



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE GUAYAQUIL**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DE:  
INGENIERO ELÉCTRICO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TEMA:**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 600W PARA  
ALIMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE METROLOGÍA**

**AUTORES:**

**KEVIN ISRAEL ARMIJOS SIGUENZA  
JIRO GEOVANNY CABRERA VIDAL**

**Tutor:**

**DR. JUAN CARLOS LATA, Ph.D.**

**DICIEMBRE - 2020  
GUAYAQUIL – ECUADOR**

# CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **ARMIJOS SIGUENZA KEVIN ISRAEL** y **CABRERA VIDAL JIRO GEOVANNY**, autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además, declaro que los conceptos, análisis desarrollado y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Guayaquil, 07/12/2020



Armijos Siguenza Kevin Israel  
C.I. 095346166-2



Cabrera Vidal Jiro Geovanny  
C.I. 093154359-9

## **CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS**

Yo, **ARMIJOS SIGUENZA KEVIN ISRAEL**, con documento de identificación N° **095346166-2**, manifiesto mi voluntad y cedo a la UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado titulado **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 600W PARA ALIMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE METROLOGÍA”** mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de **INGENIERO ELÉCTRICO**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando facultada para ejercer plenamente los derechos antes cedidos.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscrito este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 07/12/2020



Armijos Siguenza Kevin Israel  
C.I. 095346166-2

## **CERTIFICADO DE SESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS**

Yo, **CABRERA VIDAL JIRO GEOVANNY**, con documento de identificación N° **093154359-9**, manifiesto mi voluntad y cedo a la UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado titulado **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 600W PARA ALIMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE METROLOGÍA”** mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de **INGENIERO ELÉCTRICO**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando facultada para ejercer plenamente los derechos antes cedidos.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscrito este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 07/12/2020

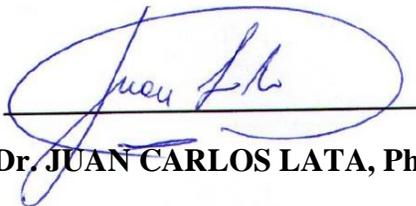


Cabrera Vidal Jiro Geovanny  
C.I. 093154359-9

## CERTIFICACIÓN

Yo, **Dr. JUAN CARLOS LATA, Ph. D**, director del proyecto de Titulación denominado **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 600W PARA ALIMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE METROLOGÍA”** realizado por los estudiantes, **ARMIJOS SIGUENZA KEVIN ISRAEL** y **CABRERA VIDAL JIRO GEOVANNY**, certifico que ha sido orientado y revisado durante su desarrollo, por cuanto se aprueba la presentación del mismo ante las autoridades pertinentes.

Guayaquil 07/12/2020



**Dr. JUAN CARLOS LATA, Ph. D**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo es dedicado a mis padres Ángel Amador Armijos y Leonor Sigüenza Mora por ser los pilares fundamentales en mi desarrollo profesional y personal.

A mi hermano Ángel Armijos y mi hermana Allison Armijos por su amor incondicional, su fe sin límites y por estar conmigo en las buenas y en las malas.

A mi hermano menor David quien es la inspiración por la cual lucho día tras día, quien se ha convertido en mi mayor motivación de seguir cada día esforzándome.

**Kevin Israel Armijos Sigüenza**

El presente trabajo dedico a mis padres, hermanos, abuelos y amigos quienes me han acompañado durante mi formación universitaria y depositaron toda su confianza para culminar con éxito mi carrera profesional.

Además, le dedicó el presente trabajo a mi amiga fiel, quien alegraba mis días incondicionalmente, a quien aún amo, recuerdo y la recordare siempre a mi perrita FÜHRER.

**Jiro Geovanny Cabrera Vidal**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco profundamente a Dios en todo momento por todas sus bendiciones, a mis padres, a mis hermanos, conocidos y amigos que estuvieron siempre conmigo con su total apoyo.

A la Universidad Politécnica Salesiana por darme la oportunidad de brindarme una educación de calidad con visión humanista.

A todos los docentes de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana. También quiero agradecer a mi tutor, Dr. Juan Carlos García Lata, PhD por su tiempo, motivación, apoyo incondicional y aporte científico para cumplir los objetivos de la presente Tesis, así como su amistad y comprensión.

Agradezco a la Empresa Relec S.A. por la ayuda, consejos y conocimientos.

**Kevin Israel Armijos Siguenza**

**Jiro Geovanny Cabrera Vidal**

## RESUMEN

Por lo general las personas creen que las energías renovables se centran en el estudio de radiación solar en paneles solares fotovoltaicos, sin embargo, en nuestro proyecto hemos realizado un sistema híbrido, su función más importante es la captación de distintos tipos de energía renovable convirtiéndola en energía eléctrica, complementado por energía fotovoltaica y eólica.

En la actualidad el sistema eléctrico tiene escasez energética para llegar a distintos lugares donde la energía es escasa, además de ser una problemática a nivel mundial, siendo así la energía renovable una mejora para ciertos lugares donde no se dispone de ella e allí nuestro proyecto de titulación. En nuestro proyecto de tesis observaremos los componentes que dispone un sistema renovable híbrido como son los paneles fotovoltaicos y un aerogenerador los cuales mediante distintas fuentes o energías renovables brindará energía eléctrica para un laboratorio ecológico donde será distribuida la energía eléctrica de tal manera, que sea un sistema híbrido totalmente autónomo o con conexión a la Red.

En el presente proyecto de titulación se implementa dos distintos tipos de generadores el cual cumple la misma función de proveer energía renovable, el primer sistema es un grupo de paneles fotovoltaicos mientras que el segundo es un aerogenerador donde el objetivo es alimentar un laboratorio ecológico. La implementación de los generadores no solo se enfoca en alimentar a un laboratorio si no que se usaran como módulos didácticos el cual va a facilitar la manipulación y por lo tanto conocer detalladamente el sistema de energía renovable de los sistemas híbridos, donde los beneficiarios son los estudiantes de la UPS-G puesto que se fortalecerá el conocimiento de los estudiantes.

## ABSTRACT

In general, people believe that renewable energies focus on the study of solar radiation in photovoltaic solar panels, however, in our project we have made a hybrid system, its most important function is to capture different types of renewable energy, converting it into electrical energy, complemented by photovoltaic and wind energy.

At the present time, the electrical system has a shortage of energy to reach different places where energy is scarce, in addition to being a global issue, thus being renewable energy an improvement for certain places where it is not available; for this reason, this project is necessary. In this thesis project, we will observe the components that a hybrid renewable system has, such as photovoltaic panels and a wind turbine, which through different sources or renewable energies will provide electrical energy for an ecological laboratory where electrical energy will be distributed in such a way that it is a fully autonomous hybrid system or with connection to the network.

In the present study, two different types of generators are implemented, which fulfill the same function of providing renewable energy, the first system is a group of photovoltaic panels while the second is a wind turbine where the objective is to feed an ecological laboratory. The implementation of generators not only focuses on feeding a laboratory, but also that they will be used as didactic modules which will facilitate the manipulation and therefore to know in detail the renewable energy system of hybrid systems, where the beneficiaries are the students of the UPS-G since the knowledge of the students will be strengthened.

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	I
AGRADECIMIENTO .....	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT .....	IV
TABLA DE CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE TABLA DE LECTURA .....	IX
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	X
ÍNDICE DE SÍMBOLOS .....	XII
INTRODUCCIÓN .....	XIV
<b>CAPITULO I: EL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
1.1 PALABRA CLAVES.....	1
1.2 GLOSARIO .....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	1
1.4 IMPORTANCIA Y ALCANCES.....	2
1.5 OBJETIVO.....	3
1.5.1 Objetivo General .....	3
1.5.2 Objetivo Especifico.....	3
1.6 BENEFICIARIOS DE LA PROPUESTA DE INTERVENCIÓN:.....	3
1.7 ALCANCE.....	3
1.8 ¿QUÉ ES UN MÓDULO SOLAR? .....	4
1.9 TIPOS DE PANELES O CELDAS SOLARES .....	4
1.9.1 Células Monocristalinas: .....	4

1.9.2	Células Policristalinas: .....	5
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>		<b>6</b>
2.1	ESTADO DE ARTE .....	6
2.1.1	Energía Solar .....	6
2.1.2	Radiación Solar .....	6
2.1.3	Orientación e Inclinación de los Módulos Solares .....	9
2.1.4	Angulo Azimut .....	9
2.1.5	Distancia entre los Módulos .....	10
2.1.6	Ventajas y Desventajas .....	11
2.1.7	También encontramos algunas Desventajas, tales como: .....	11
2.1.8	Tipos de Paneles Solares .....	12
2.1.9	Tipos de Conexiones de Módulos Solares .....	15
2.1.10	Baterías .....	17
2.1.11	Plomo – Acido .....	17
2.1.12	Níquel – Cadmio .....	18
2.1.13	Inversor .....	20
2.1.14	Regulador .....	21
2.1.15	Sistema Fotovoltaico Aislado a la Red .....	22
2.1.16	Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red .....	23
2.1.17	Software PVsyst .....	25
<b>CAPITULO III: SISTEMA AUTÓNOMO .....</b>		<b>26</b>
3.1	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO .....	26
3.2	COORDENADAS GRAFICAS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO .....	26
3.5	EFICIENCIA DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS .....	28
3.6	CONSUMO ELÉCTRICO DE LA INSTALACIÓN .....	29
3.7	CÁLCULOS DE DIMENSIONAMIENTO .....	30

3.8	CÁLCULOS DEL INVERSOR .....	32
3.9	CÁLCULO DE MÓDULOS EN SERIE – PARALELO .....	32
3.10	CÁLCULO DE MÓDULOS EN PARALELO .....	33
3.11	CÁLCULO DEL REGULADOR.....	33
3.12	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE BATERÍAS .....	34
3.13	CÁLCULO DE LOS ACUMULADORES .....	37
3.14	CABLEADO .....	39
3.15	CABLEADO DESDE LOS PANELES A LOS REGULADORES: .....	41
3.16	CABLEADO DESDE EL REGULADOR HASTA BATERÍAS:.....	42
3.17	CABLEADO DESDE EL INVERSOR HASTA BATERÍAS:.....	42
<b>CAPITULO IV: DIMENSIONAMIENTO CON EL SOFTWARE PVSYSY</b> .....		<b>43</b>
4.1	SIMULACIÓN EN SOFTWARE EN PVSYSY.....	43
4.2	RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE LA SIMULACIÓN DEL SOFTWARE PVSYSY.....	53
4.3	INTERPRETACIÓN DE TABLAS COMPARATIVAS DE LECTURA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO .....	56
4.4	MEDICIONES DE LABORATORIO .....	56
<b>ANEXOS</b> .....		<b>57</b>
<b>CAPITULO V: DISEÑO Y SOPORTE</b> .....		<b>72</b>
5.1	SOPORTE PARA EL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	72
5.2	SISTEMA DE TRANSFERENCIA.....	74
5.3	COMPONENTE QUE ESTÁ FORMADO EL SISTEMA DE TRANSFERENCIA.....	75
5.4	DISEÑO Y DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA MANUAL Y AUTOMÁTICO .....	75
5.5	ESTRUCTURA DE BANCO DE BATERÍAS .....	77
<b>CONCLUSIONES</b> .....		<b>79</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		<b>80</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....		<b>81</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N ° 1 TIPOS DE PANELES SOLARES, CARACTERÍSTICA Y SUS EFICIENCIAS (CEPEDA & SIERRA 2017) .....	15
TABLA N ° 2 POTENCIA INSTALADA.....	30
TABLA N ° 3 CAÍDA DE TENSIÓN MÁXIMA ADMISIBLE (IDEA, 2011) .....	41
TABLA N ° 4 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	60
TABLA N ° 5 PRESUPUESTO.....	78

## ÍNDICE TABLA DE LECTURA

TABLA DÍA N° 1 .....	61
TABLA DÍA N° 2 .....	62
TABLA DÍA N° 3 .....	63
TABLA DÍA N° 4 .....	64
TABLA DÍA N° 5 .....	65
TABLA DÍA N° 6 .....	66
TABLA DÍA N° 7 .....	67
TABLA DÍA N° 8 .....	68
TABLA DÍA N° 9 .....	69
TABLA DÍA N° 10 .....	70
TABLA DÍA N° 11 .....	71

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURA N º 1 PANEL SOLAR MONOCRISTALINO.....	5
FIGURA N º 2 PANEL SOLAR POLICRISTALINO .....	5
FIGURA N º 3 RADIACIÓN SOLAR, DIFUSA, DIRECTA Y REFLEJADA .....	7
FIGURA N º 4 INSOLACIÓN: DIRECTA, DIFUSA, GLOBAL.....	8
FIGURA N º 5 ÁNGULO AZIMUT .....	10
FIGURA N º 6 ESQUEMA DE DISTANCIAS MÍNIMAS.....	11
FIGURA N º 7 PANEL MONOCRISTALINO.....	12
FIGURA N º 8 PANEL POLICRISTALINO .....	13
FIGURA N º 9 PANEL AMORFO .....	14
FIGURA N º 10 CONEXIÓN DE PANELES EN SERIE .....	16
FIGURA N º 11 CONEXIÓN DE PANELES EN PARALELO.....	16
FIGURA N º 12 BATERÍA PLOMO ACIDO .....	18
FIGURA N º 13 BATERÍA NÍQUEL – CADMIO.....	19
FIGURA N º 14 CONEXIONES DE BATERÍAS (ISAAC CÓRDOVA, 2019) .....	19
FIGURA N º 15 INVERSOR .....	21
FIGURA N º 16 CONTROLADOR DE CARGA .....	21
FIGURA N º 17 ESQUEMA DE UN SFA.....	23
FIGURA N º 18 ESQUEMA DE UN SFCR.....	24
FIGURA N º 19 VENTANA DE INICIO DEL SOFTWARE .....	25
FIGURA N º 20 PÁGINA INICIAL DE PVSYSTEM.....	44
FIGURA N º 21 SELECCIÓN DEL TIPO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO .....	45
FIGURA N º 22 DATOS DEL PROYECTO .....	46
FIGURA N º 23 INGRESO DE LOS DATOS DE UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA GYE. (EDIFICIO E) ...	47
FIGURA N º 24 INCLINACIÓN ANGULAR DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS .....	48

FIGURA N ° 25 INGRESO DE LAS CARGA (POTENCIA WATTS).....	49
FIGURA N ° 26 CONFIGURACIÓN DE VARIANTES: AUTONOMÍA, PERDIDA DE CARGA Y VOLTAJE DEL SISTEMA .....	50
FIGURA N ° 27 DESCRIPCIÓN DE LA BATERÍA SELECCIONADA.....	50
FIGURA N ° 28 DATOS ESPECÍFICOS DE LOS PANEL FOTOVOLTAICO.....	51
FIGURA N ° 29 DATOS ESPECÍFICOS DEL REGULADOR DE CARGA (MPPT).....	51
FIGURA N ° 30 SOFTWARE CON TODAS LAS VARIABLES INGRESADAS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO .....	52
FIGURA N ° 31 VARIABLES DE PÉRDIDAS DEL SISTEMA.....	53
FIGURA N ° 32 APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA.....	54
FIGURA N ° 33 DIAGRAMA DE PÉRDIDAS EN EL SISTEMA.....	55
FIGURA N ° 34 DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL BANCO DE BATERÍAS.....	58
FIGURA N ° 35 DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL BANCO DE BATERÍAS.....	59
FIGURA N ° 36 ESTRUCTURA DE PANEL SOLAR DE 5°, 45.....	72
FIGURA N ° 37 VISTA LATERAL DE ESTRUCTURA PARA PANEL SOLAR A UN ÁNGULO DE 45° .....	73
FIGURA N ° 38 VISTA LATERAL DE ESTRUCTURA PARA PANEL SOLAR A UN ÁNGULO DE 5° .....	73
FIGURA N ° 39 TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICO.....	74
FIGURA N ° 40 TABLERO DE TRANSFERENCIA .....	75
FIGURA N ° 41 DIAGRAMA DE CONTROL (FV).....	76
FIGURA N ° 42 DIAGRAMA DE CONTROL (R.E).....	76
FIGURA N ° 43 ESTRUCTURA DEL BANCO DE BATERÍAS, VISTA FRONTAL Y VISTA LATERAL .....	77
FIGURA N ° 44 ESTRUCTURA DEL BANCO DE BATERÍAS EN 3D.....	77

## ÍNDICE DE SÍMBOLOS

<b>A</b>	Amperio
<b>BB</b>	Banco de Baterías
<b>CA</b>	Corriente Alterna
<b>CONELEC</b>	Consejo Nacional del Ecuador
<b>ER</b>	Energías Renovables
<b>Gt</b>	Radiación Global
<b>Gt, stc</b>	Radiación sobre el Plano Horizontal en Medidas Estándares
<b>I</b>	Intensidad
<b>Io</b>	Corriente de Saturación
<b>Iph</b>	Corriente Fotoeléctrica
<b>Isc</b>	Corriente de Corto Circuito
<b>kVa</b>	Kilo Voltio Amperio
<b>kW</b>	Kilo Vatio
<b>kWh</b>	Kilovatio Hora
<b>kWh/m<sup>2</sup></b>	Kilovatio Hora por Metro Cuadrado Voltaje
<b>mA</b>	Miliamperios
<b>MVA</b>	Mega Voltio Amperio
<b>Nasa</b>	Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio
<b>NOCT</b>	Temperatura de Operación Nominal de la Célula

<b>NREL</b>	Laboratorio de Energía Renovable
<b>PE</b>	Demanda Máxima de Energía
<b>Pmx</b>	Potencia Máxima de Salida
<b>Ppv</b>	Potencia Panel Fotovoltaico
<b>PV</b>	Panel Fotovoltaico
<b>PVsyst</b>	Software de Simulación de Sistemas Fotovoltaicos
<b>R</b>	Resistencia
<b>Rs</b>	Irradiación Solar por Unidad de Superficie Bajo la Ubicación
<b>SNI</b>	Sistema Nacional Interconectado
<b>V</b>	Voltios
<b>VAC</b>	Voltaje Corriente Alterna
<b>VDC</b>	Voltaje Corriente Continua
<b>Vb</b>	Voltaje de La Batería
<b>Voc</b>	Voltaje de Circuito Abierto
<b>W</b>	Vatios

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día en el mundo hay 1.500 millones de personas sin acceso a la electricidad convencional por diferentes razones. [1]

La energía eléctrica es una necesidad básica para la vida humana, ya que el hombre ha podido lograr sus avances tecnológicos, económicos, sociales y culturales, y satisfacer su modo de vida; por consiguiente, los países han logrado su desarrollo económico por sus capacidades energéticas.[2]

La producción de energía en el mundo mediante recursos no renovables está causando mucho daño al planeta, aportando a la emisión de gases de efectos invernaderos, lo que ha llevado a la búsqueda y el desarrollo de nuevos métodos de generación que utilicen fuentes alternativas y de naturales renovables.

El consumo de energía en viviendas y edificios es importante a nivel mundial, al seguir con el mismo modelo en un futuro cercano no es sostenible, ya sea por el agotamiento de los recursos no renovables, el alto precio de los mismos, sin tomar en cuenta toda la contaminación ambiental debido al uso de combustibles de origen fósil.

El uso de las energías procedentes de fuentes renovables o limpias se presentan como una alternativa de lograr un desarrollo energético, social con un enfoque de protección al ambiente y con gratificaciones económicas. La energía convertida y generada por los paneles solares fotovoltaicos gracias a la irradiación del sol, se presenta como una solución para reducir plantea el consumo energético de la carga procedentes de casas y edificios. Hoy en día la energía procedente de los paneles fotovoltaicos no es rentable, sin embargo, es una opción viable para generar y en parte solucionar la problemática de falta de electrificación o reducción de consumo de combustibles de origen fósil. [3]

El uso de las energías renovables a gran escala podría solucionar problemas ambientales por la emisión de gases que contribuyen al efecto invernadero, mitigar los efectos debido al cambio climático, contaminación atmosférica. Para lograr lo mencionado se necesita investigación, grandes inversiones y voluntad política. [4]

## CAPITULO I: EL PROBLEMA

### 1.1 Palabra Claves

Energía solar, inversor, paneles solares, baterías, PVsyst.

### 1.2 Glosario

**Inversor:** Es un dispositivo que invierte el voltaje de entrada de (dc) de los paneles solares fotovoltaicos, a un voltaje en (ac) para las diferentes cargas de una vivienda, en términos de magnitud y frecuencia esta parametrizado con las necesidades del usuario, para la venta de energía o el propio autoconsumo.

**Energía Solar:** Procede del sol la cual es una fuente de energía limpia y de origen renovable, la energía se obtiene de la conversión de la radiación electromagnética en forma de ondas que proviene del Sol.

**Paneles Solares:** Los módulos o paneles solares están conformados por una serie de componentes llamadas células fotovoltaicas a base de silicio su funcionamiento se basa en la conversión de la radiación solar en electricidad. La energía es generada gracias 'efecto fotovoltaico' que provoca la energía de los fotoelectrones, al ser capturado por la célula de silicio genera cargas positivas y negativas en el semiconductor, con los electrones libres y en movimiento dará como consecuencia la corriente eléctrica.

**Batería:** Este elemento es capaz de transformar la energía en forma química en energía eléctrica. [6] Los acumuladores se puede recargar desde la producción de los módulos fotovoltaicos, a través de un controlador de carga, a su vez entrega energía donde será consumida.

