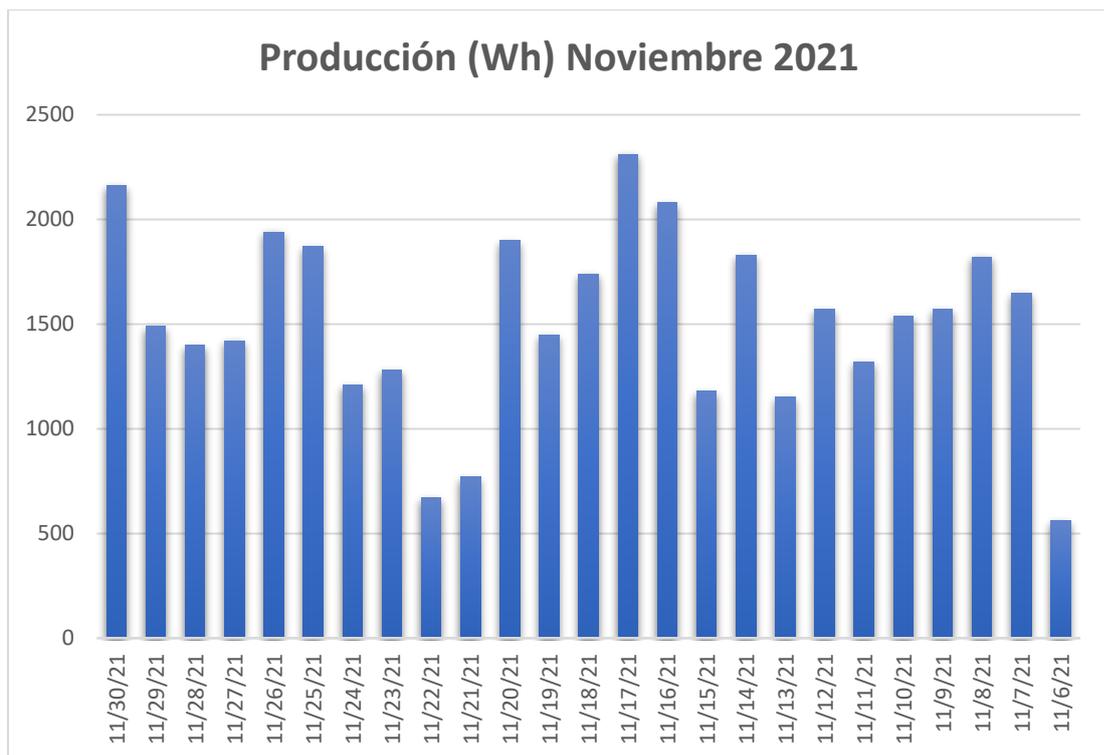


Figura 48 Producción de energía mes de noviembre 2021

Fuente: Los autores

Diciembre	
Días	Producción (Wh)
12/31/21	1290
12/30/21	1360
12/29/21	1440
12/28/21	980
12/27/21	940
12/26/21	1090
12/25/21	1590
12/24/21	1520
12/23/21	1360
12/22/21	1190
12/21/21	1120
12/20/21	1070
12/19/21	900
12/18/21	580
12/17/21	1370
12/16/21	1230
12/15/21	1460

12/14/21	910
12/13/21	1210
12/12/21	840
12/11/21	970
12/10/21	990
12/9/21	590
12/8/21	1620
12/7/21	1540
12/6/21	1430
12/5/21	1270
12/4/21	1500
12/3/21	1210
12/2/21	1170
12/1/21	1040
Total	36780

