



**UNIVERSAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE GUAYAQUIL**  
**CARRERA DE ELECTRICIDAD**

**COMPORTAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN  
PRESENCIA DE CARGAS NO LINEALES**

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

**AUTORES:** STEVEN MIGUEL ATIENCIA PAZMIÑO

LUIS FRANCISCO ORTIZ SANTANA

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

Guayaquil - Ecuador

2022

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

Nosotros, Steven Miguel Atiencia Pazmiño con documento de identificación N° 0950089961 y Luis Francisco Ortiz Santana con documento de identificación N° 0940336258; manifestamos que:

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

Guayaquil, 06 de septiembre del año 2022

Atentamente,

  
Steven Miguel Atiencia Pazmiño  
0950089961

  
Luis Francisco Ortiz Santana  
0940336258

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

Nosotros, Steven Miguel Atiencia Pazmiño con documento de identificación No. 0950089961 y Luis Francisco Ortiz Santana con documento de identificación No. 0940336258, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos los autores del proyecto técnico: “Comportamiento de un sistema fotovoltaico en presencia de cargas no lineales.”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana Guayaquil, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Guayaquil, 06 de septiembre del año 2022

Atentamente,

  
Steven Miguel Atiencia Pazmiño

0950089961

  
Luis Francisco Ortiz Santana

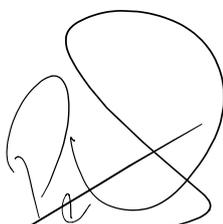
0940336258

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Pedro Osvel Nuñez Izaguirre** con documento de identificación N°. 0959927153, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “COMPORTAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN PRESENCIA DE CARGAS NO LINEALES” realizado por, Steven Miguel Atiencia Pazmiño con documento de identificación N° 0950089961 y por Luis Francisco Ortiz Santana con documento de identificación N° 0940336258, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de proyectos técnicos que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 06 de septiembre del año 2022

Atentamente,



---

Ing. Pedro Osvel Nuñez Izaguirre, MSc.

0959927153

## **DEDICATORIA**

Agradezco a Dios por ser siempre mi guía y compañero a lo largo de mi existencia, otorgándome sapiencia y perseverancia para alcanzar mis metas planteadas con éxito. A mis padres y hermanos que siempre me apoyan y me ayudan incondicionalmente. Quienes creen en mí, siendo muestra de progreso, disciplina y abnegación; enseñándome a apreciar todo lo que poseo.

También, le doy gracias a mi novia por comprenderme en todo, por estar hay en mis momentos más difíciles, por preocuparse por mí y siempre desear lo mejor para mi futuro. Agradezco a todos quienes me han apoyado a lo largo de mi carrera, tanto en el trabajo como en la universidad, gracias a todos por su continuo apoyo.

Estoy en deuda por este nuevo logro con ustedes, personas amables, amorosas, por ser la alegría de mi vida, les dedico mi tesis.

**STEVEN MIGUEL ATIENCIA PAZMIÑO**

## **DEDICATORIA**

Me siento agradecido con mi padre celestial por ser mi guía y acompañarme en este tiempo de juventud, brindarme la salud necesaria, el trabajo y la compañía de mis seres queridos. Gracias a las metas trazadas con el apoyo de mi esposa, mis padres, mi familia y las personas que me dieron la oportunidad de superarme. Todos quienes me ayudaron a superar cada obstáculo aportando de manera positiva en mi existencia, les quiero agradecer a cada uno de ellos por sus palabras de aliento su apoyo incondicional en cada momento de desánimo y contrariedad.

Por los que están, han estado y seguirán estando, dándome apoyo brindado oportunidades, compartiendo juntos los mejores consejos, a los docentes a mis compañeros y amigos a mi madre postiza que quien yo no está pero que desde el cielo me va a estar viendo y quiero rendir homenaje mediante este documento a cada uno de ellos.

Este logro es dedicado a mi esposa la Sra. Nicole Olaya a mi madre la Sra. María Santana mi padre el Sr. Juan Ortiz y en especial a la Sra. Mariana Montoya quien siempre le decía Ud. va a estar en mi graduación y ahora está en el cielo.