### 1.3 Justificación

En la actualidad la tecnología ha estado avanzando acorde al tiempo y está cambiando de forma logarítmica con el objetivo específico de mitigar el impacto ambiental y combatir el calentamiento

global, visto de otra manera busca disminuir la contaminación ambiental, uno de los mayores problemas mundiales que afecta a todos los seres vivos.

Este proyecto es fomentar a los alumnos como principal valor el cuidado al medio ambiente. Se tiene la implementación de paneles solares, el mismo que sirve para generar energía por medio de la captación de radiación solar.

La finalidad de implementar estos paneles solares es aportar la energía necesaria, para la energización de todo el laboratorio e iluminarias.

Los nuevos profesionales del área de la Ingeniería Eléctrica del país principalmente los graduados en la Universidad Politécnica Salesiana deben estar al tanto de la forma como trabaja este tipo de tecnología y como es el rendimiento de estas. Para así poder implementar proyectos de generación solar que contribuyan al cambio de la matriz energética, con lo cual permitiría un desarrollo sustentable del país.

#### **1.4 Importancia y Alcances**

La importancia de implementar los paneles solares o sistema Fotovoltaico es intentar un desarrollo sustentable, así como su eficiencia. Razón por la cual se pretende fomentar la concientización del desperdicio y del despilfarro domiciliarios de la energía eléctrica y del daño al medio ambiente. [7]

**La implementación de esta tesis tiene los siguientes beneficios:**

- ✓ Aminorar el impacto ambiental producido por la generación de energía eléctrica.
- ✓ Mejorar la seguridad del suministro energético en el laboratorio.

El primer beneficiario es la Universidad Politécnica Salesiana y los Estudiantes, donde pueden hacer estudios del potencial energético, medición de la energía que entrega cada panel solar por medio de las cajas de paso instaladas, recolección de datos mensual de energía consumida vista en los instrumentos tecnológicos.

## **1.5 Objetivo**

### **1.5.1 Objetivo General**

- ✓ Analizar el potencial energético mediante la puesta en marcha de un sistema solar fotovoltaico en el edificio E.

### **1.5.2 Objetivo Especifico**

- ✓ Evaluar el rendimiento energético del sistema fotovoltaico mediante software y experimental.
- ✓ Dimensionar el sistema fotovoltaico mediante el software (PVsyst).
- ✓ Determinar la posición angular óptima para la colocación de los paneles solares.

## **1.6 Beneficiarios de la Propuesta de Intervención:**

Los que se beneficiaran del proyecto para investigaciones científicas o futuros, estudiantes y docentes de las diferentes carreras de ingeniería que conforman la Universidad Politécnica Salesiana UPS- Sede Guayaquil.

## **1.7 Alcance**

La investigación se dará en los espacios de la Universidad Politécnica Salesiana (Guayaquil), se recaudará información de la red, y los beneficiarios directos son la comunidad que conforman la UPS como: estudiantes, docente etc. Incentivando también a nuevos proyectos de investigación por parte de estudiantes y Docentes de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

Al implementar los paneles solares se aprovechará, factores ambientales con el menor impacto ambiental, como es el sol, con el fin de alimentar de energía eléctrica el laboratorio de la institución ubicado en el Edificio E.

## **1.8 ¿Qué es un módulo solar?**

Es un módulo conformado por varias células fotovoltaicas donde se convierte la energía procedente del sol en energía eléctrica.

El termino de colectores solares se utiliza para obtener agua caliente sanitaria (usualmente domestica) y el termino de paneles solares fotovoltaicos se utiliza para generar electricidad. Como se mencionó anteriormente los módulos fotovoltaicos están formados por numerosas células a base de silicio que convierten la luz procedente del sol en electricidad. Las células fotovoltaicas en la literatura también son llamadas celdas fotovoltaicas, que proviene del griego “fotos”, por los fotoelectrones, su funcionamiento se basa en el efecto fotoeléctrico.

Los fotones cargados de energía, luego de ceder la energía a un átomo produce cargas positivas y negativa en los semiconductores a base de silicio, de esta forma se produce un campo eléctrico el cual es capaz de generar una corriente eléctrica.

Una de las características de los paneles fotovoltaicos o colectores solares es que están conformados por varias células fotovoltaicas que producen electricidad por la conversión de los fotones que incide sobre la célula. Uno de los principales parámetros de un panel solar es la potencia que se denomina como potencia pico, la cual se identifica como la potencia máxima que el panel puede generar bajo unas condiciones estándar. [8]

## **1.9 Tipos De Paneles o Celdas Solares**

### **1.9.1 Células Monocristalinas:**

Estas están compuestas por secciones de cristales de silicio, las células provienen de una barra de silicio la cual ha sido perfectamente cristalizado en una pieza. [8]



*Figura N ° 1 Panel Solar Monocristalino*

### **1.9.2 Células Policristalinas:**

Está compuesta por partículas cristalizadas, las células fotovoltaicas provienen de una barra de silicio la cual ha sido estructurada de forma desordenadamente, los cristales de pueden visualizar de forma pequeña, el panel se puede reconocer por tener la superficie exterior un aspecto granulado.

[8]



*Figura N ° 2 Panel Solar Policristalino*

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Estado de Arte

#### 2.1.1 Energía Solar

La energía proveniente del sol es un tipo de energía limpia y renovable que llega a la tierra en forma de ondas electromagnética directo desde el sol, se la puede transformar en energía eléctrica mediante los correspondientes dispositivos. El elemento que capta el calor es el colector solar y mediante paneles solare se aprovecha la radiación solar.

Varios módulos fotovoltaicos que conforman un generador fotovoltaico forman una superficie plana, la cual necesita ser expuesta a los rayos del sol con el objetivo de producir energía eléctrica. Para conseguir una adecuada conversión de energía solar en otro tipo de energía, en este caso en energía eléctrica se tiene que tomar en cuenta la inclinación y la orientación de los paneles. [9]

La energía solar cumple un rol sumamente importante para el planeta ya que es un recurso energético inagotable que podría disminuir nuestra dependencia con el combustible fósil que es altamente contaminante, colabora al desarrollo sustentable, reduce el impacto ambiental y mitiga la contaminación ambiental.

#### 2.1.2 Radiación Solar

La irradiación solar es parte del espectro electromagnético que emite el sol, cada fotón viene cargado con energía y mide en electrón voltio. Esta amplia gama de energía radiante tiene características similares en la naturaleza, con una alta velocidad de propagación, una de las características de la radiación solar esta dado por la frecuencia y la longitud de onda, también en las formas de cómo llega a la superficie. [10]

La energía en la estratosfera debido a la radiación solar es superior a la superficie, este valor se toma con la perpendicular a la dirección de los rayos del sol, y se lo conoce como constante solar  $B_0=1367[W/m^2]$ . Sin embargo, el valor puede afectarse debido al movimiento de la tierra respecto

al sol, la radiación solar se puede dividir en directa, difusa y reflejada. A continuación, se explica el concepto de cada una. [11]

**Radiación Directa.** – Es la que entra por la atmosfera llegando directamente hacia un punto de la superficie de la tierra (receptor).

**Radiación Difusa.** – Es la que entra por la atmosfera y tiene que pasar por obstáculos como las nubes, arboles, llegando a la superficie terrestre (receptor).

**Radiación Reflejada.** – Es aquella que es reflejada por el suelo o cualquier otra superficie cercana como montañas, edificios, que rodean al receptor.

[9]

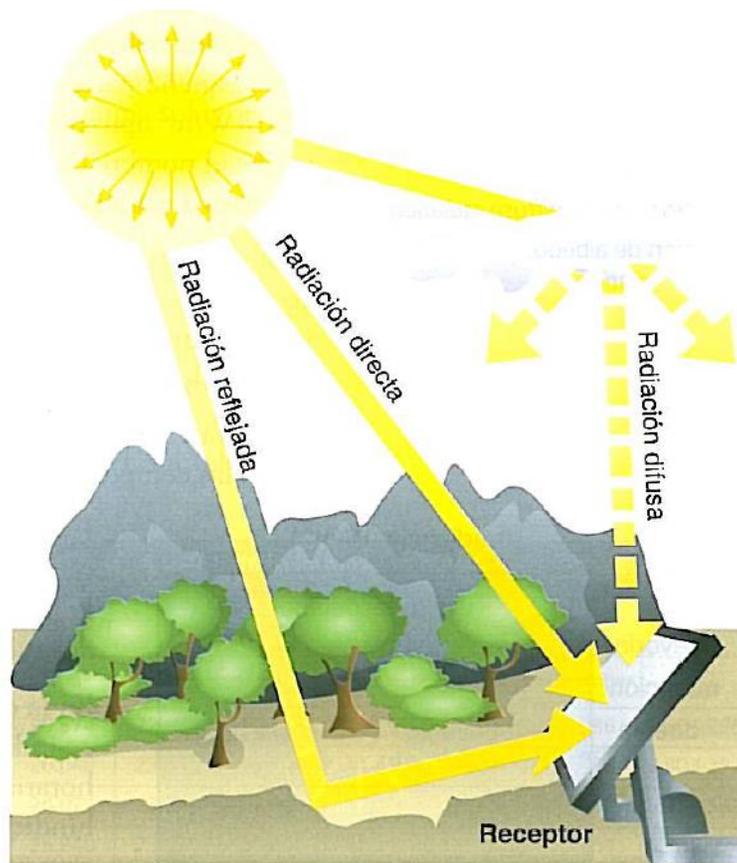


Figura N ° 3 Radiación Solar, Difusa, Directa y Reflejada

El laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL) presento el modelo CRS (Climatológica solar Radiation Model), dicho modelo toma información de vapor de agua atmosférico, la nubosidad en el ambiente, la cantidad de aerosoles y otras variables. Con toda la información recolectada se determina la energía que se tiene sobre la superficie horizontal, la superficie está dentro de un rango 40 km x 40 km y se toma la insolación diaria total, los resultados obtenidos han sido prometedores logrando un aproximado del 10% de error, con todo lo expuesto se presentan mapas de radiación en sus tres variables de insolación en el Ecuador.[12]

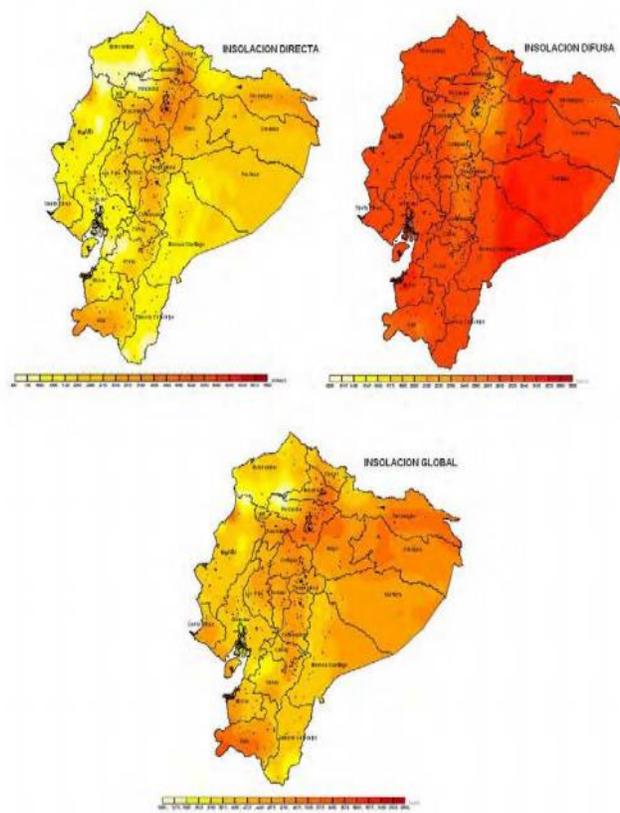


Figura N ° 4 Insolación: Directa, Difusa, Global

### **2.1.3 Orientación e Inclinación de los Módulos Solares**

En el momento de diseñar una instalación solar, es muy importante tener en cuenta la ubicación de los módulos solares, ya que es los módulos recibirán la mayor cantidad de radiación solar posible. La orientación está definida por el ángulo azimut  $\alpha$ , el azimut es el ángulo que esta conformado por la proyección sobre el plano horizontal de la normal sobre la superficie del módulo y tomando en cuenta el meridiano de la ubicación bajo estudio. [13]

Para encontrar la orientación óptima de los paneles solares se debe tener muy en cuenta la ubicación para poder aprovechar la máxima radiación solar, un aspecto importante para el diseño de un sistema fotovoltaico es la inclinación que deben tener los paneles solares para mayor cantidad de radiación solar, esto se define con el ángulo  $\beta$ , es el ángulo que representa la superficie de los módulos con el plano horizontal.

Ángulos de paneles fotovoltaicos. [14]

Para obtener la inclinación óptima de los paneles solares, se utiliza el método del “peor mes”, en el cual, con la información recolectada de radiación en el lugar considera el mes de menor radiación sobre la superficie. Al momento de utilizar el método se tiene que tomar en cuenta dos variables: cuando se utilizará el sistema fotovoltaico es decir si se va a explotar en la estación de verano en invierno o de forma indefinida. [15]

En nuestro caso los paneles solares van a hacer instalado en la parte superior (terraza) del edificio E de la Universidad politécnica salesiana, Se va a emplear un sistema de fijación con igual orientación e inclinación y, por lo tanto, estos cálculos no son necesarios para la ubicación de los paneles.

### **2.1.4 Angulo Azimut**

El azimut corresponde al ángulo en que está rotado, tomando en cuenta el norte, el eje central del módulo fotovoltaico, o también a la superficie donde será implementado. Los ángulos son positivos

hacia el este y negativos hacia el oeste. Cuando se tiene una azimuth igual a  $0^\circ$  se refiere a que el panel está en dirección hacia el Norte,  $90^\circ$  para el Este,  $-90^\circ$  a el Oeste y  $180^\circ/-180^\circ$  para el Sur.[16]

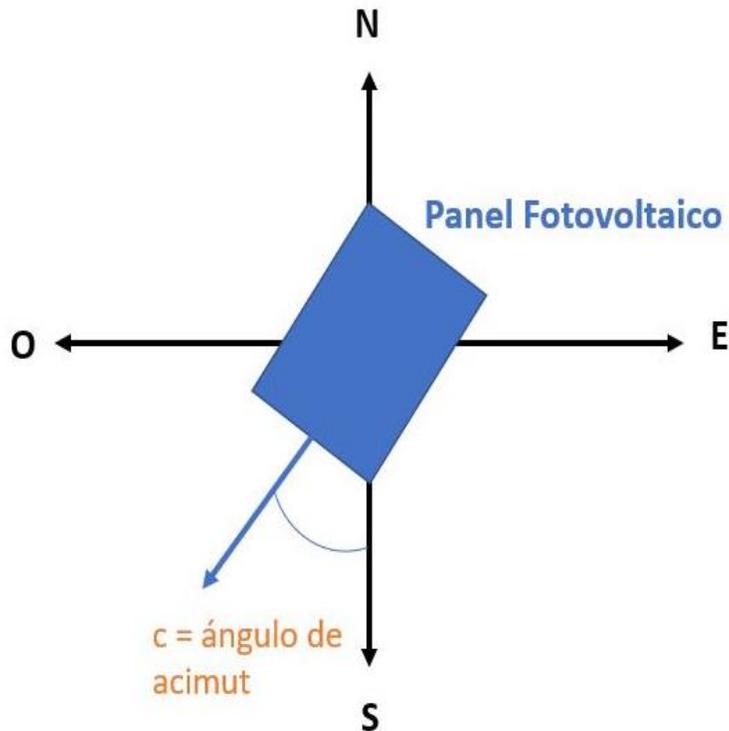


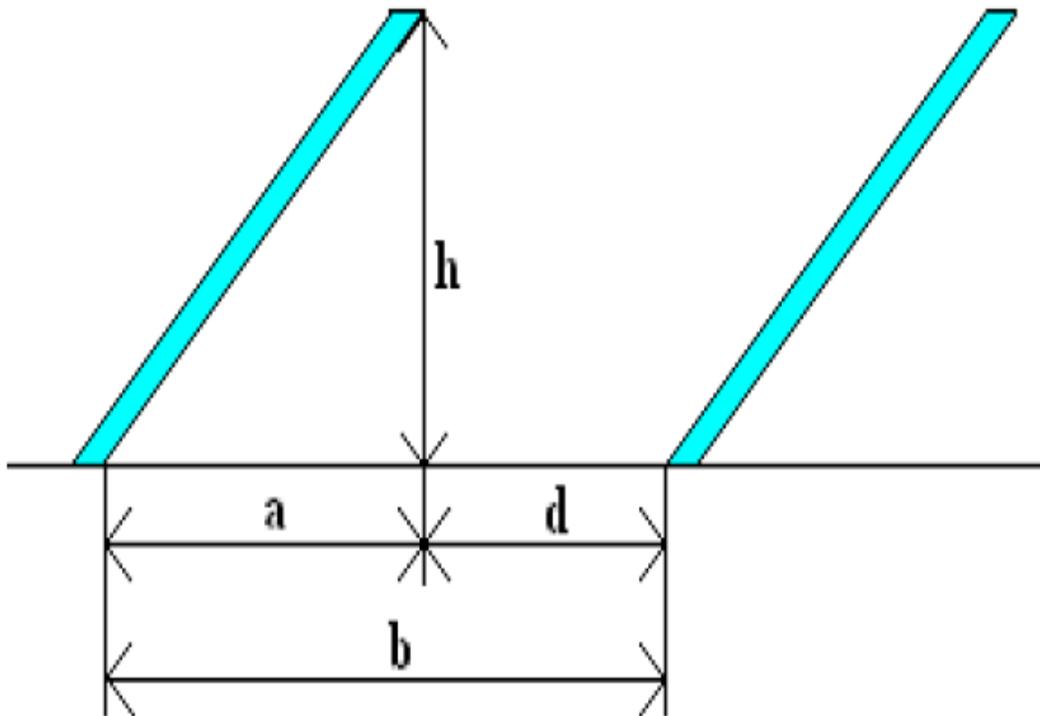
Figura N ° 5 Ángulo azimuth

### 2.1.5 Distancia entre los Módulos

En las instalaciones fotovoltaicas solares es necesario saber la distancia mínima que se requiere entre paneles solares, ya que se puede producir el efecto sombra y puede producir perdidas.

La distancia  $d$ , esta medida sobre la horizontal, esta tiene que ser marcada por la latitud del lugar de la instalación, debido que, en función de este parámetro, el ángulo de la incidencia solar puede variar, la altura  $h$ , que puede producir sombras han de garantizar que no lo harán en un periodo de 4 horas de sol en base al mediodía solar. [18]

[15]



*Figura N° 6 Esquema de Distancias Mínimas*

### **2.1.6 Ventajas y Desventajas**

Hoy en día la energía solar es considerada una fuente de energía más importante en el mundo.

- ✓ Es un recurso natural inagotable.
- ✓ Disminuye el efecto invernadero.
- ✓ Puede ser instalados en lugares remotos.
- ✓ Es una energía silenciosa.
- ✓ Cuenta con una larga duración y elevada fiabilidad.
- ✓ El mantenimiento es mínimo.

### **2.1.7 También encontramos algunas Desventajas, tales como:**

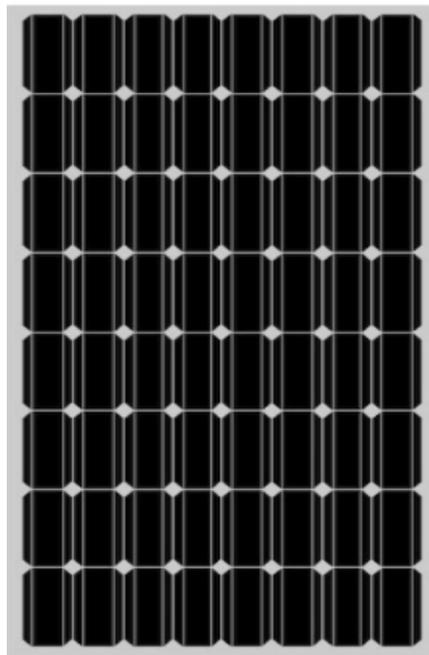
- ✓ La variación de radiación solar capturada durante todo el día, todo un año.
- ✓ Los costos de instalación son demasiados elevados.

- ✓ Las áreas o huertos solares, donde son instalados producen un gran impacto visual.

## **2.1.8 Tipos de Paneles Solares**

### **2.1.8.1 Paneles Solares Monocristalinos:**

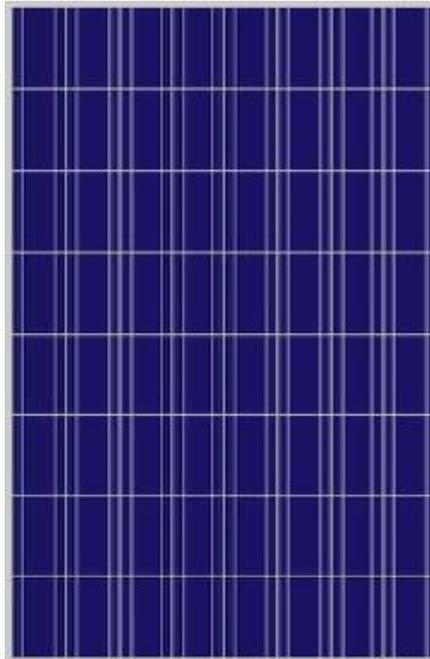
Estos paneles están compuestos de células cristalina en forma alineada y ordenada, los principales componentes que contiene estos paneles solares monocristalinos es el silicio de alta pureza. Las células de los paneles monocristalino son de color azulado oscuro y son las más eficientes.



