



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TEMA:

**DIMENSIONAMIENTO ÓPTIMO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO A TRAVÉS
DE HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES EN ZONAS AISLADAS**

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

AUTOR(ES): Oswaldo Joshua Villao Miranda

Erick Rolando Consuegra Mite

TUTOR: Ing. Julio Manuel Silva Becherán

Guayaquil – Ecuador
2021

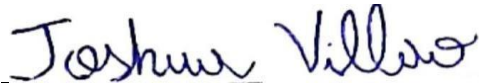
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

Nosotros, Oswaldo Joshua Villao Miranda con documento de identificación N° 0920351087 y Erick Rolando Consuegra Mite con documento de identificación N° 0918190026; 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, 29 de octubre del año 2021

Atentamente,



Oswaldo Joshua Villao Miranda

0920351087



Erick Rolando Consuegra Mite

0918190026

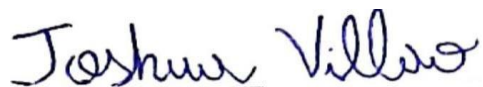
CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Oswaldo Joshua Villao Miranda con documento de identificación No. 0920351087 y Erick Rolando Consuegra Mite con documento de identificación No.0918190026 expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Dimensionamiento Óptimo de un Sistema Fotovoltaico a través de Herramientas Computacionales en Zonas Aisladas”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Guayaquil, 29 de octubre del año 2021

Atentamente,



Oswaldo Joshua Villao Miranda
0920351087



Erick Rolando Consuegra Mite
0918190026

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Julio Manuel Silva Becherán con documento de identificación N° 0959623422, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DIMENSIONAMIENTO ÓPTIMO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO A TRAVÉS DE HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES EN ZONAS AISLADAS, realizado por Oswaldo Joshua Villao Miranda y con documento de identificación N° 0920351087 y por Erick Rolando Consuegra Mite con documento de identificación N° 0918190026, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto de Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 29 de octubre del año 2021

Atentamente,



Julio Manuel Silva Becherán
0959623422

Dedicatoria

El presente trabajo de grado en primer lugar va dedicado a Dios, ya que durante la etapa de formación como Ingeniero Eléctrico me dio fortaleza para llevar al mismo tiempo trabajo y estudio hace cinco años empecé esta lucha constante de esfuerzo y dedicación llegando a sentirme bendecido por el logro alcanzado.

A mis padres William Consuegra y Elsa Mite, quienes me enseñaron que la toda tarea, aunque parezca difícil es posible lograrla si se lo hace un paso a la vez, la formación en valores que tuve de su parte aportó en gran parte en mi formación como profesional y ser humano.

Finalmente, pero no menos importante a Paola Torres, ya que con su paciencia y apoyo incondicional me ayudaron a no rendirme y seguir adelante, gracias por comprender mi ausencia de tiempo e impulsarme a crecer.

Eric Rolando Consuegra Mite

Agradecimiento

Agradezco a Dios por haber hecho posible culminar esta tarea con el mismo entusiasmo con el cual la inicie este trabajo de investigación e implementación, plasmado en este libro portador de todo el esfuerzo y conocimiento adquirido durante el proceso de formación profesional.

En estas líneas también quisiera agradecer a los compañeros con los cuales emprendimos este proyecto de ayuda a la comunidad aportando los conocimientos adquiridos en el área eléctrica fotovoltaica la cual ayudara a mejorar de manera significativa el estilo de vida de muchas familias.

Finalmente, un agradecimiento al Ing. Julio Silva por habernos proporcionado su valiosa ayuda técnica durante la elaboración de este trabajo formativo guiándonos académicamente con su experiencia y calidad profesional.

Eric Rolando Consuegra Mite

Dedicatoria

Este proyecto de titulación se lo dedico primero a Jehová por darme la vida y haber llegado hasta este momento tan importante y darme la fortaleza necesaria en este camino. A mis padres Oswaldo y Alexandra que son para mí un ejemplo de trabajo, perseverancia, dedicación y esfuerzo que han estado hay para mí cuando más los he necesitado. A mi hermana Melina y hermano Johan por confiar en mí, a mis abuelos Oswaldo y Flérida por brindarme su apoyo incondicional sin esperar nada a cambio, feliz y agradecido de pertenecer a esta gran familia, sin más que decir gracias por su apoyo y mucho amor.

Oswaldo Joshua Villao Miranda

Agradecimiento

Agradezco primero a Dios por guiarme paso a paso para llegar a ser una persona de bien. Mi familia ha sido fundamental y me han ayudado con sus palabras, su sabiduría y sin ustedes no podría a ver cumplido mi meta, de todo corazón estoy feliz y agradecido con todos mis seres queridos, que son los que estuvieron en los momentos difíciles, y me apoyaron para seguir adelante y cumplir mis objetivos.

Un agradecimiento especial al Ing. Julio Silva, quien con su experiencia y conocimientos fue de gran ayuda en el desarrollo del proyecto.

Oswaldo Joshua Villao Miranda

Resumen

Nuestro proyecto tiene como objetivo contribuir a la comunidad a través del desarrollo de tecnologías sustentables que ayuden a proporcionar una mejor forma de vida a grupos desfavorecidos de las zonas rurales de la ciudad. Como grupo, nos enfocamos en aquellos que no pueden acceder al sistema eléctrico porque tienen dificultades para poder conectarse a la red eléctrica debido a la distancia y al terreno irregular. Estas comunidades utilizan generadores que trabajan durante un horario determinado de la noche, estos equipos ayudan a iluminar sus hogares, además de cargar sus dispositivos como teléfonos móviles que les permiten mantenerse comunicados.

Este trabajo se realizó en la comunidad Masa 2 ubicado en el Golfo de Guayaquil, luego de conocer las necesidades de la vivienda mediante estudios realizados y visitas al lugar, se procedió a diseñar un sistema fotovoltaico aislado para dicho hogar, esta instalación está conformada por paneles fotovoltaicos, baterías de ciclo profundo, reguladores e inversores, para los cálculos de carga se procedió al dimensionamiento del hogar tomando como base proyecto que se realizaron en la zona, por otro lado, se utiliza software computacionales para comprobar los resultados.

Finalmente, se obtiene el dimensionamiento óptimo mediante software computacionales que nos ayudan a obtener buenos resultados al momento de instalar sistemas solares.

Abstract

Our project aims to contribute to the community through the development of sustainable technologies that help provide a better way of life to disadvantaged groups in rural areas of the city. As a group, we focus on those who cannot access the electrical system because they have difficulty connecting to the electrical grid due to distance and uneven terrain. These communities use generators that work during a certain hour at night, these teams help to illuminate their homes, in addition to charging their devices such as mobile phones that allow them to keep in touch.

This work was carried out in the Masa 2 community located in the Gulf of Guayaquil, after knowing the needs of the house through studies carried out and visits to the place, we proceeded to design an isolated photovoltaic system for said home, this installation is made up of panels photovoltaic, deep cycle batteries, regulators and inverters, for the load calculations, the home was sizing based on the project carried out in the area, on the other hand, computer software is used to verify the results.

Finally, the optimal sizing is obtained through computer software that helps us to obtain good results when installing solar systems.

Indice

ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XII
1 CAPITULO I.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 PROBLEMA DE ESTUDIO.....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	5
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	5
1.5 PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN	6
1.6 METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	6
2 CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1 LA ENERGÍA SOLAR.....	7
2.2 ENERGÍA SOLAR EN ECUADOR.....	7
2.3 PROYECTOS DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA DE INTERÉS SOCIAL EN ECUADOR.....	8
2.4 ENERGÍA RENOVABLE.....	9
2.5 LAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS.....	9
2.6 RADIACIÓN SOLAR	9
2.7 UNIDADES DE LA RADIACIÓN SOLAR	9
2.8 APLICACIONES Y CLASES DE SISTEMAS DE ENERGIA FOTOVOLTAICA.....	10
2.8.1 <i>Sistemas Fotovoltaicos directos</i>	10
2.8.2 <i>Sistemas Fotovoltaicos Aislados</i>	11
2.8.3 <i>Sistemas Fotovoltaicos Aislados para equipos con corriente directa</i>	12
2.8.4 <i>Sistemas Fotovoltaicos Aislados para equipos con corriente alterna</i>	12
2.8.5 <i>Sistemas Fotovoltaicos con conexión a la red</i>	13
2.8.6 <i>Sistemas Fotovoltaicos híbridos</i>	14
2.8.7 <i>Módulos Fotovoltaicos</i>	14
2.8.8 <i>Componentes de los paneles fotovoltaicos</i>	15
2.8.9 <i>Propiedades eléctricas en módulos fotovoltaicos</i>	15
2.8.10 <i>Tipos de módulos fotovoltaicos</i>	16
2.8.11 <i>Módulos monocristalinos</i>	16
2.8.11.1 <i>Módulos Policristalinos</i>	17
2.8.11.2 <i>Módulos Amorfos</i>	18
2.9 ACUMULADORES Y BATERÍAS.....	19
2.9.1 <i>Baterías monoblock</i>	19
2.9.2 <i>Baterías de ciclo profundo</i>	19
2.9.3 <i>Baterías AGM</i>	20
2.9.4 <i>Baterías de litio</i>	20
2.9.5 <i>Baterías estacionarias</i>	20
2.10 REGULADORES DE CARGA	21
2.10.1 <i>Regulador PWM</i>	21
2.10.2 <i>Regulador MPPT</i>	21
2.11 INVERSORES	22
2.11.1 <i>Inversor Cadena</i>	22
2.11.2 <i>Inversor Central</i>	23
2.11.3 <i>Inversores Multicadena</i>	23
2.12 ELECTRIFICACIÓN BÁSICA EN UNA VIVIENDA.....	24
3 CAPITULO III: DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO DE MASA 2	25

3.1	TOPOLOGÍA EN INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA	25
3.2	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LAS CARGAS	26
3.3	CÁLCULO DE POTENCIA DE INSTALACIÓN	26
3.4	CONSUMO ELÉCTRICO DE LA INSTALACIÓN	27
3.4.1	<i>Consumo diario de cada circuito</i>	27
3.4.2	<i>Condiciones ambientales comunidad Masa 2</i>	28
3.5	CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS QUE CONFORMAN EL SFV	28
3.5.1	<i>Inclinación Óptima</i>	28
3.5.2	<i>Orientación o Acimut</i>	29
3.5.3	<i>Recolección de Datos Locales</i>	29
3.5.4	<i>Dimensionamiento de Cargas Eléctricas</i>	30
3.5.5	<i>Cálculo del Banco de Baterías</i>	30
3.5.6	<i>Cálculo del Conjunto de Paneles Solares</i>	31
3.5.7	<i>Hora Solar Pico</i>	32
3.5.8	<i>Cálculo del Controlador de Carga</i>	33
3.5.9	<i>Cálculo del Inversor</i>	34
3.5.10	<i>Eficiencia del Sistema</i>	35
3.5.11	<i>Pérdidas por Orientación e Inclinación</i>	36
3.5.12	<i>Condiciones Estándares del Panel</i>	36
3.5.13	<i>Temperatura de la Celda para el Mes de Julio</i>	36
3.5.14	<i>Condiciones Críticas de Funcionamiento</i>	37
3.5.15	<i>Eficiencia de Temperatura a los Paneles</i>	38
3.5.16	<i>Cálculo de la Eficiencia del Sistema</i>	38
3.5.17	<i>Cálculo del Cableado del Sistema</i>	38
3.5.17.1	<i>Cableado de los Paneles al Controlador</i>	38
3.5.17.2	<i>Cableado del Controlador a las Baterías</i>	39
3.5.17.3	<i>Cableado de las Baterías al Inversor</i>	39
3.6	CÁLCULO Y CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES	40
3.6.1	<i>Tuberías y cables</i>	40
3.6.2	<i>Tablero de distribución</i>	41
3.6.3	<i>Sistema puesto a Tierra y apantallamiento</i>	41
3.7	ESQUEMAS Y PLANOS DE LA VIVIENDA	42
3.7.1	<i>Plano Arquitectónico de Vivienda Familia Rodríguez Reina</i>	42
3.7.2	<i>Plano Eléctrico de Iluminación y Tomacorrientes</i>	43
3.8	ESQUEMAS Y PLANOS DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	44
3.8.1	<i>Símbolos utilizados en los esquemas de diseño</i>	44
3.8.2	<i>Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico</i>	45
3.8.3	<i>Esquema de conexión de los modelos fotovoltaicos</i>	46
3.8.4	<i>Esquema de conexión de las baterías</i>	46
3.8.5	<i>Esquema de conexión del regulador – controlador de carga</i>	47
3.8.6	<i>Esquema de conexión del inversor</i>	47
3.8.7	<i>Estructura base de Poste para Panel Fotovoltaico</i>	48
3.8.8	<i>Poste soporte de Panel Fotovoltaico</i>	49
3.8.9	<i>Gabinete para Equipos Fotovoltaicos</i>	50
4	SIMULACIÓN MEDIANTE HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES	51
4.1	SIMULACIÓN EN EL PROGRAMA PVSYST 7.2	51
4.2	SIMULACIÓN EN EL PROGRAMA PV*SOL PREMIUM 2021	52
4.3	IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO EN LA VIVIENDA DE LA COMUNIDAD MASA 2	52
4.3.1	<i>Instalación Eléctrica del proyecto</i>	52
4.3.2	<i>Montaje del sistema fotovoltaico del proyecto</i>	56
	CONCLUSIONES	61

RECOMENDACIONES	61
PRESUPUESTO	62
ANEXOS	63
ANEXO 1	63
ANEXO 2	64
ANEXO 3	68
BIBLIOGRAFIA.....	76

Índice de Figuras

Figura 1.- Viviendas, Isla Golfo de Guayaquil, Comunidad Masa 2	1
Figura 2.- Vías de acceso a Comunidad Masa 2	2
Figura 3.- Ubicación Comunidad Masa 2	2
Figura 4.- Sistema Fotovoltaico	6
Figura 5.- Planta fotovoltaica en la provincia de Imbabura	7
Figura 6.- Aplicación de sistema Fotovoltaico en zonas rurales Ecuador	8
Figura 7.- Paneles solares proveen luz en la isla Santay	9
Figura 8.- Tipos de sistemas solares fotovoltaicos	10
Figura 9.- Aplicación de sistemas solares fotovoltaicos directos	11
Figura 10.- Sistemas Solares Aislados	11
Figura 11.- Sistemas Solares Aislados	12
Figura 12.- Sistemas Solares conectados a red	13
Figura 13.- Sistemas fotovoltaicos híbridos	14
Figura 14.- Partes de un Módulo Fotovoltaico	15
Figura 15.- Partes de un Módulo Fotovoltaico	16
Figura 16.- Modulo Fotovoltaico Monocristalino.....	17
Figura 17.- Modulo Fotovoltaico Policristalino	18
Figura 18.- Modulo Fotovoltaico Monocristalino.....	18
Figura 19.- Batería monoblock	19
Figura 20.- Batería ciclo profundo	19
Figura 21.- Batería AGM	20
Figura 22.- Batería de Litio	20
Figura 23.- Baterías estacionarias.....	21
Figura 24.- Controlador PWN	21
Figura 25.- Controlador MPPT	22
Figura 26.- Inversor	22
Figura 27.- Inversor Cadena	23
Figura 28.- Inversor Central.....	23
Figura 29.- Inversor Multicadena.....	24
Figura 30.- Electrificación básica de una vivienda	25
Figura 31.- Instalación Solar Fotovoltaica	26
Figura 32.- Especificaciones Técnicas de la batería	31
Figura 33.- Especificaciones Técnicas del Módulo Solar	33
Figura 34.- Especificaciones Técnicas del Controlador de Carga	34
Figura 35.- Especificaciones Técnicas del Inversor	35
Figura 36.- Temperatura de la célula fotovoltaica	37
Figura 37.- Cables.....	40
Figura 38.- Tuberías	40

Figura 39.- Plano Arquitectónico de vivienda.	42
Figura 40.- Plano eléctrico de vivienda.	43
Figura 41.- Símbolos utilizados en los esquemas de diseño.	44
Figura 42.- Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico.....	45
Figura 43.- Esquema de conexión de los módulos.	46
Figura 44.- Esquema de conexión de Baterías.	46
Figura 45.- Esquema de conexión Regulador Controlador	47
Figura 46.- Esquema de conexión del Inversor DC/AC	47
Figura 47.- Estructura Base de Poste Fotovoltaico.....	48
Figura 48.- Poste Soporte Panel Fotovoltaico	49
Figura 49.- Gabinete para Equipos Fotovoltaicos.....	50
Figura 50.- Instalaciones de la Familia Rodríguez Reina	53
Figura 51.- Materiales electricos utilizados para la instalacion	53
Figura 52.- Instalacion panel de distribucion	54
Figura 53.- Colocacion de tubo PVC.....	54
Figura 54.- Cableado electrico en la vivienda.....	55
Figura 55.- Conexion de interruptor	55
Figura 56.- Conexion de la boquilla	56
Figura 57.- Kit fotovoltaico	56
Figura 58.- Elaboracion de la base de concreto	57
Figura 59.- Colocacion del tubo metalico.....	57
Figura 60.- Colocacion del panel en la base metalica.....	58
Figura 61.- Base metalica utilizada para los equipos.....	58
Figura 62.- Conexion en serie de la baterias	59
Figura 63.- Instalacion de los elementos fotovoltaicos	59
Figura 64.- Vista final del proyecto	60
Figura 65.- Cuadro sinoptico de capacitacion	63
Figura 66.- Resultados mediante el software PVSYST 7.2.....	67
Figura 67.- Resultados mediante el software PV*SOL premium 2021	75

Índice de Tablas

Tabla 1.- Circuitos básicos de una vivienda.....	24
Tabla 2.- Potencias que se instalaran en este proyecto	27
Tabla 3.- Angulos de inclinacion optima	28
Tabla 4.- Datos Meteorologicos mediante PVSOL.....	29
Tabla 5.- Dimensionamiento de Cargas Eléctricas.....	30
Tabla 6.- Voltajes del Sistema Fotovoltaico	30
Tabla 7.- Dimensionamiento del Banco De Baterías	31
Tabla 8.- Hora Solar Pico	32
Tabla 9.- Dimensionamiento del Arreglo	32
Tabla 10.- Dimensionamiento del Controlador	33
Tabla 11.- Dimensionamiento del Inversor	34

1 CAPITULO I

1.1 Introducción

La electricidad es de vital importancia en tiempos actuales, en zonas urbanas y en grandes ciudades, sería poco común no contar con este tipo de servicio, por otro lado, algunas zonas rurales carecen de electricidad suministrada por una red pública debido a diferentes circunstancias como la lejanía del sector, el difícil acceso a las comunidades que permitan para desarrollar proyectos viables en electrificación

El estero salado y el rio Guayas convergen en el Golfo de Guayaquil con una de las entrantes más grandes del océano Pacifico en Sudamérica y el camino una serie de islas encontramos la comunidad Masa 2.



*Figura 1.- Viviendas, Isla Golfo de Guayaquil, Comunidad Masa 2
Fuente: Autores*

Masa 2 es una comunidad ubicada al sur de la ciudad en el Golfo de Guayaquil, cuenta con dos vías de acceso, una es la vía marítima por medio de lancha iniciando la salida desde el Muelle Caraguay con un tiempo estimado de 45 minutos. La siguiente manera de llegar es de forma terrestre mediante un camino pasando por la subestacion eléctrica Las Esclusas, tambien pasamos por los alrededores de la camaronera Songa con previa autorización de la gerencia. La distancia recorrida desde el punto de control hasta la comunidad Masa 2 es de 15 kilómetros, en un tiempo de 25 minutos.



Figura 2.- Vías de acceso a Comunidad Masa 2
Fuente: Google Maps



Figura 3.- Ubicación Comunidad Masa 2
Fuente: Google Maps

En la isla predomina la carencia de servicios básicos, como energía eléctrica, agua potable, centros médicos, recolección de basura, en la investigación realizada se indica que la única forma abastecerse energía eléctrica es a través de generadores eléctricos en un periodo de tiempo limitado , los cuales a largo plazo además del efecto contaminante por las emisiones de CO₂ , también puede producir problemas auditivos debido al ruido de los generadores, trasciende en la economía de los habitantes debido al uso de combustible que requiere el equipo de generación como la gasolina y aceite agregando además los gastos de mantenimiento del equipo .

Una alternativa para la disminución de combustible fósiles son las energías renovables y entre ellas la energía solar ya que es un recurso disponible en todo el mundo, este tipo de recurso para la generación de energía eléctrica es una de la más eficientes en la lucha contra el cambio climático la cual ayudara de gran manera al sector de la Masa 2 produciendo energía limpia contribuyendo de sobremanera al desarrollo de la comunidad.

De acuerdo a [1] nos indica, que elegir la tecnología adecuada para proporcionar energía a poblaciones remotas y la participación de la comunidad en el inicio y fin de los proyectos, son puntos primordiales para brindar garantía de un servicio veraz, fiable, factible y de categoría.

1.2 Problema de Estudio

De acuerdo los autores [2], la comunidad tiene una población de 81 habitantes, en su mayoría compuesta por hombres con edades que oscilan entre 18 a 60 años, además existe una minoría de sexo femenino con las mismas edades antes mencionadas. Por último, la comuna cuenta con niños y adolescentes en su mayoría en edad escolar.

No todos los miembros de la comunidad cuentan con generadores, algunos reciben ayuda de viviendas vecinas para abastecerse de suministro eléctrico el cual será empleado para actividades de iluminación básica y un tomacorriente para carga dispositivos móviles siendo utilizadas en horario de 16H00 a 22H00. Los generadores utilizados se encuentran en un rango de potencia entre los 2 y 5KW, el consumo promedio será variable teniendo en cuenta el nivel de carga que le conectemos, los generadores a gasolina tendrán un consumo medio de 0,5 litros/kW hora, usándolo por seis horas diarias nos dará un consumo de 3 litros por día y al mes 90 litros que nos representa 24 galones de gasolina Ecopaís al precio actual \$2.18 representará un valor de \$90 mensuales por generador. El sector por encontrarse alejado de las zonas urbanas es muy difícil abastecerse de combustible por lo que hacen a través de lanchas almacenando el

combustible en contenedores creando un ambiente propicio para un incendio debido al material inflamable, además del efecto contaminante por las emisiones de CO₂.