Tabla 11 Días de producción de energía mes de diciembre 2021

Fuente: Los autores

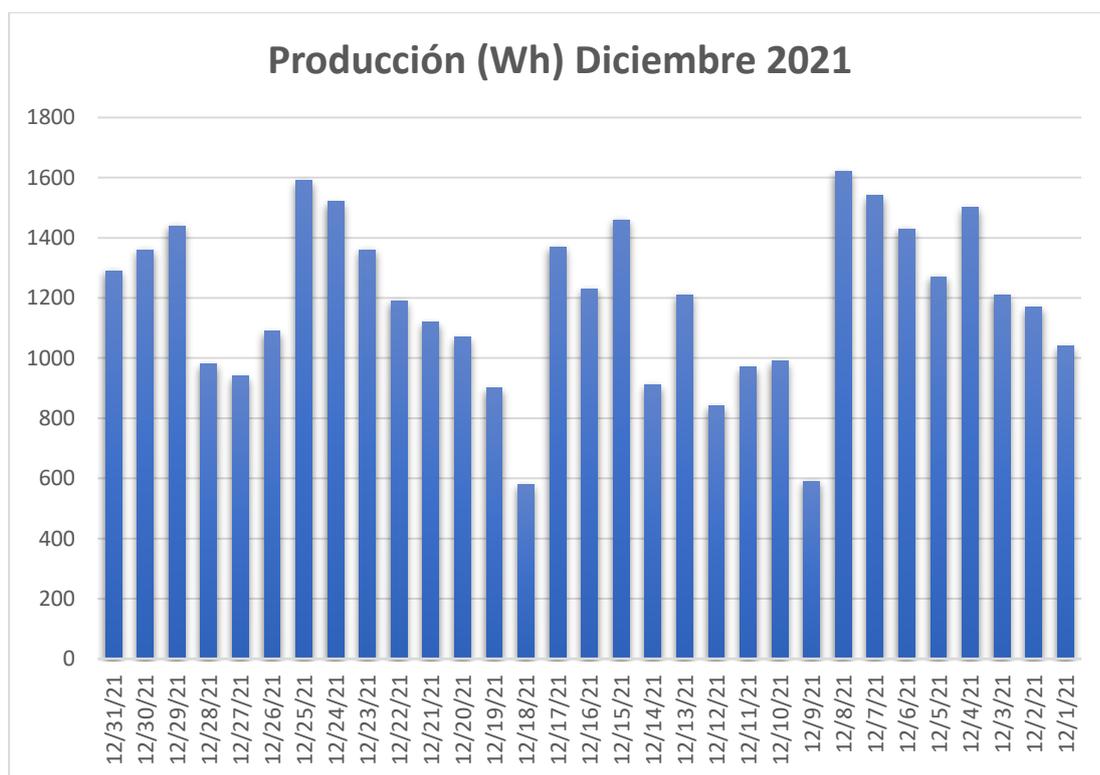


Figura 49 Producción de energía mes de diciembre 2021

Fuente: Los autores

Días	Producción (Wh)
1/21/22	600
1/20/22	1490
1/19/22	1910
1/18/22	580
1/17/22	1960
1/16/22	2010
1/15/22	1150
1/14/22	1540
1/13/22	490
1/12/22	440
1/11/22	1550
1/10/22	1400
1/9/22	1380
1/8/22	1610
1/7/22	1420
1/6/22	1300
1/5/22	1550
1/4/22	1350
1/3/22	2020
1/2/22	1290
1/1/22	480
Total	27520

Tabla 12 Días de producción de energía mes de enero 2022

Fuente: Los autores



Figura 50 Consumo de energía mes de enero 2022

Fuente: Los autores

4.2 Resultados de consumo de la vivienda

Mediante el análisis de datos de los consumos realizados desde el mes de noviembre del 2021 hasta enero del 2022 se puede establecer que el sistema abastece el consumo diario de la vivienda, a excepción de unos días que sobrepasa los niveles de consumo para los cuales fue dimensionado el sistema.+

Días	Consumo (Wh)
11/30/21	1450
11/29/21	1560
11/28/21	1840
11/27/21	1590
11/26/21	1320
11/25/21	1460
11/24/21	1570
11/23/21	1550
11/22/21	1600
11/21/21	880
11/20/21	1300
11/19/21	1340
11/18/21	1110
11/17/21	1760
11/16/21	1610
11/15/21	1650
11/14/21	1420
11/13/21	1430
11/12/21	1590
11/11/21	1670
11/10/21	1580
11/09/21	1510
11/08/21	1670
11/07/21	1690
11/06/21	990
Total	37140

Tabla 13 Días de consumo energía mes de noviembre 2021

Fuente: Los autores

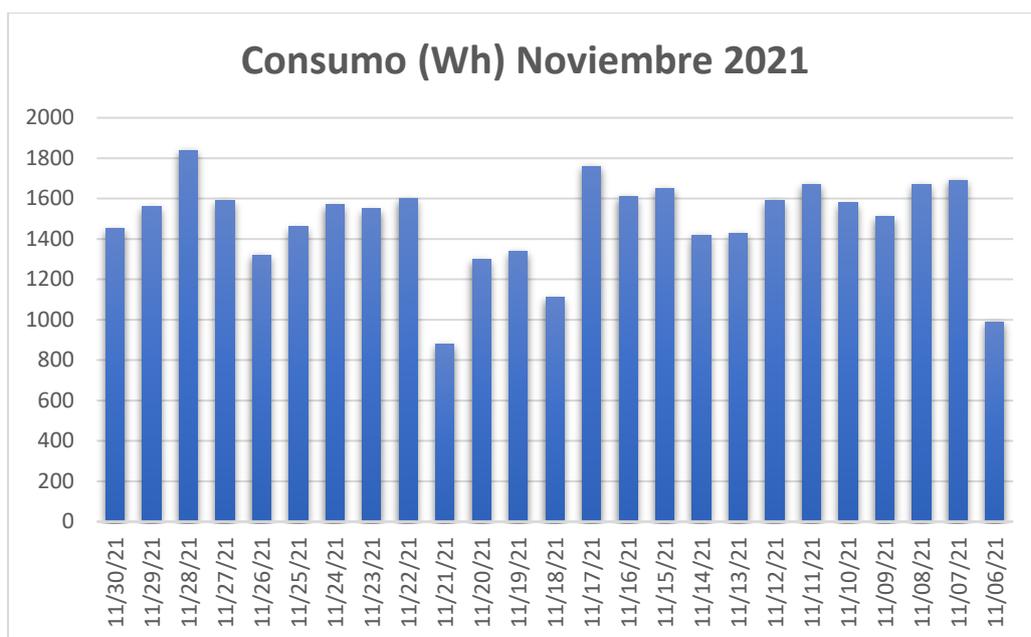


Figura 51 Consumo de energía mes de noviembre 2021

Fuente: Los autores

Días	Consumo (Wh)
12/31/21	970
12/30/21	1250
12/29/21	1140
12/28/21	1070
12/27/21	1200
12/26/21	910
12/25/21	1170
12/24/21	1540
12/23/21	1270
12/22/21	1220
12/21/21	1120
12/20/21	980
12/19/21	630
12/18/21	420
12/17/21	1300
12/16/21	1110
12/15/21	1020
12/14/21	1150
12/13/21	1080
12/12/21	380
12/11/21	420
12/10/21	1300

12/09/21	1510
12/08/21	1520
12/07/21	1270
12/06/21	1410
12/05/21	1130
12/04/21	1140
12/03/21	850
12/02/21	650
12/01/21	1410
Total	33540