*Figura N ° 7 Panel Monocristalino*

### **2.1.8.2 Paneles Solares Policristalinos:**

Estos paneles están representados con una estructura ordenada por regiones, el principal componente que contiene es el silicio fundido con impurezas. Se obtiene una forma de cristal, pero con menos fases de cristalización, y se lo puede reconocer ya que en su superficie se distinguen en el color azul en ocasiones se encuentran en grises metálicos.



*Figura N ° 8 Panel Policristalino*

### **2.1.8.3 Paneles Solares Amorfo:**

Estos paneles están representados con una estructura desordenada, su funcionamiento es depositar varias capas de material solar fotovoltaico. Dependiendo del tipo de material empleado se puede encontrar paneles de primera generación entre los que se encuentra de capa fina, de tercer y cuarto grupo, de telurio, células fotovoltaicas orgánicas entre otras.

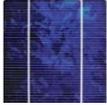


*Figura N° 9 Panel Amorfo*

Los paneles solares monocristalinos se utilizan más zonas con climas fríos, tendencia a niebla o tormentas, este tipo de panel solar absorbe mejor la radiación y soporta menos el sobrecalentamiento.

Los paneles solares policristalinos se utilizan más en ambiente cálidos, ya que capta el calor con una mejor facilidad y le afecta en menor cantidad el sobrecalentamiento.

Tabla N° 1 Tipos de Paneles Solares, Característica y sus Eficiencias (Cepeda & Sierra 2017)

<b>TIPOS DE CÉLULAS SOLARES</b>			
<b>Tipo de Célula</b>	<b>Características</b>	<b>Eficiencia</b>	<b>Apariencia</b>
Monocrystalino	Típicamente se encuentra en tonos azules homogéneos y la conexión de las células es de forma individual.	15-18%	
Policristalino	Su superficie está estructurada en cristales y se comercializa en diferentes tonos	12-14%	
Silicio Amorfo	Tiene un color particular homogéneo (marrón), la conexión entre células no es visible	6-9%	

## 2.1.9 Tipos de Conexiones de Módulos Solares

### 2.1.9.1 Conexión en Serie:

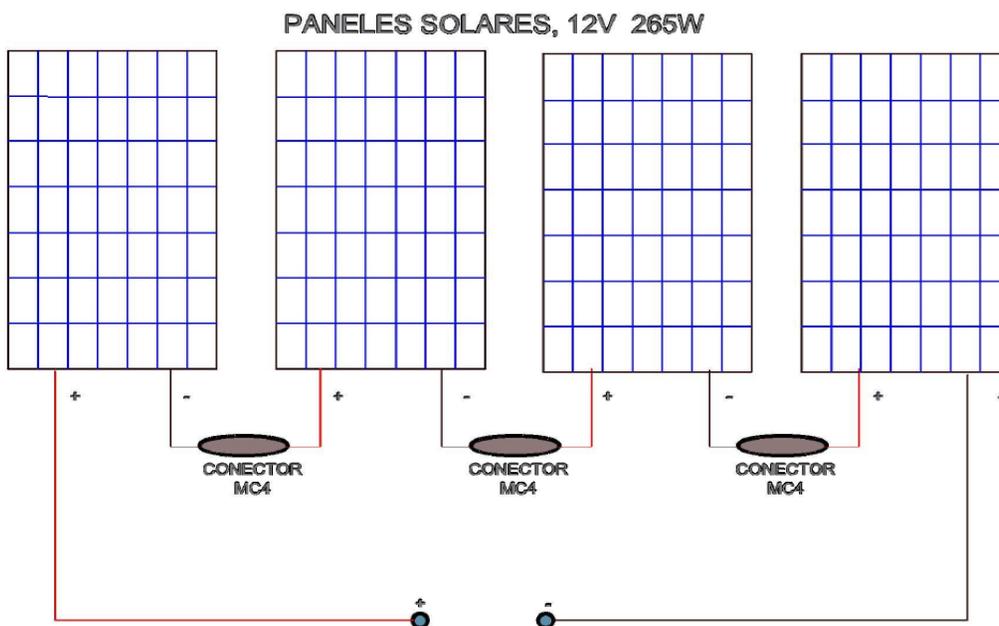
En esta conexión se obtiene al unir la entrada positiva de un módulo con el negativo del otro modulo, obtenido en sus extremos una tensión resultante igual a la adición de las tensiones parciales.

### 2.1.9.2 Conexión en Paralelo:

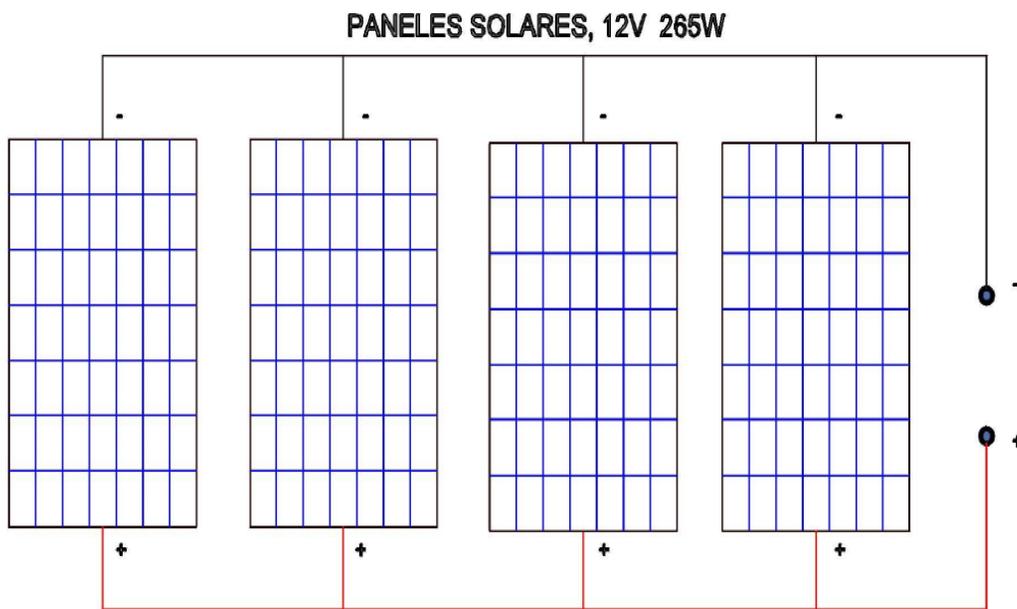
En esta conexión se obtiene al unir la entrada y las salidas de cada módulo solar, obteniendo como resultado la misma tensión y la sumatoria de corriente de cada módulo.

### 2.1.9.3 Conexión Mixta:

Es la agrupación de conexiones en serie y paralelo de los módulos, el cual adquiere las condiciones de voltaje e intensidad a los requerimientos de una determinada carga.



*Figura N ° 10 Conexión de Paneles en Serie*



*Figura N ° 11 Conexión de Paneles en Paralelo*

### **2.1.10 Baterías**

La batería son dispositivos capaces de acumular energía eléctrica mediante la transformación de esta en energía electroquímica, y a través de esta transformación podemos darle un uso adecuado, puesto que en horarios donde no se tenga irradiación solar, las baterías que más se utilizan son las estacionarias o de ciclo profundo. En este caso se va a utilizar baterías de Plomo-Acido, ya que las de Níquel o lino su costo es demasiado elevado.

El sistema de acumulación de energía más utilizado en el mundo son las baterías, este dispositivo fue inventado por el científico italiano Alessandro Volta, en 1793, entre sus apuntes indica que para producir corriente eléctrica en el dispositivo, dos placas de diferentes metales deben estar en contacto, formando un circuito cerrado.

Por los altos costos de otros materiales utilizados para la elaboración de baterías tales como litio, níquel-cadmio, pilas acidas frente a las placas de plomo acido han llevado a un uso extendido a nivel mundial. [19]

El almacenamiento de los acumuladores se determina en (Ah), establece la cantidad de carga eléctrica que fluye por los terminales de una batería.

En la actualidad existe un sin número de baterías recargables que son apropiados para las aplicaciones de sistemas fotovoltaicos, dichos acumuladores en la actualidad son los que más se utilizan para almacenamientos.

### **2.1.11 Plomo – Acido**

En la última década, las baterías de plomo acido se han venido utilizando para cualquier medio de almacenamiento. Estas baterías almacenan y liberan electricidad mediante la conversión electroquímica reversible. Los electrodos positivos que contiene cada celda se componen de dióxido de plomo, en cambio los electrodos negativos es el cable de esponja. Al momento de que

ambos electrodos se descargan, se convierten en sulfato de plomo. Ambos electrodos vuelven a su estado inicial.

La capacidad nominal que caracteriza a esta batería es el tiempo de descarga. Cuando es mayor el tiempo de descarga, es mayor la cantidad de energía que el dispositivo puede entregar. Estas baterías tienen un tiempo aproximado de vida útil de 15 años, son económicas.



Figura N ° 12 Batería Plomo Acido

### 2.1.12 Níquel – Cadmio

Estas baterías tienen una similitud a la batería de plomo ácido, estas baterías en la placa positiva están compuesta de hidróxido de Níquel y en la parte negativa está compuesta por oxido de Cadmio. Este tipo de baterías se lo encuentra en diferentes formas de pendiendo del tipo de aplicación que se requería, se la puede encontrar en forma sellada como equipo portátil o de forma inundada que se utiliza en aplicaciones industriales.



Figura N° 13 Batería Níquel – Cadmio

[20]

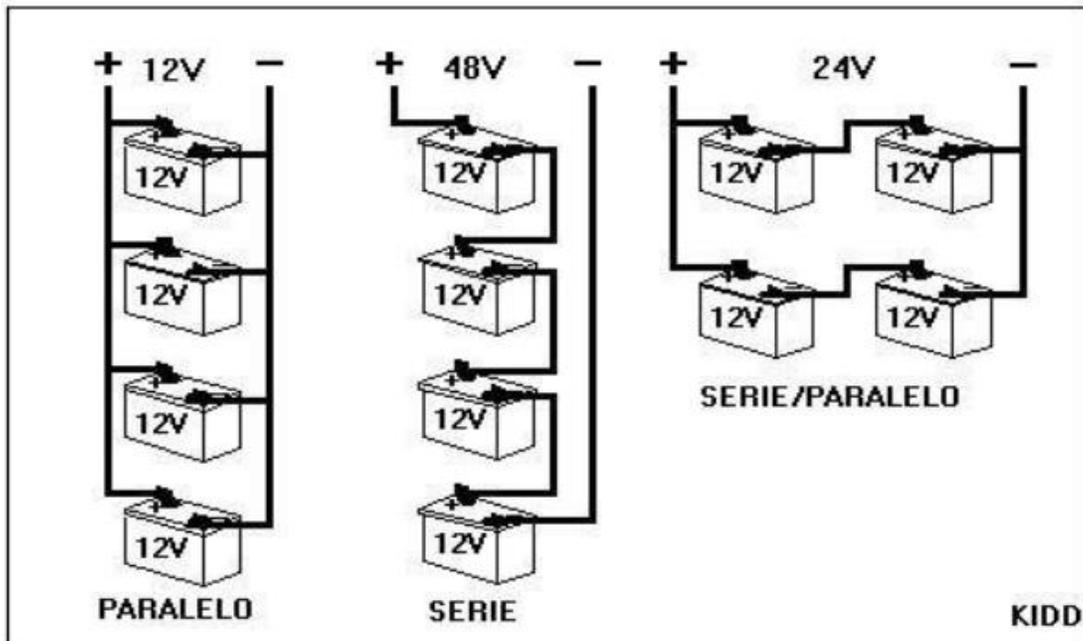


Figura N° 14 Conexiones de Baterías (Isaac Córdova, 2019)

### 2.1.13 Inversor

Para cualquier (SFCR), el inversor es la pieza esencial del equipo que cambia la potencia directa de la matriz FV a la potencia alterna utilizada en la red eléctrica. El inversor no solo convierte la energía de CC en CA, sino que también regula el SF para que la potencia máxima se obtenga del sistema. La potencia es el producto de la intensidad. Los inversores están equipados con componentes electrónicos que regulan el voltaje de CC para maximizar el producto de corriente y voltaje. los problemas relacionados con los inversores son difíciles de notar a menos que el inversor esté totalmente apaga.

Los inversores tienen que manipular la tensión y la corriente de CC para maximizar la energía generada por los paneles.

Los inversores utilizan la red para sincronizar su potencia de salida de CA y para establecer el voltaje de salida de CA. Los inversores están contruidos de modo que, si el voltaje de CA detectado por el inversor desde la red se sale de un rango especificado, el inversor se apagará inmediatamente. Por lo general, un inversor se apaga durante unos 5 minutos si detecta que la red se cae. Esta es una precaución de seguridad, pero no la única que evita que los inversores envíen energía a la red si ésta falla.

Para la correcta instalación de un inversor se necesita tener en cuenta la potencia del inversor y si es utilizado para una carga mayor para la que fue diseñado, el dispositivo no va a funcionar.

Para que el funcionamiento sea adecuado el inversor tiene que cumplir con las siguientes características:

- ✓ Alta eficiencia
- ✓ Bajo consumo en vacío
- ✓ Conexión /desconexión automática.
- ✓ Buena regulación de valores de tensión y voltaje



Figura N ° 15 Inversor

### 2.1.14 Regulador

Este equipo es el que regula y controla el flujo de intensidad eléctrica desde sistema fotovoltaico hacia los acumuladores. Evitando una sobrecarga, limitan el voltaje de los acumuladores a sus niveles convenientes para su correcto funcionamiento. Estos elementos tienen incorporados protecciones contra inversión de polaridad, cortocircuito, sobreintensidad y sobrevoltajes. Evitan que la corriente de entrada no vuelva de regreso a los paneles.



Figura N ° 16 Controlador de Carga

### **2.1.15 Sistema Fotovoltaico Aislado a la Red**

El (SFA) es aquel que tiene que abastecer toda la demanda eléctrica mediante la producción de energía solar. Esta instalación es fundamental y una alternativa en aquellos lugares o sitios donde el suministro eléctrico no es viable. Este dicho sistema está compuesto con baterías u otros equipos de apoyos para garantizar el abastecimiento.

Si dicha instalación no dispone de un banco de baterías, como consecuencia no va a hacer posible de satisfacer la demanda eléctrica en todo momento mediante la instalación fotovoltaica.

Este sistema debe ser diseñado para atender la demanda obteniendo la potencia necesaria para satisfacer el consumo habitual del consumidor. También se debe de tener en cuenta o considerar el mes menos favorable, aquel mes con mayor demanda y poca irradiación.

Los días de autonomía, por su parte, pueden verse con la cantidad de días continuos en los que la demanda se satisface con la energía almacenada en las baterías. Los (SFA) con baterías se pueden “apoyar” en un grupo electrógeno para garantizar la fiabilidad de suministro renovable en caso de avería o fallo del sistema.

Como se ilustra en la siguiente imagen un esquema general del SFA. [21]

## ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN AISLADA

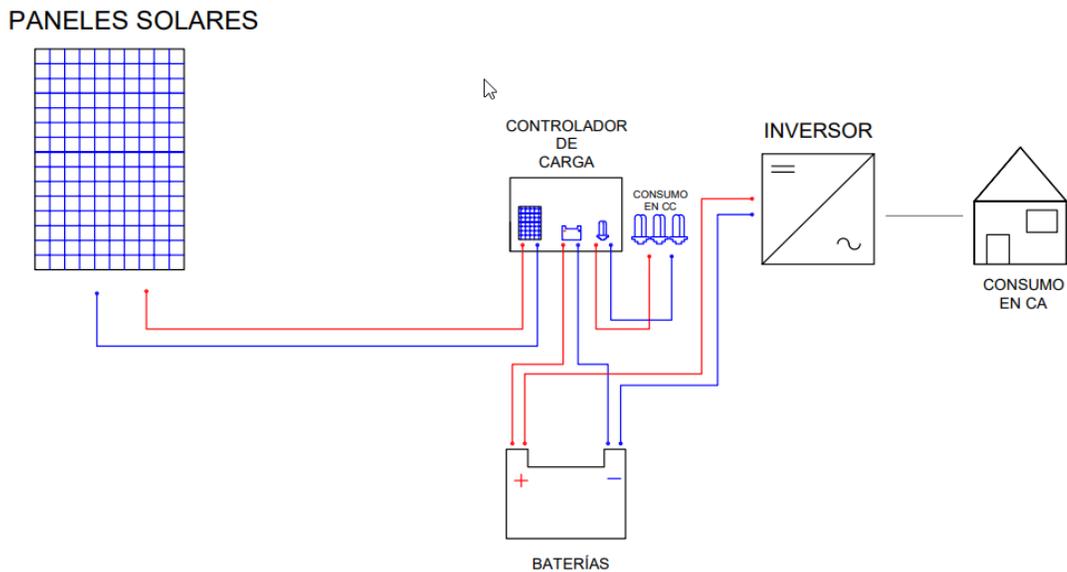


Figura N ° 17 Esquema de un SFA

### 2.1.16 Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red

Con este sistema no se necesita la utilización de batería, ya que la energía no se almacena, sino que directamente pasa a la red de suministro eléctrico comercial. Se debe de tener en cuenta también se necesita equipos especiales para poder adaptar la energía que se obtiene de los paneles a la red eléctrica.

En esta instalación el inversor cumple un papel importante ya que es el núcleo central, y debe actuar en situaciones donde se pueden dar en el suministro eléctrico como son:

- ✓ Diferencia de potencial fuera de rango.
- ✓ Corte de la energía.
- ✓ Desfase en la red.

La variedad que existe entre un SFA a un SFCR, debido a que la energía producida durante el día es inyectada a la red eléctrica. La siguiente figura 18 se muestra un esquema general del SFCR respecto a los elementos principales.[21]

### ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN CONECTADA A LA RED

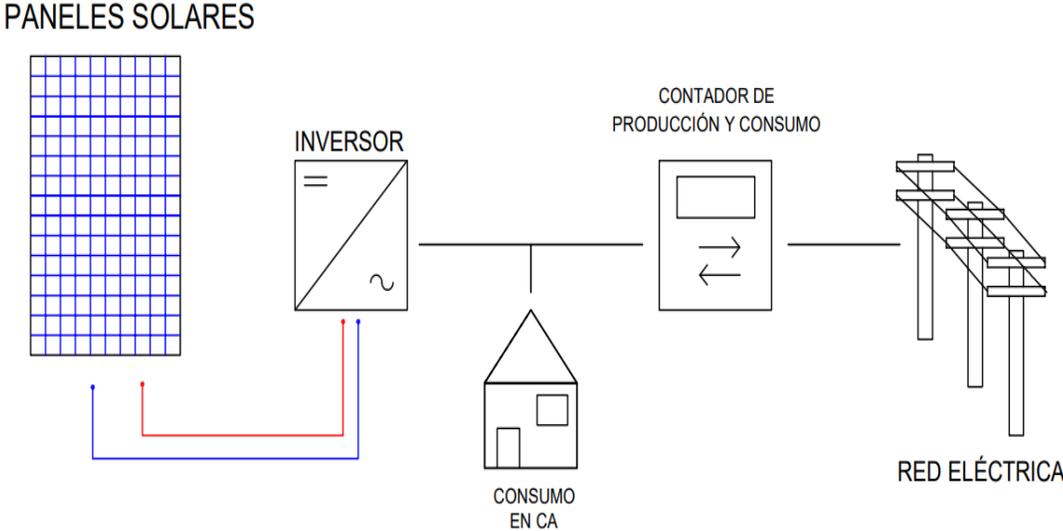


Figura N ° 18 Esquema de un SFCR

## 2.1.17 Software PVsyst

Software que ayuda al estudio, la simulación y análisis completos de datos de los SF. Dicho software nos permite dimensionar el tamaño de la instalación teniendo en cuenta la insolación global que recibe en un lugar específico debido a su potente base de datos meteorológica.