El nivel de ruido ocasionado por el uso de los generadores en periodos prolongados de exposición afecta la salud auditiva de los miembros de la familia, otra desventaja es que los usuarios no pueden utilizar los equipos de manera continua, solamente una media de 4 a 5 horas, si se excede el periodo de funcionamiento podrían disminuir la vida útil del equipo de generación. El contar con energía eléctrica únicamente hasta 22H00 limita la realización de actividades cotidianas horario nocturno.

Además del recurso económico los habitantes del sector carecen de conocimientos técnicos en el área sobre energías renovables, lo que hace difícil el desarrollo de Proyectos eléctricos que cuenten como energía base la energía solar, siendo esta una alternativa más viable, ya que implementar una red de distribución eléctrica implicaría una alta inversión económica que sería muy complicado ser solventada por los habitantes de esta isla del Golfo de Guayaquil.

1.3 Justificación

En la publicación del sitio web [3] en el mes de diciembre del 2020, estudiantes y egresados estuvieron desarrollando los estudios e implementación de tres postes de alumbrado público con su respectiva luminaria mediante la aplicación de energía fotovoltaica. Los postes cuentan con una altura de cinco metros y separación de 15 metros entre cada poste cada poste de alumbrado posee paneles solares con un ángulo de apertura de 115°.

Considerando lo publicado por [3], otro campo de aplicación para beneficio de la comunidad fue el análisis de la demanda de la escuela Fiscal Simón Bolívar para de manera seguida realizar la instalación de paneles solares con un contenedor de elementos electrónicos, ayudados con un banco de baterías permiten abastecer de energía a este centro de estudio que de manera conjunta brindara un pilar de desarrollo para las personas que pertenecen a la comunidad de las Masa 2.

De esta manera se marcó un inicio una labor que contribuirá al propósito de la familia Salesiana identificados con un sentido de la solidaridad manifestado en el conocimiento y respeto interviniendo en proyectos de carácter social. Mediante un estudio previo se realizará el diseño e implementación de un sistema fotovoltaico para zonas rurales aplicado en el sector las Masas 2 favoreciendo a los habitantes, concibiendo una mejor calidad de vida y de desarrollo mediante energía limpia. La carga abastecerá dos luminarias y un televisor esperando que futuras

generaciones de egresados de la Carrera de Ingeniería Eléctrica se unan a este tipo de proyectos que brindan un beneficio a la comunidad y la sociedad en general.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Dimensionar de manera óptima un sistema fotovoltaico, mediante el uso de herramientas computacionales y cálculos, aplicado a sistemas aislados a la red para elevar el nivel de vida de los residentes de la comunidad.

1.4.2 Objetivos específicos

- Calcular la demanda de carga requerida para una vivienda, verificando las potencias de los electrodomésticos para el dimensionado de nuestro sistema fotoeléctrico.
- Desarrollar de forma óptima una estructura fotovoltaica, mediante el software PVsyst y PVSOL, para proveer de energía limpia a una vivienda del sector Masa 2.
- Capacitación a usuarios sobre el funcionamiento y mantenimiento de equipos a instalarse, a través de charlas teóricas y prácticas, con el fin de alargar la vida útil de equipos y componentes del Sistema Fotovoltaico.

1.5 Planteamiento de la Solución

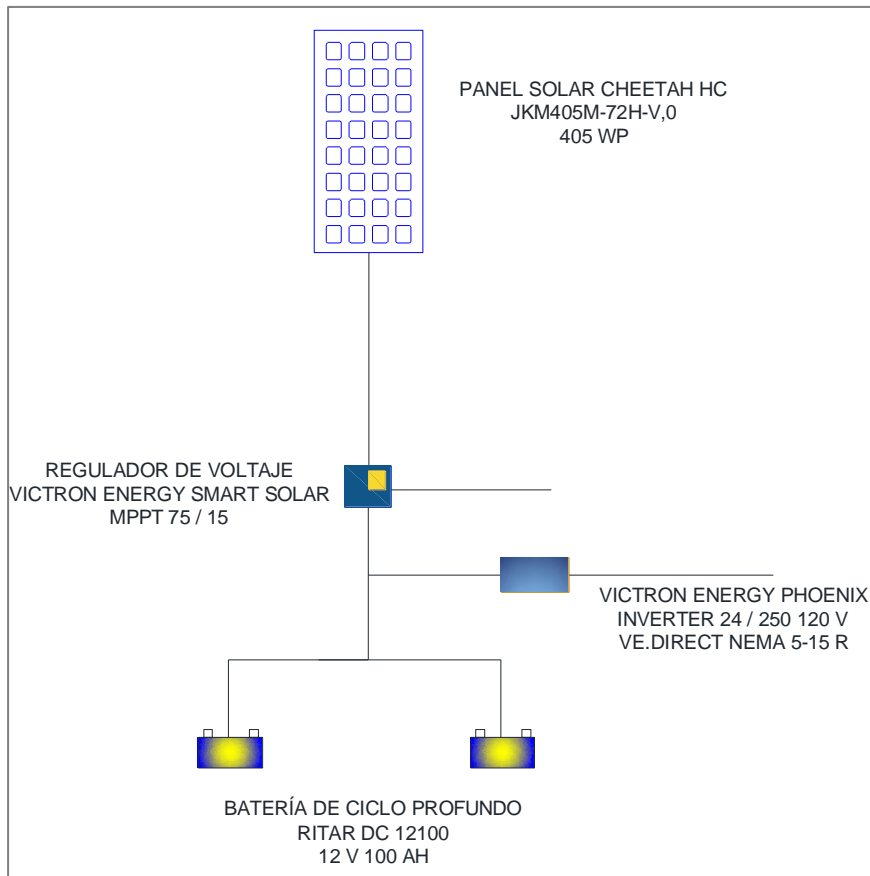


Figura 4.- Sistema Fotovoltaico
Fuente: Autores

1.6 Metodología de Trabajo

Se utilizará métodos cuantitativos en base a los datos que tendremos en la comuna Masa 2, esto servirá para dimensionar el sistema FV en los hogares de la comuna.

1. Visitar la comuna Masa 2 para exponer el proyecto con los habitantes de la zona.
2. Realizar el cálculo de demanda para determinar la capacidad de carga, de una vivienda de la zona para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.
3. Diseño de planos eléctricos del Sistema Fotovoltaico para las casas de la comuna Masa 2
4. Cotizar los materiales y herramientas necesarias para la instalación.
5. Instalación de equipos y componentes para la instalación de energía Fotovoltaica.

6. Uso de simuladores para el estudio de radiación, cálculo de demanda, pruebas en tiempo real, comparación entre simuladores para verificar la viabilidad del proyecto.

2 CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 La Energía Solar

En el artículo de [4], podemos definir a la energía solar como el origen de toda vida en la Tierra, debido a que es la que administra todos los ciclos físicos vitales para nuestra existencia. Por material otro lado, gracias a esta energía nuestro planeta puede producir electricidad en sus distintas formas (biomasa, eólica, etc).

La obtención por medio directo de electricidad por medio de la luz según [5] es conocido con el nombre de efecto foto-voltaico. En 1839, el físico Antoine Becquerel descubrió este fenómeno. Para lograr esto, se precisó un elemento capaz de absorber la luz solar y transformar la radiación absorbida en energía eléctrica, describiendo capacidades de las celdas PV.

2.2 Energía Solar en Ecuador

Según [6], en términos de recursos de energía solar, Ecuador es una ubicación única, porque la irradiación que recibe es vertical, no cambia a lo largo del año, y tiene el beneficio adicional de un ángulo de incidencia constante; haciendo de esta energía algo muy beneficioso en términos monetario para el país. En cuanto al mercado de energía solar en Ecuador, se ha desarrollado recientemente, especialmente en instalaciones de electrificación rural.



Figura 5.- Planta fotovoltaica en la provincia de Imbabura

Fuente: Sopelia



*Figura 6.- Aplicación de sistema Fotovoltaico en zonas rurales Ecuador.
Fuente: Sopelia*

2.3 Proyectos de Energía Fotovoltaica de Interés Social en Ecuador.

Conforme a lo publicado por [7], en la Isla Santay la cual se encuentra ubicada entre Guayaquil y Durán, el MAE colocó un sistema FV en los hogares construidas para los habitantes de la comunidad. Actualmente en la Isla Santay se cuenta con un limitado sistema de baterías para almacenar la energía proporcionada de manera solar, se plantean propuestas para lograr brindar mayor suministro de este recurso durante las 24 horas al día mejorando el nivel de vida de sus habitantes.



*Figura 7.- Paneles solares proveen luz en la isla Santay
Fuente: El Universo*

2.4 Energía Renovable

En materia de con respecto a los avances tecnológicos energías renovables, según [8], Los países que se encuentran en vía de desarrollo están ofreciendo una mejor calidad de energía para habitantes del país, implementando energías renovables al sistema de electrificación.

2.5 Las Células Fotovoltaicas

La definición según [5], la corriente eléctrica es un fenómeno por el cual se desplazan los electrones de un lugar a otro, esto establece un diferencial eléctrico. Estos elementos fotoeléctricos están llenos de electrones.

2.6 Radiación Solar

Según [9] es la energía emitida por el Sol que se extiende por el espacio en forma de ondas electromagnéticas.

Esta estrella es un organismo negro que tiene una temperatura de 6.000 °K. La magnitud que mide la radiación solar es la irradiación, que aprecia la energía que obtiene el planeta.

2.7 Unidades De La Radiación Solar

Para dimensionar la superficie de un módulo solar, según [10], existen 2 unidades las cuales son:

Hora solar pico (HSP): Es la cantidad de horas de sol que se absorbe en el día con una energía de radiación de 1.000 W/m².

Watio pico (WP): Esta es la máxima potencia que logra recoger un sistema fotovoltaico y concuerda con cierta energía de radiación de manera constante de 1.000 W/m² y que la temperatura es de 25 °C.

2.8 Aplicaciones y clases de Sistemas de energía Fotovoltaica

Los sistemas de energía con generación solar pueden ser aplicados en diversas circunstancias ya sea para, sistemas de iluminación, extracción de agua, calentamiento de agua entre otras, por lo que encontraremos diferentes configuraciones, cada sistema posee sus ventajas y desventajas las cuales se adaptaran a nuestras necesidades específicas las que mostraremos a continuación.



*Figura 8.- Tipos de sistemas solares fotovoltaicos
Fuente: Grupo Turelectric*

2.8.1 Sistemas Fotovoltaicos directos.

Como lo indica su nombre son sistemas los cuales el panel o modulo solar estará conectado de manera directa el a un equipo puede ser un ventilador o una bomba, siendo muy importante mencionar que únicamente puede ser empleado en equipos que funcionen con corriente directa, las características que nos muestra este tipo de sistema fotovoltaico son las siguientes:

- El sistema es más sencillo, ya que conectaremos el polo positivo y el polo negativo a las entradas de igual polaridad en el equipo.
- Únicamente funcionara cuando el sol este brillando con mayor intensidad, mostrándose esta característica como una desventaja.
- La potencia del equipo varía junto con la intensidad del sol, concluyendo que si el día este nublado el panel fotovoltaico generara poca corriente disminuyendo la eficiencia del equipo.

- El voltaje del panel y del equipo debe coincidir, en consecuencia, si tengo un panel que genera 24 voltios, es necesario que mi equipo posea la misma entrada de voltaje de lo contrario no funcionaría y en el peor de los casos provocar la avería del equipo.
- No almacenaremos energía, al no existir baterías de acumulación será imposible usarlo en horarios nocturnos.



*Figura 9.- Aplicación de sistemas solares fotovoltaicos directos
Fuente: Autosolar*

2.8.2 Sistemas Fotovoltaicos Aislados.

Los sistemas fotovoltaicos aislados tienen la característica de almacenar la energía producida por los paneles solares mediante baterías para lograr usarla en horas del día como en la noche los podemos encontrar en dos tipos.



*Figura 10.- Sistemas Solares Aislados
Fuente: PVC magazine latam.ar*

2.8.3 Sistemas Fotovoltaicos Aislados para equipos con corriente directa

La diferencia entre el sistema fotovoltaico directo descrito anteriormente es el empleo de baterías para lograr usar esta energía generada por los paneles en la noche, este sistema está constituido por panel solar, controlador de carga, batería de ciclo profundo y el equipo de corriente directa al cual suministraremos energía puede ser un foco, un ventilador, una radio etc.

2.8.4 Sistemas Fotovoltaicos Aislados para equipos con corriente alterna.

Esta configuración de sistema aislado utiliza un inversor fotovoltaico tradicional para proporcionar corriente eléctrica alterna a lugar que se desee electrificar. Este sistema fotovoltaico se compone generalmente de paneles solares, regulador de carga, baterías o acumuladores de ciclo, inversor fotovoltaico, etc. Se prescribe la utilización de una pantalla la cual nos permitirá monitorear la carga de las baterías. Entre las aplicaciones de este tipo de configuración podemos mencionar las siguientes:

- Señalización de vías marítimas y terrestres
- Alumbrado publico
- Bombes de sistemas hidráulicos lejos de red eléctrica
- Telecomunicaciones
- Electrificación de viviendas

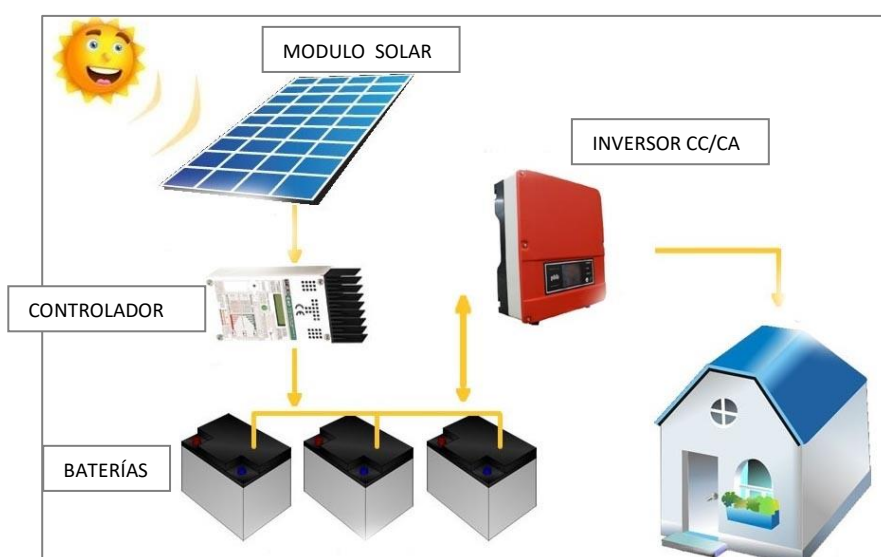


Figura 11.- Sistemas Solares Aislados
Fuente: Global Solare

2.8.5 Sistemas Fotovoltaicos con conexión a la red

Considerando lo expuesto por [11], los sistemas de energía fotoeléctrico conectados a la red están diseñados para instalarse en infraestructuras donde se encuentre provistos de suministro energético, es usado lugares en los cuales se necesite disminuir el costo energético, en consecuencia se puede reemplazar el proveedor de energía al domicilio, en cuanto a sus características favorables podemos mencionar:

- Brinda un ahorro en la economía que permite de manera directa disminuir el valor en la factura de energía eléctrica.
- Alta eficiencia energética.
- Reducción de emisiones de carbono.

Este tipo de sistema también posee puntos desfavorables entre los principales mencionaremos

- Perjudica al ecosistema si las instalaciones son de gran dimensión
- La instalación de un inversor de corriente es obligatorio.
- La instalación puede dejar de funcionar si no se cuenta con un servicio de distribución eléctrica.

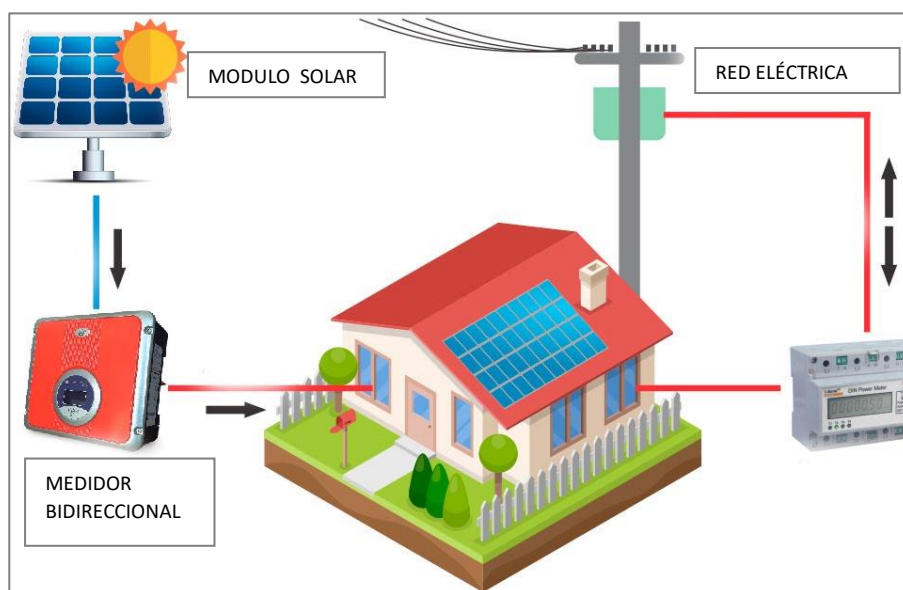


Figura 12.- Sistemas Solares conectados a red
Fuente: Global Solare

2.8.6 Sistemas Fotovoltaicos híbridos.

Una de las características importantes que debe tener un sistema de energía solar híbrido es el de incorporarse a otro suministro de energía diferente a la solar, los módulos solares que deben administrar la energía producida y almacenada de manera eficiente de acuerdo al usuario o un técnico instale, las fuentes de energía externa pueden ser el viento, un generador eléctrico o la red de distribución eléctrica. Mientras más paneles solares mayor será la capacidad de generación de energía durante el día y recargar el banco de baterías y por consiguiente mientras más baterías mayor capacidad de almacenamiento para suplir el hogar durante la noche, pero si el banco de baterías es limitado es en este momento que entra el sistema híbrido, conectándose a la red como un sistema respaldo que ayudara a recargar las baterías y proveerá de energía mientras la luz del sol permanezca oculta. Un sistema híbrido le permitirá estar fuera durante el día, y en la noche lo que dure la carga de las baterías, reduciendo la dependencia de la red de distribución eléctrica

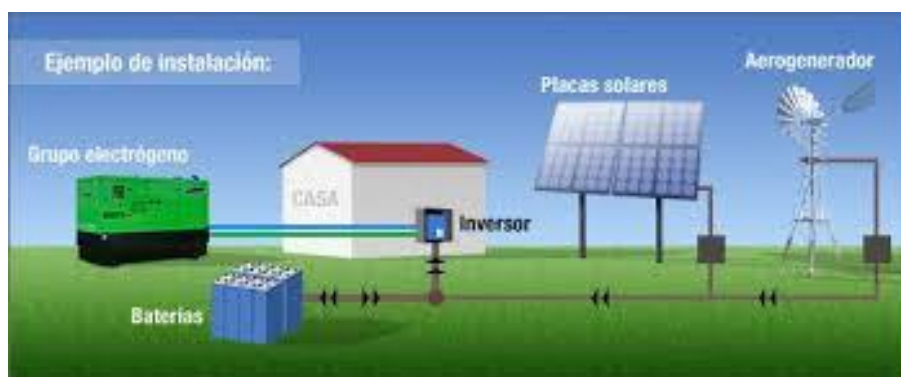
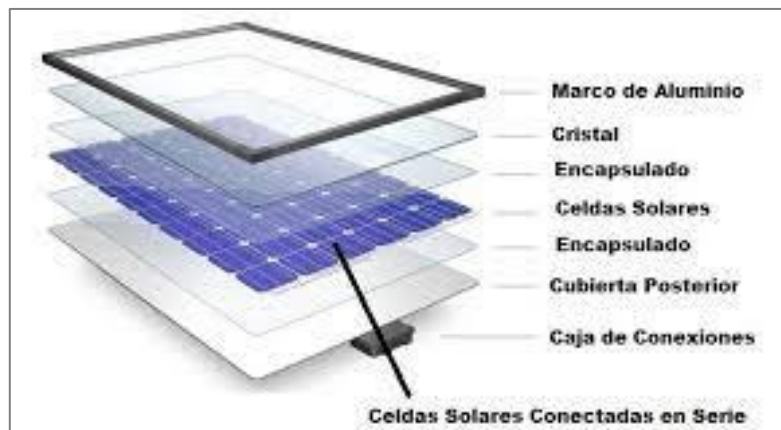


Figura 13.- Sistemas fotovoltaicos híbridos
Fuente: Inmesol

2.8.7 Módulos Fotovoltaicos

El módulo fotovoltaico denominado también panel solar, está formado por varias celdas fotovoltaicas interconectadas entre ellas, está diseñado para lograr captar la energía solar fotovoltaica iniciando el proceso de transformación en energía sostenible. El material semiconductor del que está recubierto es normalmente de silicio, un componente esencial para cada una de las células solares, genera electricidad en forma de corriente continua debido a su sensibilidad a la luz al momento de recibir la radiación solar produciendo el fenómeno físico denominado efecto fotovoltaico.



*Figura 14.- Partes de un Módulo Fotovoltaico
Fuente: Área tecnología*

2.8.8 Componentes de los paneles fotovoltaicos.

Conocer las características de los paneles fotovoltaicos nos permitirá elegir de una manera más sencilla las placas según el tipo de instalación. En instalaciones conectadas a red se suele utilizar módulos de gran potencia, por lo contrario en sistemas autónomos es frecuente el uso de módulos de menor potencia, la conexión de las células dentro de los módulos es en serie una célula detrás de otra hasta obtener el voltaje necesario de esta forma una célula de silicio suele darnos una potencia de 0,6 voltios de manera aproximada, para conseguir un panel de tensión nominal de 12 voltios necesitaríamos conectar entre 30 y 40 células en serie considerando sus características eléctricas, para nuestro diseño fotovoltaico será de interés el voltaje de cada módulo y las características eléctricas que tendrán en la parte posterior del mismo las cuales debemos interpretar y conocer antes de la realizar algún proyecto. Los módulos solares están compuestos por una cubierta de vidrio templado con varias capas de material encapsulado que resguardan las celdas del módulo, además de una o más capas protectoras de tela opacas y de color claro, un cuadro de acero inoxidable o de aluminio anodizado para sujetar con los anclajes adecuados para un correcto posicionamiento a la superficie de aplicación de los módulos solares. Los paneles solares de diferentes fabricantes aunque de la misma potencia no necesariamente poseen iguales características eléctricas.