Tabla 14 Días de consumo energía mes de diciembre 2021

Fuente: Los autores

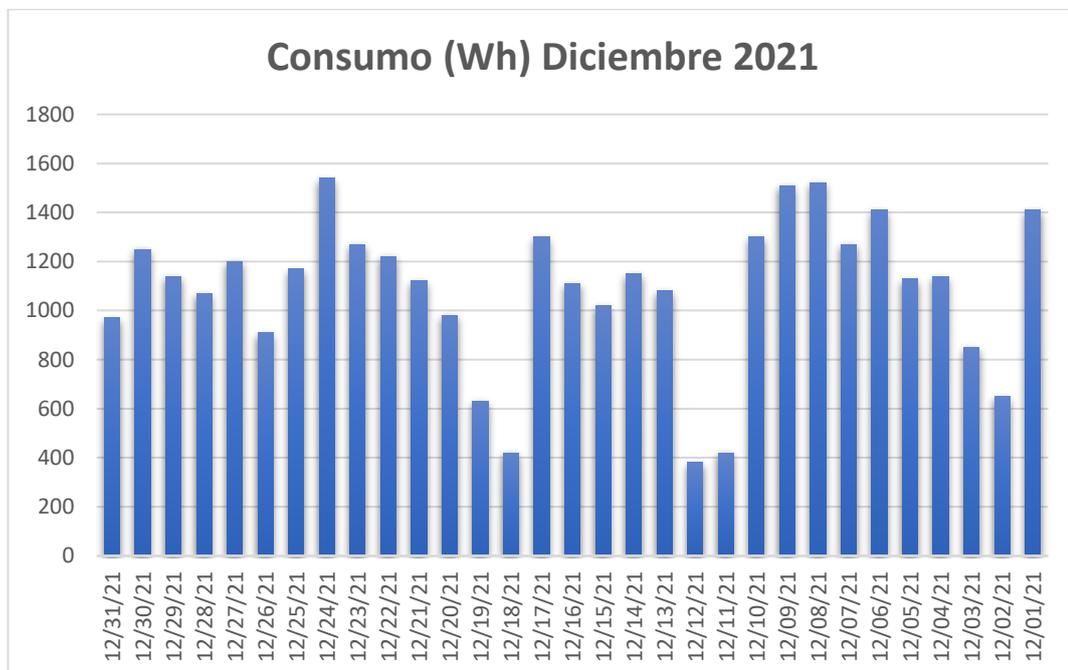


Figura 52 Consumo de energía mes de diciembre 2021

Fuente: Los autores

Días	Consumo (Wh)
1/21/22	400
1/20/22	1350
1/19/22	1260
1/18/22	1160
1/17/22	1370
1/16/22	1220
1/15/22	1080

1/14/22	1280
1/13/22	980
01/12/22	1370
01/11/22	1430
01/10/22	1440
01/09/22	1210
01/08/22	1440
01/07/22	1580
01/06/22	1290
01/05/22	1400
01/04/22	1350
01/03/22	1450
01/02/22	1880
01/01/22	510
Total	26450

Tabla 15 Días de consumo energía mes enero 2022

Fuente: Los autores

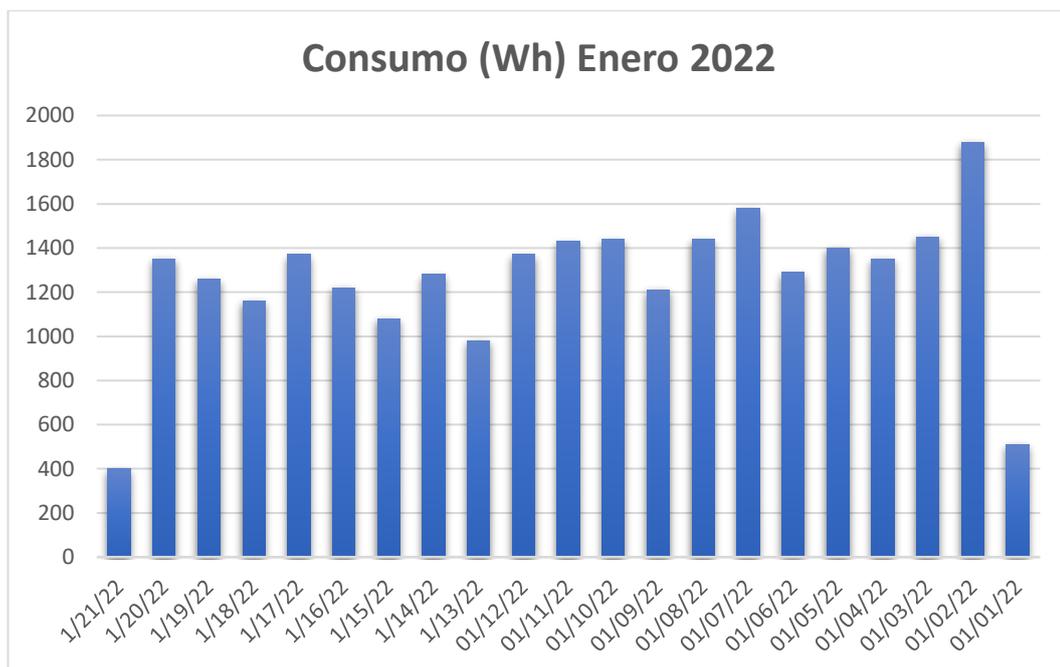


Figura 53 Consumo de energía mes de enero 2022

Fuente: Los autores

Tomando como referencia los datos de producción y consumo a través de la herramienta informática PVsyst que fue utilizada para el dimensionamiento del SFV, podemos ver en la figura 39 del capítulo 3 concluir que los usuarios

consumen más de que se había planificado en el análisis, más sin embargo el sistema está en la capacidad de satisfacer dicha demanda. Por buen dimensionamiento y el margen de reserva que se tuvo en consideración.

También se les indicara a los usuarios realizar un uso alternado del sistema con el generador residencial que tienen para permitir que el banco de baterías alcance el nivel de flotación por lo menos 1 hora que es lo recomendado por el fabricante para no acortar la vida útil de las mismas.

4.3 Evaluación de costos

Ecuador se encuentra en el sexto lugar en la puntuación de costos tarifarios más reducidos, de los 14 países en América Latina. [40]

El ente regulador de los pliegos tarifarios en Ecuador es el ARCONEL, el mismo que mediante su Directorio, tiene la facultad de fijar y admitir las tarifas de consumo del servicio eléctrico, de acuerdo a la siguiente tabla para la categoría residencial, como es el caso de nuestro análisis.