**LUIS FRANCISCO ORTIZ SANTANA**

## RESUMEN

Este trabajo de tesis presenta como relevancia el estudio del comportamiento de un Sistema Fotovoltaico Autónomo (SFA) en presencia de cargas no lineales mediante el esquema y ejecución de un panel fotovoltaico para ensayos. Con la finalidad de dejar legado a la futura comunidad universitaria en cuanto a estudios de cargas no lineales mediante el uso del analizador de redes siendo en este caso el FLUKE 435 para poder visualizar la tasa de incidencia armónica las curvas de tensiones las curvas de corrientes y el funcionamiento de todo el sistema, se prioriza el estudio con cargas no lineales ya que en la actualidad proliferan en casi todos los sistemas eléctricos y cada día va aumentando más su uso.

Por lo que, se diferencia de un sistema interconectado a la red de un sistema autónomo para medir su principio de funcionamiento y en los componentes relacionados a cada parte del sistema, también se muestra en el sistema fotovoltaico cada uno de sus componentes, cada paso en la instalación y el proceso para llegar a los resultados del estudio. Se muestran los resultados de las cargas utilizadas en curvas en un intervalo de tiempo que varían en cuanto al tipo de carga y parámetros eléctricos que están presentes como la tensión corriente y potencia para observar la eficiencia de cada uno de los elementos del sistema.

**Palabras claves:** Sistema Fotovoltaico Autónomo (SFA), armónicos, cargas no lineales, paneles, radiación, acumuladores, regulador, inversor.

## ABSTRACT

This thesis work presents as relevance the study of the behavior of an Autonomous Photovoltaic System (SFA) in the presence of nonlinear charges through the design and implementation of a photovoltaic test panel. For the purpose of leaving legacy to the future university community as for studies of not linear charges by means of the use of the analyzer of networks being in this case the FLUKE 435 to be able to visualize the valuation of harmonic incidence the tension curves the curves of voltage and the functioning of the whole system, the study with non-linear charges is prioritized since at present they proliferate throughout almost all electrical systems and every day their use is increasing more.

Therefore, it differs from a system interconnected to the network of an autonomous system to measure its operating principle and in the components related to each part of the system, each of its components is also shown in the photovoltaic system, each step in the installation and the process to arrive at the results of the study. The results of the loads used in curves are shown in a time interval that vary in terms of the type of load and electrical parameters that are present, such as current voltage and power, to observe the efficiency of each of the elements of the system.

**Keywords:** Autonomous Photovoltaic System (SFA), harmonics, nonlinear loads, panels, radiation, accumulators, regulator, inverter.

## ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	IV
DEDICATORIA.....	V
DEDICATORIA.....	VI
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
INTRODUCCIÓN.....	16
CAPÍTULO I.....	2
1. PROBLEMA DE ESTUDIO.....	2
1.1. Título.....	2
1.2. Problemática.....	2
1.3. Antecedentes.....	2
1.4. Justificación.....	3
1.5. Delimitación.....	3
1.6. Beneficiarios.....	4
1.7. Objetivos.....	4
CAPITULO II.....	4
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Cargas no lineales.....	4
2.2. Disturbios externos a la red.....	5

2.3 Huecos de tensión .....	5
2.4. Armónicos .....	6
2.5. Equipos distorsionadores.....	9
2.6 Parámetros eléctricos .....	10
2.7. Energías renovables .....	11
2.8 Energía solar .....	11
2.9. Conceptos básicos de la energía solar fotovoltaica .....	13
2.10. Paneles o módulos fotovoltaicos. ....	17
2.11. Partes de un ISF .....	21
2.12. Protecciones eléctricas para sistemas fotovoltaicos .....	36
2.13. Política Energética Ecuatoriana.....	39
2.14. Analizador de redes.....	42
CAPITULO III .....	44
3. MARCO METODOLÓGICO .....	44
3.1 Antecedentes.....	44
3.2. Criterios en general para el análisis del proyecto a implementar en la Universidad Politécnica Salesiana.....	44
3.3. Cálculos generales del sistema a implementar.....	45
3.4. Diseño metálico de la estructura para el sistema fotovoltaico.....	51
CAPITULO IV .....	57
4. PRUEBAS & RESULTADOS .....	57
4.1. Datos del sistema a vacío. ....	57
4.2 Datos de las cargas.....	58
4.3. Pruebas con equipo analizador de redes 435 II FLUKE .....	59
4.3.1. Pruebas de armónicos.....	59
4.3.2. Prueba de curvas de tensión .....	61
4.3.3. Prueba de curvas de corriente.....	63