2.8.9 Propiedades eléctricas en módulos fotovoltaicos.

Las principales propiedades eléctricas son las que cuenta un módulo fotovoltaico mencionaremos las siguientes:

Voltaje máximo: Es aquel voltaje que se consigue cuando el módulo trabaja en su máxima potencia.

Intensidad máxima: Máxima corriente eléctrica que nos puede proporcionar un panel fotovoltaico.

Voltaje circuito abierto: Es aquel voltaje que obtenemos la lectura con ayuda de un multímetro configurándolo en función de los voltios en una tensión continua y de un valor proporcionado por el fabricante quedando claro que solo está el panel como elemento del circuito este se considera un circuito abierto.

El voltaje máximo de un módulo fotovoltaico debe ser superior al voltaje estándar de 12 voltios porque en las instalaciones autónomas se necesita acumular energía en los sistemas de acumulación los cuales conocemos como baterías y para que puedan ser cargadas es necesario tener una tensión de 12 voltios es necesario suministrar energía a una tensión mayor. Las características de los módulos fotovoltaicos dependerán del fabricante y de la potencia de cada panel, el voltaje máximo y la intensidad máxima sus valores normalmente serán menores que el voltaje a circuito abierto y la intensidad de cortocircuito.

2.8.10 Tipos de módulos fotovoltaicos.

Los tipos de módulos fotovoltaicos son los siguientes: monocristalinos, policristalinos y amorfos.

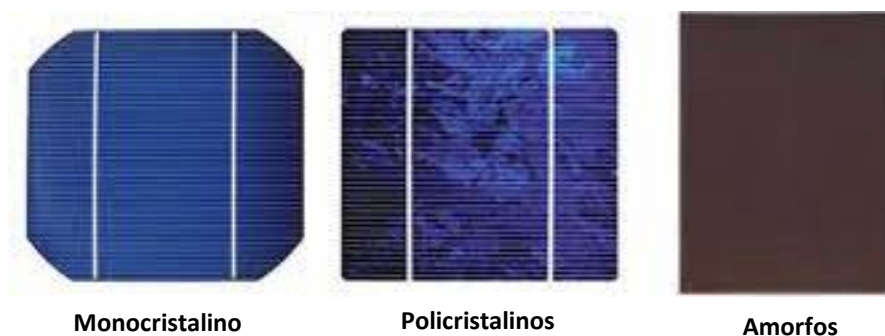


Figura 15.- Partes de un Módulo Fotovoltaico
Fuente: energías renovables

2.8.11 Módulos monocristalinos

Los módulos monocristalinos están fabricados de células monocristalinas, se diferencian por estar hechos con silicio de alta pureza, logrando una mayor eficiencia en sus celdas, ocupa poca área siendo los más adecuados para instalar en sitios donde la cantidad de energía solar es baja. Podemos mencionar sus características más relevantes:

- Están fabricados de células de silicio mono cristalino.

- El color característico de su célula es de color negro.
- Los bordes de sus láminas son redondeados.
- Los costos de fabricación pueden llegar a ser altos.



*Figura 16.- Modulo Fotovoltaico Monocristalino
Fuente: Autosolar*

2.8.11.1 Módulos Policristalinos.

Los módulos policristalinos no se encuentran cristalizados en su totalidad las moléculas de silicio, está construido de un bloque de silicio que tiene múltiples cristales, la forma de estos paneles es cuadrada con una superficie con apariencia de un mosaico debido a todos los cristales que lo conforman; podemos mencionar dentro de sus principales características las siguientes:

- El color azul intenso es una de sus características principales.
- Ahorran espacio en el módulo ya que están formado por células cuadradas mejorando la distribución en la superficie del mismo.
- Los módulos policristalinos poseen una eficiencia óptima de conversión un poco menor a los monocristalinos.
- Se caracterizan por tener una eficiencia de conversión óptima, poco menos que los monocristalinos, por esta razón.
- El costo es menor que el de los módulos monocristalinos



Figura 17.- Modulo Fotovoltaico Policristalino

Fuente: Autosolar

2.8.11.2 Módulos Amorfos.

Los módulos solares amorfos son fabricados con una película de silicio en forma de vapor depositada sobre una superficie en acero, se trata de una tecnología nueva, pero relativamente prometedora y tiene como objetivo a futuro mejorar y aumentar progresivamente su producción, una aplicación de este tipo de módulos amorfos lo encontramos en las calculadoras solares, entre las características más relevantes que podemos mencionar son las siguientes:

Requieren un espacio como mínimo el doble de los paneles policristalinos y monocristalinos para conseguir la misma potencia en vatios.

- Son de eficiencia menor a los paneles cristalinos.
- Son más baratos, pero su eficiencia decae rápidamente con el paso de los años.
- Sus dimensiones son mayores, por lo que el costo se aumenta al aumentar la cantidad de cable y estructura.



Figura 18.- Modulo Fotovoltaico Monocristalino

Fuente: Autosolar

2.9 Acumuladores y Baterías

Es una fuente de voltaje continua compuesto de vasos electroquímicos que se encuentran interconectados, estos producen reacciones químicas que se debe a la carga y descarga. [12]

2.9.1 Baterías monoblock

Estas baterías con placas de plomo con una vida útil de 2 a 4 años dependiendo del uso. Este tipo de batería se utilizan para pequeñas instalaciones solares, esto se debe a que son baratas y sencillas. [12]



Figura 19.- Batería monoblock
Fuente: Saclima fotovoltaica

2.9.2 Baterías de ciclo profundo

Estas baterías tienen una estructura similar al monoblock, aunque son más grandes y son utilizadas para instalaciones solares de uso diario, pero con una durabilidad 3 – 4 veces mayor que un monoblock teniendo una vida útil hasta 6 – 7 años.

Su característica principal es la capacidad para soportar varias descargas sin afectar su vida útil, sin afectar al equipo. [12]



Figura 20.- Batería ciclo profundo
Fuente: Renova energía

2.9.3 Baterías AGM

Son baterías que tienen electrolito inmovilizado y válvulas para evitar pérdidas, es por ello que se las denominan “sin mantenimiento”. Como características principales, las baterías AGM tienen una duración media de carga – descarga más elevada que otras baterías.

Este tipo de batería están pensadas para pequeñas instalaciones solares donde su mantenimiento resulte difícil o costoso. [12]



Figura 21.- Batería AGM
Fuente: Monsolar

2.9.4 Baterías de litio

Las baterías de litio que se caracterizan por cargarse rápido, más duración, tiene mayor vida útil y una mayor densidad de energía, por lo que puede obtener una mayor autonomía en un espacio más pequeño. [12]



Figura 22.- Batería de Litio
Fuente: Tecnosolab

2.9.5 Baterías estacionarias

Este tipo de baterías son diseñadas para un consumo diario, con consumo medio-alto, tienen una profundidad de descarga de forma moderada, para ello es considerada como una batería ideal para instalaciones fijas. [12]



Figura 23.- Baterías estacionarias
Fuente: Monosolar

2.10 Reguladores de Carga

El regulador de carga puede aprovechar al máximo la energía proporcionada por los generadores fotovoltaicos y los generadores eólicos, al tiempo que garantiza la protección de la batería y un buen servicio. [13]

2.10.1 Regulador PWM

Son aquellos reguladores que consideran la amplitud y esto ayuda a la reducción de las corrientes de carga y descarga de manera cíclica, es decir, la duración o rango de la corriente reducirá parcialmente el voltaje de la carga ideal o desconectar si está completamente cargado. [2]



Figura 24.- Controlador PWN
Fuente: Renova energía

2.10.2 Regulador MPPT.

Son componentes electrónicos más sofisticados, tienen un dispositivo reductor para asegurar que la disposición fotovoltaica se beneficie. Estos controladores tienen la función de utilizar la sobretensión que se muestra en una curva de tensión esto lo convierte en corriente con la única característica de que la tensión y la corriente son diferentes a la tensión y corriente de salida. [2]



Figura 25.- Controlador MPPT
Fuente: Autosolar

2.11 Inversores

El inversor es un componente electrónico cuya función es convertir energía CC en energía CA. Es un componente esencial para las instalaciones PV, debido a que las cargas funcionan con energía alterna.

El principio del método de conversión es generar una onda cuadrada que simule una onda sinusoidal con una duración de 60 veces por segundo utilizando un transistor básico para cambiar la polaridad de la corriente continua de positiva a negativa. Luego, considerando la cantidad de vueltas requeridas para proporcionar el voltaje de CA requerido para la instalación, usa un transformador para aumentar o disminuir el voltaje. [2]



Figura 26.- Inversor
Fuente: Área tecnología

2.11.1 Inversor Cadena

Se utiliza en lugares donde los módulos no se pueden instalar debido al espacio reducido, la tecnología de inversor distribuido consiste en inversores de derivación. [14]

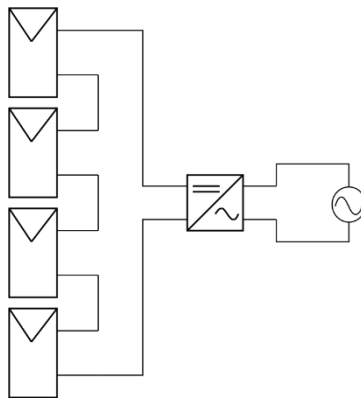


Figura 27.- Inversor Cadena
Fuente: Seslab

2.11.2 Inversor Central

Cuando un gran número de módulos fotovoltaicos se conectan a la red, se gestionan, esta topología ayuda a mejorar la eficiencia y reducir costes, los módulos fotovoltaicos se dividen en ramales en serie (strings) para generar alta tensión. [14]

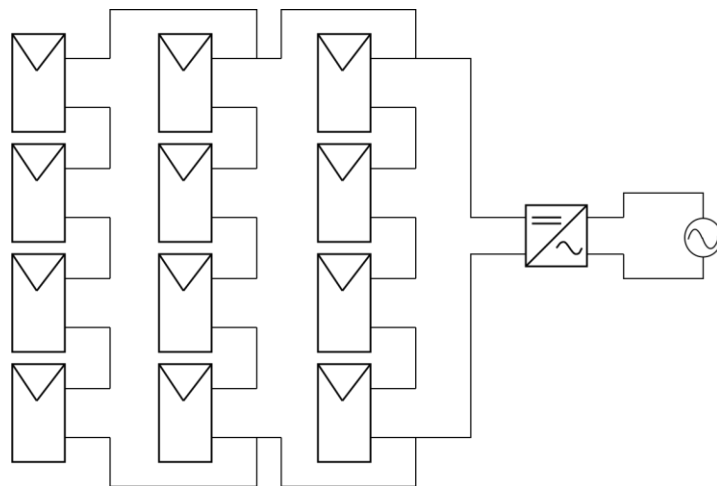


Figura 28.- Inversor Central
Fuente: Seslab

2.11.3 Inversores Multicadena.

Compuesto por dos o más ramales, sus respectivos convertidores están conectados a un inversor central, que es una modificación del inversor descentralizado o de la cadena. [14]

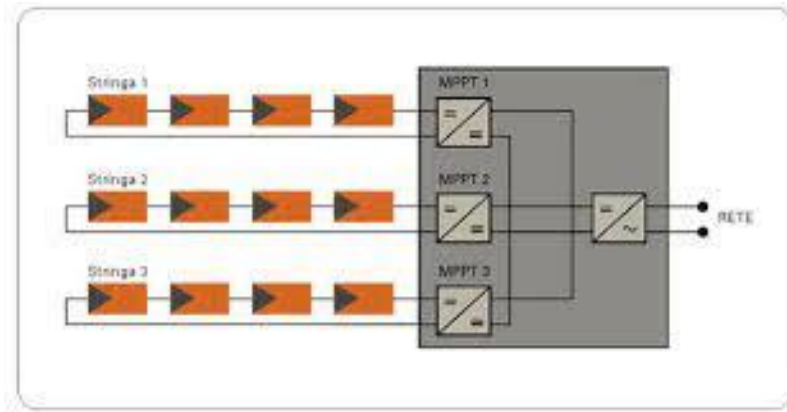


Figura 29.- Inversor Multcadena
Fuente: Seslab

2.12 Electrificación Básica en una Vivienda

El nivel básico de electrificación se propone como un sistema de uso mínimo instalado dentro de una vivienda. Su finalidad es permitir el uso de electrodomésticos básicos sin posteriores trabajos de adecuación. Un hogar con un nivel básico de electrificación debe tener al menos 5 circuitos independientes, y la potencia esperada a 230V no será inferior a 5750W, sin importar cuánta potencia tenga que contratar el usuario, por último, la superficie para una vivienda de este tipo debe ser menor a 160 m². [15]

Este nivel de electrificación se divide en:

C1	Circuito de distribución interna, destinado a alimentar los puntos de iluminación.
C2	Circuito de distribución interna, destinado a tomas de corriente de uso general y frigorífico.
C3	Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la cocina y horno.
C4	Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la lavadora, lavavajillas y termo eléctrico.
C5	Circuito de distribución interna, destinado a alimentar tomas de corriente de los cuartos de baño, así como las bases auxiliares del cuarto de cocina.

Tabla 1.- Circuitos básicos de una vivienda
Fuente: Autores

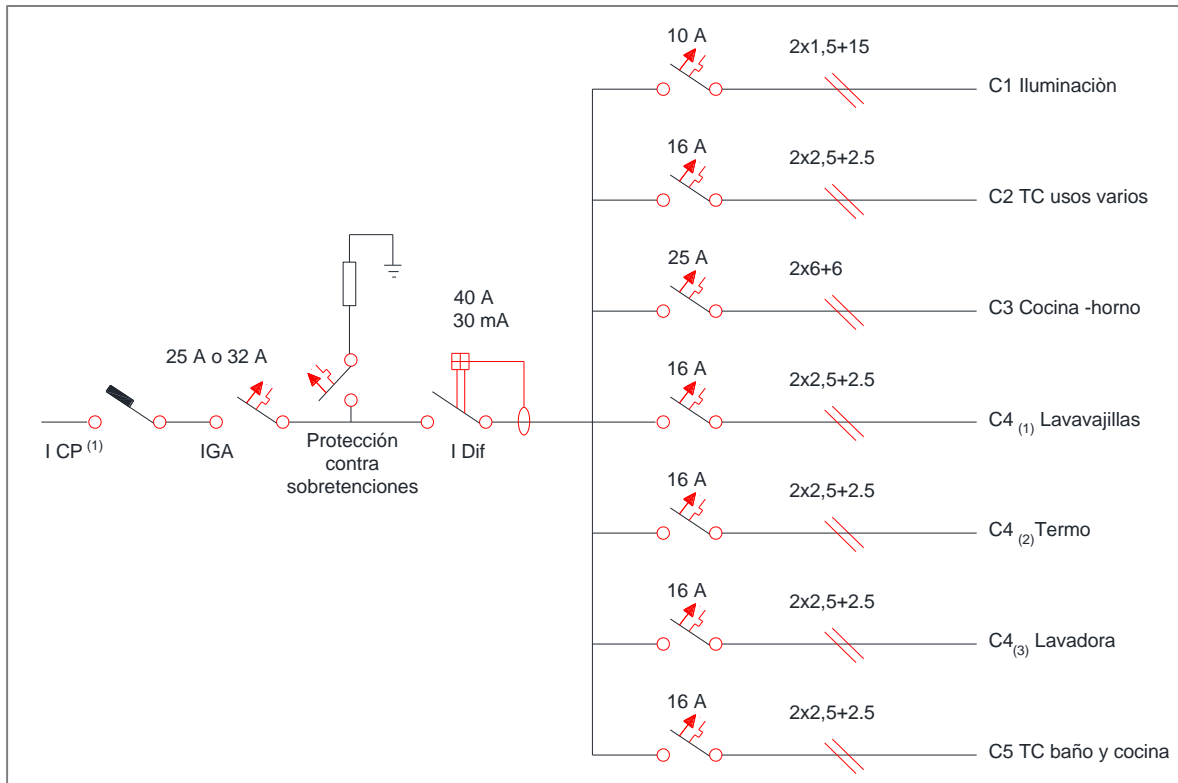


Figura 30.- Electrificación básica de una vivienda
Fuente: Autores

3 CAPITULO III: DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO DE MASA 2

3.1 Topología en Instalación Solar Fotovoltaica

El dimensionamiento de la instalación fotoeléctrica aplica para zonas alejadas de las grandes ciudades, es decir instalaciones del tipo aisladas. Este tipo de instalaciones aisladas consta de panel fotovoltaicos, acumuladores, reguladores e inversores DC/AC, panel de distribución e instalaciones eléctricas.

En la siguiente imagen, se muestra la topología de una instalación del tipo aislada:

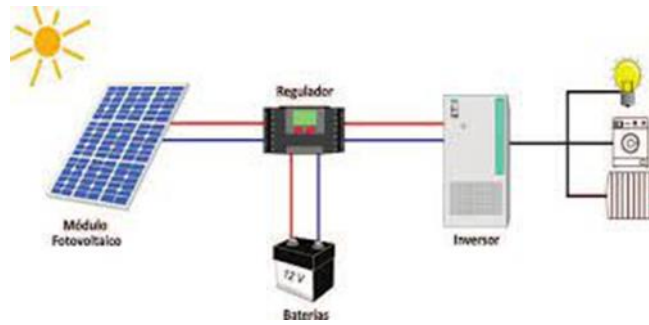


Figura 31.- Instalación Solar Fotovoltaica
Fuente: Autores

3.2 Características Eléctricas de las Cargas

En este proyecto técnico, la instalación fotovoltaica debe alimentar las siguientes cargas eléctricas con estas características:

- Potencia: 320 W
- Voltaje: 120 V
- Frecuencia: 60 Hz
- Monofásica
- Carga domiciliaria
- Consumo diario de energía (KWh/día): (falta calcular)

Se dimensiona este circuito que alimentará los siguientes equipos:

- Cuatro (4) bombillas led de 20 watts
- Un televisor de 80 watts
- Dos (2) tomacorrientes (cargas hasta 80 watts)

3.3 Cálculo de Potencia de Instalación

En este trabajo, la potencia es de 320 watts y esto corresponde al valor que se debe diseñar el equipo y toda la instalación fotovoltaica, esto es equivalente al valor de la demanda máxima que puede presentarse en cualquier momento.

Las referencias para el cálculo se tomaron de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), relacionada con las instalaciones eléctricas.

➤ Potencia total de cada circuito

- Circuito 1 (Iluminación) = 4 x 20 w = 80 w
- Circuito 2 (Tomacorrientes generales) = 2 x 80 w = 160 w

- Circuito 3 (Televisión) = 1 x 80 w = 80 w

➤ **Potencia total instalada**

$$PT = \text{circuito 1} + \text{circuito 2} + \text{circuito 3}$$

$$Pt = 80 + 160 + 80 = 320 \text{ w}$$

EQUIPOS	POTENCIA INSTALADA (W)	HORAS	CONSUMO DIARIO ENERGIA (KWh)/día	CONSUMO MENSUAL ENERGIA (KWh)/mes
BOMBILLAS LED (4 DE 20 W)	80	5	0,4	12
TOMACORRIENTES (2 PARA CARGAS DE 80 W)	160	4	0,64	19,2
TELEVISOR	80	4	0,32	9,6
TOTAL	320		1,36	40,2

Tabla 2.- Potencias que se instalaran en este proyecto

Fuente: Autores

3.4 Consumo Eléctrico de la Instalación

El consumo eléctrico es la cantidad de energía requerida por un punto de suministro específico en un momento determinado.

En nuestro proyecto, de acuerdo a la potencia de los equipos instalados el consumo eléctrico es el siguiente:

3.4.1 Consumo diario de cada circuito

- Circuito 1 (Iluminación) = 80 w
- Horas de uso: 5
- Total = 400 w/h
- Circuito 2 (Tomacorrientes generales) = 160
- Horas de uso: 4
- Total = 640 w/h
- Circuito 3 (Televisión) = 80 w
- Horas de uso: 4
- Total = 320 w/h

➤ **Consumo total instalada**

$$CT = \text{circuito 1} + \text{circuito 2} + \text{circuito 3}$$

$$Ct = 400 + 640 + 320 = 1360 \text{ w/h}$$

3.4.2 Condiciones ambientales comunidad Masa 2

Para el dimensionamiento de esta obra, se debe considerar que es apto para la Comuna Masa 2, y que los equipos seleccionados deben ser aptos para instalar en áreas tropicales y que cumplan los siguientes requisitos ambientales:

- Localización: Latitud Sur 2.38; Longitud Oeste 79.86
- Temperatura: Máxima 28°C, mínima 22°C
- Altura sobre el nivel del mar: 6 m s. n. m
- Humedad Relativa: 86%.
- Precipitaciones: 885 mm/año (promedio)
- Radiación solar: 1 kWh/m² (año)

3.5 Características y Dimensionamiento de los Equipos que conforman el SFV

3.5.1 Inclinación Óptima

CONSUMO ESTACIONAL	ÁNGULO DE INCLINACIÓN OPTIMA
Consumo Constante	Ángulo De Inclinación Igual A La Latitud
Consumo En Invierno	Ángulo De Inclinación Igual A La Latitud Mas 15 Grados
Consumo En Verano	Ángulo De Inclinación Igual A La Latitud Menos 15 Grados

Tabla 3.- Angulos de inclinacion optima

Fuente: Autores

Para el cálculo de la inclinación óptima del módulo fotovoltaico lo determinamos que las coordenadas geográficas son:

Latitud: -2,39 ° S

Longitud: -79,86 ° W

Entonces el ángulo de inclinación optimo será de 2 ° por tener un consumo constante.