RANGO DE CONSUMO	Demanda (USD/kW-mes)	ENERGIA (USD/kWh)	COMERCIALIZACION (USD/Consumidor)
CATEGORIA	RESIDENCIAL		
NIVEL TENSION	BAJA TENSION		
de 1 a 50		0,078	CONSUMOS kWh-mes 0-300: 1,414 301-500: 2,826 501-1000: 4,240 1000: 7,066
de 51 a 100		0,081	
101 a 150		0,083	
151 a 200		0,097	
201 a 250		0,099	
251 a 300		0,101	
301 a 350		0,103	
351 a 500		0,105	
501 a 700		0,1285	
701-1000		0,1450	
1001-1500		0,1709	
1501-2500		0,2752	
2501-3500		0,4360	
Superior		0,6812	
	RESIDENCIAL TEMPORAL		
		0.1285	

Tabla 16 Pliegos tarifarios

Fuente: www.regulacionelectrica.gob.ec

4.3.1 Costos generados antes de la implementación del SFV

Como hemos visto en los capítulos anteriores la comunidad Masa 2 se provee de energía eléctrica mediante el uso de generadores residenciales pequeños y para ellos hacen uso de combustibles fósiles, el costo para generar esa energía para 4 horas diarias durante un año se detalla en la tabla 1 del capítulo 3.

En base al costo diario ocasionado por el generador para electrificar la vivienda durante las horas descritas en la tabla2 se puede cubrir la demanda de 490 Wh/día en el domicilio.

Lo que al mes representa un consumo de 14.7 kWh/mes, lo que significa un gasto mensual de \$ 1.14 mensuales y en un año 176.4kWh/año \$ lo que genera un costo de \$ 13.80 haciendo referencia a lo que cobraría la empresa eléctrica. Pero en realidad generar los 176.4 kWh/año con el uso del generador doméstico detallado tabla2 donde se refleja el costo anual por la energía producida que equivale a \$ 1296.

4.3.2 Costos generados despues de la implementacion del SFV

Según los datos de generación y consumo obtenidos durante los meses de noviembre, diciembre de 2021 y enero de 2022 detallados en el literal 4.1 y 4.2 de este capítulo podemos obtener el costo de la energía generada por el sistema solar fotovoltaico y realizar la comparativa y definir el tiempo de retorno de la inversión. Misma que bajo la cobertura de la Universidad politécnica Salesiana se logró brindar de este servicio a los moradores de la comunidad Masa 2

Meses	Producción kWh/mes	Consumo kWh/mes	Costo mensual
Noviembre	37.88	37.14	\$ 2.90
Diciembre	36.78	33.54	\$ 2.60
Enero	27.52	26.45	\$ 2.1

Tabla 17 Costo mensual de consumo

Fuente: Los autores

Realizando una proyección de consumo para los 12 meses del año tenemos que el consumo anual de la vivienda es de 388.52 kWh/año lo que en dinero representa \$ 30.30 anuales tomando como referencia la tabla 16 de los pliegos tarifarios establecidos por el ente regulador.

Si tomamos en cuenta que la vida útil del sistema fotovoltaico es de 25 años y lo multiplicamos por el consumo anual nos da \$ 757.50 y costo del sistema es de \$ 1468.61 podemos notar que no se logra recuperar el valor de la inversión, pero teniendo en cuenta que el gasto ocasionado para generar electricidad mediante el generador se detalla en la tabla 2 podemos concluir que se triplica la producción de energía con el sistema fotovoltaico y se logra mejorar la calidad de vida de los moradores al brindar de este servicio básico como lo es la electricidad.

Costo de producción de energía con generador kWh/año		Costo de producción de energía con sistema FV kWh/año	
kWh/año	Costo anual	kWh/año	Costo anual
176.4	\$ 1296	388.52	\$ 757.50

Tabla 18 Costo anual sistema FV vs generador de gasolina

Fuente: Los autores

4.3.3 Ahorro energético

El ahorro energético consiste en hacer un buen uso de la energía, es decir; consumir un mínimo de energía, dando resultados satisfactorios, por ejemplo, tenemos una luminaria modelo led de 7W tiene el mismo grado de iluminancia como un foco incandescente de 60 W.

La energía juega un desempeño importante en el desarrollo de muchos mercados manufactureros, su uso debe hacerse con alta eficiencia, bajo impacto ambiental y al menor costo posible.

La etiqueta energética es una categoría que se comenzó a utilizarse en el año 1995 que permite a los consumidores distinguir rápidamente los electrodomésticos de consumo eficiente de los que más consumen, siendo la etiqueta A la más eficiente y la G la menos eficiente.

Las etiquetas energéticas se especifican en la Directiva de Ecodiseño-Ecodesign (2009/125/EC) y en la Directiva de Eficiencia Energética de la legislación europea 2010/31.



Figura 54 Etiqueta energética

Fuente: comparadorluz.com

Debido a la actual crisis que atraviesa el mundo, países de la unión Europea proponen tres pilares para el desarrollo y crecimiento sostenible, basados en la la promoción de una economía que utilice de manera más eficaz los recursos y que sea más ecológica y competitiva. [41, p. 2]

4.4 Cálculo de eficiencia

Con la siguiente formula podemos calcular la eficiencia del sistema solar fotovoltaico teniendo como referencia el documento de Galarza Antonio, Garzón Josué. [42]

$$PR = (\eta_{inv} * \eta_{tem} * \eta_{reg} * \eta_{bat} * \eta_{ac} * \eta_{dc} * \eta_{ss} * \eta_{oi} * \eta_{mm}) * \left[1 - \left(\frac{P_{desc} * D_{aut}}{M_{pd}} \right) \right]$$