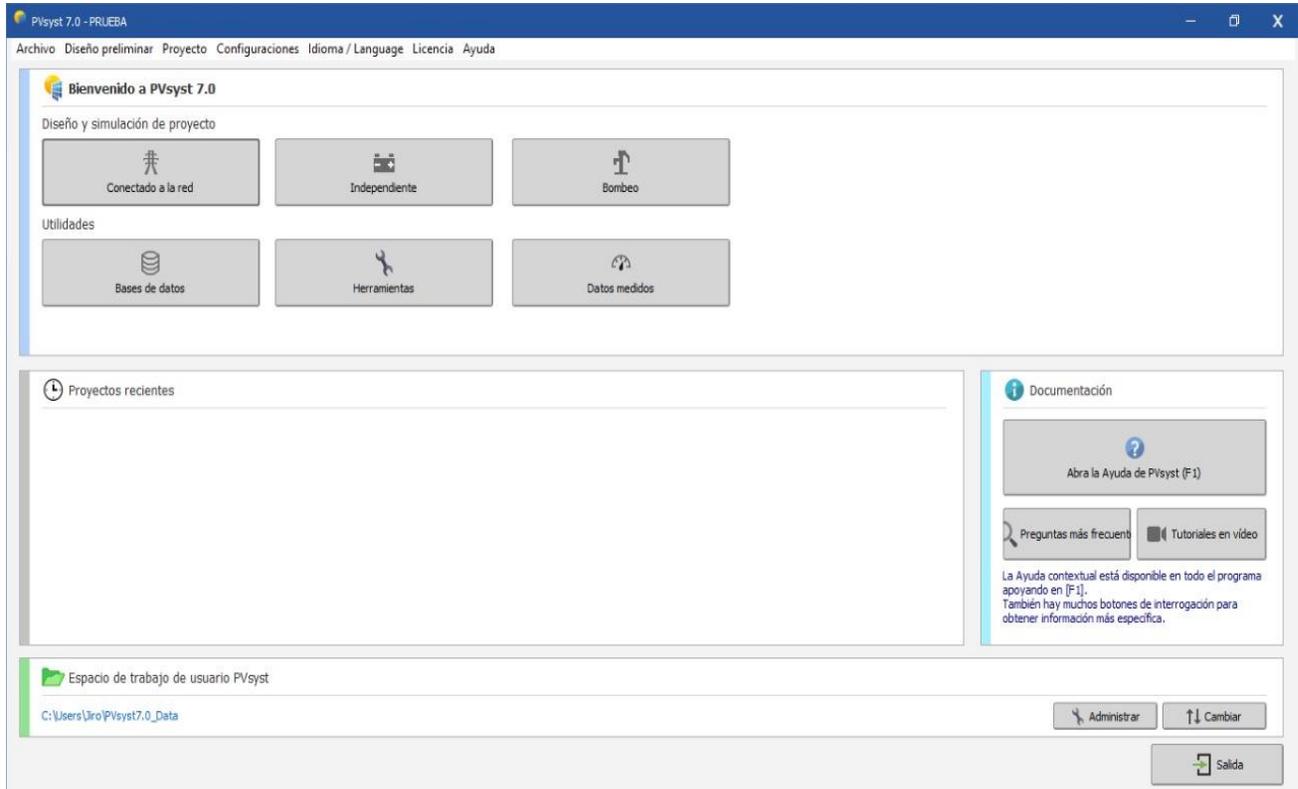


Figura N ° 19 Ventana de Inicio del Software

## **CAPITULO III: SISTEMA AUTÓNOMO**

### **3.1 Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico**

En nuestro proyecto se utilizó un sistema fotovoltaico independiente/autónomo, debido a su principal característica de autosuficiente y autonomía. En este caso el sistema fotovoltaico aislado se encuentra conectado con un sistema de transferencia a la red de suministro eléctrico, en el cual, si el SFA llegase a fallar, el sistema de transferencia actúa de manera inmediata conectándose a la red de suministro eléctrico.

Al momento del diseño de un SFA se debe tener en cuenta el dimensionamiento de todos los componentes que van a formar parte del sistema, esto se debe a que se garantice el suministro energético adecuado en función a la demanda. Por el cual, en el diseño se suele aplicar factores de seguridad donde garantice que dicho sistema no tendrá insuficiencia del recurso energético.

Para empezar con el diseño del (SFA), se llevó a cabo una visita técnica del espacio donde serán instalados y se obtendrá información requerida para así obtener la eficiencia energética del sistema, obteniendo la posición y ubicación de los equipos del (SFA), indicando que los módulos solares serán ubicado en las instalaciones del edificio E de la Universidad Politécnica Salesiana, lugar óptimo donde se puede aprovechar 100% de la radiación solar debido que el área está completamente despejada.

Luego, se identificó el lugar adecuado para el banco de baterías, la cual se recomienda un lugar libre de humedad para evitar recalentamientos de las baterías.

### **3.2 Coordenadas Graficas del Sistema Fotovoltaico**

Universidad Politécnica Salesiana Altitud – 2,220, Latitud -79,887.

### **3.3 Cálculo de Inclinación Optima**

La siguiente ecuación que se va a utilizar para hallar la inclinación optima del panel, donde se va a conseguir mayor radiación posible sobre el generador fotovoltaico estático. Es basada en

estadísticas anuales de radiación solar de distintas inclinaciones situadas en lugares de diferente latitud.

**Ecuación (1):**

$$\beta = 3.7 + 0.69 \times (LT) \quad (1)$$

Donde:

$\beta$  = inclinacion optima

LT = Latitud

Entonces:

$$\beta = 3.7 + 0.69 \times (2.220)$$

$$\beta = 5.23$$

### **3.4 Condiciones Nominales de Operación**

La condición de temperatura nominal que trabaja las celdas solares, cuando la temperatura de paneles solares para un nivel de irradiación  $800\text{W}/\text{m}^2$ . El valor de NOCT viene incluido en la ficha técnica de los módulos. En el caso de los paneles de silicio monocristalinos suele estar en torno a los  $47^\circ\text{C}$ .

Por lo siguiente las condiciones nominales de trabajo se determina mediante la de temperatura ambiental, y no a la temperatura del panel solar, por eso es necesario una expresión que relaciones ambas.

$$T_c = T_a + \frac{Noct - 20^\circ C}{800 \text{ W/m}^2} * IR_{stc}$$

Donde:

$T_c$  = Temperatura de la celda solar.

$T_a$  = Temperatura del ambiente.

Noct = Temperatura nominal de operación de la Célula.

$IR_{stc}$  = Irradiancia.

$$T_c = 26,6^\circ C + \frac{45^\circ C - 20^\circ C}{800 \text{ W/m}^2} * 1000 \text{ w/m}^2$$

$$T_c = 57,85^\circ C$$

### 3.5 Eficiencia de los Módulos Fotovoltaicos

$$\eta_{FT} = 100 + (T_c - T_{stc}) * C_{fp}$$

Donde:

$T_c$  = Temperatura de la celda solar.

$T_{stc}$  = Temperatura estandar, dado por el fabricante.

$\eta_{FT}$  = Eficiencia de los modulos Fotovoltaicos.

$C_{cft}$  = Coeficiente de temperatura de los modulos, dado por el fabricante.

$$\eta_{FT} = 100 + (57,85^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}) * (-0.38\%/^{\circ}\text{C})$$

$$\eta_{FT} = 87.517\%$$

### 3.6 Consumo Eléctrico de la Instalación

Es la cantidad de potencia que es consumida por un determinado punto de suministro eléctrico durante un plazo de tiempo, la cual se la denomina facturación. Es donde el cliente tiene que pagar lo consumido por cada kWh.

Energía que va a entregar los 4 paneles:

$$\text{Energia entregada} = P_m * HSP$$

$$\text{Energia entregada} = 265 \text{ W} * 3,89$$

$$\text{Energia entregada} = 1030,85 \text{ Wh.}$$

Tabla N ° 2 Potencia Instalada

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>P. Individual (W)</b>	<b>P. Acumulada (W)</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Total (Wh)</b>
<b>8</b>	Lámparas Leds	40 W	320 W	4	1280
<b>1</b>	CPU	78,8 W	78,8 W	4	315,2
<b>C total</b>					<b>1595,2 Wh</b>

### 3.7 Cálculos de Dimensionamiento

Máxima energía de consumo del sistema.

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

$$E_{mc} = 1.2 * 1595,2 \text{ Wh}$$

$$E_{mc} = 1914,24 \text{ Wh}$$

Calculamos la Potencia nominal.

$$P_n = \frac{E_{mc}}{HSP * PR}$$

Donde:

$P_n$  = Potencia nominal..

$E_{mc}$  = Maxima energia de consumo.

HSP = Hora solar pico (peor mes).

PR = Eficiencia del Sistema (0.7 – 0.9).

$$P_n = \frac{1914,24 \text{ Wh}}{3,89 * 0.7}$$

$$P_n = 702,98 \text{ W}$$

Procedemos a calcular la potencia Pico.

$$P_{\text{pico}} = 1,2 * P_n$$

$$P_{\text{pico}} = 1,2 * 702,98 \text{ W}$$

$$P_{\text{pico}} = 843,57 \text{ W}$$

Definición de la cantidad de módulos fotovoltaicos que se va a utilizar.

$$N_{\text{fv}} = \frac{P_{\text{pico}}}{P_{\text{fv}}}$$

Donde:

$P_{\text{pico}}$  = Potencia pico.

$P_{\text{fv}}$  = Potencia del panel fotovoltaico .

$N_{\text{fv}}$  = Numero de paneles fotovoltaico.

$$N_{fv} = \frac{843,57 \text{ W}}{265 \text{ w}}$$

$$N_{fv} = 3,18 \approx 4 \text{ modulos fotovoltaicos}$$

### 3.8 Cálculos del Inversor

En nuestro caso para el cálculo del inversor se utilizó la capacidad del módulo por el número de paneles.

Entonces,

$$\text{Potencia del Inversor} = N_{fv} * P_{fv}$$

$$\text{Potencia del Inversor} = 265\text{w} * 4$$

$$\text{Potencia del Inversor} = 1060 \text{ W}$$

### 3.9 Cálculo de Módulos en Serie – Paralelo

$$FV_s = \frac{V_{fv}}{V_{mp}}$$

Donde:

$FV_s$  = Modulos en serie .

$V_{fv}$  = Potencia del panel fotovoltaico .

$V_{mp}$  = Voltaje del paneles fotovoltaico.

$$FV_s = \frac{12 \text{ v}}{31,4 \text{ v}}$$

$$FV_s = \frac{12 \text{ v}}{31,4 \text{ v}} = 0.38 \approx 1$$

### 3.10 Cálculo de Módulos en Paralelo

$$FV_p = \frac{N_{fv}}{N_s}$$

Donde:

$FV_p$  = Modulos en paralelo.

$N_{fv}$  = Numeros totales de modulos.

$FV_s$  = Modulos en serie.

$$N_p = \frac{4 \text{ módulos}}{2 \text{ módulos}} = 2 \text{ Módulos en Paralelo}$$

### 3.11 Cálculo del Regulador

Para dimensionar el regular, se hizo el cálculo de la corriente máxima que puede soportar, a su entrada y salida. Para realizar el cálculo se utilizó una ecuación donde se utiliza la corriente de corto circuito del panel solar ( $I_{sc}$ ) y multiplicar por la cantidad de ramas ( $N_p$ ), con un margen de seguridad del 25% para evitar daños en el equipo o recalentamientos.

Característica del panel solar acorde al programa PVsyst: (265Wp, 12V,  $I_{sc} = 9.03A$ ).

$$I_{\text{regulador}} = 1,25 * I_{sc} * N_p$$

$$I_{\text{regulador}} = 1,25 * 9.03 * 2$$

$$\text{Iregaldor} = 22.58 \text{ A}$$

### 3.12 Dimensionamiento del Sistema de Baterías

Para realizara el cálculo del número de baterías que va a necesitar nuestro sistema se debe tomar en cuenta los valores de energía diaria consumida y tensión de la instalación (12V).

$$\text{CAPACIDAD}_B = \frac{E_{mc}}{B_{PD} * V_{instalacion}}$$

Donde:

$\text{CAPACIDAD}_B$  = Capacidad del banco de baterias.

$E_{mc}$  = Maxima energia de consumo diario. .

$B_{PD}$  = Profundida de descarga diaria 30%.

$V_{instalacion}$  = Voltaje de la instalacion

$$\text{CAPACIDAD}_B = \frac{1914,24 \text{ Wh}}{30\% * 12 \text{ V}}$$

$$\text{CAPACIDAD}_B = 531.73 \text{ Ah}$$

La capacidad nominal del sistema de batería va en función de la profundidad de SOC (descarga máxima) estacional como:

$$\text{CAPACIDAD}_{BE} = \frac{E_{mc} * D_a}{B_{PDE} * V_{instalacion}}$$

Donde:

CAPACIDAD<sub>BE</sub> = Capacidad del banco de baterías.

D<sub>a</sub> = Dias de autonomia.

E<sub>mc</sub> = Maxima energia de consumo diario .

B<sub>PDE</sub> = Profundida de descarga estacional.70%

V<sub>instalacion</sub> = Voltaje de la instalacion .

$$\text{CAPACIDAD}_{BE} = \frac{1914,24 \text{ W} * 3 \text{ dias}}{70\% * 12 \text{ V}}$$

$$\text{CAPACIDAD}_B = 683,65 \text{ Ah}$$

Una vez obtenido los resultados, la capacidad nominal no debe ser superior a la máxima de las dos obtenidas:

$$\text{CAPACIDAD}_N = \max(531,63; 683,65)$$

$$\text{CAPACIDAD}_N = 683,65 \text{ Ah}$$

Una vez obtenidos los valores de la capacidad nominal del sistema de baterías, podemos calcular el total de baterías que se va a necesitar para cubrir dicha demanda, para lo cual utilizaremos la siguiente expresión:

$$N_{BP} = \frac{\text{Capacidad}_N}{Cn_B}$$

Donde:

$N_{BP}$  = Número de baterías en paralelo.

Capacidad<sub>N</sub> = Capacidad nominal obtenida.

$C_{NB}$  = Capacidad nominal de las baterías. Capacidad de 100 Ah.

$$N_{BP} = \frac{683,65 \text{ Ah}}{100 \text{ Ah}}$$

$$N_{BP} = 6,83 \approx 6$$

Cuántas baterías en serie:

$$N_{BS} = \frac{V_{NS}}{V_{NB}}$$

Donde:

$N_{BS}$  = Es el Número de baterías conectadas en serie.

$V_{NS}$  = Es el Voltaje nominal del sistema.

$V_{NB}$  = Es el Voltaje nominal de las baterías.

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

$$N_{BS} = 2$$

Número de baterías en total:

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

$$N_{NT} = 6 * 2$$

$$N_{NT} = 12 \text{ Baterías}$$

### 3.13 Cálculo de los Acumuladores

Para proceder a calcular la cantidad de baterías que va a necesitar nuestro sistema se debe tomar en cuenta los valores de energía diaria consumida y tensión de la instalación (12V).

$$CAPACIDAD_B = \frac{C_{diario} * D_{autonomia}}{P_{descarga} * V_{instalacion}}$$

Donde:

$CAPACIDAD_{BB}$  = Capacidad del banco de baterías.

$C_{diario}$  = Consumo diario .

$D_{autonomia}$  = Dias de autonomia.

$P_{descarga}$  = Profundida de descarga.

$V_{instalacion}$  = Voltaje de la instalacion .

$$CAPACIDAD_B = \frac{1536 \text{ W} * 4 \text{ dias}}{50\% * 12 \text{ V}}$$

$$\text{CAPACIDAD}_B = 1024 \text{ Ah}$$

Cantidad de baterías que se van a conectar en serie.

$$\text{Cantidades} = \frac{V_{TB}}{V_B}$$

Donde:

$\text{Cantida}_s =$  Cantidad de baterías.

$V_{TB} =$  Voltaje del total del sistema.

$V_B =$  Voltaje de las baterías.

$$\text{Cantidades} = \frac{24 \text{ VDC}}{12 \text{ VDC}}$$

.

$$\text{Cantidades} = 2 \text{ Baterías en serie}$$

Procedemos a hacer el cálculo de batería en paralelo.

$$\text{Cantidad}_p = \frac{\text{Capacidad}_B}{\text{Capacidad de las baterías}}$$

Donde:

$\text{Cantida}_p =$  Cantidad de baterías en paralelo.

$V_{TB} =$  Voltaje del total del sistema.

$V_B$  = Voltaje de las baterías.

$$\text{Cantidadp} = \frac{1024 \text{ Ah}}{100 \text{ Ah}}$$

Cantidadp = 10.24  $\approx$  10 baterías en paralelo.

### 3.14 Cableado

La instalación solar fotovoltaica cuenta con distintos tramos de conexiones con diferentes equipos. Donde cada tramo posee diversas secciones de cableado, puesto que el flujo de intensidad que va a pasar por cada componente es diferente.

Como se indicó anteriormente, los generadores fotovoltaicos estarán conectados en conexión mixta, por una matriz de 4 paneles solares, a la salida de los paneles irán conectados caja de conexiones y protecciones.

**Los tramos de la instalación son los siguientes:**

- ✓ Modulo solar  $\rightarrow$  regulador
- ✓ Inversor  $\rightarrow$  baterías
- ✓ Regulador  $\rightarrow$  baterías

**Para el cálculo del cable que se va a utilizar se debe de tener en cuenta las siguientes consideraciones:**

- ✓ La intensidad de amperaje que debe soportar la sección longitudinal del cableado debe ser inmejorable al flujo de corriente real del sistema.
- ✓ La caída de tensión máxima que se produzca en el cable cuando atraviese la corriente debe ser menor. Para instalación fotovoltaica con conexión a la red se debe de tener en

cuenta la caída de tensión en DC no debe exceder el 1,5% (Instituto para la Diversificación y ahorro de la energía 2011) y en la corriente alterna no exceda el 2,5%.

- ✓ Se debe tener en cuenta, el lugar donde puede afectar al conductor, donde se debe tener el aislamiento correcto.
- ✓ La longitud del conductor es muy importante, ya que debe ser lo más corto posible, para evitar pérdidas y caídas de tensión y excesos en el presupuesto.

Para el dimensionamiento longitudinal del cableado en cada tramo utilizaremos la siguiente fórmula:

$$S = \frac{2 * L * I_{cc}}{\Delta V * K}$$

Donde

S = Es la sección de cable.

L = Longitud de cable.

I<sub>cc</sub> = Es la intensidad máxima que circula la corriente por el cable.

ΔV = Caída de tensión en el conductor.

K = Conductividad eléctrica del cable.

Según el IDEA, la caída de tensión que se permite fijar un 1,5% de la tensión de funcionamiento.

Para los 24 V del sistema, el porcentaje corresponde a 0,36 V.

Tabla N° 3 Caída de Tensión Máxima Admisible (Idea, 2011)

Circuito	Caída de tensión
Panel – Regulador	1,50%
Regulador – Batería	0,50%
Batería – Inversor	1%

### 3.15 Cableado desde los paneles a los reguladores:

**Longitud:** En la instalación es en la terraza de la universidad politécnica salesiana, para este ramo se hace una estimación de un máximo de 15 m de cable.

$$S = \frac{2 * L * I_{cc}}{\Delta V * K}$$

$$S = \frac{2 * 8 * 18,06}{0,36 * 56}$$

$$S = 14,33 \text{ mm}^2$$

El valor normalizado inmediatamente superior a 14.33 mm<sup>2</sup> y que se usara para cablear es:

$$S = 16 \text{ mm}^2$$

### **3.16 Cableado desde el regulador hasta baterías:**

Se utilizará como máximo 1,5 m de cable. Como la sección de longitud del cable es corta, aplicando la formula se obtendría un valor pequeño, pero se recomienda usar una sección de cable grueso, entre 25 mm<sup>2</sup>. Muchas veces, el propio fabricante recomienda el cable adecuado a utilizar para esta conexión. En nuestro caso:

$$S = 6 \text{ mm}^2 / \text{AWG10}$$

### **3.17 Cableado desde el Inversor hasta baterías:**

Se utilizará como máximo 1,5 m de cable. Como la sección de longitud del cable es corta, aplicando la formula se obtendría un valor pequeño, pero se recomienda usar una sección de cable grueso, entre 25 mm<sup>2</sup>. Muchas veces, el equipo ya trae consigo mismo el cable internamente en el inversor, en este caso el cable utilizado por el fabricante es para baterías.

$$S = 8 \text{ mm}^2 / \text{AWG}$$

## **CAPITULO IV: DIMENSIONAMIENTO CON EL SOFTWARE PVSYST**

### **4.1 Simulación en software en PVsyst**

El PVsyst es un software computacional que nos ayuda realizar y esquematizar el diseño para el dimensionamiento y simulación de sistemas aislado/autónomos e interconectados a la red. En nuestro análisis consideramos un sistema autónomo o aislado sin conexión a la red pública.

Para iniciar con el proyecto debemos optar por el modelo a instalar el cual queremos diseñar o simular, puntualizar y establecer un nuevo proyecto, entonces una vez que nos encontremos en el entorno del software seleccionamos el diseño del proyecto el cual nos muestra en la pantalla las opciones de acuerdo con la propuesta del proyecto que se vaya a ejecutar:

- ✓ Conectado a la red
- ✓ Independiente
- ✓ Bombeo

En nuestro proyecto la opción que vamos a seleccionar es de un sistema independiente como se ilustra en la imagen.

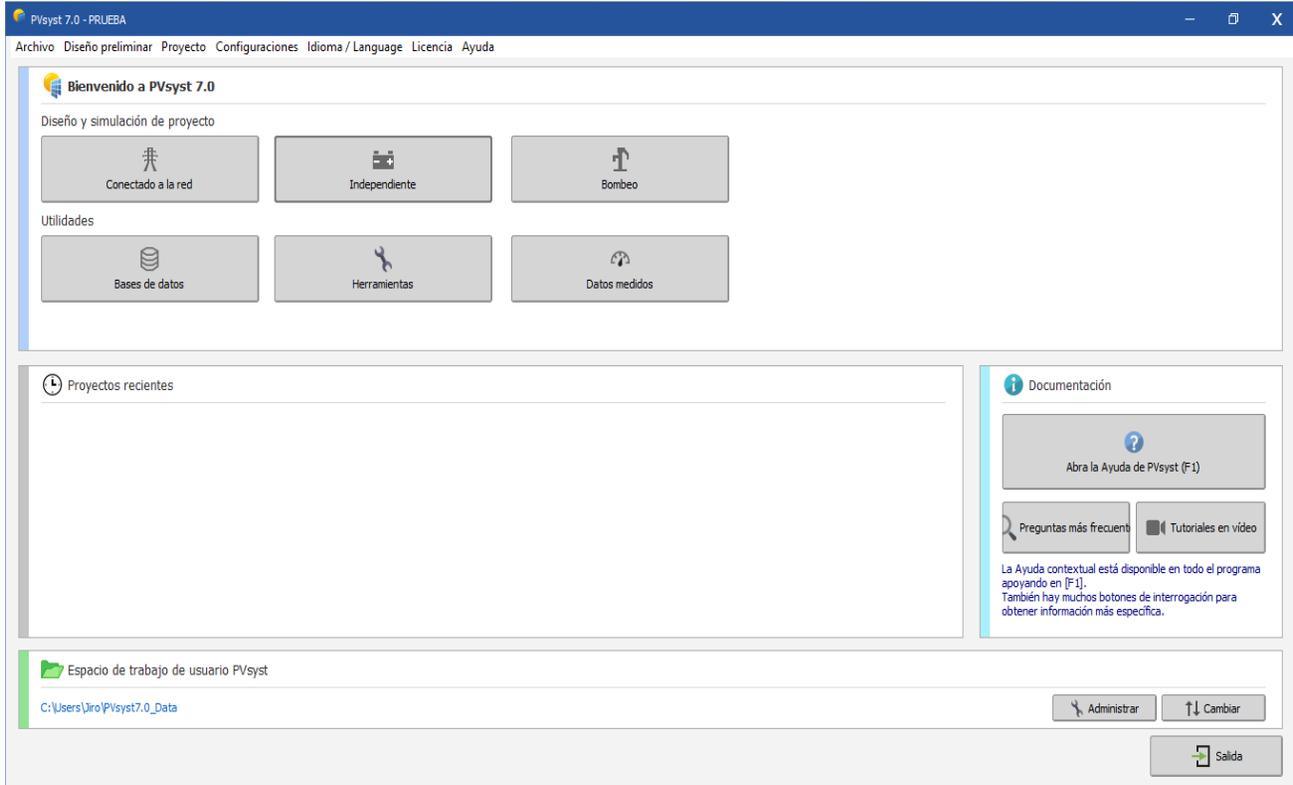


Figura N ° 20 Página Inicial de PVsyst

Dentro del entorno de PVsyst nos dirigimos al diseño preliminar y seleccionamos la opción independiente para completar las variables de datos del proyecto.