3.5.2 Orientación o Acimut

Este ángulo acimut es necesario al determinar la ubicación del Sol, esto es medido en grados. Los paneles solares deben ser situados acorde al hemisferio donde se encuentre, es decir, en el lado norte el panel debe ser dirigido hacia el sur con el respectivo ángulo y viceversa. Al estar en la línea ecuatorial se aprovecha toda la trayectoria del Sol tomando en cuenta que hay excepciones.

3.5.3 Recolección de Datos Locales

Muchas localidades alrededor del mundo poseen estudios de varios años de registros meteorológicos que pueden brindar los datos suficientes para diseñar sistemas fotovoltaicos. Este tipo de datos se los puede obtener de estaciones meteorológicas locales, universidades, ministerios gubernamentales, Internet o plataformas digitales.

Para este diseño los datos meteorológicos fueron proporcionados por el Software PV SOL

Tiempo	Radiación sobre la horizontal	Radiación difusa sobre la horizontal	Temperatura exterior	Superficie fotovoltaica Altura del sol
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	rad
Año	1725,4	927,1	24,94	-0,02244
Ene	137,78	77,244	26,317	1,1979
Feb	141,71	74,269	25,982	0,88162
Mar	165,29	80,798	26,322	0,16416
Abr	151,58	83,944	26,183	-0,70904
Mayo	148,19	77,072	25,699	-1,1229
Jun	129,23	69,087	23,907	-1,2741
Jul	120,94	67,054	23,675	-1,2132
Ago	137,5	74,314	23,506	-0,91979
Sep	154,67	80,141	23,435	-0,25884
Oct	155,88	83,296	23,987	0,66211
Nov	138,91	79,504	24,277	1,1053
Dic	143,76	80,376	26,028	1,2714

Tabla 4.- Datos Meteorológicos mediante PVSOL

Fuente: Autores

3.5.4 Dimensionamiento de Cargas Eléctricas

GUIA DE DIMENSIONAMIENTO DE CARGAS ELÉCTRICAS								
CARGAS	CANTIDAD	VOLTAJE	CORRIENTE	WATTS	USO H/DIA	USO DIAS/SEM	7 DÍAS	WATT-HORAS
LUMINARIAS TIPO LED 20 W	4	120	0,666	80	5	6	7	341,5
TELEVISOR	1	120	0,667	80	4	3	7	137,2
VARIOS	2	120	0,667	160	4	3	7	274,3
POTENCIA TOTAL CONECTADA				320,04	W			
CARGA PROMEDIO DIARIA				754,3542857	Wh			

Tabla 5.- Dimensionamiento de Cargas Eléctricas
Fuente: Autores

3.5.5 Cálculo del Banco de Baterías

Se emplea el siguiente cuadro para determinar la tensión de nuestro sistema.

VOLTAJE DEL SISTEMA EN (W)	
POTENCIA	VOLTAJE
< 1000 W	12 V DC
$1000 W \leq P \leq 2500 W$	24 VDC
$2500 W \leq P \leq 5000 W$	48 VDC
$P > 5000 W$	120 VDC


Tabla 6.- Voltajes del Sistema Fotovoltaico
Fuente: Autores

GUIA DE DIMENSIONAMIENTO DE BANCO DE BATERIAS								
CARGA PROMEDIO DIARIA	÷	EFICIENCIA DEL INVERSOR	÷	VOLTAJE DEL SISTEMA	=	PROMEDIO DIARIO Ah		
754,354285		0,8		24		39,3		
7								
PROMEDIO DIARIO AH	X	DIAS DE AUTONOMIA	÷	LIMITE DE DESCARGA	÷	CAPACIDAD AH DE LA BATERIA	=	BATERIAS EN PARALELO
39,3		2		0,7		100		1,123
VOLTAJE DEL SISTEMA	÷	VOLTAJE DE LA BATERIA	=	BATERIA EN SERIE	X	BATERIA EN PARALELO	=	TOTAL DE BATERIAS
24		12		2		1,1225510		2,245
						2		


Tabla 7.- Dimensionamiento del Banco De Baterías

Fuente: Autores


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



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



ISO 9001 ISO 14001 OHSAS 18001



MH 28539 G4M22006-0910-E-16

Figura 32.- Especificaciones Técnicas de la batería

Fuente: Renova Energía

3.5.6 Cálculo del Conjunto de Paneles Solares

Para nuestro cálculo de paneles se aplica el método del mes peor, ya que esto ayudará a dimensionar el sistema en las peores condiciones. Por esta razón escogeremos el mes con pocas horas solares pico.

3.5.7 Hora Solar Pico

El HSP es la energía recibida en una determinada hora por m^2 , en otras palabras, es la capacidad de generación de un panel al día.

Tiempo	Radiación sobre la horizontal	Días del Mes	Hora Solar Pico	Radiación difusa sobre la horizontal
	kWh/m ²	Días	HSP	kWh/m ²
Año	1725,4	-	-	927,1
Ene	137,78	31	4,44451613	77,244
Feb	141,71	28	5,06107143	74,269
Mar	165,29	31	5,33193548	80,798
Abr	151,58	30	5,05266667	83,944
Mayo	148,19	30	4,93966667	77,072
Jun	129,23	30	4,30766667	69,087
Jul	120,94	31	3,90129032	67,054
Ago	137,5	31	4,43548387	74,314
Sep	154,67	30	5,15566667	80,141
Oct	155,88	31	5,0283871	83,296
Nov	138,91	30	4,63033333	79,504
Dic	143,76	31	4,63741935	80,376

Tabla 8.- Hora Solar Pico

Fuente: Autores

GUIA DE DIMENSIONAMIENTO DEL ARREGLO								
AH/DIA PROMEDIO	÷	EFICIENCIA DE LA BATERIA	÷	HORAS SOL PICO/DIA	=	CORRIENTE PICO		
39,3		0,9		3,9		11,2		
CORRIENTE PICO	÷	CORRIENTE PICO / MODULO	=	MODULOS EN PARALELO		CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO DEL MODULO		
11,2		9,65		1,16		10,48		
VOLTAJE DEL SISTEMA	÷	VOLTAJE NOMINAL DEL MODULO	=	MODULOS EN SERIE	x	MODULOS EN PARALELO	=	TOTAL DE MODULOS
24		42		0,57		1,16		1

Tabla 9.- Dimensionamiento del Arreglo

Fuente: Autores

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM390M-72H		JKM395M-72H		JKM400M-72H		JKM405M-72H		JKM410M-72H	
	JKM390M-72H-V	JKM395M-72H-V	JKM400M-72H-V	JKM405M-72H-V	JKM410M-72H-V	JKM410M-72H-V	JKM410M-72H-V	JKM410M-72H-V	JKM410M-72H-V	JKM410M-72H-V
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	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	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum Series Fuse Rating	20A									
Power Tolerance	0~+3%									
Temperature Coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature Coefficients of Voc	-0.29%/°C									
Temperature Coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C									

Figura 33.- Especificaciones Técnicas del Módulo Solar

Fuente: Renova Energía

3.5.8 Cálculo del Controlador de Carga

Este cálculo tiene como finalidad mantener el banco de baterías cargado y la forma de dimensionar es mediante la corriente de cortocircuito del panel:

GUIA DE DIMENSIONAMIENTO DEL CONTROLADOR							
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO DEL MODULO	x	MODULOS EN PARALELO	x	FACTOR DE SEGURIDAD	=	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO DEL ARREGLO	CORRIENTE DEL ARREGLO EN EL CONTROLADOR
10,48		1,16		1,25		15,2	20 A

Tabla 10.- Dimensionamiento del Controlador

Fuente: Autores

Controlador de carga SmartSolar	MPPT 75/10	MPPT 75/15	MPPT 100/15	MPPT 100/20	MPPT 100/20 48V
Tensión de la batería	Selección automática 12/24V				48V
Corriente de carga nominal	10A	15A	15A	20A	20A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	145W	220W	220W	290W	n.a.
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	290W	440W	440W	580W	n.a.
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1160W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	13A	15A	15A	20A	20A
Desconexión automática de la carga	Sí				
Tensión máxima del circuito abierto FV	75V		100V		
Eficiencia máxima	98%				
Autoconsumo	12V: 25 mA 24V: 15 mA				15mA
Tensión de carga de "absorción"	14,4V / 28,8V (ajustable)				57,6V (ajust.)
Tensión de carga de "flotación"	13,8V / 27,6V (ajustable)				55,2V (ajust.)
Algoritmo de carga	adaptativo multifase				
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.				
Corriente de carga continua	15A		20A		1A
Desconexión de carga por baja tensión	11,1V/22,2V/44,4V u 11,8V/23,6V/47,2V o algoritmo BatteryLife				
Reconexión de carga por baja tensión	13,1V/26,2V/52,4V o 14V/28V/56V o algoritmo BatteryLife				
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible)/Cortocircuito de salida/Sobretensión				
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40°C)				
Humedad	95%, sin condensación				
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)				
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 34.- Especificaciones Técnicas del Controlador de Carga
Fuente: Renova Energía

3.5.9 Cálculo del Inversor

El Inversor tiene la característica de transformar corriente continua en corriente alterna se puede dimensionar utilizando el número y la capacidad individual de los paneles:

GUIA DE DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR		
POTENCIA TOTAL CONECTADA	VOLTAJE DEL SISTEMA	CAPACIDAD SUGERIDA
320,04	24	640,08

Tabla 11.- Dimensionamiento del Inversor
Fuente: Autores

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/ve.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 reinicio: 2,5 s, ajustable)		0,8 / 1,3 / 2,5W	0,9 / 1,4 / 2,6W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0
Ajuste de potencia de parada y arranque en modo ECO		Ajustable				
Protección (2)		a - f				
Rango de temperatura de trabajo		-40 to +65°C (refrigerado por ventilador) (reducción de potencia del 1,25% por cada °C por encima de 25°C)				
Humedad (sin condensación)		máx. 95%				

Figura 35.- Especificaciones Técnicas del Inversor
Fuente: Renova Energía

3.5.10 Eficiencia del Sistema

Tiene la característica de identificar la eficacia de nuestro sistema y para esto se toma en cuenta factores como temperatura, elementos cableados, etc.

Se calcula de la siguiente manera:

$$PR = (n_{INV} * n_{Temp} * n_{REG} * n_{BAT} * n_{AC} * n_{DC} * n_{SS} * n_{OI} * n_{MM}) * \left[1 - \left(\frac{P_{DESC} * D_{AUT}}{MPD} \right) \right]$$

Dónde:

$$n_{INV} = \text{Eficacia del Inversor}$$

$$\eta_{Temp} = \text{Eficacia por temperatura}$$

$$n_{REG} = \text{Eficacia del Controlador}$$

$$n_{BAT} = \text{Eficacia del Acumulador}$$

$$n_{AC} = \text{Eficacia de Conductores AC}$$

$$n_{DC} = \text{Eficacia de Conductores DC}$$

$$n_{SS} = \text{Eficacia por Polvo y Sombra}$$

$$n_{OI} = \text{Eficacia de Orientación e Inclinación}$$

$$n_{MM} = \text{Eficacia de interconectado (MISS MATCH)}$$

$P_{DESC} =$ Pérdida por Descarga del Acumulador

$D_{AUT} =$ Días de Autonomía

$MPD =$ Máxima Profundidad de Descarga

3.5.11 Pérdidas por Orientación e Inclinación

Para calcular las pérdidas por inclinación y orientación se establece:

$$P_{OI} = 1.2 * 10^{-4} * (\beta - \beta_{Optima})^2 \quad ; \quad \beta \leq 15^\circ$$

$$P_{OI} = 1.2 * 10^{-4} * ((15 - 2)^2) \quad ; \quad \beta \leq 15^\circ$$

$$P_{OI} = 1.2 * 10^{-4} * (15 - 2)^2$$

$$P_{OI} = 2,028\%$$

3.5.12 Condiciones Estándares del Panel

Se refiere a las condiciones normales de uso y a las pruebas de laboratorio a las que fueron sometidos.

$$\text{Irradiancia} = 1000 \frac{W}{m^2}$$

Temperatura de trabajo de la célula = 25 °C

Distribucion espectral o Masa de Aire = 1.5

3.5.13 Temperatura de la Celda para el Mes de Julio

A manera de ejemplo se determinó la temperatura de la celda en cualquier mes del año entonces:

$$T_c = T_a + \frac{TONC-20}{800 \frac{W}{m^2}} * G_{STC}$$

Dónde:

$T_c =$ Temperatura de la Celda

$T_a =$ Temperatura Ambiente = 23.67°

$TONC =$ Temperatura de Operación Nominal de la Celda = 46°

Sustituyendo:

$$T_c = 23.67^\circ + \frac{46^\circ - 20^\circ}{800 \frac{W}{m^2}} * 1000 \frac{W}{m^2}$$

$$T_c = 56.17^\circ$$

3.5.14 Condiciones Críticas de Funcionamiento

Se determina la temperatura de la celda utilizando el mes con más alta temperatura, entonces:

$$T_c = T_a + \frac{TONC-20}{800 \frac{W}{m^2}} * G_{STC}$$

Dónde:

T_c = Temperatura de la Celda

T_a = Temperatura Ambiente = 26.33°

TONC = Temperatura de Operación Nominal de la Celda = 46°

Sustituyendo:

$$T_c = 26.33^\circ + \frac{46^\circ - 20^\circ}{800 \frac{W}{m^2}} * 1000 \frac{W}{m^2}$$

$$T_c = 58.33^\circ$$

Operating Temperature (°C)	-40°C--+85°C
Maximum System Voltage	1000/1500VDC (IEC)
Maximum Series Fuse Rating	20A
Power Tolerance	0--+3%
Temperature Coefficients of Pmax	-0.35%/°C
Temperature Coefficients of Voc	-0.29%/°C
Temperature Coefficients of Isc	0.048%/°C
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C

Figura 36.- Temperatura de la célula fotovoltaica
Fuente: Renova Energía

3.5.15 Eficiencia de Temperatura a los Paneles

Para nuestro cálculo de temperatura en los módulos tomamos en cuenta la siguiente fórmula:

$$\eta_{Temp} = 100 + (T_c - T_{stc}) * Coef_{Temp}$$

Donde:

$$\eta_{Temp} = \text{Eficacia de Temperatura}$$

T_{stc} = Temperatura Estándar de la célula (manual del proveedor)

$Coef_{Temp}$ = Coeficiente de Temperatura del panel (manual del proveedor)

T_c = Temperatura de la Célula

Sustituyendo:

$$\eta_{Temp} = 100 + (58.33^\circ - 25^\circ) * (-0.36)$$

$$\eta_{Temp} = \mathbf{88.33 \%}$$

3.5.16 Cálculo de la Eficiencia del Sistema

Teniendo todos los datos, se procede aplicar esta ecuación:

$$PR = (n_{INV} * n_{Temp} * n_{REG} * n_{BAT} * n_{AC} * n_{DC} * n_{SS} * n_{OI} * n_{MM}) * \left[1 - \left(\frac{P_{DESC} * D_{AUT}}{MPD}\right)\right]$$

$$PR = (0.88 * 0.8833 * 0.98 * 0.9 * 0.99 * 0.99 * 0.96 * 0.97 * 0.98) * \left[1 - \left(\frac{0.005 * 2}{0.7}\right)\right]$$
$$\mathbf{PR = 60\%}$$

3.5.17 Cálculo del Cableado del Sistema

3.5.17.1 Cableado de los Paneles al Controlador

Para determinar el calibre de conductor requerido utilizamos la ecuación:

Corriente Total = Corriente de circuito abierto del panel * Cantidad de paneles en paralelo

Reemplazando:

$$\text{Corriente Total} = 10,48 \text{ A} * 1 = 10,48 \text{ A}$$

$$\text{Corriente Requerida por NEC} = \text{Corriente Total} * 1.25 * 1.25$$

Entonces:

$$\text{Corriente Requerida por NEC} = 10,48 \text{ A} * 1.25 * 1.25 = 16,37 \text{ A}$$

Conductor THW # 8 AWG

3.5.17.2 Cableado del Controlador a las Baterías

Para determinar el calibre de conductor requerido se utiliza la ecuación:

$$\text{Corriente Total} = \text{Corriente de circuito abierto del panel} * \text{Cantidad de modulos en paralelo}$$

Reemplazando:

$$\text{Corriente Total} = 10,48 \text{ A} * 1 = 10,48 \text{ A}$$

$$\text{Corriente Requerida por NEC} = \text{Corriente Total} * 1.25 * 1.25$$

Entonces:

$$\text{Corriente Requerida por NEC} = 10,48 \text{ A} * 1.25 * 1.25 = 16,37 \text{ A}$$

Conductor THW # 8 AWG

3.5.17.3 Cableado de las Baterías al Inversor

Para calcular el tamaño del conductor se lo realiza mediante la ecuación:

$$\text{Corriente Total del Inversor} = \frac{\frac{\text{Potencia Nominal del Inversor}}{\text{Eficiencia del Inversor}}}{\text{Menor voltaje de operacion del sistema}}$$

Reemplazando:

$$\text{Corriente Total del Inversor} = \frac{\frac{250 \text{ W}}{0.9}}{24 \text{ V}}$$

$$\text{Corriente Total del Inversor} = 11,57 \text{ A}$$

$$\text{Corriente Requerida por NEC} = \text{Corriente Total del Inversor} * 1.25$$

Entonces:

$$\text{Corriente Requerida por NEC} = 11,57 \text{ A} * 1.25 = 14,47 \text{ A}$$

Conductor THW # 6 AWG

3.6 Cálculo y Características de las Instalaciones

3.6.1 Tuberías y cables

Los cables que se utilizan en paneles o cajas de conexiones que se utilizó para este proyecto son conductores de cobre de 12 AWG, 10 AWG y 8 AWG, 6 AWG además de esta misma numeración se usó para hacer las conexiones eléctricas en la casa, estos cables son del tipo TW 600V – 60 °C, para ello se siguió los lineamientos que se encuentran en el NEC (National Electrical Code).

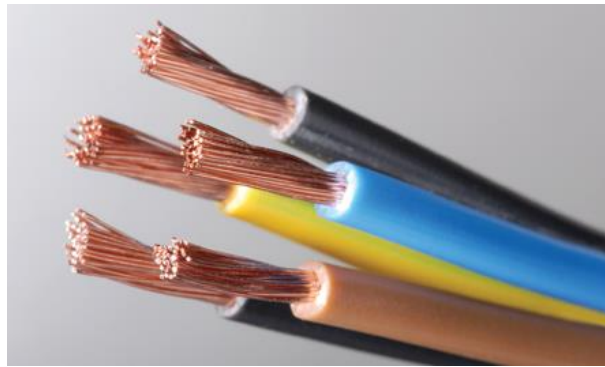


Figura 37.- Cables
Fuente: Electroleg

En el caso de las tuberías, tanto en la conexión fotovoltaica como en las instalaciones eléctricas de la casa se utilizaron tuberías de PVC, de ½ pulgada, flexibles.

DIÁMETRO NOMINAL	PULGADAS	MM	CODIGO	TUBERIA PVC
NMX-199/I CNCIP-2005	1 ½"	40	TSN-040	
NMX-199/I CNCIP-2005	2"	50	TSN-050	
NMX-199/I CNCIP-2005	3"	75	TSN-075	
NMX-199/I CNCIP-2005	4"	110	TSN-110	
NMX-199/I CNCIP-2005	6"	160	TSN-160	
NMX-199/I CNCIP-2005	8"	200	TSN-200	

Figura 38.- Tuberías
Fuente: Plastigama

3.6.2 Tablero de distribución

El tablero de distribución está compuesto de un breaker de 20 amperios que brindará protección al circuito de tomacorrientes, un breaker de 15 amperios el cual será el encargado de proteger el circuito de alumbrado, finalmente un breaker totalizador de 40 amperios protegerá todo el sistema fotovoltaico de acuerdo a los cálculos realizados en función a la carga instalada.

3.6.3 Sistema puesto a Tierra y apantallamiento.

Los riesgos eléctricos en un sistema fotovoltaico relacionado cargas indirectas debido a las partes metálicas expuestas pueden ser controlados a través de una protección de puesta a tierra, para este fin instalaremos una varilla de cobre o Cooperweld con un diámetro de 5/8" y una longitud de 1.82 metros, la conexión del conductor será colocada en el marco de los módulos fotovoltaicos ya que estos cuentan con un orificio previsto para esta función indicado con su respectivo símbolo eléctrico de tierra.