PR = Eficiencia del sistema

η_{inv} = Eficiencia del inversor

η_{tem} = Eficiencia de temperatura

η_{reg} = Eficiencia del regulador

η_{bat} = Eficiencia de batería

η_{ac} = Eficiencia de cable AC

η_{dc} = Eficiencia de cable DC

η_{ss} = Eficiencia de suciedad y sobra

η_{oi} = Eficiencia de orientacion e inclinacion

η_{mm} = Eficiencia de interconecta

P_{desc} = Perdidas por descarga de bateria

D_{aut} = Días de autonomia

M_{pd} = Máxima profundidad de descarga

$$PR = (0.88 * 0.95 * 0.98 * 0.9 * 0.99 * 0.99 * 0.96 * 0.97 * 0.98) * \left[1 - \left(\frac{0.005 * 2}{0.7}\right)\right]$$

$$PR = 0.65$$

Considerando que no hay proyectos de energización pública para este sector a mediano ni a largo plazo, podemos determinar que el proyecto satisface las necesidades de los habitantes de la vivienda y es eficiente en un 65% según los resultados de los cálculos realizados.

5 CAPITULO 5
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Los sistemas fotovoltaicos aislados implementados en la comunidad Masa II, son factibles debido al gran potencial de irradiación solar, la cual es transformada en energía eléctrica para el uso de los habitantes de la vivienda mediante el empleo de sistemas FV.

Mediante la aplicación que incorpora el equipo podemos obtener los datos recopilados por el equipo, los mismos que se puede descargar desde cualquier dispositivo móvil para su análisis, donde se pudo verificar los niveles producción del sistema FV versus el consumo de la vivienda.

Mediante la implementación del sistema FV en la comunidad Masa II se pudo realizar una evaluación de la eficiencia detallada en el capítulo 4 donde se pudo comprobar que el sistema es eficiente en un 65% reduciendo considerablemente el uso de generadores monofásicos a gasolina, ayudando a disminuir los gastos representando un ahorro económico para los moradores.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar inspección visual y realizar mantenimiento a la estructura de los paneles solares debido a la elevada salinidad existente en el lugar para evitar la corrosión apresurada en la estructura que sostiene los paneles y el banco de baterías con el fin de extender su vida útil.

Se recomienda que los habitantes alternen el uso del sistema solar con el generador debido al elevado consumo que presentan, para de esta manera permitir que el sistema de almacenamiento de energía alcance su estado de flotación por lo menos de una hora para no acortar el tiempo de vida útil del sistema.

Se recomienda realizar la medición de voltaje del banco de batería en un periodo determinado para verificar su correcto desempeño.

Se recomienda no sobrepasar los límites de consumo recomendados para el cual fue dimensionado el servicio, con el propósito de preservar la el tiempo de operatividad del sistema fotovoltaico.

BIBLIOGRAFÍAS

- [1] M. Mikati, M. Santos, and C. Armenta, “Modelado y Simulación de un Sistema Conjunto de Energía Solar y Eólica para Analizar su Dependencia de la Red Eléctrica,” *RIAI - Rev. Iberoam. Autom. e Inform. Ind.*, vol. 9, no. 3, pp. 267–281, 2012, doi: 10.1016/j.riai.2012.05.010.
- [2] S. Salamanca-Avila, “Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá,” *Rev. científica*, vol. 3, no. 30, p. 263, 2017, doi: 10.14483/23448350.12213.
- [3] N. Kannan and D. Vakeesan, “Solar energy for future world: - A review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 62, pp. 1092–1105, 2016, doi: 10.1016/j.rser.2016.05.022.
- [4] Wilmar Suárez, “El reto de energizar zonas rurales aisladas,” *Semana*, p. 1, 2016, [Online]. Available: <https://sostenibilidad.semana.com/opinion/articulo/el-reto-de-energizar-zonas-rurales-aisladas/35443>.
- [5] E. Santiago, V. Tapia, L. Enrique, and A. Tello, “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DE : INGENIERO ELÉCTRICO CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICA TEMA: 2 , GOLFO DE GUAYAQUIL AUTORÍA: DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN : OCTUBRE 2020 GUAYAQUIL – EC,” 2020.
- [6] A. de R. y C. de E. y R. N. no Renovables, “Balance Nacional de Energía Eléctrica,” *Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables*, 2021. <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/balance-nacional-de-energia-electrica/>.
- [7] M. Badii, A. Guillen, and O. Lugo Serrato, “Historia y Uso de Energías Renovables History and Use of Renewable Energies,” *Int. J. Good Conscienc.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–18, 2015.
- [8] Á. Velasco Muñoz and Ó. S. Calvache, “Evolución De La Generación De Energía Solar Fotovoltaica En Colombia,” *Repos. Inst. USC*, pp. 1–16, 2019, [Online]. Available: <https://repository.usc.edu.co/handle/20.500.12421/2781>.
- [9] N. Geographic, “El Sol | National Geographic.” <https://www.nationalgeographic.es/espacio/el-sol-0> (accessed Feb. 09, 2022).