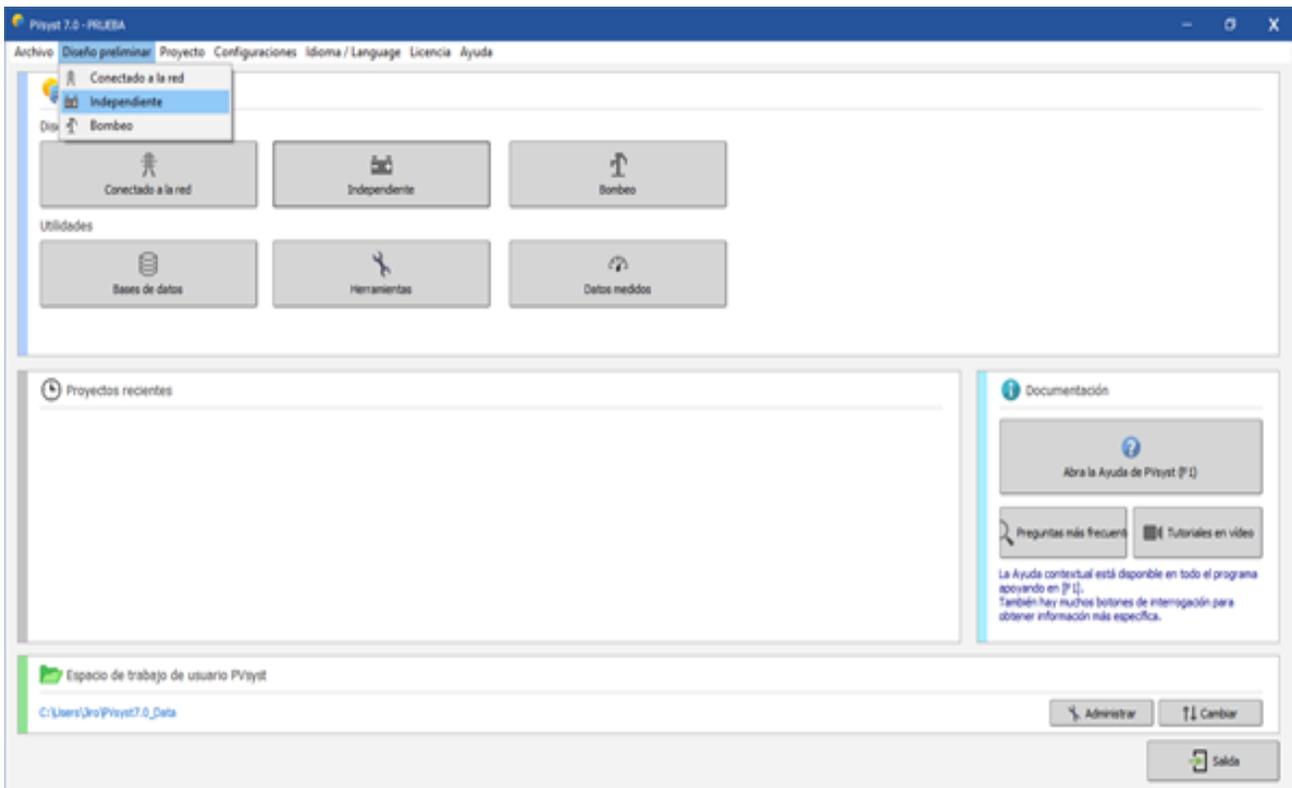


Figura N ° 21 Selección del Tipo de Sistema Fotovoltaico

A continuación, determinamos el nombre que será designado para nuestro proyecto cómo se visualiza en la siguiente figura.

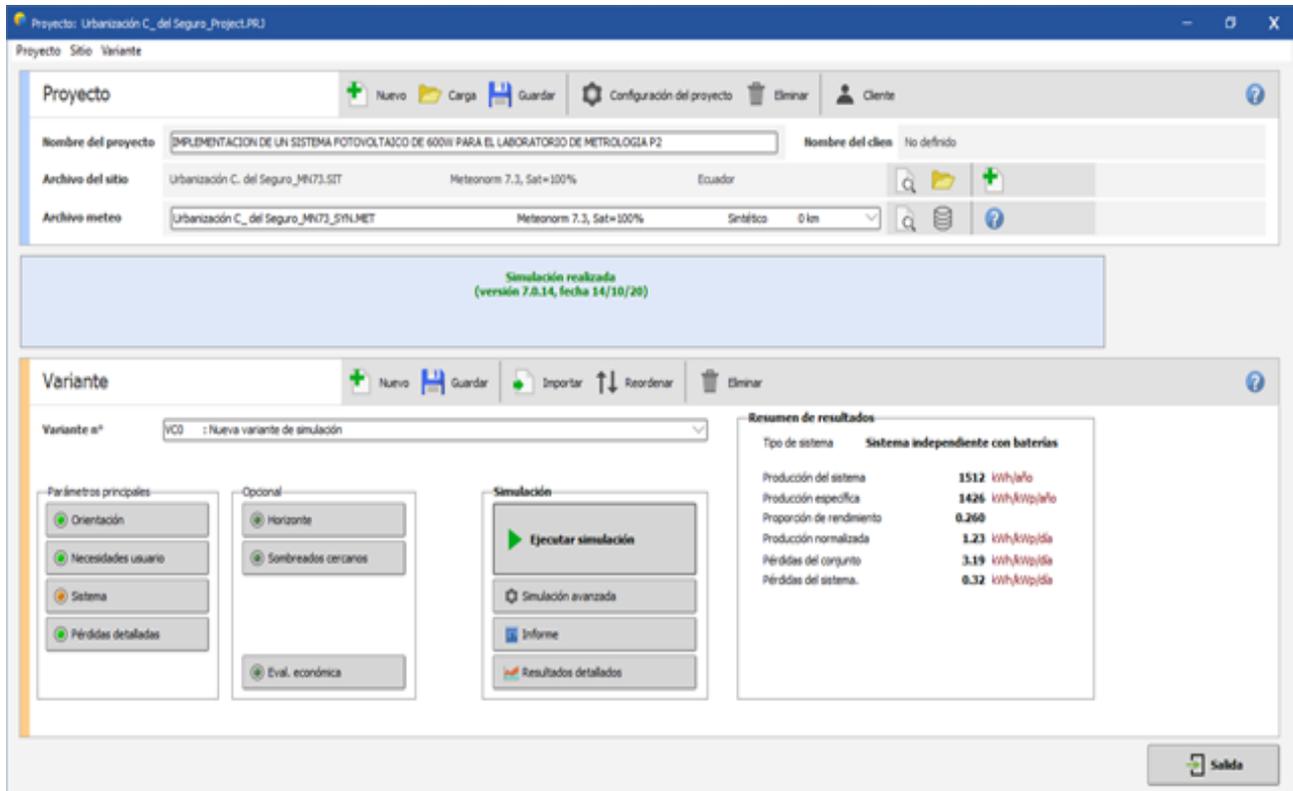


Figura N ° 22 Datos del Proyecto

Estando en el entorno de PVsyst nos ubicamos en el icono nuevo sitio para ingresar la ubicación en términos de latitud y longitud.

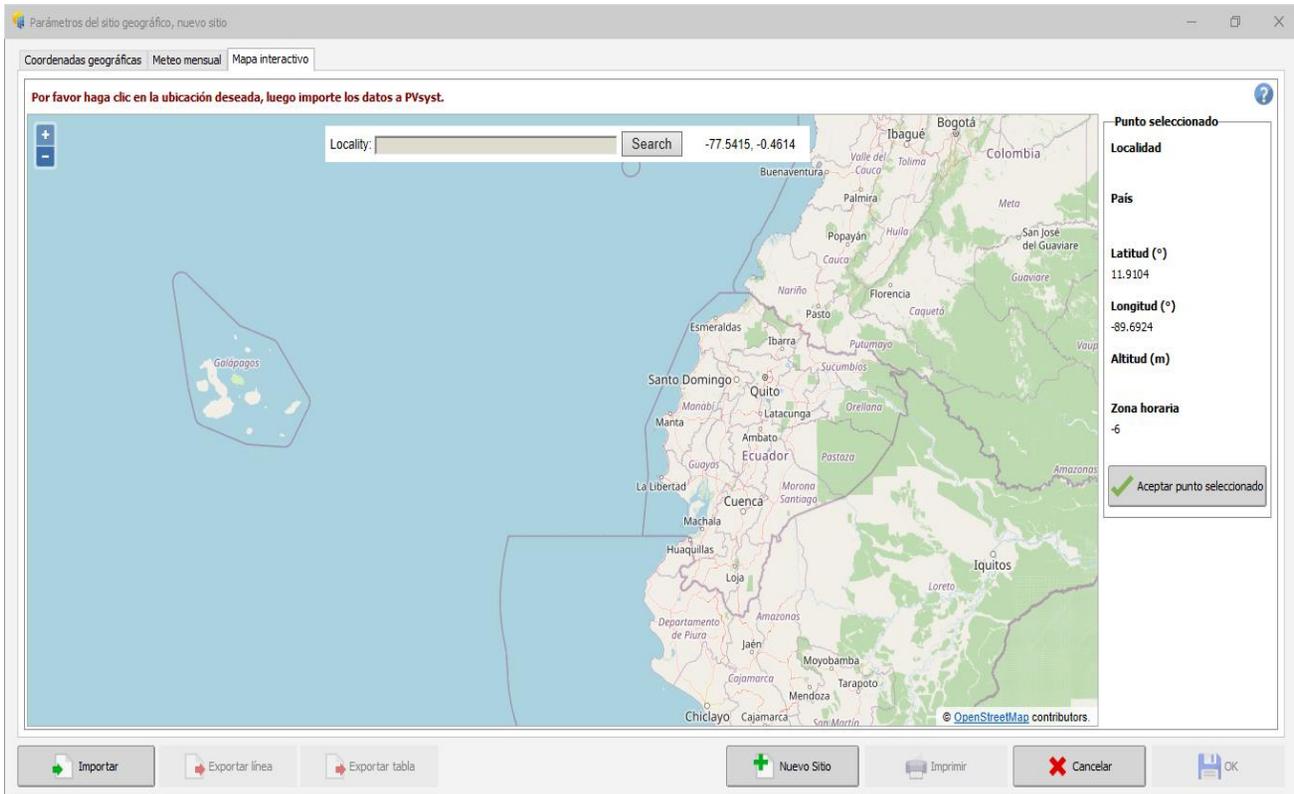


Figura N ° 23 Ingreso De Los Datos De Ubicación Geográfica De La Universidad Politécnica Salesiana Gye. (Edificio E)

En siguiente paso elegiremos el ángulo de inclinación óptimo de nuestro sistema fotovoltaico donde se va a considerar el pronóstico realizado con el peor mes, o del mes mas crítico e iremos ajustando el ángulo conveniente de tal forma que las perdidas tiendan a ser lo más cerca de 0,0% como resultado tenemos que el ángulo de orientación angular debe ser a 5°, como se ilustra en la figura N ° 24.

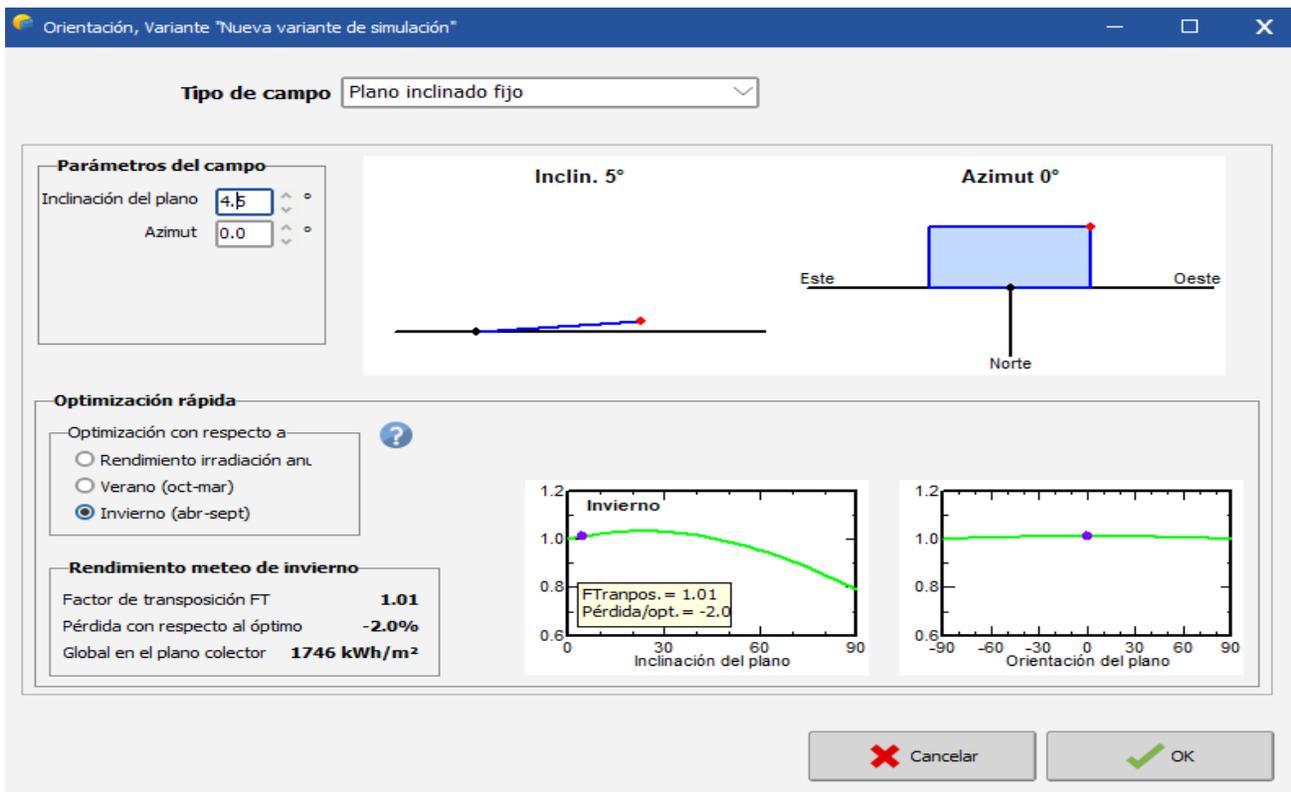


Figura N ° 24 Inclinación Angular de los Módulos Fotovoltaicos

Posteriormente, ingresamos las variables de consumo del sistema dependiendo de la carga que se engloban en el “Laboratorio de Metrología” de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, de tal forma como se ilustra en la figura N° 25.

Uso diario de energía, variante "Nueva variante de simulación"

**Definición de consumos domésticos diarios para el año.**

Consumo | Distribución por hora

**Consumos diarios**

Número	Aparato	Potencia	Uso diario	Distrib. por hora	Daily energy
8	Lámparas (LED o fluo)	40 W/lámpara	4.0 h/día	OK	1280 Wh
0	TV / PC / móvil	0 W/apar.	0.0 h/día		0 Wh
0	Electrodomésticos	0 W/apar.	0.0 h/día		0 Wh
0	Nevera / congelación prof.	0.00 kWh/día	0.0		0 Wh
0	Lavaplatos y lavadora	0.0 W prom	0.0 h/día		0 Wh
0	Otros usos	0 W/apar.	0.0 h/día		0 Wh
0	Otros usos	0 W/apar.	0.0 h/día		0 Wh
Consumidores en espera		1 W tot	24 h/día		24 Wh
<b>Energía diaria total</b>					<b>1304 Wh/día</b>
<b>Energía mensual</b>					<b>39.1 kWh/mes</b>

**Definición de consumo por**

Años  Estaciones  Meses

**Fin de semana o uso semanal**

Usar solo durante

7 días en una semana

**Modelo**

Carga | Guardar | Otro perfil | Cancelar | OK

Figura N° 25 Ingreso de las Carga (Potencia Watts)

A continuación, nos dirigimos a variante y damos clic en la opción "sistema" luego se abrirá una nueva ventana llamada "nueva variante de simulación" donde nos detalla y especifica variables, posteriormente escogemos PLOL (perdidas de carga admisible) 5% y 4 días de autonomía, para finalizar, el voltaje de nuestro sistema en CD el cual es de 24V, como se observa en la siguiente figura N ° 26.

Definición de sistema independiente, Variante "Nueva variante de simulación", Variant "Nueva variante de simulación"

Necesidades diarias prom. Ingrese PLOL aceptado  % 

1.3 kWh/día Ingrese autonomía solicitada  día(s) 

Voltaje de la batería (usuario)  V 

Capacidad sugerida 256 Ah

Potencia FV sugerida 403 Wp (nom.)

Figura N ° 26 Configuración de Variantes: Autonomía, Perdida de Carga y Voltaje del Sistema

Estando en “Sistema” nos dirigimos hacia “Almacenamiento” e ingresamos el tipo y característica de batería que vayamos a utilizar y luego detallamos las especificaciones del acumulador, en nuestro proyecto seleccionamos baterías de marca “Electrona de Plomo-Acido de 12V” como se detalla en la siguiente figura N ° 27.

**Especifique el conjunto de batería**

Ordenar baterías por  voltaje  capacidad  fabricante

Electrona

Plomo-ácido

baterías en series  baterías en paralelo

Número de baterías 8

baterías en paralelo

Número de elementos 48

% Estado inicial de desgaste (núm. de ciclos)

% Estado inicial de desgaste (estático)

Energía total almacenada durante la vida útil de la batería 6819 kWh

Voltaje del paquete de baterías 24 V

Capacidad global 400 Ah

Energía almacenada (80% DOD) 7.7 kWh

Peso total 356 kg

Núm. de ciclos a 80% DOD 800

Figura N ° 27 Descripción de la Batería Seleccionada

En este apartado nos dirigimos a "Conjunto FV" luego seleccionamos el generador de nuestro sistema detallando las características y especificaciones que nos proporciona el datasheet o hoja de datos, en el proyecto seleccionaremos el panel fotovoltaico modelo Jinko solar de 265 Wp como se observa en la siguiente figura N ° 28.

**Seleccione el módulo FV**

Todos los módulos  Ordenar módulos  Potencia  Tecnología

Jinkosolar  265 Wp 26V Si-poly JKM 265PP-60-V Desde 2016 Manufacturer 201

Módulos necesarios aprox. Voltajes de dimensionamiento :  $V_{mpp} (60^{\circ}C)$  **26.7 V**  
 $V_{oc} (-10^{\circ}C)$  **43.0 V**

Figura N ° 28 Datos Específicos de los Panel Fotovoltaico

**Seleccione el modo de control y el controlador**

Controlador universal  Convertidor de potencia MPPT

Modo operativo:  
 Acoplamiento directo  
 Convertidor MPPT  
 Convertidor CC-CC

MPPT 880 W 24 V 30 A 30 A SmartSolar MPPT 100/30 24V

Número controladores    $V_{mpp}$  29-90 V Potencia controlador **880 W**  
 $V_{oc}$  100 V Batería asociada **24 V**

**Diseño del conjunto FV**

**Número de módulos y cadenas** debe ser/estar:  
Mód. en serie   entre 2 y 2  
Núm. de cadena   entre 1 y 3

Perdida sobrecarga **0.0%**  
Proporción  $P_{nom}$  **1.20**  
**Núm. de módulos 4** Área **7 m<sup>2</sup>**

Condiciones de operación:  
 $V_{mpp} (60^{\circ}C)$  53 V  
 $V_{mpp} (20^{\circ}C)$  64 V  
 $V_{oc} (-10^{\circ}C)$  86 V

Irradiancia plano **1000 W/m<sup>2</sup>**  
 $I_{mpp} (STC)$  20.3 A  
 $I_{sc} (STC)$  18.3 A  
 $I_{sc} (en STC)$  18.1 A

Potencia de funcionamiento máx. **1.2 kW**  
(en 1000 W/m<sup>2</sup> y 50°C)  
**Potencia nom. conjunto (STC) 1.1 kWp**

Figura N ° 29 Datos Específicos del Regulador de Carga (MPPT)

Después de ingresar los datos y variables en el software PVsyst nos dirigimos a la opción ejecutar simulación como se proyecta en la siguiente figura N° 30.