3.7 Esquemas y Planos de la Vivienda

3.7.1 Plano Arquitectónico de Vivienda Familia Rodríguez Reina

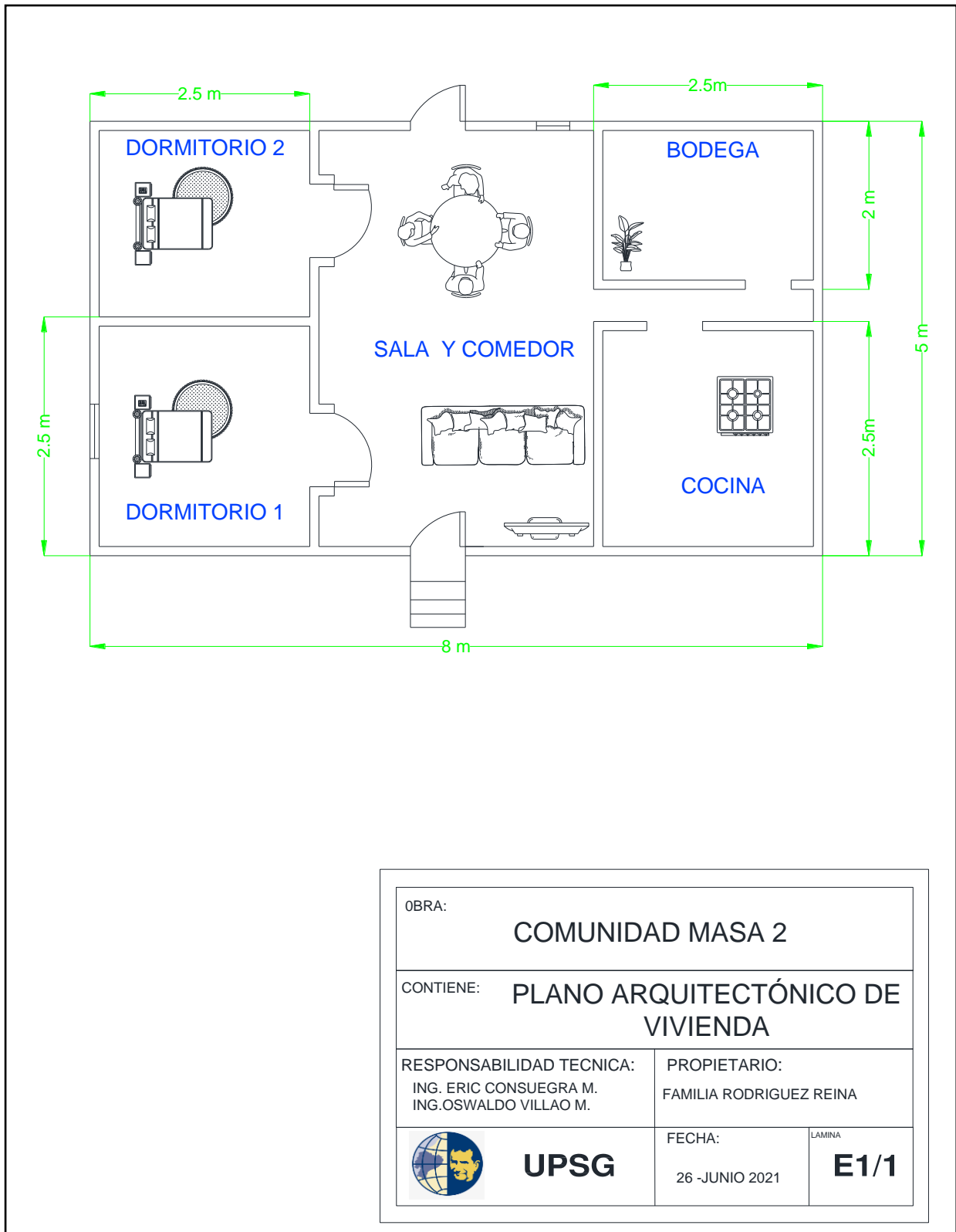


Figura 39.- Plano Arquitectónico de vivienda.

Fuente: Autores

3.7.2 Plano Eléctrico de Iluminación y Tomacorrientes

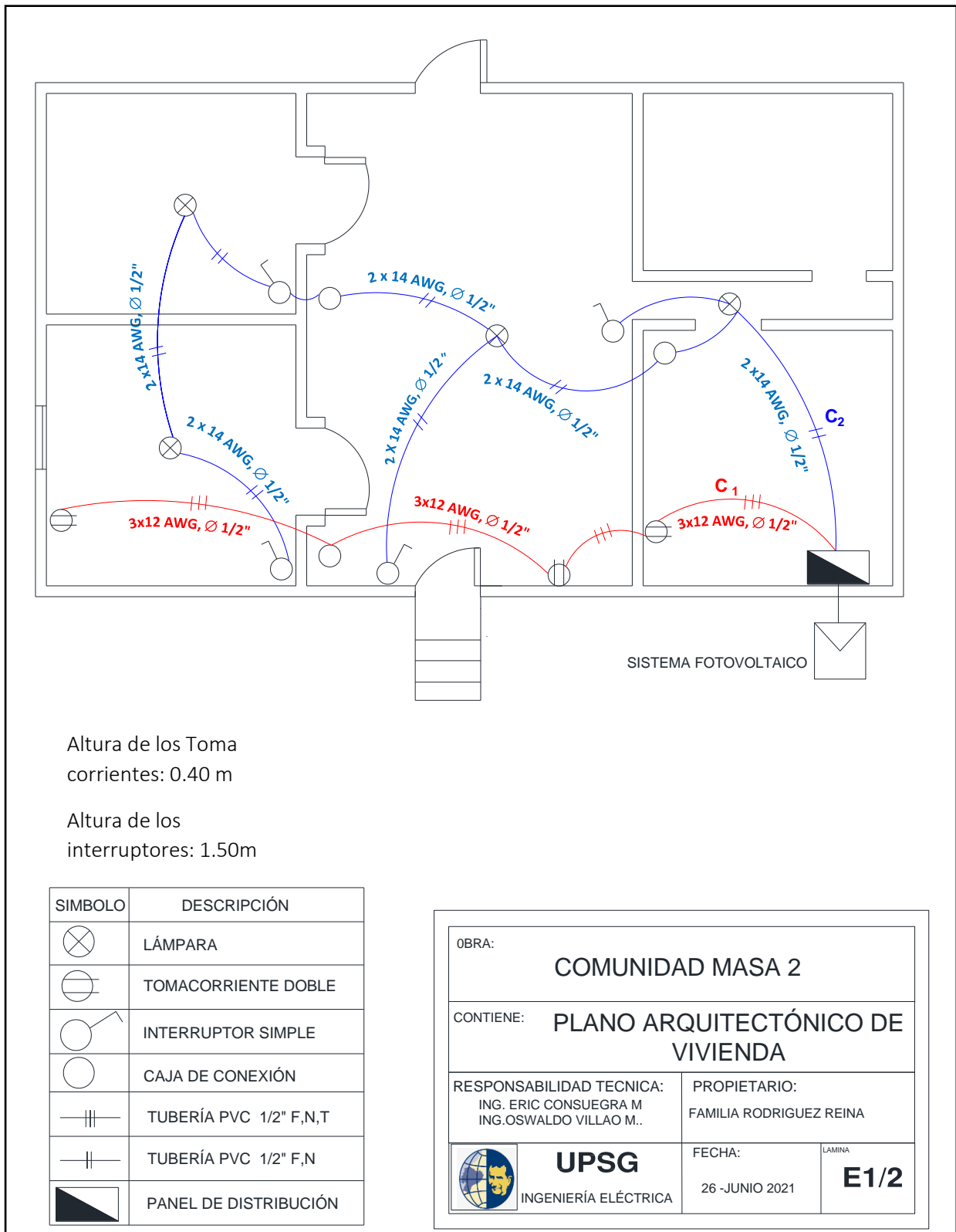


Figura 40.- Plano eléctrico de vivienda.
Fuente: Autores

3.8 Esquemas y Planos de la Instalación Fotovoltaica

Los esquemas y planos poseen información adquirida de los capítulos anteriores, estos nos serán de ayuda para los procesos de compra, instalación y operación de los equipos previamente de realizado el dimensionamiento de equipos y elementos según la carga de la vivienda. Se describen a continuación los esquemas y planos elaborados para la realización de este proyecto.

3.8.1 Símbolos utilizados en los esquemas de diseño

Para una correcta interpretación de los planos se muestra a continuación los esquemas de los símbolos utilizados para los elementos que integran el sistema FV. Los datos técnicos de estos equipos fueron escogidos mediante catálogos de proveedores.

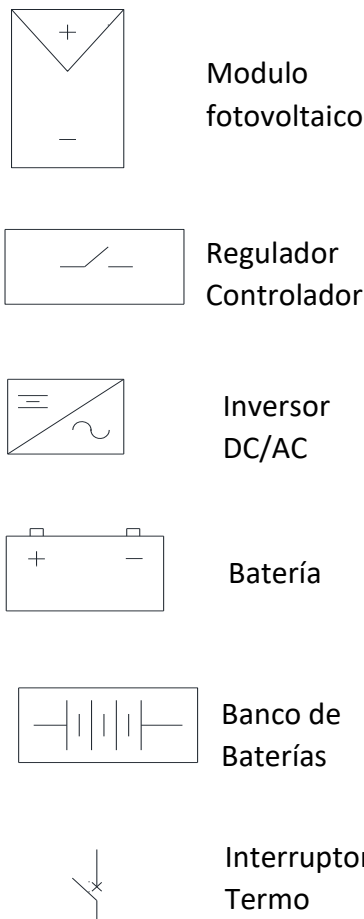


Figura 41.- Símbolos utilizados en los esquemas de diseño.
Fuente: Autores

3.8.2 Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico.

La figura 43, nos muestra la topología típica de estructura de conexión fotoeléctrico aislados, el cual está constituida por dos módulos fotovoltaicos de 405 W generando electricidad a un voltaje de 24VDC, la cual será suministrada a un regulador – controlador de carga tipo MPPT, que a su vez suministrara la energía a un banco de cuatro baterías conectadas en paralelo en 24 VDC, continuando en el inversor de DC/CA teniendo como voltaje de ingreso 24 VDC y un voltaje de salida de 120 AC la cual será la encargada de alimentar los circuitos eléctricos de la vivienda, este diagrama indica según la capacidad de los equipos los calibres de los conductores y protecciones termomagnéticas que protegerán la instalación.

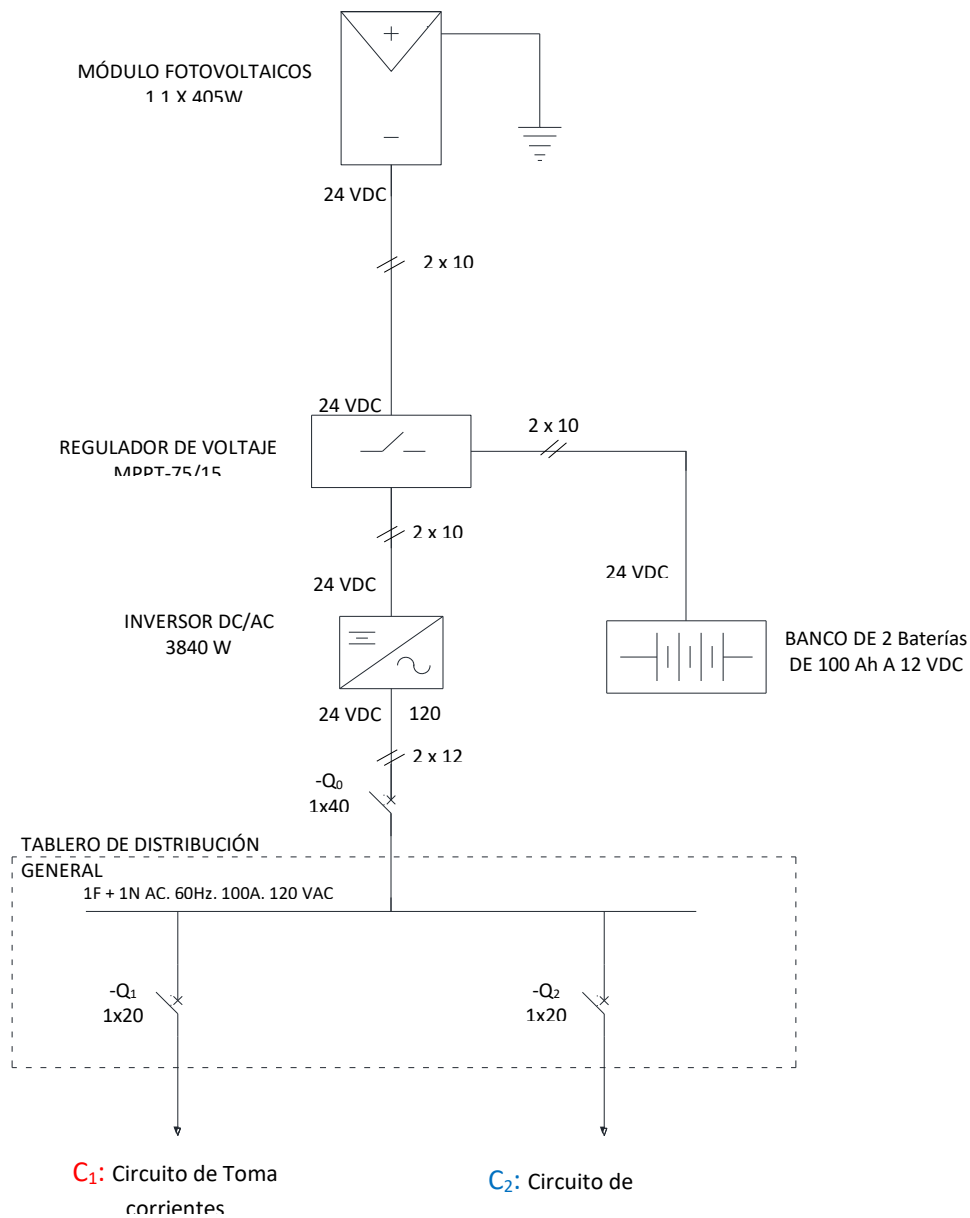


Figura 42.- Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico
Fuente: Autores

3.8.3 Esquema de conexión de los modelos fotovoltaicos

Este tipo de esquema permitirá mostrar la correcta instalación de los módulos fotovoltaicos los cuales estarán conectados en serie previamente a los cálculos obtenidos en el dimensionamiento de los mismos, nuestro esquema está compuesto por dos módulos de 405 W a 24 VDC.

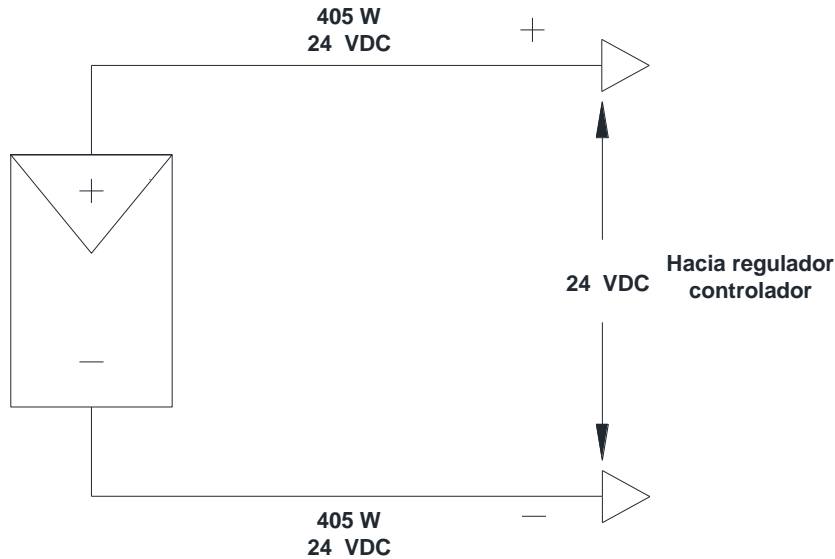


Figura 43.- Esquema de conexión de los módulos.
Fuente: Autores

3.8.4 Esquema de conexión de las baterías.

En este esquema se puede apreciar la conexión las baterías previamente a los resultados obtenidos en los cálculos realizados en la sección 3.5.5 (Características y cálculo de las baterías). El sistema necesitara un total de dos baterías de 100 Ah estas conectadas en un arreglo serie el cual nos permita suministrar un voltaje de 24 VDC a la entrada del inversor y el regulador controlador del sistema fotovoltaico.

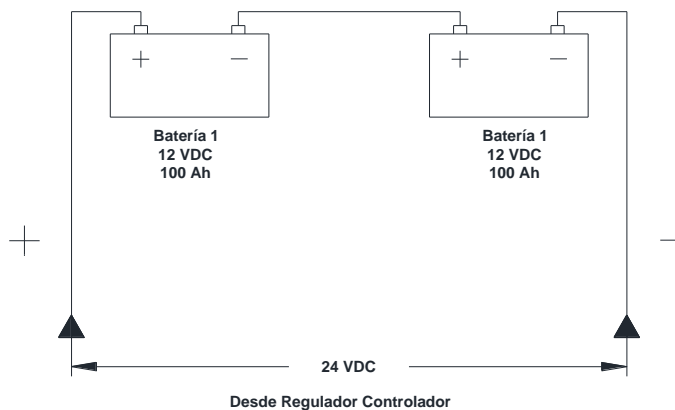


Figura 44.- Esquema de conexión de Baterías.
Fuente: Autores

3.8.5 Esquema de conexión del regulador – controlador de carga.

El esquema mostrado a continuación nos indica el voltaje de ingreso y de salida del regulador el cual es de 24 VDC, como además las conexiones que deben realizarse al ingreso y salida de este elemento que conforma el sistema fotovoltaico

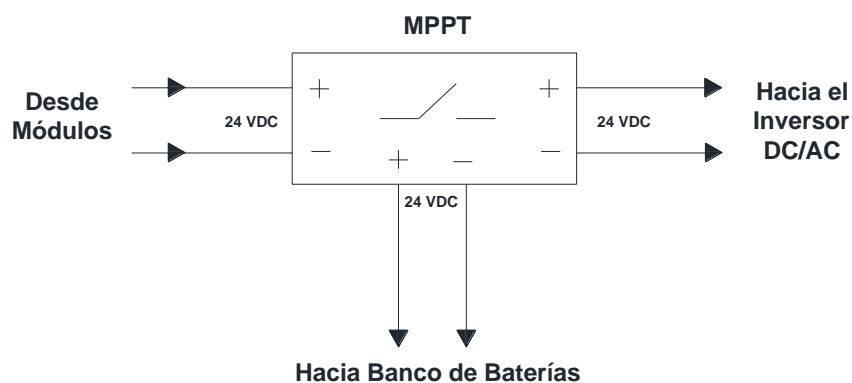


Figura 45.- Esquema de conexión Regulador Controlador
Fuente: Autores

3.8.6 Esquema de conexión del inversor.

El esquema mostrado nos permite visualizar las conexiones de ingreso y de salida como además los voltajes que intervienen en la operación de cambiar de VDC a VAC del inversor de corriente.

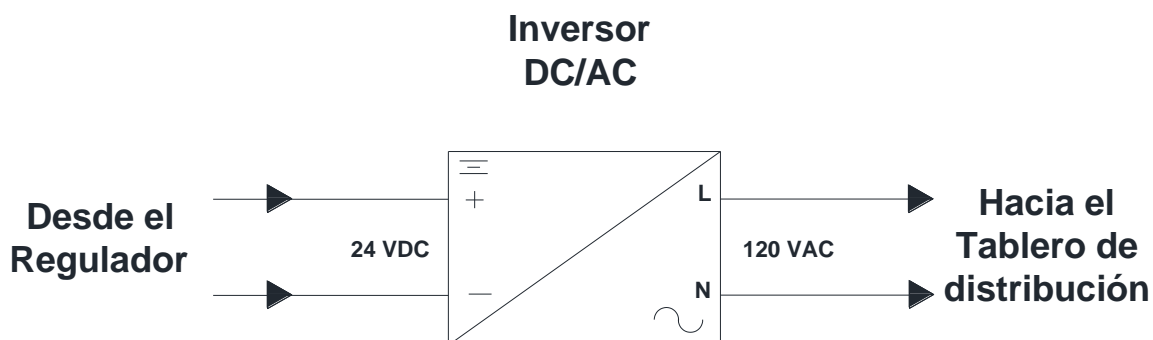
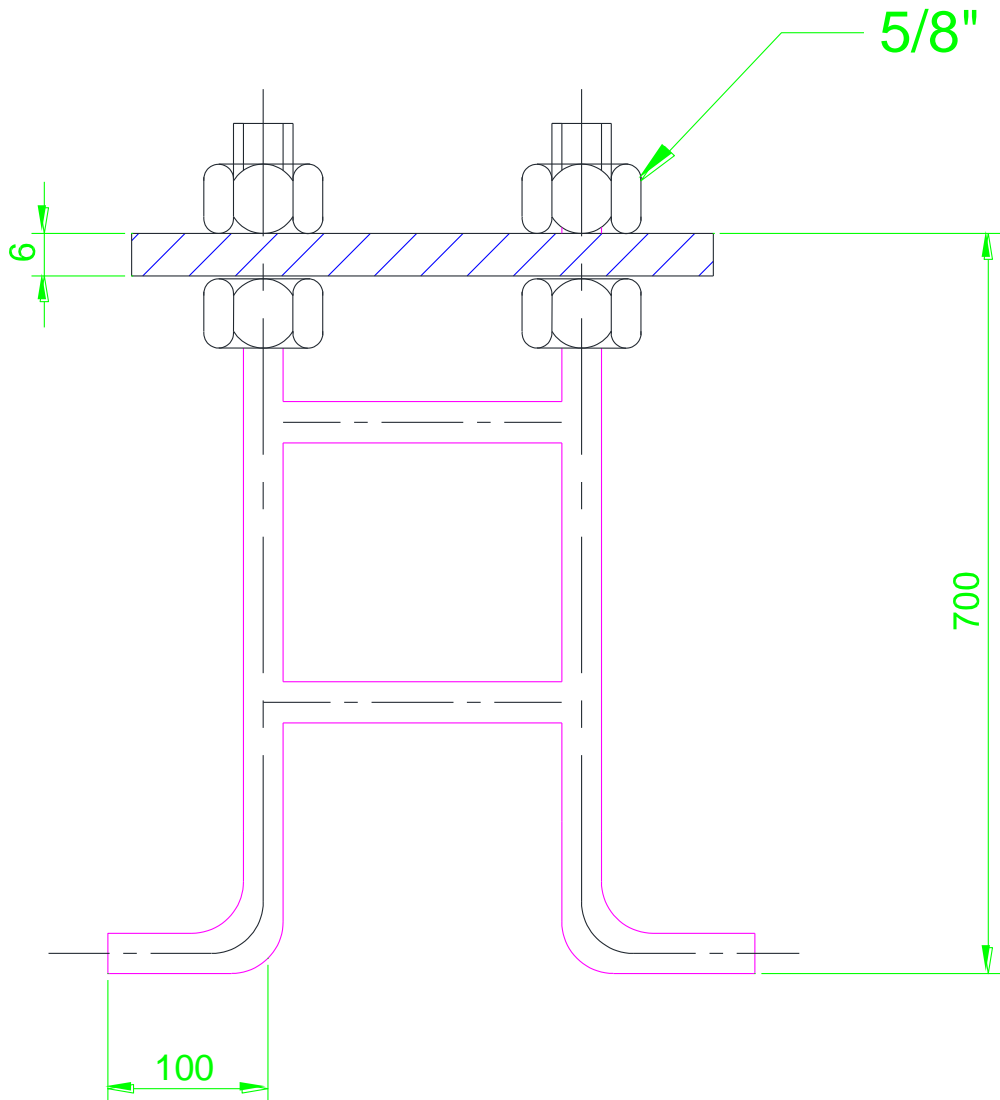