- [10] A. Alberola, “Análisis del ciclo de actividad solar y su influencia en la Tierra,” pp. 1–42, 2017.
- [11] N. Ciencia, “What Is the Solar Cycle? | NASA Space Place – NASA Science for Kids.” <https://spaceplace.nasa.gov/solar-cycles/sp/> (accessed Jan. 17, 2022).
- [12] F. A. Mejía, “Manchas Solares,” *Conacyt*, pp. 24–27, 2004.
- [13] Ciencia Nasa, “Sunspots and Solar Flares | NASA Space Place – NASA Science for Kids.” <https://spaceplace.nasa.gov/solar-activity/sp/> (accessed Jan. 17, 2022).
- [14] IDEAM, “CARACTERÍSTICAS DE LA RADIACIÓN SOLAR,” [Online]. Available: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/caracteristicas-de-la-radiacion-solar>.
- [15] A. Lira Oliver and A. B. Guevara Mon, “Radiación Solar Comprensión Del Espectro Electromagnético En La Región Del Espectro Solar.”
- [16] D. Barberá Santos, “Introduccion a La Energia Fotovoltaica,” pp. 1–20, 2017, [Online]. Available: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70271/fichero/02+INTRODUCCIÓN+A+LA+ENERGÍA+FOTOVOLTAICA%252FIntroducción+a+la+Energía+Fotovoltaica.pdf>.
- [17] L. Macancela and M. Z. Luis, “UNIVERSIDAD DE CUENCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DIAGNÓSTICO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CORRESPONDIENTES A LA PRIMERA ETAPA DEL PROYECTO YANTSA ii ETSARI TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO.”
- [18] O. P. Lamigueiro, “ENERGÍA SOLAR Fotovoltaica,” 2020, Accessed: Jan. 17, 2022. [Online]. Available: <https://github.com/oscarperpinan/esf>.
- [19] H. Cornejo, “Sistema solar fotovoltaico de conexion a red en el centro materno Infantil de la universidad de piura,” p. 114, 2013.
- [20] L. P. L. A. Generaci and D. E. Energ, “FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y,” 2011.
- [21] T. Días and G. Carmona, “Componentes de una instalación solar fotovoltaica 1,” 24AD.
- [22] G. Arencibia-Carballo, “La importancia del uso de paneles solares en la

- generación de energía eléctrica,” *REDVET*, vol. 17, no. 9, pp. 1–4, Sep. 2016, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63647456002.pdf>.
- [23] D. Lozano-luna, “Revista del Diseño Innovativo Eficiencia en paneles solares Efficiency in solar panels,” *Marzo*, vol. 2, no. 2, pp. 9–21, 2018, [Online]. Available: www.ecorfan.org/taiwan.
- [24] P. Oriol, “¿Cuáles Son Los Tipos De Paneles Fotovoltaicos?,” *6 De Noviembre De 2017*, 2017. <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/panel-fotovoltaico/tipos-de-paneles-fotovoltaicos> (accessed Dec. 02, 2021).
- [25] E. Renovables, “Tipos de paneles fotovoltaicos,” 2022. <https://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/> (accessed Feb. 08, 2022).
- [26] Edef, “Panel solar híbrido - Qué es, qué ventajas tiene y para qué sirve,” 2021. <https://endef.com/paneles-solares-hibridos/> (accessed Dec. 02, 2021).
- [27] Autosolar, “¿Qué tipos de baterías existen?,” 2021. <https://autosolar.es/blog/baterias-placas-solares/tipos-baterias-solares> (accessed Dec. 03, 2021).
- [28] Autosolar, “Baterías GEL | Las mejores baterías GEL AutoSolar 2022.” <https://autosolar.es/baterias-de-gel> (accessed Feb. 08, 2022).
- [29] Autosolar, “Baterías estacionarias | Máxima calidad en AutoSolar - página 9.” <https://autosolar.es/baterias-estacionarias?page=9> (accessed Feb. 08, 2022).
- [30] Autosolar, “¿Qué es el litio? ¿Qué es una batería de litio? | AutoSolar.” <https://autosolar.es/blog/baterias-placas-solares/que-es-el-litio-que-es-una-bateria-de-litio> (accessed Feb. 08, 2022).
- [31] N. Labs, “Diferencias entre inversores de onda pura y modificada | NextCity Labs.” <https://nextcitylabs.com/global/es/diferencias-entre-inversores-de-onda-pura-y-de-onda-modificada/> (accessed Feb. 08, 2022).
- [32] E. CITY, “Regulador de carga solar.” <https://enercitysa.com/blog/regulador-de-carga-solar-2/>.
- [33] Monsolar, “¿Cómo funcionan los reguladores de carga solares PWM y MPPT?” <https://www.monsolar.com/blog/como-funcionan-los-reguladores-de-carga-solares-pwm-y-mppt/> (accessed Jan. 18, 2022).
- [34] Autosolar, “¿Qué es un regulador PWM?” <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/que-es-un-regulador-pwm> (accessed Jan. 18, 2022).

- [35] R. P. Capilla, “Pvlearning : Herramienta Web Para La Enseñanza De La Energía Solar Fotovoltaica Pvlearning : Web Tool for the Teaching of Photovoltaic Solar Energy,” pp. 109–116, 2012.
- [36] Pv. SA, “PVsyst SA - Route de la Maison-Carrée 30 - 1242 Satigny - Switzerland www.pvsyst.com,” 2019.
- [37] I. E. Pereda Soto, “Celdas Fotovoltaicas En Generacion Distribuida,” *Pontif. Univ. Catol. Chile*, p. 173, 2005.
- [38] Ikastaroak, “2.6.- Dimensionado de la sección del cableado y de los dispositivos de protección. | ISF06.- Diseño, dimensionado y selección de componentes de instalaciones fotovoltaica...”
https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF06/es_IEA_ISF06_Contenidos/website_26_dimensionado_de_la_seccin_del_cableado_y_de_los_dispositivos_de_proteccion.html (accessed Jan. 24, 2022).
- [39] A. D. S. Unamuno, “Norma Ecuatoriana de la Construcción,” *Opt.Med S.a.*, p. 25, 2018, [Online]. Available: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-SB-IE-Final.pdf>.
- [40] E. Universo, “Ecuador, sexto en ranking de tarifas eléctricas residenciales, por debajo de Colombia y Perú | Economía | Noticias | El Universo.”
<https://www.eluniverso.com/noticias/economia/tarifas-electricas-de-ecuador-son-competitivas-segun-colegio-de-ingenieros-electricos-y-la-arc-nota/> (accessed Jan. 12, 2022).
- [41] Optimagrid, “Buenas prácticas para el ahorro de energía.”
- [42] R. Galarza, L. Antonio, O. Garzón, and C. Josué, “Diseño de un arreglo fotovoltaico para la iluminación interior de viviendas de la Comuna MASA 2 – Golfo De Guayaquil,” 2021, [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20326>.