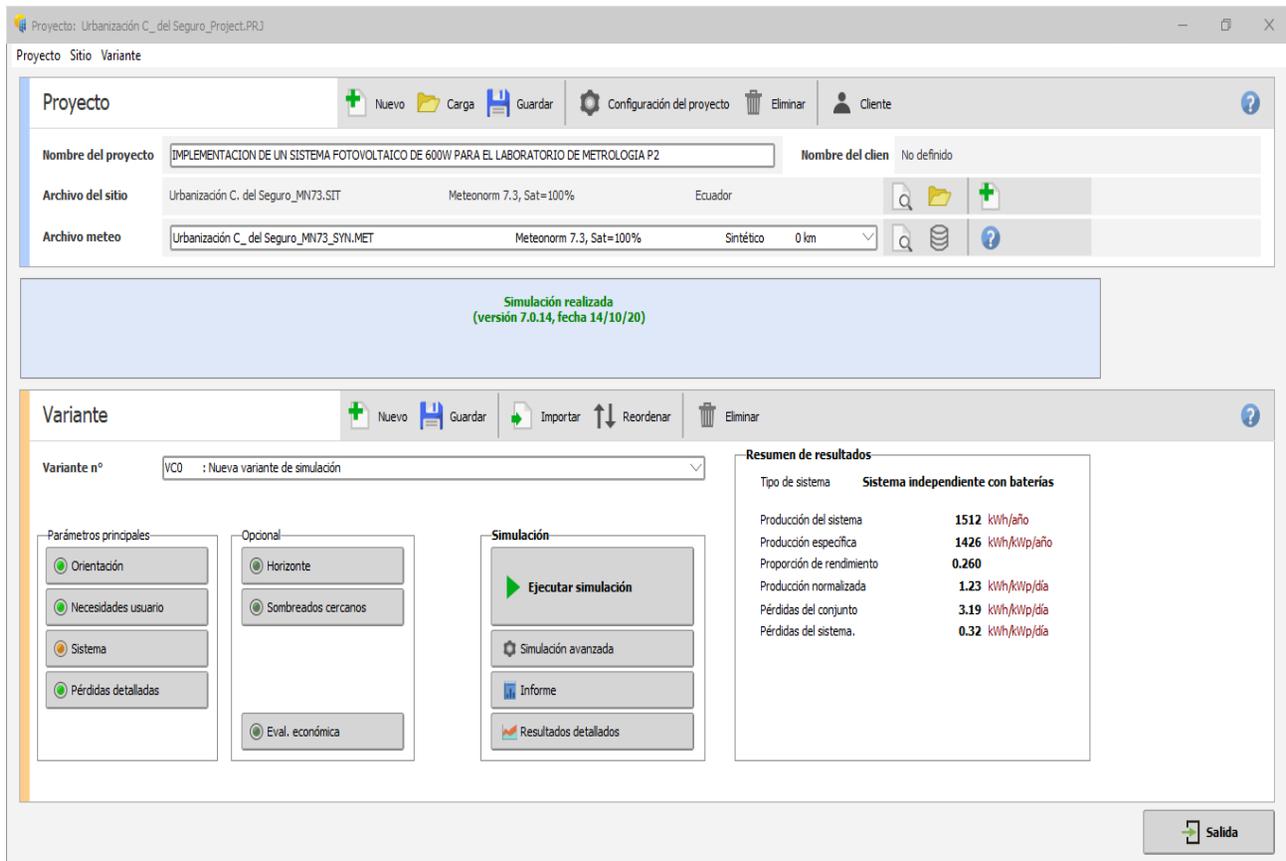


Figura N° 30 Software con todas las Variables Ingresadas del Sistema Fotovoltaico

## 4.2 Resultados Obtenidos Mediante la Simulación del Software PVsyst

En el diagrama de barra del software PVsyst que presenta a continuación en la siguiente figura N° 31 podemos identificar los siguientes datos:

- ✓ **Barra de color azul:** Se observa la energía la cual no es entregada a las cargas.
- ✓ **Barra de color morada:** En ella se presenta las pérdidas en el generador.
- ✓ **Barra de color verde:** En ella se visualiza las pérdidas en las baterías.
- ✓ **Barra de color rojo:** Se refleja la energía entregada a las cargas.

### Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 1060 Wp

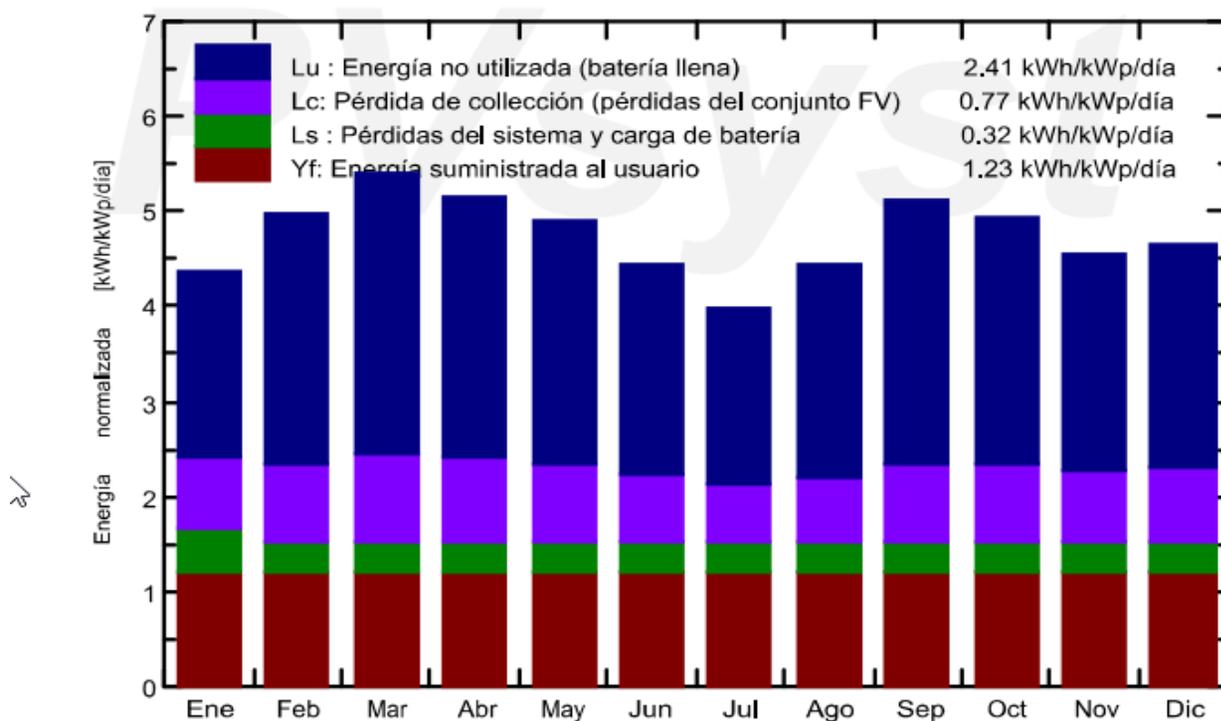


Figura N° 31 Variables de Pérdidas del Sistema

Posteriormente, en la figura N ° 32 se observa la proporción de rendimiento o por sus siglas en inglés PR (performance ratio), el cual se proyecta a continuación el PR de la instalación.

Barra de color rojo: se observa la relación entre la energía disponible y el consumo de sistema fotovoltaico. Por medio de los resultados obtenidos, que pueden ser verificados atreves del libro de instalaciones solares fotovoltaicas de (Agustín Castejón). Puesto que plantea como usar el factor del beneficio general de 0.6 para la estimación del respectivo cálculo.

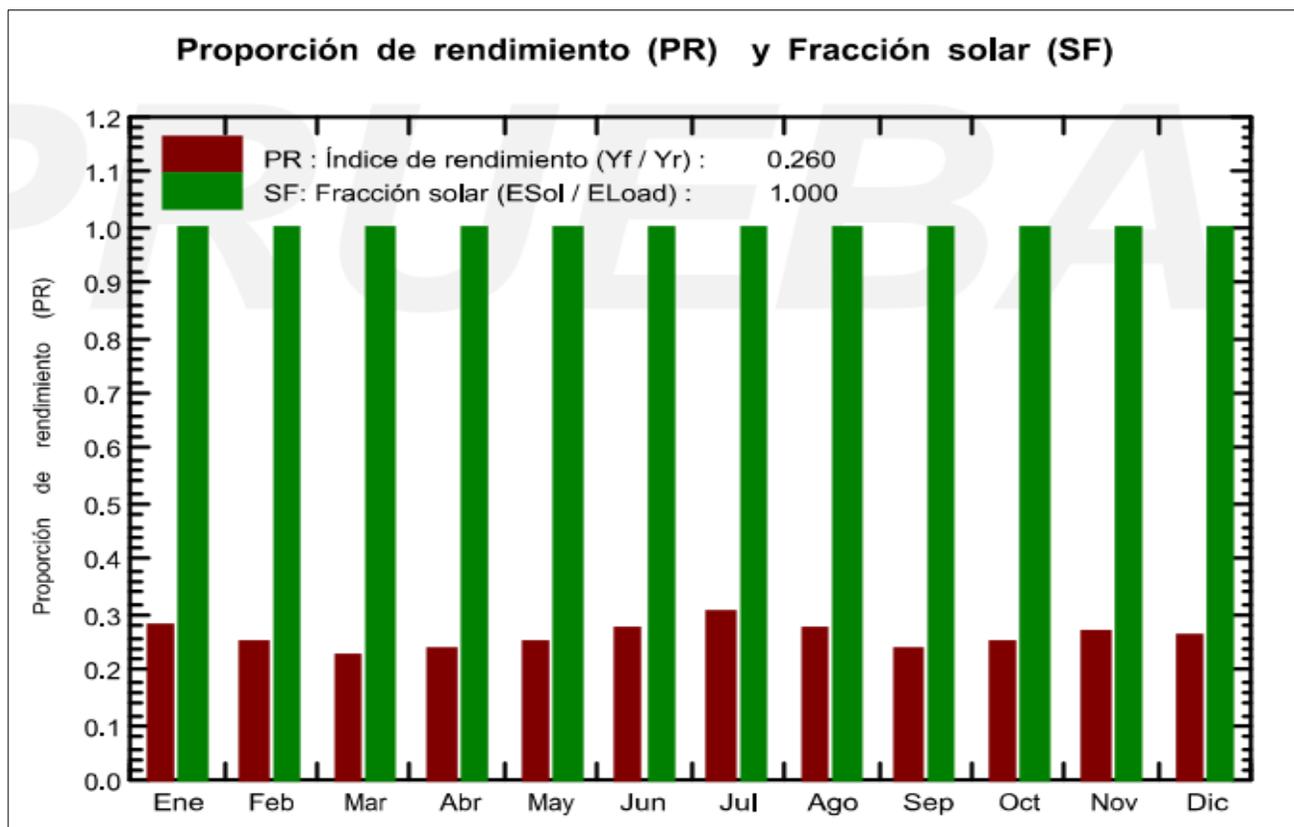


Figura N ° 32 Aprovechamiento de la Energía

Gráfica magistral donde se observa sus derivaciones de manera sinóptica (resumidas y simplificado) los diferentes porcentajes de pérdidas del sistema. Estudiándolo, se puede lograr optimizar el procedimiento del sistema para que estas sean mínimas. Las perdidas están simplificadas en distintas secciones incorporado en un mismo esquema, puesto que están organizados por pérdidas de radiación, inclinación y orientación de los módulos fotovoltaico particularmente por pérdidas en el generador, impedancia del cableado su temperatura y finalmente en su sistema de almacenamiento.

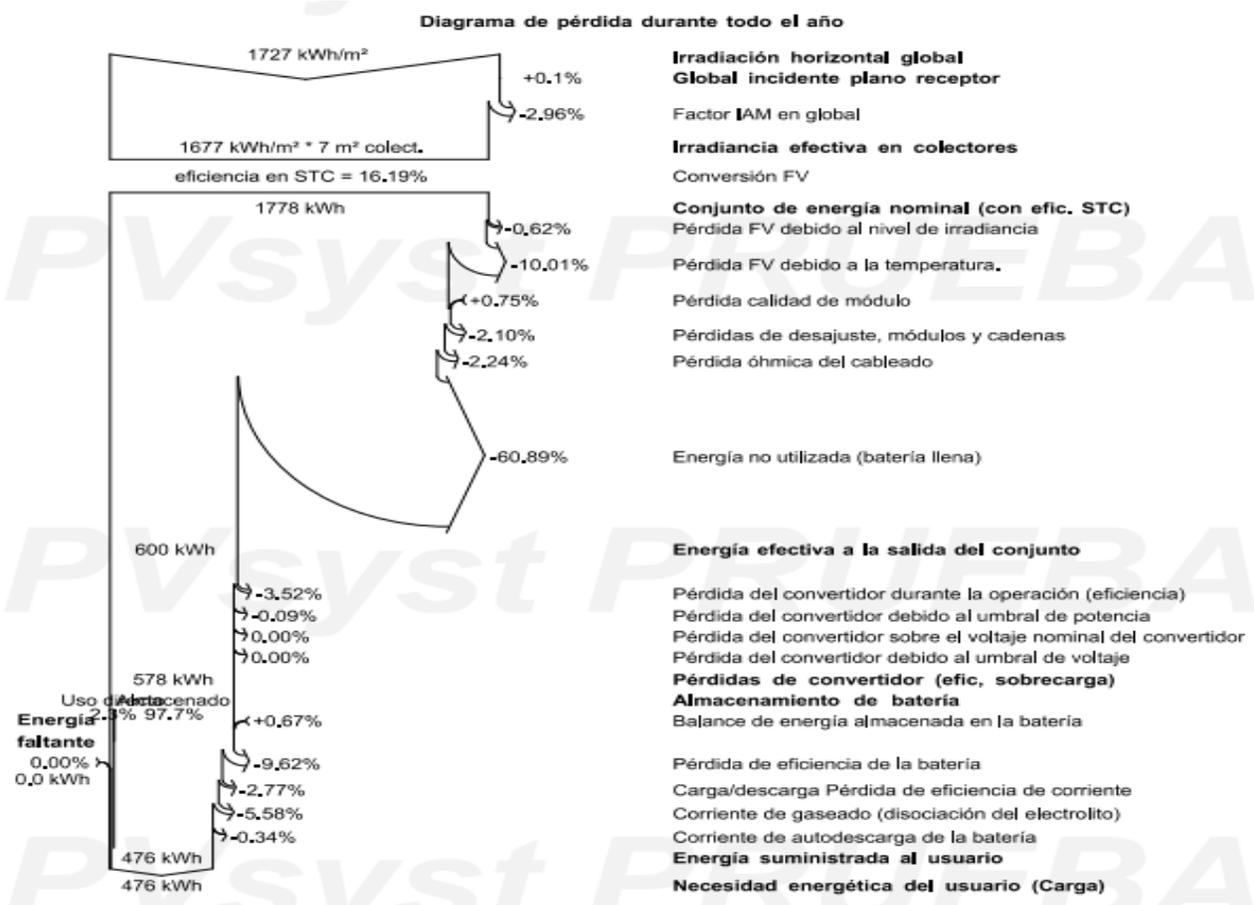


Figura N ° 33 Diagrama de Pérdidas en el Sistema

### **4.3 Interpretación de Tablas Comparativas de Lectura del Sistema Fotovoltaico**

El clima es uno de los factores que condiciona a nuestro sistema fotovoltaico a que opere en distintos tipos de cambios climático. A pesar de los diversos tipos de cambios de nuestro sistema, el sí genera energía eléctrica no en sus condiciones óptimas, pero captan entre un rango de 10% al 25 % de la radiación la cual es proveniente del sol, he allí el estudio en los distintos días en el cual hemos realizado toma de lectura para ver cómo afecta los tipos de radiación que inciden a nuestro planeta, afectando a nuestro sistema tanto en la confiabilidad y la fiabilidad.

### **4.4 Mediciones de Laboratorio**

La toma de interpretación de lectura se realizó en días con mayor radiación y otros con muy poca, obteniendo resultados diferentes.