Figura 46.- Esquema de conexión del Inversor DC/AC
Fuente: Autores

3.8.7 Estructura base de Poste para Panel Fotovoltaico

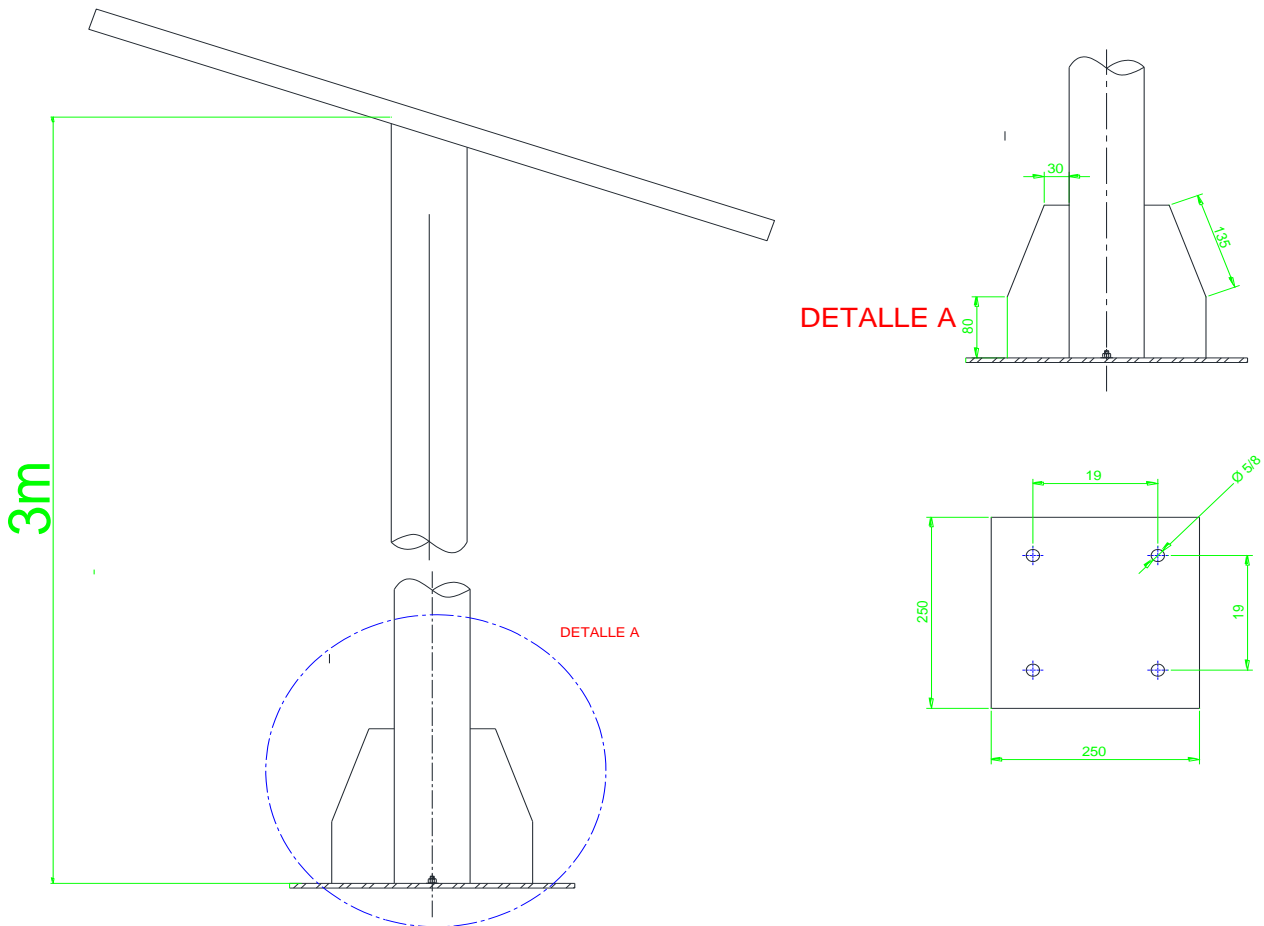


OBRA:		
COMUNIDAD MASA 2		
CONTIENE:		
ESTRUCTURA BASE DE POSTE FOTOVOLTAICO		
RESPONSABILIDAD TECNICA:	PROPIETARIO:	
ING. ERIC CONSUEGRA M. ING. OSWALDO VILLAO M.	FAMILIA RODRIGUEZ REINA	
 UPSG	FECHA:	LAMINA
	26 -JUNIO 2021	E1/3

Figura 47.- Estructura Base de Poste Fotovoltaico

Fuente: Autores

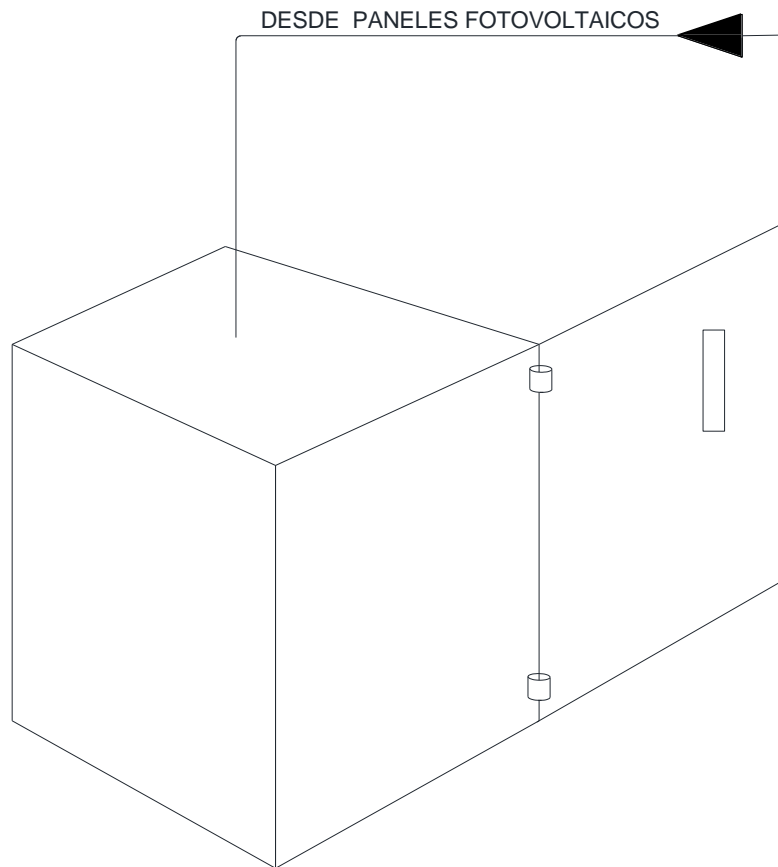
3.8.8 Poste soporte de Panel Fotovoltaico



OBRA:			COMUNIDAD MASA 2		
CONTIENE:			POSTE SOPORTE PANEL FOTOVOLTAICO		
RESPONSABILIDAD TECNICA:		PROPIETARIO:			
ING. ERIC CONSUEGRA M. ING. OSWALDO VILLAO M.		FAMILIA RODRIGUEZ REINA			
 UPSG	FECHA:	LAMINA			
	26 -JUNIO 2021	E1/4			

Figura 48.- Poste Soporte Panel Fotovoltaico
Fuente: Autores

3.8.9 Gabinete para Equipos Fotovoltaicos



OBRA:		COMUNIDAD MASA 2	
CONTIENE:		GABINETE PARA EQUIPOS FOTOVOLTAICOS	
RESPONSABILIDAD TECNICA: ING. ERIC CONSUEGRA M. ING. OSWALDO VILLAO M.		PROPIETARIO: FAMILIA RODRIGUEZ REINA	
 UPSG	FECHA:	LAMINA	E1/5
	26 -JUNIO 2021		

Figura 49.- Gabinete para Equipos Fotovoltaicos
Fuente: Autores

4 SIMULACIÓN MEDIANTE HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES

4.1 Simulación en el PROGRAMA PVSYST 7.2

El uso del programa PVSYST 7.2 fue gran ayuda para realizar de manera óptima y eficiente el dimensionamiento óptimo del sistema fotovoltaico. Es una aplicación que permite la investigación, dimensionamiento y el estudio completo de datos para el modelado de sistemas FV. Gracias a su base de datos meteorológicos, el software permite determinar el tamaño de la instalación en función de la radiación solar recibida por su ubicación, lo que permite diseñarla en 3D y el movimiento del sol durante el día debido a la proyección de sombras simuladas.

Además de los dos tipos principales de conexión a la red y aislamiento, también cubre dos variantes de instalación específicas, bombeo y conexión de CC. Incluye una gama de herramienta útiles que nos ayuda al momento de crear o modificar nuestros sistemas.

Este software necesita un punto geográfico y esto nos ayudará para determinar la cantidad de radiación necesaria y esto es posible gracias al programa Meternorm 7.2, estos procedimientos se pueden exportar por medio de otros programas en línea como PVGIS. En nuestro caso se aplica este proceso, para comparar los resultados obtenidos.

Para seleccionar los paneles fotovoltaicos, el simulador cuenta con un extenso catálogo de componentes de todo tipo y características, además de las características de voltaje y corriente requeridas para la selección. Para elegir el regulador, el programa también cuenta con un catálogo los cuales podemos utilizar con la frecuencia deseada.

Otra función que podemos elegir, es el diseño de la cadena para los paneles fotovoltaicos, estos pueden ser serie o paralelo además de mostrar el voltaje y la corriente en cada cadena.

El software tiene un mensaje de advertencia antes de ejecutar el proyecto, además nos brinda sugerencias prácticas para tener un sistema funcional a nuestros requerimientos. Al momento de aplicar estos detalles, la aplicación nos permite guardar de forma automática.

En nuestro proyecto de titulación, este software ha sido de mucha ayuda tanto en el dimensionamiento como en las simulaciones obteniendo resultados muy satisfactorios.

4.2 Simulación en el PROGRAMA PV*SOL PREMIUM 2021

El programa PV*SOL es un simulador que utilizamos en nuestro proyecto que permite la simulación de sistemas fotovoltaicos de manera eficiente y óptima. Además, permite el uso de la última información para el diseño fotovoltaico, de manera de lograr una precisión de alto rendimiento según a coordenadas de ubicación específicas; también es compatible con la base de datos, el acceso es complementario entre sí, lo que puede mejorar la interacción y los datos de acceso desde lo virtual, pues almacena cada dato registrado por el usuario, y se actualiza con cada versión generada por el software.

En la parte de dibujo del modelo 3D, el programa se relaciona con el plano de planta, mapas satelitales o catastrales (como Google Earth) son compatibles, por lo que los proyectos se pueden ejecutar a gran escala.

Entre sus utilidades, el software PV * SOL se basa en diferentes partes, lo que permite a los usuarios gestionar eficazmente el programa, permite comprender el funcionamiento desde el menú principal que propone diferentes ejemplos para aplicarlo a la introducción detallada del proyecto decidido de forma completa.

En el caso del proyecto, este simulador nos ayudó con el diseño, el análisis del sistema fotovoltaico, así se pudo obtener resultados veraces y de manera precisa dando como resultado un sistema eficiente en base a los materiales utilizados.

4.3 Implementación del proyecto en la vivienda de la comunidad Masa 2

4.3.1 Instalación Eléctrica del proyecto

En este informe se presenta como era la situación en la que se encontraban la vivienda en la comunidad Masa 2, se pudo notar los siguientes inconvenientes:

- Instalaciones eléctricas deficientes
- Falta de disyuntores para protección de los circuitos



Figura 50.- Instalaciones de la Familia Rodriguez Reina

Fuente: Autores

Por esa razón se procedió a la instalación eléctrica en dicha vivienda, a continuación, se irán mostrando imágenes desde su inicio hasta su culminación.

- 1) El transporte de los materiales eléctricos desde la Universidad Politécnica Salesiana hacia la comunidad Masa 2.



Figura 51.- Materiales electricos utilizados para la instalacion

Fuente: Autores

- 2) Colocación del panel de distribución en la vivienda, donde se ubicarán los circuitos de iluminación y tomacorrientes.



*Figura 52.- Instalacion panel de distribucion
Fuente: Autores*

- 3) Instalación de los tubos PVC por los cuales pasaran los cables para los distintos circuitos derivados de la casa.



*Figura 53.- Colocacion de tubo PVC
Fuente: Autores*

- 4) Cableado de los circuitos de iluminación y tomacorrientes, para ello se usó cables THHN #14 y #12



Figura 54.- Cableado electrico en la vivienda
Fuente: Autores

- 5) Finalmente, se conectó las boquillas, interruptores y tomacorrientes respectivamente.



Figura 55.- Conexion de interruptor
Fuente: Autores



Figura 56.- Conexion de la boquilla
Fuente: Autores

4.3.2 Montaje del sistema fotovoltaico del proyecto

Se mostrará la instalación del sistema fotovoltaico desde su inicio hasta su finalización.

- 1) Transporte de los materiales para el montaje de la base y del módulo fotovoltaico desde la Universidad Politécnica Salesiana hacia la comunidad Masa 2.



Figura 57.- Kit fotovoltaico
Fuente: Autores

- 2) Realización de la base de concreto y colocación de tubo 3" y con una longitud de 3 metros.



Figura 58.- Elaboracion de la base de concreto
Fuente: Autores



Figura 59.- Colocacion del tubo metalico
Fuente: Autores

- 3) Instalación de la base del panel solar, que está formada de una estructura metálica que tiene unas dimensiones de 2 metros de largo por 1 metro de ancho.



Figura 60.- Colocacion del panel en la base metalica
Fuente: Autores

- 4) Base metálica donde se colocan los acumuladores, inversores y reguladores del sistema fotovoltaico.



Figura 61.- Base metalica utilizada para los equipos
Fuente: Autores

- 5) Conexión en serie de las baterías, que abastecerá a la vivienda.



*Figura 62.- Conexion en serie de la baterias
Fuente: Autores*

- 6) Instalación final de todos los elementos del sistema fotovoltaico, las bases metálicas quedaron dentro de la vivienda.



*Figura 63.- Instalacion de los elementos fotovoltaicos
Fuente: Autores*

- 7) Vista de la instalación fotovoltaica



*Figura 64.- Vista final del proyecto
Fuente: Autores*

CONCLUSIONES

- Los cálculos para el dimensionamiento del sistema fotovoltaicos fueron óptimos debido a que se logró cubrir la potencia necesaria para los equipos que tenía la vivienda.
- Mediante los simuladores se comprobó que los cálculos técnicos realizados fueron correctos, este tipo de software es de gran ayuda para dimensionar futuros proyectos en la comunidad.
- Si bien esta es una alternativa muy efectiva para compensar el hecho de que no hay servicio eléctrico, resulta que es un sistema costoso para las personas que viven en la comunidad, por si desean ampliar su capacidad de uso.

RECOMENDACIONES

- Tener un plan de mantenimiento para que el sistema fotovoltaico siga operando de manera eficiente y duradera.
- Realizar un estudio para proyectos futuros, ampliar la capacidad de operación de los sistemas fotovoltaicos en la comuna.
- Mantener una inclinación conveniente para que el sistema fotovoltaico opere de manera óptima.

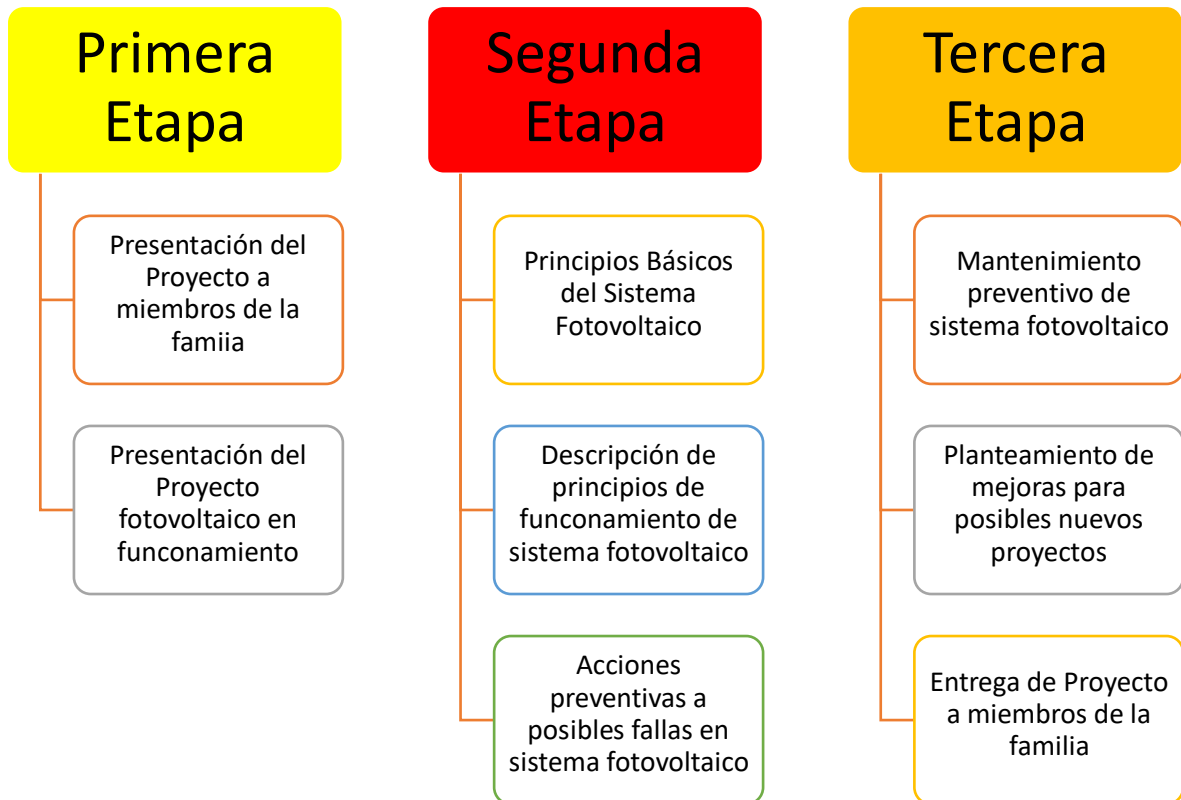
PRESUPUESTO

Equipos	Código y Modelo	Q	Precio Unitario	Iva 12%	SUBTOTAL
Modulo Solar	JINKO SOLAR Cheetach HC JKM405M-72H-V-0,405WP	1	\$ 296,68	\$ 35,60	332,28
	Otros Bienes				
Regulador	Victron Energy Smart Solar MPPT 75/15 Retail (SCC075015060R)	1	\$ 150,17	\$ 18,02	\$ 168,19
	BT065				
Baterias	Ritar Power DC12-150 12Vdc 100Ah DC 12-100	1	\$ 233,82	\$ 28,06	\$ 261,88
	IN072				
Inversor	Phoenix Inverter 24/250 120V VE.Direct NEMA 5-15R	1	\$ 205,79	\$ 24,69	\$ 230,48
Varios	Otros Bienes				
	Base de Poste Panel Fotovoltaico	1	\$ 50,00	\$ 6,00	\$ 56,00
	Poste Panel Fotovoltaico	1	\$ 200,00	\$ 24,00	\$ 224,00
	Estructura de Equipos fotovoltaicos	1	\$ 120,00	\$ 14,40	\$ 134,40
	Herramientas y materiales	1	\$ 275,00	\$ 33,00	\$ 308,00
	Transporte	1	\$ 80,00	\$ 0,00	\$ 80,00
			Total		\$ 1.715,23

ANEXOS

Anexo 1

Mapa Conceptual de capacitación para los miembros de la familia beneficiada con el Proyecto fotovoltaico en el sector Masa 2.