6 ANEXOS

ENCUESTA REALIZADA A LOS HABITANTES DE LA COMUNIDAD

MASA 2

Cantos años tiene de habitar en la comunidad Masa2

Menor a 5 años

Entre 5 y 15 años

Mayor a 15 años

Cuántas personas conforman el núcleo familiar en la vivienda

Menor a 2 personas

Entre 3 y 4 persona

Mas de 5 personas

Cuántas personas mayores de 18 años habitan en la vivienda

Personas

Cuántas personas menores de 18 años asisten a una escuela o colegio

Personas

Cuál es la fuente de electricidad que tiene en la vivienda

Red eléctrica publica

Generadores a gasolina

Generadores fotovoltaicos

Especifique los artefactos eléctricos que hacen uso de la fuente de electricidad que posee la vivienda

Televisor

Linterna recargable

Radio

Focos

Celular

Conoce lo que es un sistema solar fotovoltaico

Si

N

Anexo 1 Cronograma de actividades

Fuente: los autores

RENOVAENERGIA S.A. RENOVAENERGIA S.A. Dir Matriz: LA LUZ PASAJE SÁNCHEZ MELO OE1-37 Y AV. GALO PLAZA LASSO Dir Sucursal: LA LUZ PASAJE SÁNCHEZ MELO OE1-37 Y AV. GALO PLAZA LASSO Teléfono: 022 403 643 Contribuyente Especial Nro: OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: SI AGENTE DE RETENCIÓN Resol: NAC-DNCRASC20-00000001		R.U.C.: 1792187567001 FACTURA No. 001-001-000004387 Número de Autorización: 2007202101179218756700120010010000043871234567815 FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN: 2021-07-20T15:06:05 Ambiente: Producción Emisión: Normal CLAVE DE ACCESO: 2007202101179218756700120010010000043871234567815 				
Razón Social/ Nombres y Apellidos: UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA Identificación: 0190151530001 Fecha Emisión: 20/07/2021		Vendedor: Guía Remisión: 001-001-000000000				
CANTIDAD	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	Unidad Articulo	PRECIO UNITARIO	DESCUENTO O	PRECIO TOTAL
17,0000	MD095	Panel Solar JKM405M-72H-V		187,6400	0,00	3.189,88
10,0000	RP060	Victron Energy SmartSolar MPPT 75/15 Retail (SCC075015060R)		150,1900	0,00	1.501,90
13,0000	BT047	Baterías, Ritar Power 12Vdc 100AH DC12-100 (RA12-100D)		233,8200	0,00	3.039,66
11,0000	IN075	Phoenix Inverter 24/250 120V VE.Direct NEHA 5-15R		205,7900	0,00	2.263,69
SUBTOTAL 12 %						6805,25
SUBTOTAL 0%						3.189,88
SUBTOTAL No Objeto De IVA						0,00
SUBTOTAL Exento De IVA						0,00
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS						9.995,13
TOTAL DESCUENTO						0,00
ICE						0,00
IVA 12 %						816,63
IRBPNR						0,00
PROPINA						0,00
VALOR TOTAL						10.811,76
VALOR A PAGAR						10.811,76
Información Adicional del Cliente Dirección: Chambers 227 y 5 de Junio Teléfono: 000000 Email: kpluas@ups.edu.ec						
Forma de Pago	Valor	Plazo	Tiempo			
OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	10,811.76	0	Días			
Notas: Oferta 14270 Ing. David Aguirre						

Anexo 3 Factura de adquisición de los sistemas fotovoltaico

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Total
Panel Solar JKM405M-72H-V	1	187.64	187.64
Victron Energy Smart Solar MPPT 75/15 Retail (SCC075015060R)	1	150.19	150.19
Phoenix Inverter 24/250 120V VE. Direct NEMA 5-15R	1	205.79	205.79
Batería Ritar Power 12Vdc 100AH DC12-100 (RA12-100D)	2	233.82	467.64
Estructura de soporte para el Panel	1	250.00	250.00
Estructura de soporte para el banco de Baterías	1	50.00	50.00
		Subtotal	1311.56
		Iva 12%	157.35
		Total	1464.91

Anexo 4 Sistema fotovoltaico para una vivienda

Fuente: los autores

Materiales	Cantidad	Precio Unitario	Total
Focos leds	5	1.50	7.50
Tomacorrientes	3	1.15	3.45
Interruptores	3	1.10	3.30
Cajas octagonales	7	0.56	3.92
Cajas rectangulares	6	0.50	3.00
Cajas de paso 4x4 pulgadas	3	0.75	2.25
Tapas para las cajas	10	0.15	1.50
Cable eléctrico # 14	1	35.00	35.00
Cable eléctrico # 12	2	43.00	86.00
Cinta Scotch	1	1.25	1.25
Panel Eléctrico GE 4-8	1	22.00	22.00
Breaker	3	3.80	11.40
Varilla de cobre	1	7.59	7.59
Cemento	1	6.50	6.50
Piedra / ripio	3	3.00	9.00
Varilla de Hierro de 1/2	2	13.00	26.00
Tubo pvc de 1/2	24	0.68	16.32
Tubo pvc de 3/4	3	0.75	2.25
Conectores para tubería de 1/3 – 3/4	25	0.18	4.5
Grapas para sujetar tubos	100	0.02	2.00
Pintura anticorrosiva	1	6	6.00
Pernos, tuercas, anillos	4	1.50	6.00
Movilización	1	60.00	60.00
TOTAL			326.73