# ANEXOS

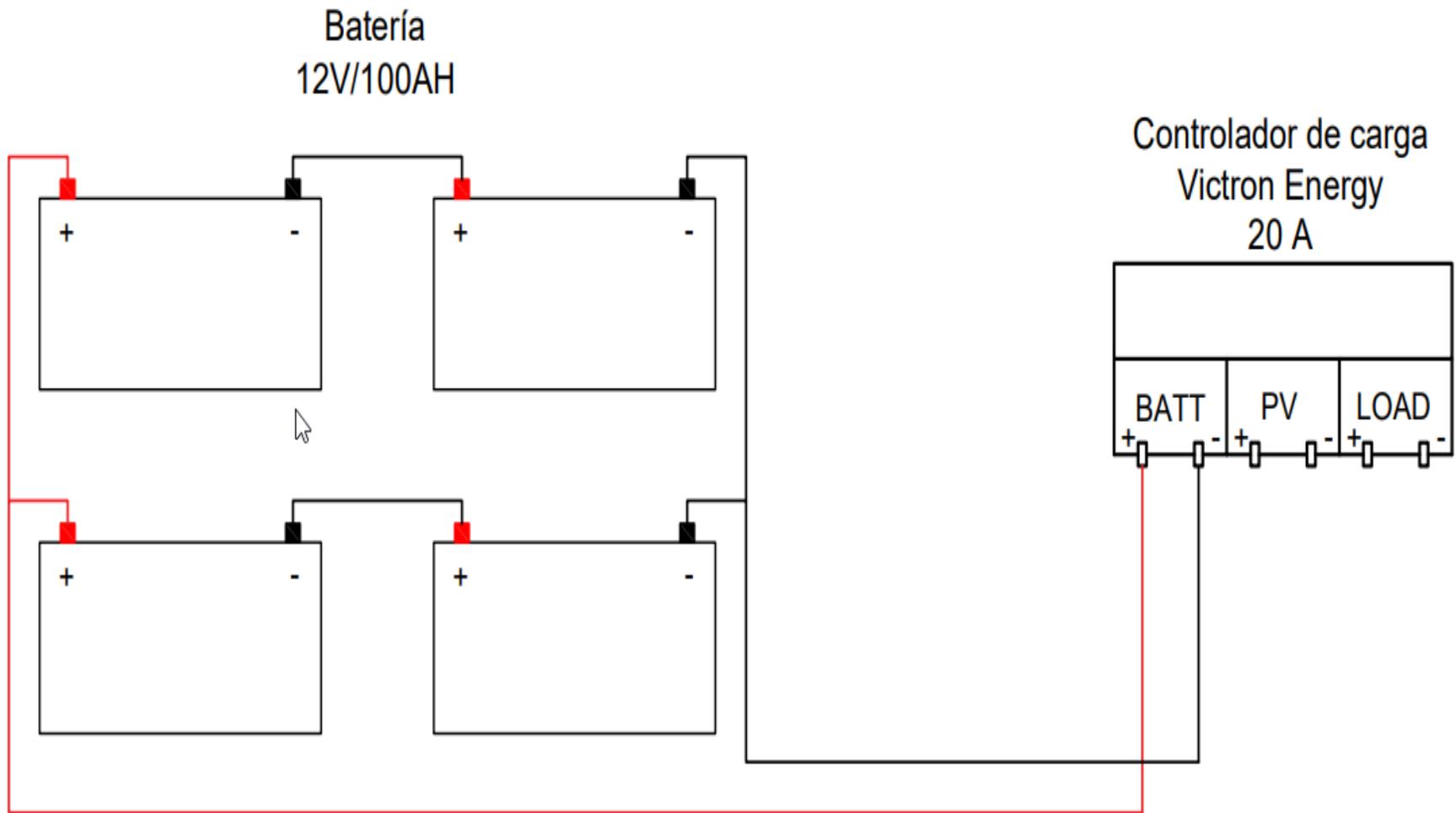


Figura N ° 34 Diagrama de Conexiones del Banco de Baterías

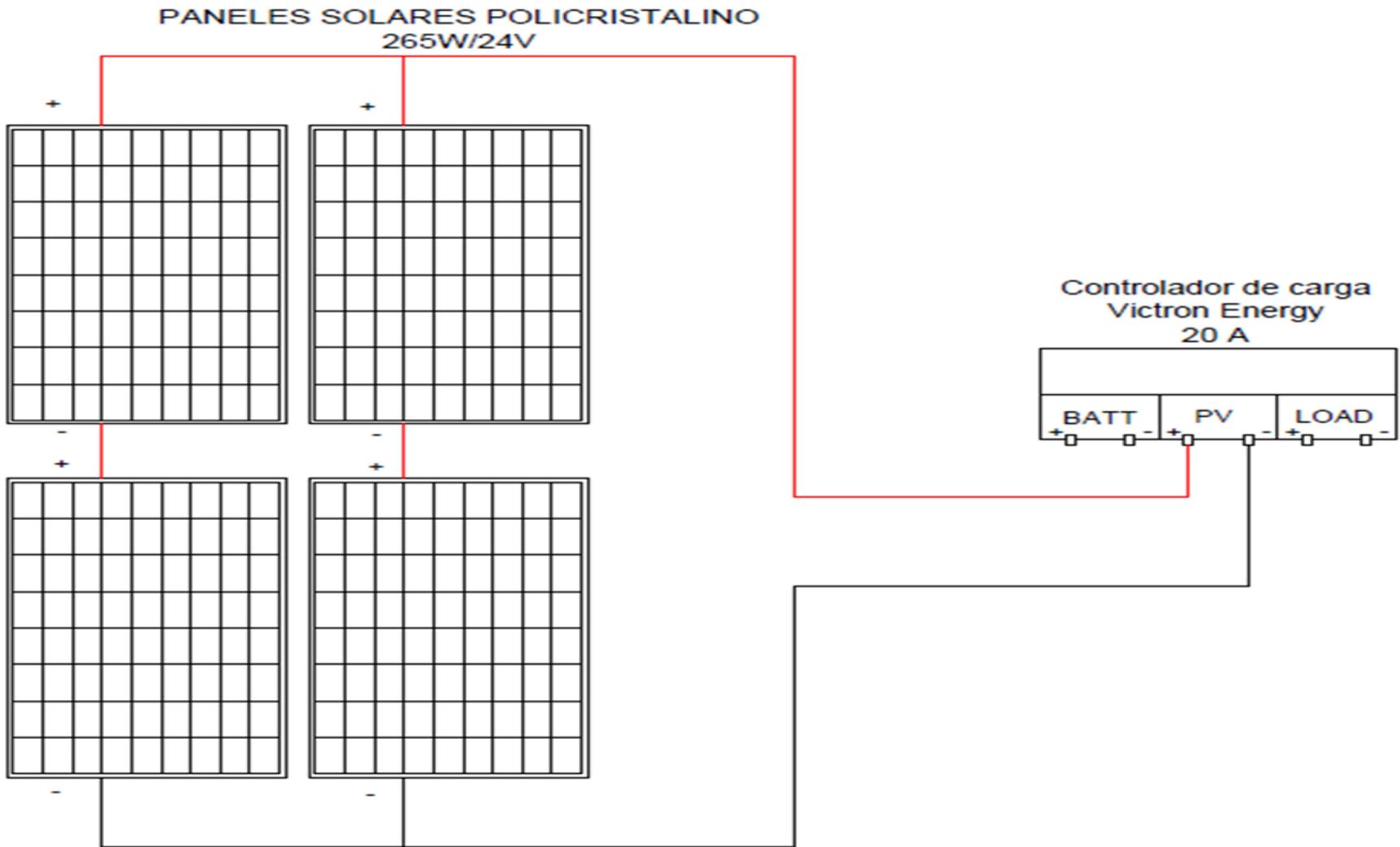


Figura N ° 35 Diagrama de Conexiones del Banco De Baterías



Tabla Día N° 1

<b>Hora</b>	<b>V (voltaje)</b>	<b>MPPT Corriente (sólido)</b>	<b>Inversor Corriente (sólido)</b>	<b>Estado On/Off</b>	<b>Corriente del PV</b>	<b>Producción de los Paneles</b>
1:00 p. m.	28.1	0	0	0	0	69.8
1:40 p. m.	26.1	20.1	26	1	8.7	62.9
2:30 p. m.	25.6	20.2	25.1	1	8.6	63.5
2:50 p. m.	25.6	20	25.1	1	8.6	63.1
3:12 p. m.	25.4	20.2	25.2	1	8.4	62.5
3:30 p. m.	25.4	20.2	25.1	1	8.4	62.4
3:45 p. m.	25.5	20.1	25.1	1	8.7	61.3
4:10 p. m.	25.3	18	25.2	1	8.6	56.2
4:30 p. m.	25.2	14.3	25.5	1	6.5	56.3
4:45 p. m.	25.2	11.9	25.5	1	5.5	56.3
5:00 p. m.	25	9.4	25.6	1	4.2	57.3
5:20 p. m.	25	7.5	25.6	1	3.4	57.2
5:45 p. m.	24.7	1.7	25.9	1	0.6	53.4
6:00 p. m.	24.7	1.3	25.9	1	0.5	51.4

Tabla Día N° 2

<b>Hora</b>	<b>V (voltaje)</b>	<b>MPPT Corriente (sólido)</b>	<b>Inversor Corriente (sólido)</b>	<b>Estado On/Off</b>	<b>Corriente del PV</b>	<b>Producción de los Paneles</b>
11:30 a. m.	28.4	0	0	0	0	68.8
11:50 a. m.	26.3	20.5	23.6	1	8.9	64.8
12:20 p. m.	26.3	20.4	24.7	1	8.8	63.3
12:45 p. m.	25.6	19.7	25.8	1	8.8	63.2
1:10 p. m.	25.6	21.5	25.3	1	8.9	62.4
1:45 p. m.	25.5	20	25.5	1	9.5	62.4
2:05 p. m.	25.4	20.1	25.6	1	9.7	61.3
2:35 p. m.	25.4	21.5	24	1	10.4	56.1
2:55 p. m.	25.2	13	25.6	1	5.9	56.2
3:35 p. m.	24.9	7.5	24.6	1	3.4	56.2
4:00 p. m.	24.6	7.7	24.6	1	3.7	57.3
4:35 p. m.	24.6	7.7	26	1	4.5	57.4
5:10 p. m.	24.5	8.3	24.8	1	2.9	53.4
6:00 p. m.	24.6	1.1	25.8	1	0.5	52.4

Tabla Día N° 3

<b>Hora</b>	<b>V (voltaje)</b>	<b>MPPT Corriente (sólido)</b>	<b>Inversor Corriente (sólido)</b>	<b>Estado On/Off</b>	<b>Corriente del PV</b>	<b>Producción de los Paneles</b>
09:00 a.m.	28.3	0	0	0	0	68.8
09:30 a.m.	25.3	12.7	22.6	1	4	58.4
10:15 a.m.	25.2	15.1	24.5	1	5.1	58.4
10:40 a.m.	25.2	15.3	24.3	1	5.6	58
11:00 a.m.	26,3	17.6	25.3	1	6.6	57.2
11:30 a.m.	25.2	19.9	25.3	1	8	56.7
12:00 p.m.	26.3	20	24.7	1	8.7	63.4
1:40 p.m.	25.6	19.7	25.8	1	8.8	63.2
1:20 p.m.	25.5	21.4	25.1	1	8.9	62.5
1:45 p.m.	25.5	20.1	25.3	1	9.4	62.3
2:15 p.m.	25.4	20.2	25.4	1	9.8	61.3
2:40 p.m.	25.4	21.5	24.9	1	10.4	56
3:00 p.m.	25.2	13	25.6	1	5.8	56.2
3:35 p.m.	24.8	7.5	24.5	1	3.5	56.2
4:00 p.m.	24.7	7.6	24.8	1	3.7	57.3
4:45 p.m.	24.7	7.7	26.1	1	4.5	57.4
5:35 p.m.	24.6	8.1	24.9	1	2.8	53.3
6:00 p.m.	24.5	1.3	25.6	1	0.6	51.3

Tabla Día N° 4

<b>Hora</b>	<b>V (voltaje)</b>	<b>MPPT Corriente (sólido)</b>	<b>Inversor Corriente (sólido)</b>	<b>Estado On/Off</b>	<b>Corriente del PV</b>	<b>Producción de los Paneles</b>
1:00 p.m.	28.3	0	0	0	0	68.6
1:30 p.m.	27.3	15.3	24.3	1	5.6	58
2:00 p. m.	26.7	20.1	25.3	1	9.8	61.3
2:30 p. m.	26	21.5	24.9	1	10	62.6
3:00 p. m.	26	18.7	3.2	1	8.7	63.1
3:30 p. m.	25.7	10.1	24.8	1	8.4	62.5
3:45 p. m.	25.6	21.1	24.3	1	8.5	62.5
4:00 p. m.	25.3	19.3	24.3	1	8.4	61.3
4:20 p. m.	25.2	6	24.2	1	8.6	56
4:45 p. m.	25.1	6.2	25	1	6.5	56.3
5:00 p. m.	25.1	4.4	21.2	1	5.7	56.4
5:20 p.m.	24.9	6.3	25.7	1	4.2	57.4
5:45 p.m.	24.7	1.6	25.9	1	3	54.5
6:00 p.m.	24.6	1.2	25.7	1	0.7	51.4

Tabla Día N° 5

<b>Hora</b>	<b>V (voltaje)</b>	<b>MPPT Corriente (sólido)</b>	<b>Inversor Corriente (sólido)</b>	<b>Estado On/Off</b>	<b>Corriente del PV</b>	<b>Producción de los Paneles</b>
08:30 a.m.	28.7	0	0	0	0	69.3
09:15 a.m.	25.9	13.5	23.5	1	4	58.5
09:40 a.m.	25.2	15.1	24.5	1	5.1	58.4
10:30 a.m.	25.2	15.3	24.3	1	5.6	58.3
11:20 a.m.	26,3	17.6	25.3	1	6.6	57.2
11:45 a.m.	25.2	19.9	25.3	1	8	56.7
12:20 p.m.	26.3	20	24.7	1	8.7	63.4
12:50 p.m.	25.6	19.7	25.3	1	8.7	63.2
1:35 p.m.	25.5	21.4	25.1	1	8.6	62.5
1:55 p.m.	25.5	21.1	25.3	1	9.4	62.3
2:20 p.m.	25.7	21.4	25.2	1	9.8	61.3
2:40 p.m.	25.7	21	24.9	1	10.4	58.6
3:10 p.m.	25.6	13	25.6	1	6	58
3:40 p.m.	24.8	7.5	24.5	1	5.1	57.5
4:00 p.m.	24.8	7.6	24.6	1	4.7	57.4
4:45 p.m.	24.7	7.4	26.1	1	4.5	57.4
5:35 p.m.	24.6	7.1	25	1	2.9	53.2
6:05 p.m.	24.3	1.9	25.8	1	0.7	51.7

Tabla Día N° 6

<b>Hora</b>	<b>V (voltaje)</b>	<b>MPPT Corriente (sólido)</b>	<b>Inversor Corriente (sólido)</b>	<b>Estado On/Off</b>	<b>Corriente del PV</b>	<b>Producción de los Paneles</b>
09:00 a.m.	28.3	0	0	0	0	68.8
09:30 a.m.	25.3	21.1	22.1	1	5.4	58.4
10:00 a. m.	27,1	18.3	22	1	5.7	58
11:00 a. m.	26.5	17.1	21.7	1	5.8	58
11:10 a. m.	26.5	17.8	24.5	1	6.6	57.4
11:45 a. m.	25.6	17.8	24.5	1	8.6	56.7
12:20 p.m.	25.6	21.1	24.8	1	8.7	63.5
12:45 p.m.	25.5	20.1	24.7	1	8.8	63.2
1:15 p.m.	25.5	21.4	25.1	1	8.9	62.5
1:45 p.m.	25.5	20.1	25.3	1	9.4	62.4
2:10 p.m.	25.4	20.2	25.4	1	9.8	61.3
2:40 p.m.	25.4	21.5	24.9	1	10.4	56.3
3:05 p.m.	25.2	13	25.6	1	5.8	56.3
3:40 p.m.	24.8	7.5	24.5	1	4	56.2
4:00 p.m.	24.3	7.6	24.8	1	3.9	56.2
4:45 p.m.	24.2	7.7	26.1	1	4	57.4
5:35 p.m.	24.2	8.1	25.4	1	2.9	53.3
6:00 p.m.	24.3	1.3	25.6	1	0.5	52

Tabla Día N° 7

<b>Hora</b>	<b>V (voltaje)</b>	<b>MPPT Corriente (sólido)</b>	<b>Inversor Corriente (sólido)</b>	<b>Estado On/Off</b>	<b>Corriente del PV</b>	<b>Producción de los Paneles</b>
2:00 p. m.	271	0	0	0	0	62.5
2:30 p. m.	25.6	3.3	3.3	1	8.5	63.3
3:00 p. m.	27.1	6.0	3.2	1	8.5	63.1
3:30 p. m.	26.2	10.1	24.8	1	8.4	62.5
3:45 p. m.	25.6	21.1	24.3	1	8.5	62.4
4:00 p. m.	25.6	19.3	24.4	1	8.7	61.3
4:20 p. m.	25.2	5.8	24.4	1	8.6	56
4:45 p. m.	25.1	6.1	25	1	6.5	56.3
5:00 p. m.	25.1	4.1	21.1	1	5.5	56.4
5:20 p.m.	24.9	6.5	25.7	1	4.2	57.3
5:45 p.m.	24.7	1.6	25.9	1	3	57.5
6:00 p.m.	24.7	1.2	25.9	1	0.7	53.4

Tabla Día N ° 8

<b>Hora</b>	<b>V (voltaje)</b>	<b>MPPT Corriente (sólido)</b>	<b>Inversor Corriente (sólido)</b>	<b>Estado On/Off</b>	<b>Corriente del PV</b>	<b>Producción de los Paneles</b>
11:45 a. m.	28.4	0	0	0	0	68.7
11:50 a. m.	26.2	18.8	23.7	1	8.9	64.9
12:25 p. m.	26.3	20.4	24.7	1	8.8	63.3
12:47 p. m.	25.6	19.7	25.8	1	8.8	63.2
1:11 p. m.	25.5	21.5	25.2	1	8.9	62.4
1:45 p. m.	25.4	20	25.4	1	9.4	62.3
2:04 p. m.	25.4	20.1	25.6	1	9.8	61.3
2:30 p. m.	25.4	21.5	24	1	10.4	56.1
2:51 p. m.	25.2	13	25.7	1	5.9	56.2
3:39 p. m.	24.9	7.5	24.6	1	3.4	56.3
4:00 p. m.	24.7	7.6	24.6	1	3.6	57.3
4:37 p. m.	24.7	7.7	26	1	4.5	57.4
5:10 p. m.	24.6	8.3	24.8	1	2.8	53.4
6:00 p. m.	24.7	1.2	25.9	1	0.6	51.3

Tabla Día N° 9

<b>Hora</b>	<b>V (voltaje)</b>	<b>MPPT Corriente (sólido)</b>	<b>Inversor Corriente (sólido)</b>	<b>Estado On/Off</b>	<b>Corriente del PV</b>	<b>Producción de los Paneles</b>
08:45 a.m.	28.4	0	0	0	0	68.8
09:10 a.m.	25.8	12.5	22.5	1	4	58.5
09:45 a.m.	25.2	15.1	24.5	1	5.1	58.4
10:30 a.m.	25.2	15.3	24.3	1	5.6	58
11:10 a.m.	26.3	17.6	25.3	1	6.6	57.2
11:40 a.m.	25.2	19.9	25,3	1	8	56.7
12:20 p.m.	26.3	20	24.7	1	8.7	63.4
12:45 p.m.	25.6	19.7	25.8	1	8.8	63.2
1:25 p.m.	25.5	21.4	25.1	1	8.9	62.5
1:50 p.m.	25.5	20.1	25.3	1	9.4	62.3
2:15 p.m.	25.4	20.2	25.4	1	9.8	61.3
2:40 p.m.	25.4	21.5	24.9	1	10.4	56
3:00 p.m.	25.2	13	25.6	1	5.8	56.2
3:40 p.m.	24.8	7.5	24.5	1	3.5	56.2
4:00 p.m.	24.7	7.6	24.8	1	3.7	57.3
4:40 p.m.	24.7	7.7	26.1	1	4.5	57.4
5:30 p.m.	24.6	8.1	24.9	1	2.8	53.3
6:00 p.m.	24.5	1.3	25.6	1	0.6	51.3

Tabla Día N° 10

<b>Hora</b>	<b>V (voltaje)</b>	<b>MPPT Corriente (sólido)</b>	<b>Inversor Corriente (sólido)</b>	<b>Estado On/Off</b>	<b>Corriente del PV</b>	<b>Producción de los Paneles</b>
1:00 p. m.	27.1	0	0	0	0	69.7
2:00 p. m.	26	20.1	25	1	8.7	62.9
2:30 p. m.	25.6	20.2	25	1	8.5	63.3
2:55 p. m.	25.5	20	25.1	1	8.5	63.1
3:12 p. m.	25.4	20.2	25.2	1	8.4	62.5
3:25 p. m.	25.4	20.1	25.1	1	8.5	62.4
3:45 p. m.	25.5	20.1	25.1	1	8.7	61.3
4:13 p. m.	25.3	18.2	25.3	1	8.6	56
4:30 p. m.	25.2	14.3	25.5	1	6.5	56.3
4:45 p. m.	25.1	11.8	25.5	1	5.5	56.4
5:00 p. m.	25	9.4	25.6	1	4.2	57.3
5:20 p. m.	24.9	6.5	25.7	1	3	57.5
5:45 p. m.	24.7	1.6	25.9	1	0.7	53.4
6:00 p. m.	24.7	1.2	25.9	1	0.6	51.4

Tabla Día N° 11

<b>Hora</b>	<b>V (voltaje)</b>	<b>MPPT Corriente (sólido)</b>	<b>Inversor Corriente (sólido)</b>	<b>Estado On/Off</b>	<b>Corriente del PV</b>	<b>Producción de los Paneles</b>
12:00 a. m.	27.2	0	0	0	0	69.7
2:20 p. m.	26.2	20.1	24.8	1	8.9	62.6
2:40 p. m.	25.8	20	24.9	1	8.7	62.9
3:00 p. m.	25.7	20.1	25.1	1	8.7	62.1
3:20 p. m.	25.9	20	25.9	1	8.7	61.8
3:40 p. m.	25.5	20.1	25.9	1	9	59
4:00 p. m.	25.3	15.7	26	1	7.5	57.2
4:20 p. m.	25.2	13.8	26.1	1	6.2	56.5
4:40 p. m.	25.1	10.5	26.2	1	4.5	57.3
5:00 p. m.	25	6.7	26.3	1	3.1	57.2
5:30 p. m.	24.7	3.7	26.5	1	1.6	56.3
6:00 p. m.	24.5	0.6	26.7	1	0.3	52.2

## CAPITULO V: DISEÑO Y SOPORTE

### 5.1 Soporte para el Sistema Fotovoltaico

Para el montaje del sistema se diseñó, una estructura de aluminio en el cual se va a colocar los paneles solares, a su vez formar un ángulo de inclinación de  $45^\circ$  para una estructura y la otra un ángulo de inclinación de  $5^\circ$ .

Como se ilustra en la siguiente imagen la base de aluminio utilizadas.



*Figura N ° 36 Estructura de Panel Solar de  $5^\circ$ , 45*

Vista del modelo de soporte con sus respectivas medidas.

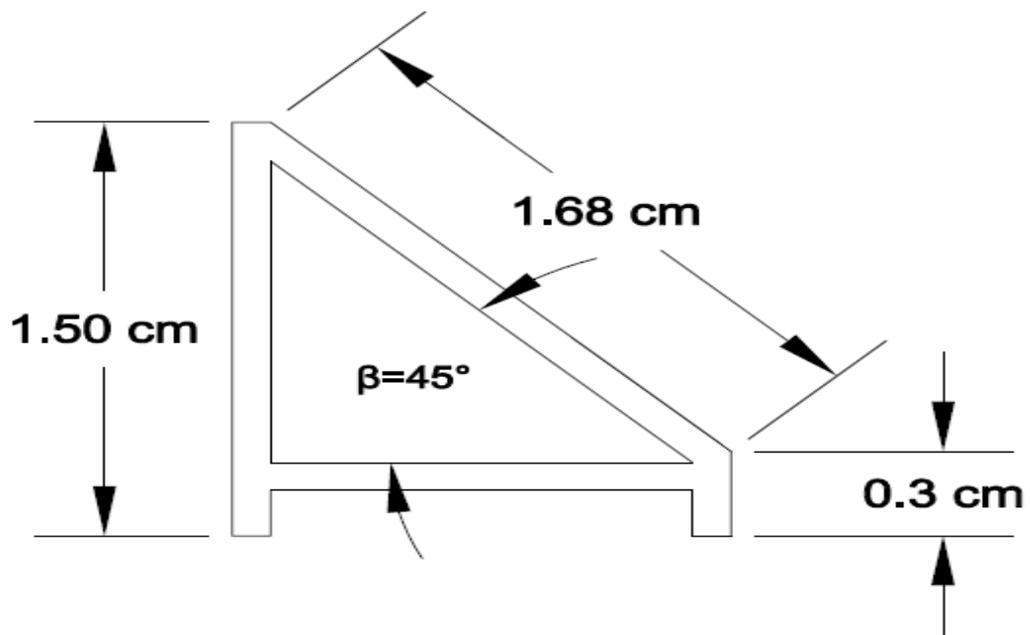


Figura N ° 37 Vista Lateral de Estructura para Panel Solar a un Ángulo De  $45^\circ$

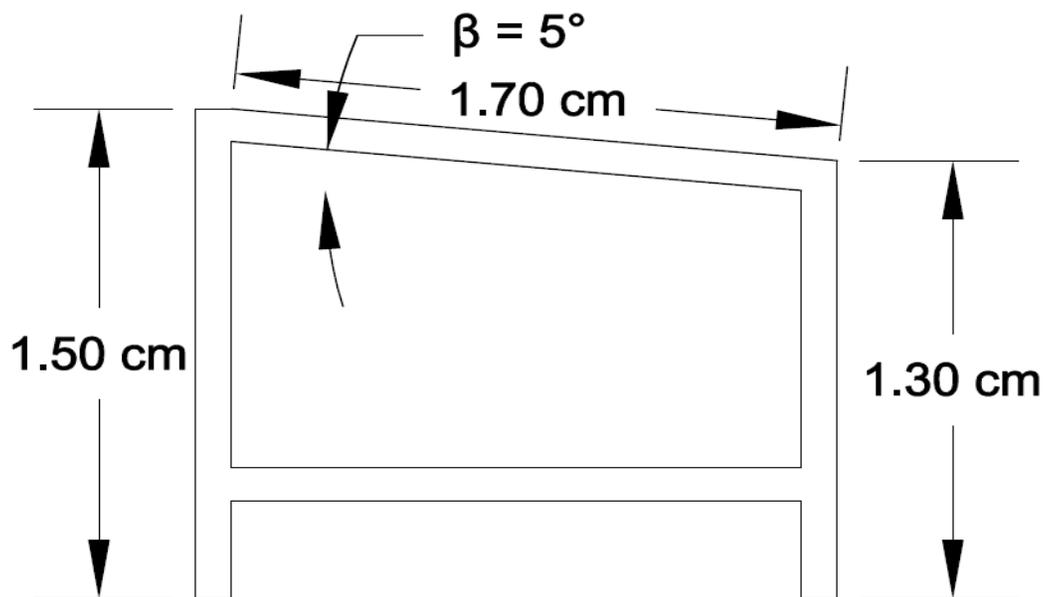


Figura N ° 38 Vista Lateral de Estructura para Panel Solar a un Ángulo de  $5^\circ$

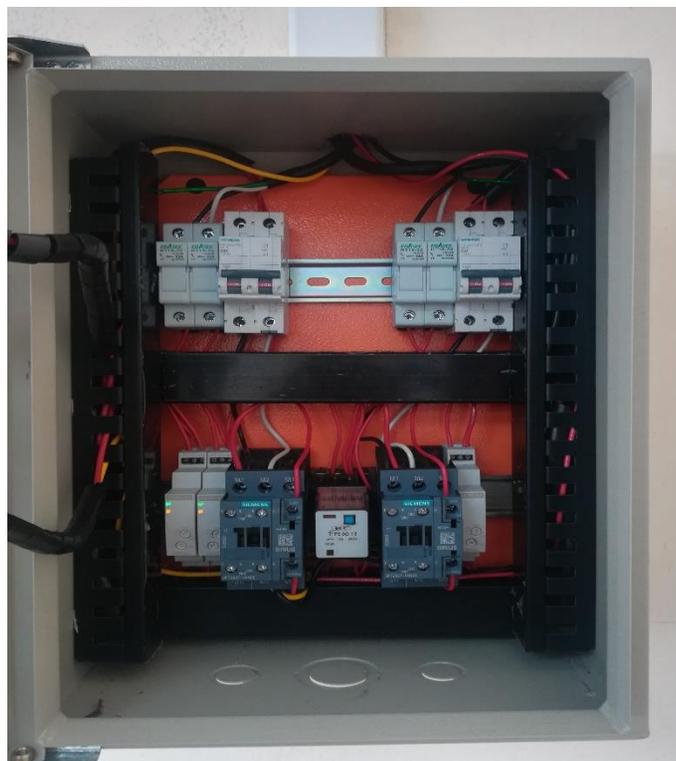
## 5.2 Sistema de Transferencia

Un sistema de transferencia es una unidad que se instala, para que actúe al momento de presentarse una falla en el suministro eléctrico, se accione automáticamente.