*Figura 65.- Cuadro sinoptico de capacitacion
Fuente: Autores*

Anexo 2

Project summary

Geographical Site		Situation		Project settings	
MASA 2	Ecuador	Latitude	-2.38 °S	Albedo	0.20
		Longitude	-79.86 °W		
		Altitude	6 m		
		Time zone	UTC-5		
Meteo data					
MASA 2					
Meteonorm 8.0 (2010-2014), Sat=100% - Sintético					

System summary

Stand alone system		Stand alone system with batteries			
PV Field Orientation		User's needs			
Fixed plane		Daily household consumers			
Tilt/Azimuth	15 / 0 °	Constant over the year			
		Average			
		1.4 kWh/Day			
System information					
PV Array					
Nb. of modules		1 Unit	Battery pack		
Pnom total	405 Wp		Technology	Lead-acid, vented, plates	
			Nb. of units	2 units	
			Voltage	24 V	
			Capacity	100 Ah	

Results summary

Available Energy	500.4 kWh/year	Specific production	1235 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	66.98 %
Used Energy	409.5 kWh/year			Solar Fraction SF	81.06 %

General parameters

Stand alone system	Stand alone system with batteries
PV Field Orientation	
Orientation	
Fixed plane	Sheds configuration
Tilt/Azimuth	No 3D scene defined
15 / 0 °	
User's needs	
Daily household consumers	
Constant over the year	
Average	1.4 kWh/Day

PV Array Characteristics

PV module		Battery	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	JKM405M-72H-V	Model	Open 12V / 100 Ah
(Original PVsyst database)		Technology	Lead-acid, vented, plates
Unit Nom. Power	405 Wp	Nb. of units	2 in series
Number of PV modules	1 Unit	Discharging min. SOC	20.0 %
Nominal (STC)	405 Wp	Stored energy	1.9 kWh
Modules	1 String x 1 In series	Battery Pack Characteristics	
At operating cond. (50°C)		Voltage	24 V
Pmpp	370 Wp	Nominal Capacity	100 Ah (C10)
U mpp	37 V	Temperature	External ambient temperature
I mpp	9.9 A	Battery Management control	
Controller		Threshold commands as	Battery voltage
Manufacturer	Generic	Charging	29.3 / 25.1 V
Model	SmartSolar MPPT 75/15 24V	Corresp. SOC	0.95 / 0.75
Technology	MPPT converter	Discharging	23.3 / 24.4 V
Temp coeff.	-2.7 mV°C/Elem.	Corresp. SOC	0.18 / 0.45
Converter			
Maxi and EURO efficiencies	98.0 / 96.0 %		
Total PV power			
Nominal (STC)	0 kWp		
Total	1 modules		
Module area	2.0 m ²		
Cell area	1.8 m ²		

Array losses

Thermal Loss factor		DC wiring losses		Serie Diode Loss	
Module temperature according to irradiance		Global array res.	62 mΩ	Voltage drop	0.7 V
Uc (const)	20.0 W/m ² K	Loss Fraction	1.5 % at STC	Loss Fraction	1.7 % at STC
Uv (wind)	0.0 W/m ² K/m/s				
Module Quality Loss		Module mismatch losses		Strings Mismatch loss	
Loss Fraction	-0.8 %	Loss Fraction	2.0 % at MPP	Loss Fraction	0.1 %

Array losses

IAM loss factor								
Incidence effect (IAM): Fresnel AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

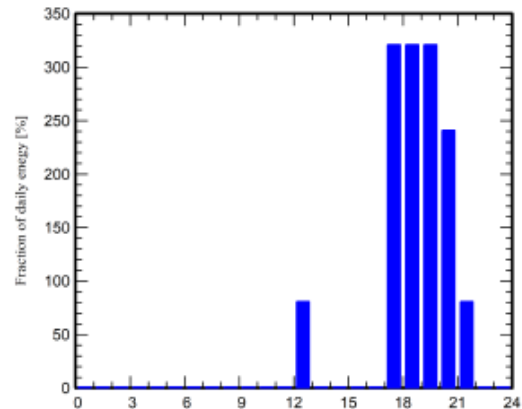
Detailed User's needs

Daily household consumers, Constant over the year, average = 1.4 kWh/day

Annual values

	Number	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Lámparas (LED o fluo)	4	20W/lamp	5.0	400
TV	1	80W/app	4.0	320
VARIOS	2	80W/app	4.0	640
Consumidores en espera			24.0	24
Total daily energy				1384Wh/day

Hourly distribution

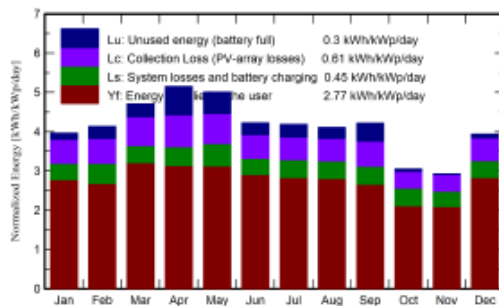


Main results

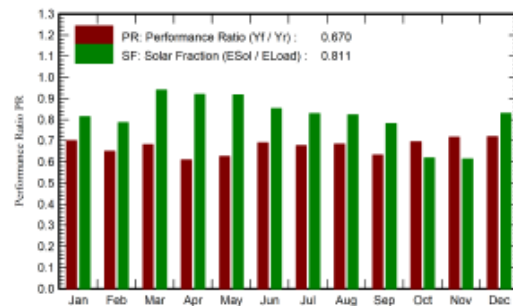
System Production

Available Energy	500.4 kWh/year	Specific production	1235 kWh/kWp/year
Used Energy	409.5 kWh/year	Performance Ratio PR	88.98 %
Excess (unused)	43.8 kWh/year	Solar Fraction SF	81.08 %
Loss of Load		Battery aging (State of Wear)	
Time Fraction	24.7 %	Cycles SOW	70.0 to 59.6 %
Missing Energy	95.7 kWh/year	Static SOW	70.0 to 59.4 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUunused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac ratio
January	135.7	118.9	40.42	2.000	8.00	34.90	42.90	0.814
February	122.7	112.5	38.17	3.400	8.31	30.45	38.75	0.788
March	148.5	142.3	48.28	4.121	2.61	40.29	42.90	0.939
April	150.7	151.3	51.22	8.771	3.33	38.19	41.52	0.920
May	145.1	152.0	51.64	6.799	3.57	39.33	42.90	0.917
June	117.7	123.8	42.37	3.563	6.15	35.37	41.52	0.852
July	122.4	126.8	43.61	4.027	7.34	35.57	42.90	0.829
August	123.9	124.4	42.75	3.520	7.59	35.31	42.90	0.823
September	126.8	123.5	41.84	5.544	9.11	32.41	41.52	0.781
October	98.5	91.5	31.04	0.685	16.34	26.66	42.90	0.619
November	94.2	84.8	28.65	0.178	16.05	25.47	41.52	0.613
December	134.5	118.1	40.39	1.200	7.29	35.61	42.90	0.830
Year	1520.6	1470.0	500.37	43.808	95.69	409.47	505.16	0.811

Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	E_User	Energy supplied to the user
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	E_Load	Energy need of the user (Load)
E_Avail	Available Solar Energy	SolFrac	Solar fraction (EUsed / ELoad)
EUunused	Unused energy (battery full)		
E_Miss	Missing energy		

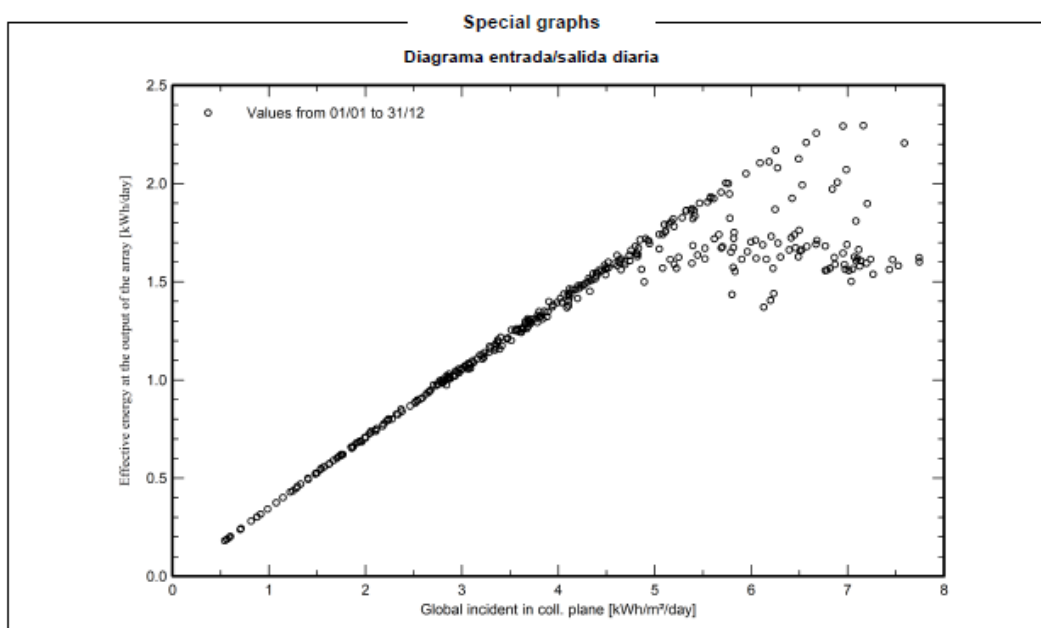
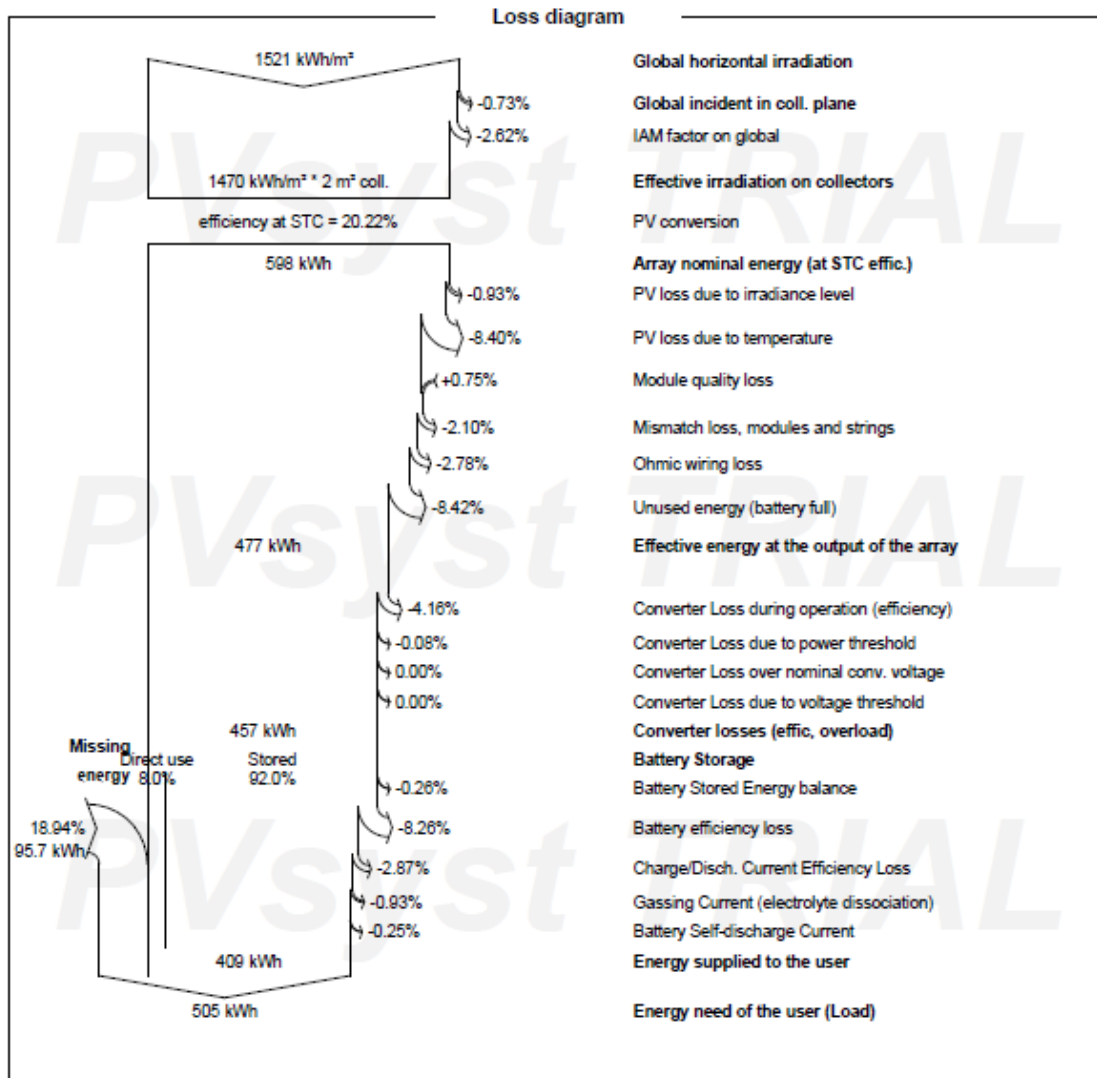


Figura 66.- Resultados mediante el software PVSYS 7.2
Fuente: Autores

Anexo 3

SIMULACION CON SOFTWARE PV SOL PREMIUM 2021

The screenshot displays the PV SOL PREMIUM 2021 software interface. At the top, there is a menu bar with options: Archivo, Bases de datos, Opciones, Idioma, Ayuda. The status bar on the right indicates 'Estado de las bases de datos: En línea | Acceso: Automáticamente'. Below the menu bar is a toolbar with various icons for navigation and actions.

The main window is titled 'Informe del proyecto' and is divided into several sections:

- Opciones:** Includes 'Plantilla del documento' (set to 'Documentación'), 'Idioma del documento' (set to 'Español'), and a 'Más opciones' link.
- Vista previa:** Features a 'Mostrar' button, a checked 'Mostrar automáticamente' checkbox, and an 'Imprimir' button.
- Exportar:** Includes a 'Resultados de simulación' section with a 'Valores por hora' button and a 'Simulación' button. A message states: 'No hay resultados de simulación por hora disponibles. Vuelva a realizar la simulación. Para guardar estos valores, active el ajuste correspondiente.'
- Indicación:** The central area displays a preview of a document titled 'Documentación - 1' dated 18/10/2021. The document content includes:
 - Datos del cliente:** Empresa, Número de cliente, Persona de contacto, Dirección, Teléfono, Fax, e-mail.
 - Datos del proyecto:** Nombre del proyecto: COMUNIDAD MASA 2, N.º de oferta: 1, Autor: PRUEBA, Dirección: GUAYAQUIL AEROPUERTO LA PUNA.
 - Descripción del proyecto:** SISTEMA AISLADO COMUNIDAD MASA 2.

On the right side, there is a sidebar with project details:

- Datos del proyecto:** Nombre del proy... COMUNIDAD MASA 2, Número de oferta: 1, Autor: PRUEBA, Puesta en marcha: 15/9/2021.
- Tipo de instalación, clima y red:** Tipo de instalación: Sistema FV autónomo, Datos climáticos: Guayaquil Aer., ECU, Paso de tiempo p...: 1 min, Red de CA: 120 V, 1-fásico, cos φ ...
- Consumo:** Consumo total: 321 kWh, Pico de carga: 0,2 kW, Resolución de los...: 1 h.
- Módulos FV:** Superficie fotovo... Superficie fotovoltaica 1, Datos del módulo: CheetahPerc JKM405M..., Fabricante: Jinko Solar, Número de módulos: 1, Potencia genera...: 0,41 kWp, Inclinación: 2°, Orientación: 180°, Situación de mon...: Integr. cubierta - sin v...
- Inversores:** Potencia total: 0,35 kW, Superficie fotovo... Superficie fotovoltaica 1, Inversor 1: TSOL-M400, Cantidad: 1, Fabricante: TSUN, Conexión: MPP 1: 1 x 1, Factor de dimen...: 115,7 %.

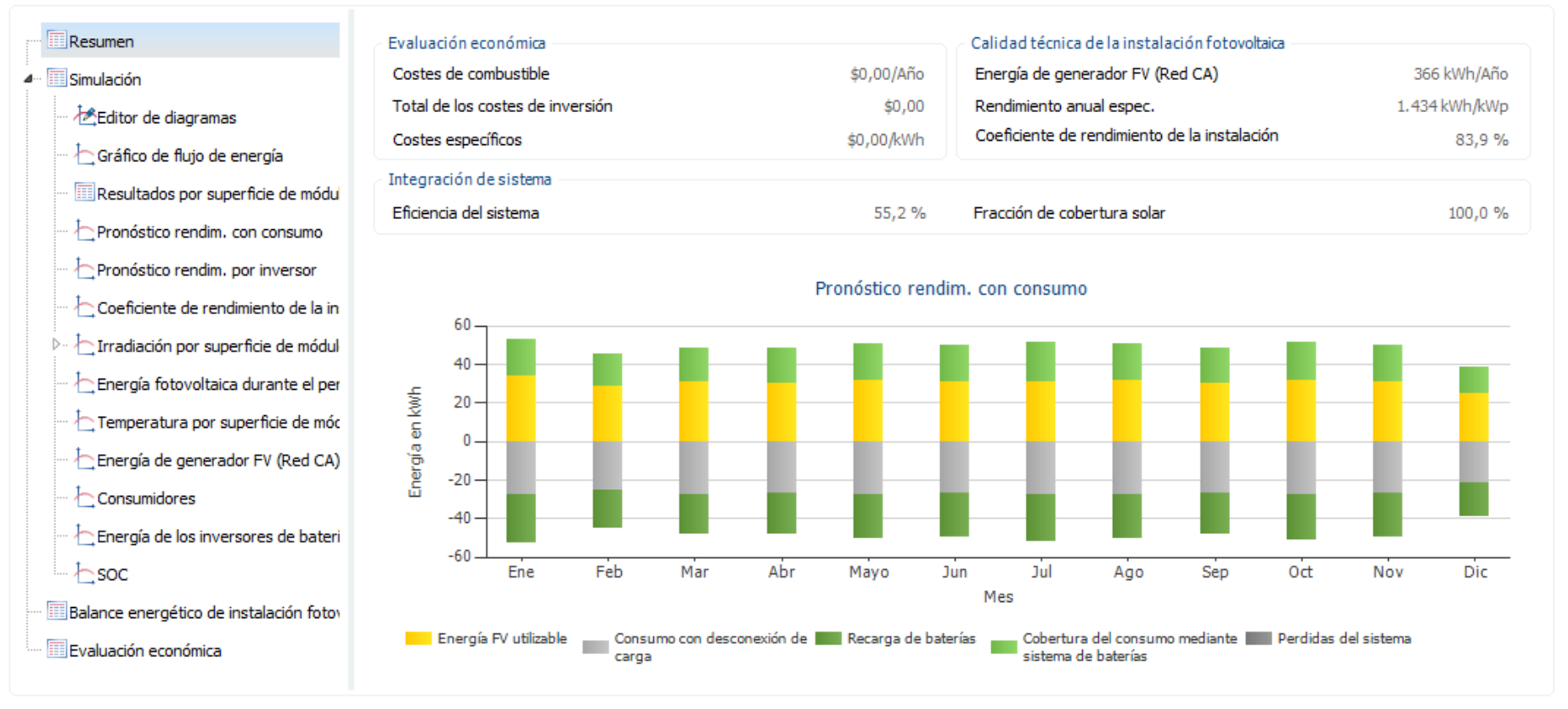
At the bottom, there are two warning messages:

- ⚠ La simulación se ejecuta en pasos de 1 minuto; no obstante, el perfil del consumidor solo tiene una resolución de 15 minutos o de 1 hora.
- 🔔 Hay copias de seguridad restauradas disponibles. (Archivo > Copias de seguridad > Archivos recuperados)

RESULTADOS SIMULADOS

RESUMEN DE RESULTADOS

Resultados

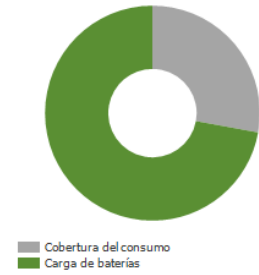


SIMULACION

Instalación FV

Potencia generador FV	0,4 kWp
Rendimiento anual espec.	1.432,53 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	83,9 %
Máxima energía fotovoltaica posible	581 kWh/Año
Energía FV utilizable	366 kWh/Año
Cobertura del consumo	102 kWh/Año
Carga de baterías	264 kWh/Año

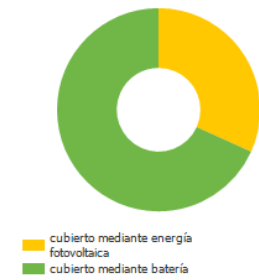
Energía FV utilizable



Consumidores

Consumo	321 kWh/Año
Consumo con desconexión de carga	321 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	1 kWh/Año
Pérdida de cables	0 kWh/Año
Consumo total	321 kWh/Año
cubierto mediante energía fotovoltaica	102 kWh/Año
cubierto mediante batería	219 kWh/Año
Fracción de cobertura solar	100,0 %

Consumo total



Instalación de batería

Recarga de baterías	264 kWh/Año
Cobertura del consumo mediante sistema de baterías	219 kWh/Año
Pérdidas debido a la carga/descarga	0 kWh/Año
Pérdidas en batería	0 kWh/Año
Carga de ciclos 1	1,2 %
Vida útil 1	>20 Años

EDITOR DE DIAGRAMAS

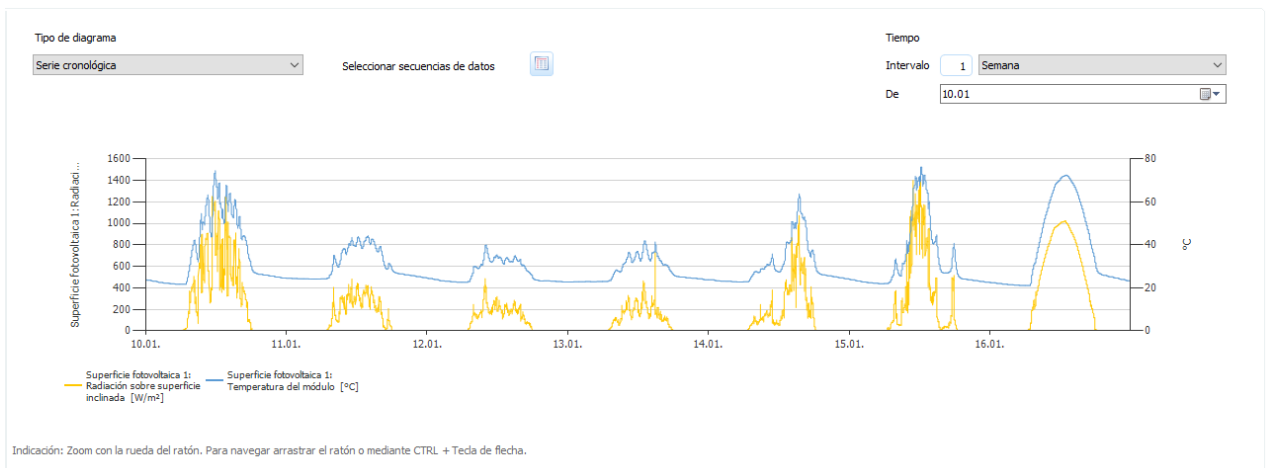
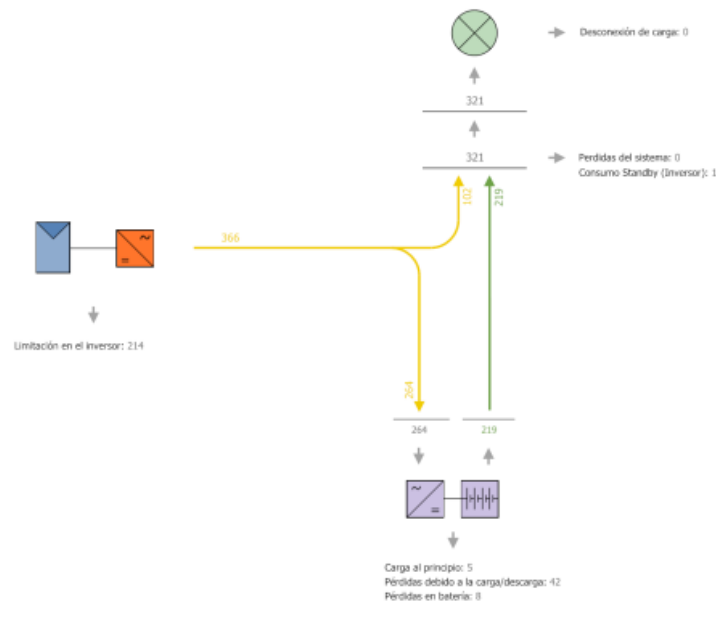