Anexo 5 Materiales para las instalaciones eléctrica de la vivienda

Fuente: los autores

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									

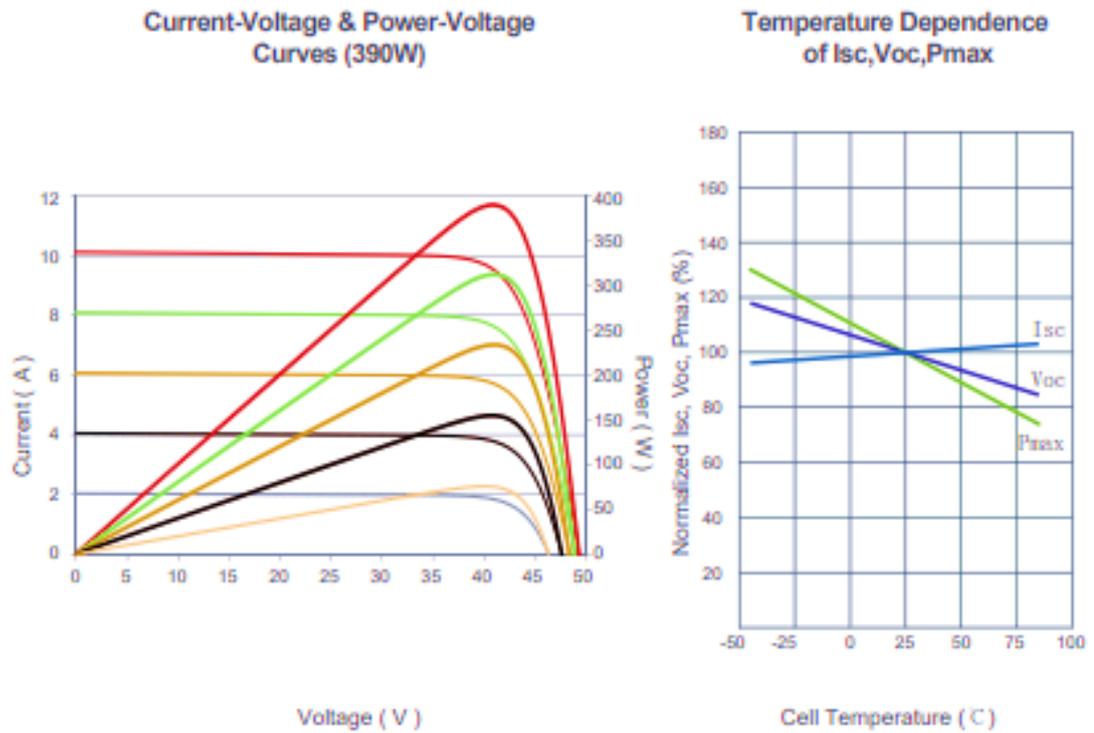
STC:  Irradiance 1000W/m²  Cell Temperature 25°C  AM=1.5

NOCT:  Irradiance 800W/m²  Ambient Temperature 20°C  AM=1.5  Wind Speed 1m/s

* Power measurement tolerance: ± 3%

Anexo 6 Especificaciones del panel solar

Fuente: Jinko Solar Holding Co., Ltd.

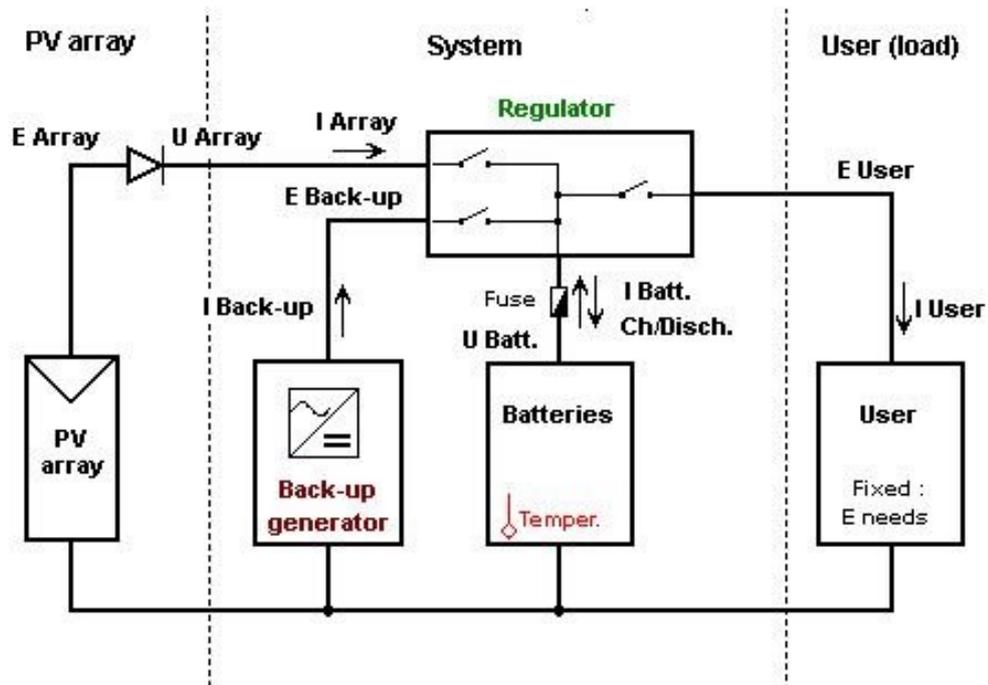


Mechanical Characteristics

Cell Type	Mono PERC 158.75×158.75mm
No. of Half-cells	144 (6×24)
Dimensions	2008×1002×40mm (79.06×39.45×1.57 inch)
Weight	22.5 kg (49.6 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TÜV 1x4.0mm ² , Anode 290mm, Cathode 145mm or Customized Length

Anexo 7 Rendimiento eléctrico y dependencia de la temperatura

Fuente: Jinko Solar Holding Co., Ltd.



Anexo 8 Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo en Pvsyst

Fuente: los autores (simulación mediante Pvsyst)