La transferencia automática es muy útil para las plantas eléctricas, estos sistemas garantizan la seguridad del personal, funcionamiento de equipos y maquinarias para los procesos industriales. Estos sistemas tienen la ventaja de adaptarse a las necesidades de los clientes, ya que su programación de encendido o apagado se puede configurar o programar.

En este caso el sistema de transferencia instalado tiene como fuente principal la energía del sistema fotovoltaico y como fuente secundaria tiene la red de suministro eléctrico, en el momento que el sistema fotovoltaico llegase a fallar, entraría en ejecución el sistema de red de suministro eléctrico.

Una vez dado con la falla del sistema de generación fotovoltaica, el sistema de transferencia volverá a su normalidad desactivando la fuente secundaria y dándole paso a la fuente primaria.



*Figura N° 39 Tablero de Transferencia Automático*

### 5.3 Componente que está formado el Sistema de Transferencia

- ✓ 1 tablero eléctrico de 40 x 30 x 20
- ✓ 2 contactores (siemens) 120 V/ 32 A
- ✓ 3 temporizadores (siemens) 120 V
- ✓ 2 porta fusible (siemens) 120 V/ 32 A
- ✓ 2 breaker (siemens) 120 V/ 32 A
- ✓ 1 relé auxiliar (siemens) 120 V/ 30 A
- ✓ 2 luces pilotos color verde (Schneider) 120 V
- ✓ 1 Luz piloto color amarillo (Schneider) 120 V

### 5.4 Diseño y Diagrama Eléctrico del Sistema de Transferencia Manual y Automático

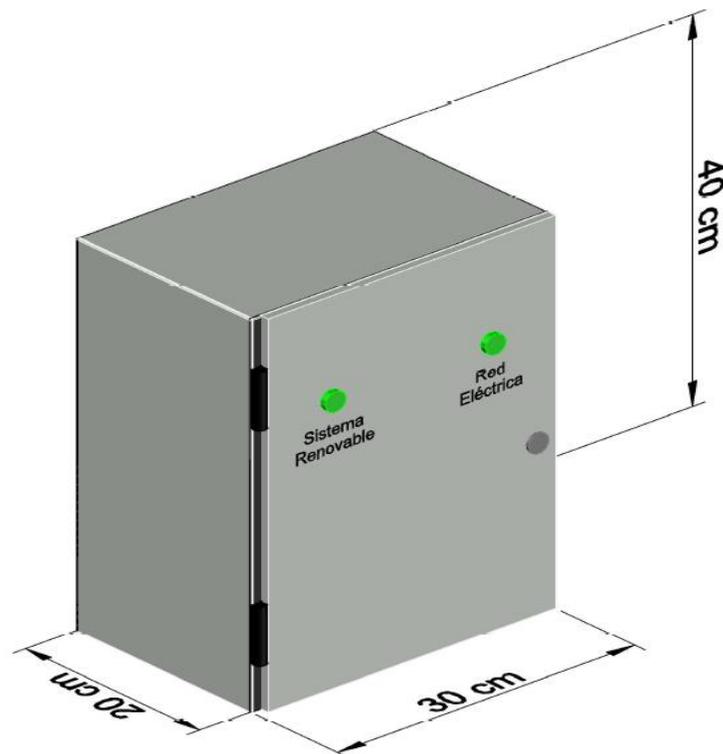


Figura N ° 40 Tablero de Transferencia

### Diagrama de control sistema de generación

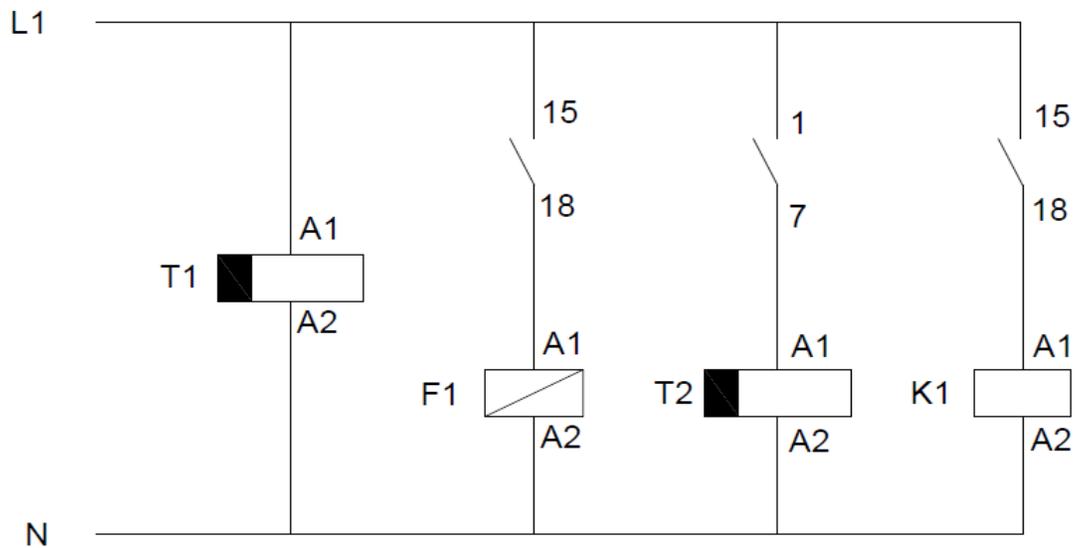


Figura N ° 41 Diagrama de Control (FV)

### Diagrama de control Red de suministro eléctrico

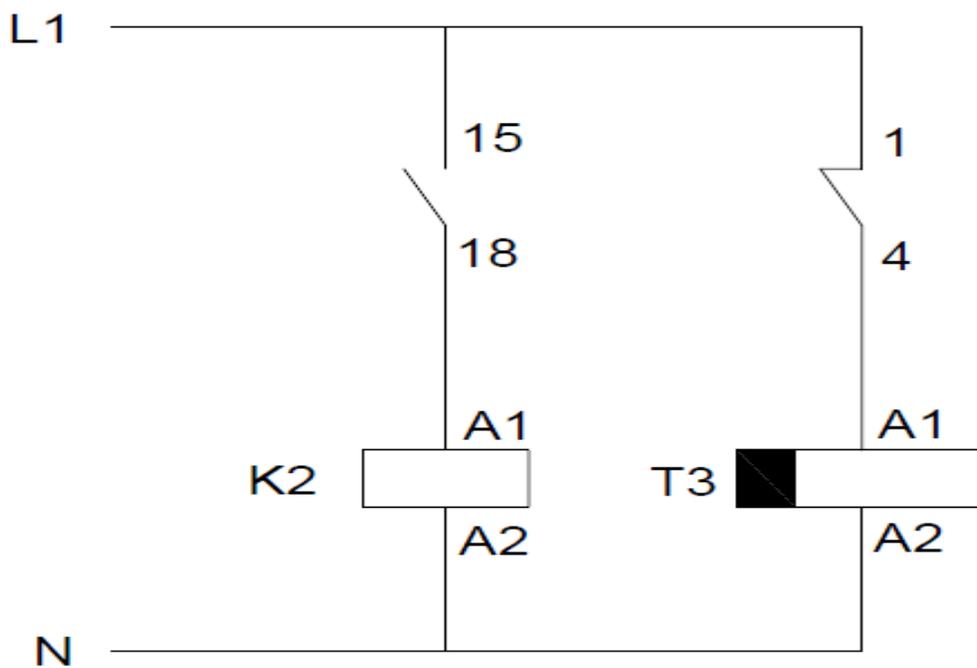
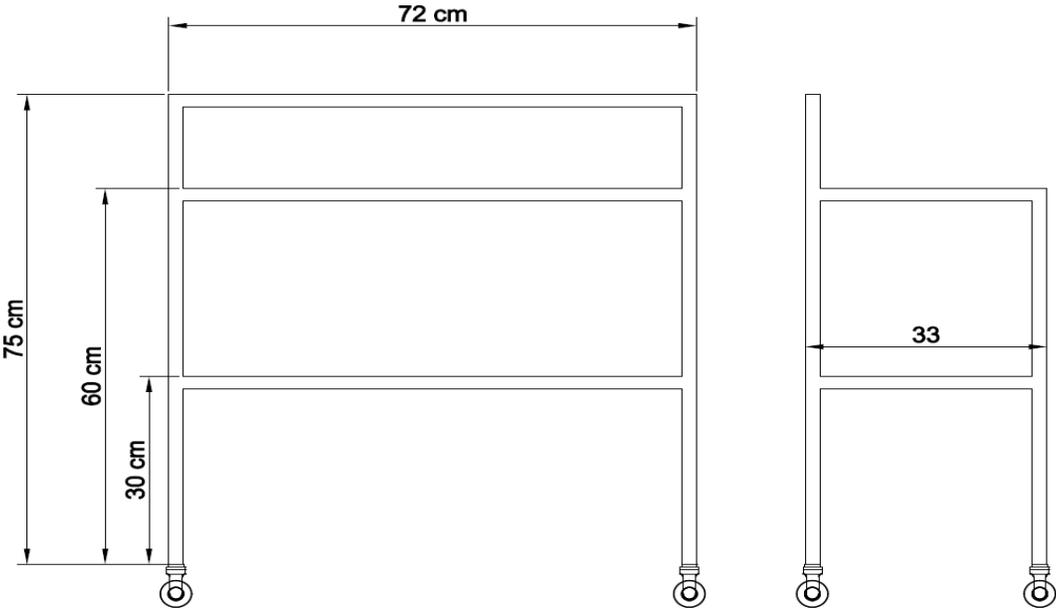
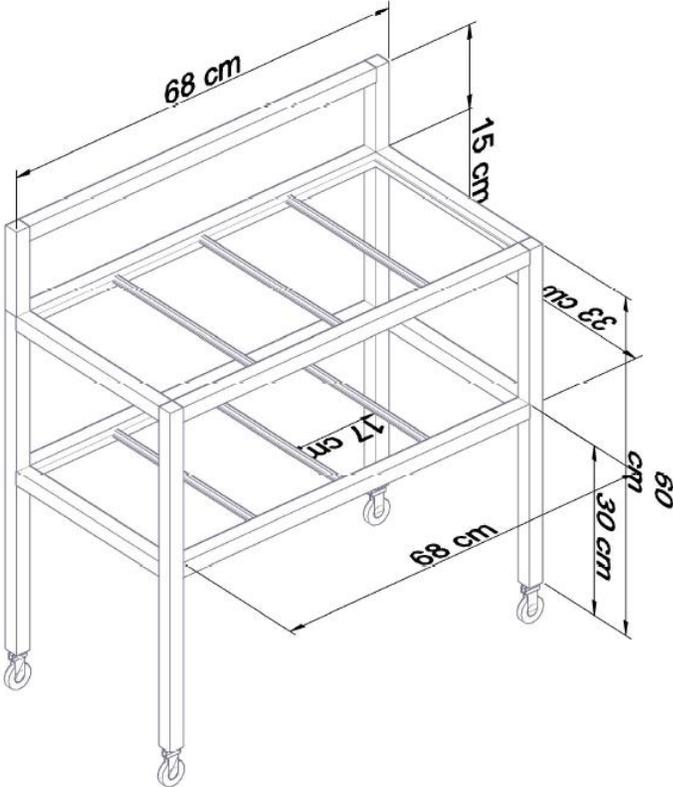


Figura N ° 42 Diagrama de Control (R.E)

**5.5 Estructura de Banco de Baterías**



*Figura N ° 43 Estructura del banco de baterías, vista frontal y vista lateral*



*Figura N ° 44 Estructura del Banco de Baterías en 3D*

Tabla N ° 5 Presupuesto

<b>Cantidad</b>	<b>Nombre del equipo</b>	<b>Precio</b>
2	Panel Solar 285 W	\$371,70
2	Panel Solar 265 W	\$363,00
1	Regulador	\$141,12
4	Baterías	\$995,00
1	Inversor	\$441,00
<b>Total</b>	<b>\$ 2,308.82</b>	

## CONCLUSIONES

- ✓ El presente trabajo mediante el software computacional PVsyst obtuvimos una metodología para el diseño de un sistema de paneles fotovoltaicos autónomo o independiente, proporcionándonos un patrón que permite la gestión de un sistema de abastecimiento eléctrico y a su vez sea capaz proveer sustentabilidad energética en un delimitado Sector de Guayaquil – Ecuador.
- ✓ La energía proporcionada se transfiere de forma óptima, eficiente y confiable al ser generada a través de paneles solares, mediante los resultados se obtuvo un valor superior al 91% de nuestra potencia producida del sistema fotovoltaica.
- ✓ La radiación solar expone valores altos para el uso de paneles fotovoltaicos, de tal manera que los valores de radiación solar son factibles y viables para su implementación, a consecuencia de que tiene las características necesarias para poder generar, implementar y captar energía solar el cual será de gran aporte para nuestro laboratorio de energía renovable en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil (Campus Centenario).
- ✓ El uso del software PVsyst 7.0 para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico aislado ha sido de mucho provecho, pues ayudo a ejecutar el dimensionamiento y diseño del sistema fotovoltaico de manera rápida y práctica, a su vez nos sirvió de gran ayuda para comparar los resultados obtenidos mediante cálculo matemáticos del dimensionamiento.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Es de mucha importancia la selección de cada elemento o componente de alta gama en condiciones nominales de operación para que nuestro sistema fotovoltaico opere de manera óptima en determinado tiempo en valores de productividad.
- ✓ En proyectos futuros se surgiere realizar el correcto dimensionamiento de los cables ya que se va a aumentar la capacidad y carga del sistema.
- ✓ Es recomendable un buen dimensionamiento para la vida útil de los componentes del sistema fotovoltaico, para una mayor precisión optima se prefiere trabajar con datasheet de cada componente de nuestro sistema para un mejor análisis y por lo tanto una vida más obsoleta a nuestros componentes.
- ✓ Es de mucha importancia tomar en cuenta la distancia de recorrido del cableado de nuestro sistema fotovoltaico ya que reducirá las pérdidas de cada componente u elemento del sistema mejorando la eficiencia y la confiabilidad del sistema, la climatización también es un factor importante para nuestro sistema.
- ✓ Es de vital importancia realizar mantenimiento a los módulos fotovoltaicos ya que esto están a la intemperie, puesto que está expuesto a distintos cambios de climas dependiendo de su ubicación.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Lata-García, F. Jurado, L. M. Fernández-Ramírez, and H. Sánchez-Sainz, “Optimal hydrokinetic turbine location and techno-economic analysis of a hybrid system based on photovoltaic/hydrokinetic/hydrogen/battery,” *Energy*, vol. 159, pp. 611–620, Sep. 2018, doi: 10.1016/j.energy.2018.06.183.
- [2] E. Mera and B. Emmanuel, “Gestión Empresarial Industrial Tema ;,” 2017.
- [3] “Item 1004/781 | Repositorio CIMAV.”.
- [4] P. De et al., “ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA Previa a la obtención del Título de: INGENIERA MECÁNICA.”
- [5] F. De et al., “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE.”
- [6] M. Automotriz, R. Guerrero Nilo Javier, and I. M. Adrián Xavier Sigüenza Reinoso Sc, “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero "DISEÑO DE UN SISTEMA REGENERATIVO DE CARGA DE BATERÍAS CON PANELES SOLARES PARA UN VEHÍCULO ELÉCTR,” 2018.
- [7] S. Guayaquil, A. Andrés, R. Párraga, J. Washington, and V. Sánchez, “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA PROYECTO DE TITULACIÓN.”
- [8] “INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA "IMPLEMENTACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS EN EL.”

- [9] M. Moro, “Instalaciones solares fotovoltaicas.” 2010.
- [10] C. Alvarado, Diseño y construcción de un sistema de iluminación autosustentable fotovoltaico para una parada de buses y su valla informativa del sistema integrado de transporte de Cuenca. 2015.
- [11] M. Alonso Abella, “Dimensionado de Sistemas Fotovoltaicos autónomos - Master en Energías Renovables y Mercado Energético Escuela de Organización Industrial,” p. 15, 2011, [Online]. Available: [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:45340/componente45338.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45340/componente45338.pdf).
- [12] CONELEC Consejo Nacional de Electricidad, “Atlas Solar Del Ecuador Con Fines De Generación Eléctrica,” Corporación para la Investig. Energética, p. 51, 2008, [Online]. Available: <http://energia.org.ec/cie/wp-content/uploads/2017/09/AtlasSolar.pdf>.
- [13] D. D. I. Eléctrica, “Ingeniería Técnica Industrial Especialidad en Electrónica Industrial PROYECTO FIN DE CARRERA Diseño de INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE VIVIENDA Autor : JOSÉ GALLARDO CALDERÓN Tutor : César Domínguez Domínguez.”
- [14] R. A. Sánchez, “Proyecto De Instalación Fotovoltaica de 5.8MW para la Generación de Energía Eléctrica,” 2016.
- [15] I. B. Sardinero, “Instalación solar fotovoltaica conectada a red sobre la azotea de una nave industrial .,” pp. 1–153, 2009, [Online]. Available: [http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/6063/PFC\\_Israel\\_Blanco\\_Sardinero.pdf?sequence=1](http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/6063/PFC_Israel_Blanco_Sardinero.pdf?sequence=1).
- [16] A. Molina and F. Martinez, “Modelo de Generación Fotovoltaica,” Explor. Sol., p. 13, 2017, [Online]. Available: <http://ernc.dgf.uchile.cl:48080/downloads/fotovoltaico.pdf>.
- [17] “¿Qué es y cómo se calculan el ángulo de acimut y el ángulo de inclinación en las instalaciones solares fotovoltaicas? | Aprende Ciencia y Tecnología.” <https://aprendecienciaytecnologia.com/2019/12/03/que-es-y-como-se-calculan-el-angulo-de->

acimut-y-el-angulo-de-inclinacion-en-las-instalaciones-solares-fotovoltaicas/ (accessed Oct. 26, 2020).

[18] E. S. De Ingeniería, Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto, vol. 11. 2017.

[19] O. Ortega and A. Boada, “Procedimiento Técnico Para La Implementación De Microcentrales Eléctricas Utilizando Paneles Fotovoltaicos,” Tesis, pp. 1–213, 2013, [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>.

[20] R. Rueda Montoya, “Universidad nacional pedro ruiz gallo,” Rueda Montoya, Rudsvi. 2018. “Universidad Nac. Pedro Ruiz Gall. 1–250., pp. 1–250, 2018, [Online]. Available: <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/3424/BC-TES-TMP-2247.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

[21] Oña L., “Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito,” Tesis, pp. 1–100, 2013, [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>.