GRAFICO DE FLUJO DE ENERGIA

Gráfico de flujo de energía
Proyecto: COMUNIDAD MASA 2

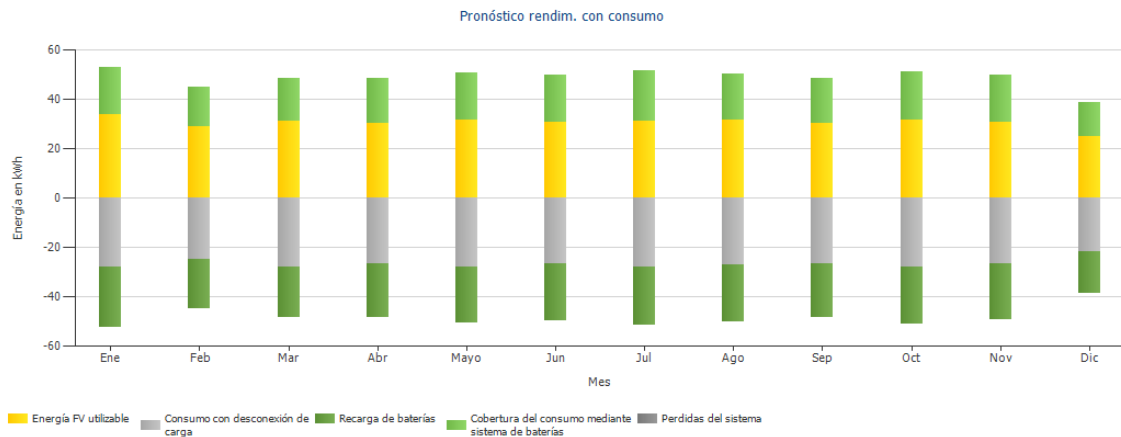


RESULTADOS POR SUPERFICIE DE MÓDULOS

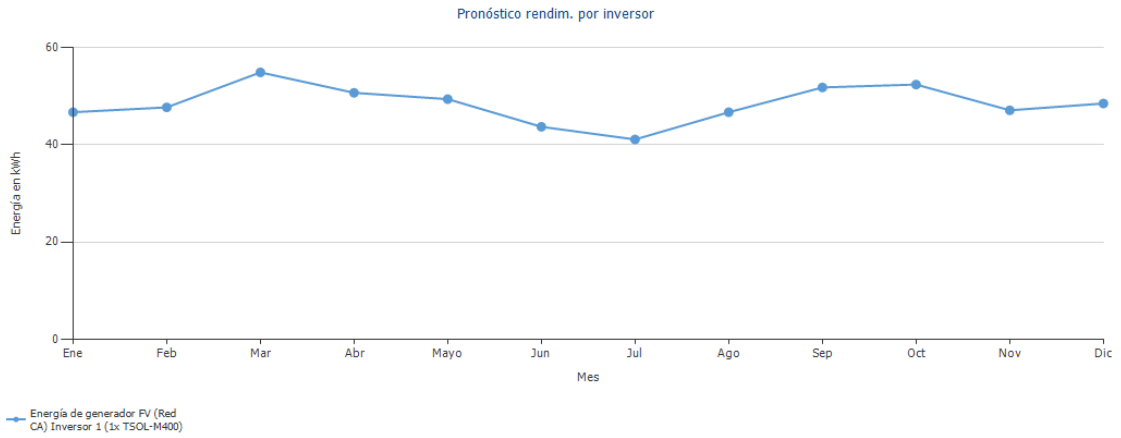
Superficie fotovoltaica 1

Potencia generador FV	0,40 kWp
Superficie generador FV	2,01 m ²
Irradiación global sobre módulo	1690,90 kWh/m ²
Global Radiation at the Module without reflection	1705,77 kWh/m ²
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	84,01 %
Energía de generador FV (Red CA)	580,83 kWh/Año
Rendimiento anual espec.	1434,15 kWh/kWp

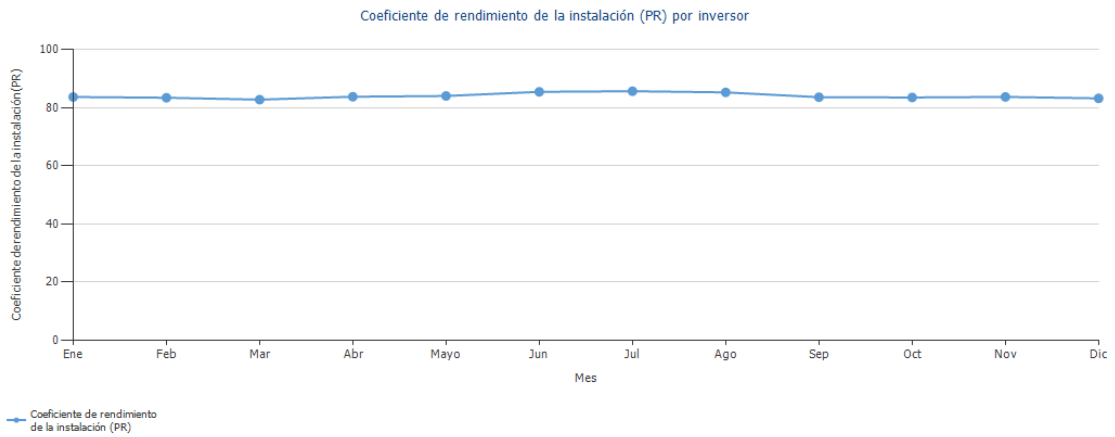
PRONOSTICO DE RENDIMIENTO CON CONSUMO



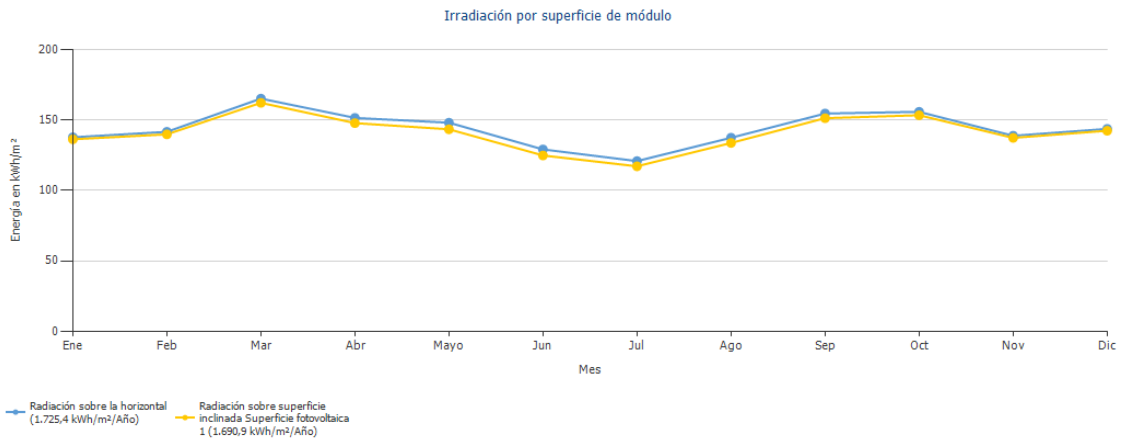
PRONOSTICO RENDIMIENTO POR INVERSOR



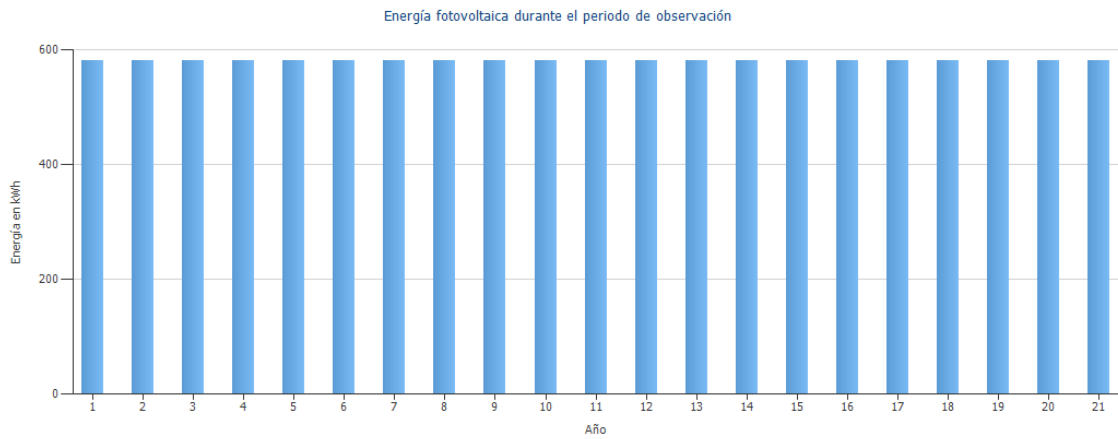
COEFICIENTE DE RENDIMIENTO DE LA INSTALACION



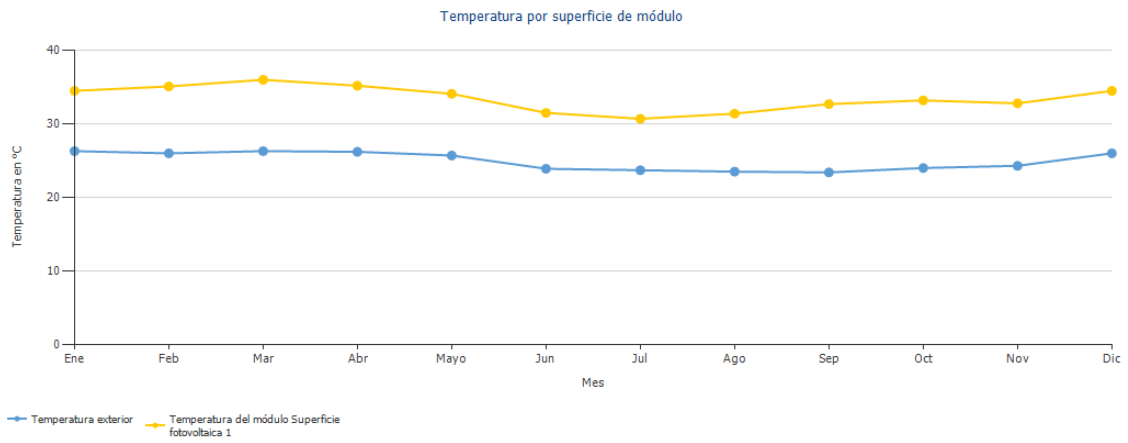
IRRADIACIÓN POR SUPERFICIE DE MÓDULO



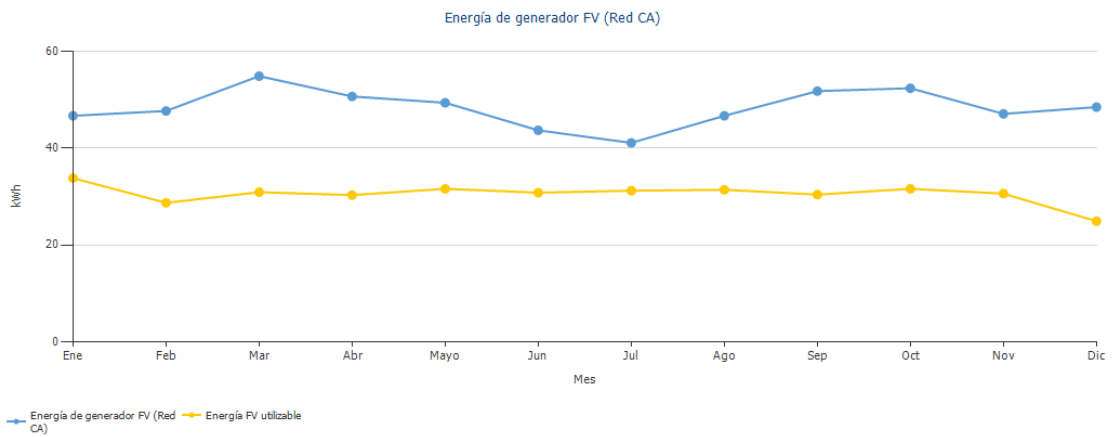
ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN PERIODO DE OBSERVACION



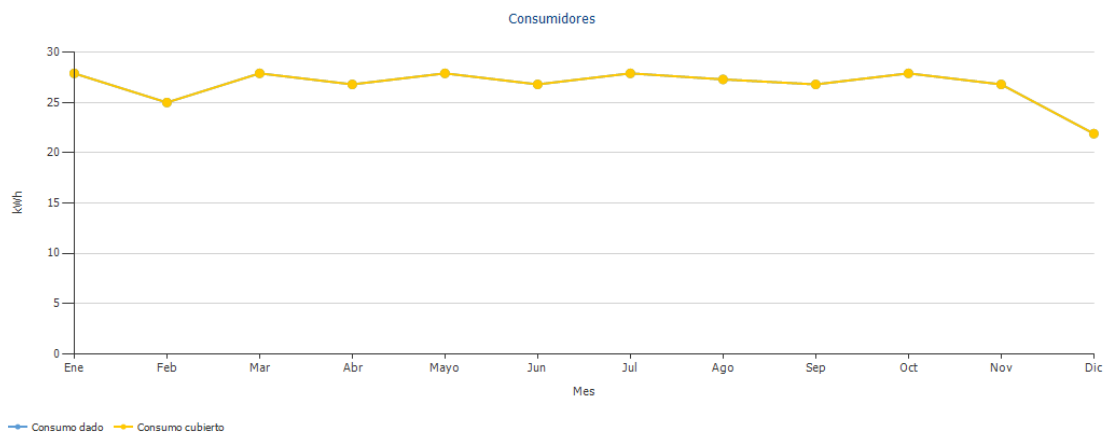
TEMPERATURA POR SUPERFICIE DE MÓDULO



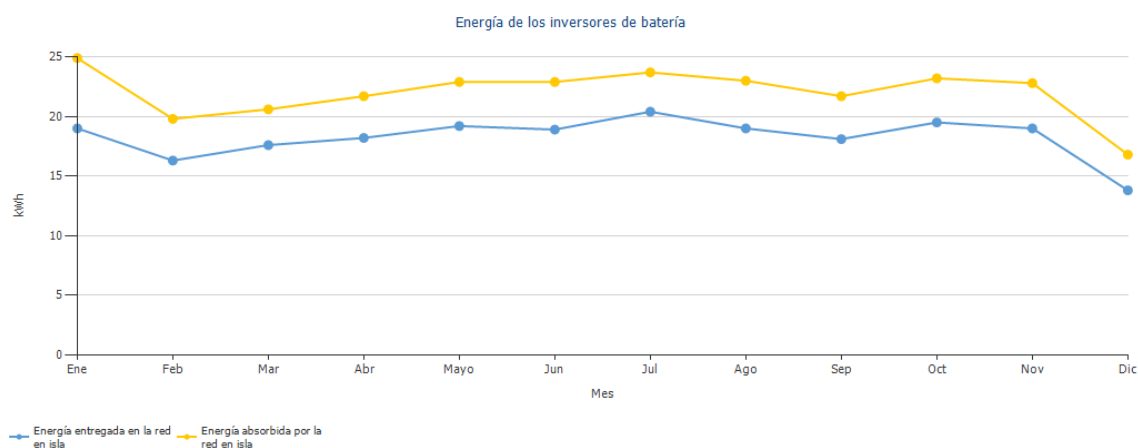
ENERGIA DE GENERADOR FV



CONSUMIDORES



ENERGÍA DE INVERSORES DE BATERÍA



BALANCE ENERGETICO DE INSTALACION FOTOVOLTAICA

Radiación global horizontal	1.725,43 kWh/m²	
Desviación del espectro estandar	-17,25 kWh/m ²	-1,00 %
Reflexión del suelo (albedo)	0,10 kWh/m ²	0,01 %
Orientación y inclinación de la superficie de módulos	-2,51 kWh/m ²	-0,15 %
Sombreado	0,00 kWh/m ²	0,00 %
Reflexión en la superficie del módulo	-14,87 kWh/m ²	-0,87 %
Irradiación global sobre módulo	1.690,90 kWh/m²	
	1.690,90 kWh/m ²	
	x 2,012 m ²	
	= 3.402,11 kWh	
Irradiación global fotovoltaica	3.402,11 kWh	
Ensuciamiento	0,00 kWh	0,00 %
Conversión STC (eficiencia nominal de módulo 20,14 %)	-2.716,79 kWh	-79,86 %
Energía fotovoltaica nominal	685,32 kWh	
Rendimiento con luz débil	-5,08 kWh	-0,74 %
Desviación de la temperatura nominal del módulo	-70,21 kWh	-10,32 %
Diodos	-3,05 kWh	-0,50 %
Inadecuación (datos del fabricante)	0,00 kWh	0,00 %
Inadecuación (Conexión/sombreado)	0,00 kWh	0,00 %

Energía fotovoltaica (CC) sin limitación de corriente por inversor	606,98 kWh	
Potencia de arranque DC no alcanzada	-0,04 kWh	-0,01 %
Regulación por rango de tensión MPP	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por corriente CC máx.	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por potencia CC máx.	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por potencia CA máx. / cos phi	-2,59 kWh	-0,43 %
Adaptación MPP	-0,78 kWh	-0,13 %
Energía FV (DC)	603,57 kWh	
Energía en la entrada del inversor	603,57 kWh	
Desviación de la tensión de entrada de la tensión nominal	0,00 kWh	0,00 %
Conversión DC/AC	-22,74 kWh	-3,77 %
Consumo Standby (Inversor)	-0,65 kWh	-0,11 %
Pérdida total de cables	0,00 kWh	0,00 %
Energía fotovoltaica (CA) menos consumo en modo de espera	580,18 kWh	
Energía de generador FV (Red CA)	580,83 kWh	

EVALUACION ECONOMICA

Datos del sistema		
Periodo de consideración		20 Años
Número de componentes de instalación		
Número de módulos FV		1
Número de inversores		1
Número de inversores de baterías		1
Número de baterías		2
Análisis de rentabilidad		
Total de los costes de inversión		0 \$
Costes específicos		0 \$/kWh

Figura 67.- Resultados mediante el software PV*SOL premium 2021

Fuente: Autores

BIBLIOGRAFIA

- [1] W. Suarez, “El reto de energizar zonas rurales aisladas,” *Sem. Sosten.*, vol. 0, 2016.
- [2] S. Esteban, T. Villegas, E. Luis, and T. Alcivar, “Diseño de un Sistema Fotovoltaico para la Escuela de Educación Básica Simón Bolívar en la Comunidad Masa 2, Golfo de Guayaquil,” 2020.
- [3] Periódico D’Una., “Estudiantes producen energía renovable en beneficio de los moradores de la comuna Masa 2 | Periódico D’Una,” Dec. 04, 2020. <https://deunanoticias.com/estudiantes-producen-energia-renovable-moradores-comuna-masa-2/> (accessed Sep. 18, 2021).
- [4] A. M. MUNICIO and A. C. MARTINEZ, “DICCIONARIO ESPAÑOL DE ENERGIA,” *Pap. Knowl. . Towar. a Media Hist. Doc.*, 2014.
- [5] P. Puig and M. Jofra, “Energía solar fotovoltaica y energía eólica,” p. 204, 2008, [Online]. Available: www.casadellibro.com/libro-energia-solar-fotovoltaica-y-energia-eolica/9788494198045/2337528.
- [6] SOPELIA, “Ecuador Archives - Sopelia es la plataforma solar de América Latina.,” Oct. 26, 2016. <https://www.energiasolar.lat/category/ecuador/> (accessed Sep. 18, 2021).
- [7] EL UNIVERSO, “Paneles solares y turbinas para dar energía a la Santay, proponen universitarios | Doctor Tecno | La Revista | El Universo,” Jan. 31, 2018. <https://www.eluniverso.com/tendencias/2018/01/31/nota/6593767/paneles-solares-turbinas-dar-energia-santay-proponen/?amp> (accessed Sep. 18, 2021).
- [8] Defensor del Pueblo de Andalucía, “Informe Anual 2011 Vivienda,” 2011.
- [9] I. Morán and K. León, “Diseño e implementación de un sistema de iluminación fotovoltaico de respaldo para los laboratorios de electrónica de potencia y control automático.,” *Univ. Politec. Sales.*, p. 141, 2015, [Online]. Available: <https://bit.ly/2OxKbm9>.
- [10] W. A. Cuenca Benitez, “Diseño De Un Sistema Fotovoltaico Para El Suministro Alternativo De Energía Eléctrica Al Interior De Un Vehículo Tipo Casa-Rodante En La Ruta Turistica Spondylus O Ruta Del Sol.,” 2018, [Online]. Available: [https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/20469/1/Cuenca Benítez%2C Wilson Alcívar.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/20469/1/Cuenca%20Wilson%20Alcivar.pdf).
- [11] Nayaret Belén Ramírez Segura, “Instalaciones de sistemas fotovoltaicos,” Sep. 18, 2021. <https://aprende.com/blog/oficios/energia-solar/tipos-de-instalaciones-de-sistemas-fotovoltaicos/> (accessed Sep. 18, 2021).
- [12] R. G. Jiménez, “Escuela Técnica Superior de Ingeniería Análisis económico de una instalación fotovoltaica en un complejo de turismo rural: autoconsumo vs aislada,” 2020.

- [13] I. A. Castillo Estévez and G. S. Nasimba Tipán, “Diseño e implementación del controlador de carga y descarga de una batería dentro de un sistema autónomo de iluminación pública a partir de fuentes de energía renovable,” 2017.
- [14] H. D. Osorio Unda, “Universidad técnica del norte facultad de ingeniería en ciencias aplicadas carrera de ingeniería en mantenimiento eléctrico “,” 2018.
- [15] M. A. Rodríguez Pozueta, “Instalaciones Eléctricas en Edificios. Universidad de Cantabria, Cantabria.,” *Historia Santiago.*, 2009.