CAPITULO V .....	68
5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	68
6. PRESUPUESTO .....	69
CAPITULO VI.....	70
7. CONCLUSIONES .....	70
8. RECOMENDACIONES .....	71
CAPITULO VII.....	71
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	71
10. ANEXOS.....	74

## ÍNDICE DE FIGURA

FIGURA. 1 UBICACIÓN ESTRATÉGICA DEL PROYECTO.....	3
FIGURA. 2 HUECOS DE TENSIÓN (DONSION.ORG).....	6
FIGURA. 3 CURVAS DE CORRIENTE Y TENSIÓN PARA UNA LÁMPARA CON BALASTO (BERASATEGUI ET AL., 2019).....	7
FIGURA. 4 CURVA DE CORRIENTE Y TENSIÓN PARA UNA LÁMPARA CON ELECTRÓNICA SIN FILTRO (BERASATEGUI ET AL., 2019) .....	7
FIGURA. 5 CURVA DE CORRIENTE Y TENSIÓN PARA UNA LÁMPARA CON ELECTRÓNICA CON FILTRO (BERASATEGUI ET AL., 2019) .....	8
FIGURA. 6 ENERGÍAS RENOVABLES (LEVITE.ES) .....	11
FIGURA. 7 PLANO DE RADIACIÓN SOLAR DEL MUNDO .....	16
FIGURA. 8 CELDA FOTOVOLTAICA.....	16
FIGURA. 9 SISTEMA CONECTADO A LA RED (A) INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AUTÓNOMA (ELEC_01) .....	17
FIGURA. 10 CENTRAL FV SEPARADA EN EL DESIERTO DE NEVADA (ELEC_01). 18	
FIGURA. 11 HUERTO SOLAR (ELEC_01) .....	19
FIGURA. 12 EDIFICACIÓN FOTOVOLTAICO (ELEC_01) .....	20
FIGURA. 13 EQUIPOS DE LA RED (ELEC_01).....	21
FIGURA. 14 CORTE TRANSVERSAL SF (OTOSECTION) .....	22

FIGURA. 15 PRIMORDIALES CARACTERÍSTICAS SF Y BOSQUEJO TÍPICO DE SU ELABORACIÓN (ORTIZ Y CHACÓN, 2018) .....	23
FIGURA. 16 EJEMPLOS DE CONEXIÓN DE PANELES SOLARES (VITRON ENERGY) .....	26
FIGURA. 17 PARÁMETROS FUNDAMENTALES DE LA CÉLULA SOLAR (AUTOR) .....	27
FIGURA. 18 CONTROLADOR MPPT (VICTRON ENERGY) (AUTOR) .....	28
FIGURA. 19 CONEXIÓN DEL REGULADOR (ELEC_01) .....	29
FIGURA. 20 BOSQUEJO DE CONEXIÓN DEL REGULADOR MPPT (BUELE) .....	30
FIGURA. 21 BOSQUEJO DE BLOQUES DEL REGULADOR MPPT (BUELE) .....	30
FIGURA. 22 INDICADORES LED (VICTRON ENERGY) .....	31
FIGURA. 23 BOSQUEJO DE UNA CREACIÓN LIBRE CON INVERSOR (ELEC_01) ...	34
FIGURA. 24 INVERSOR VICTRON ENERGY 12/250 (AUTOR) .....	34
FIGURA. 25 CONEXIÓN A BATERÍA (VICTRON ENERGY) .....	36
FIGURA. 26 FUSIBLES DC Y AÉREOS (SOLARTIK) .....	37
FIGURA. 27 LLAVE DE CORTE E INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO VCC (SOLARTIK) .....	37
FIGURA. 28 PROTECTOR DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS 500VCC-LKTD2-PV500 (SOLARTIK) .....	38
FIGURA. 29 PROTECTOR DE DESCARGA ATMOSFÉRICAS 385VCA-ADM5-2P (SOLARTIK) .....	39
FIGRA. 30 INDAGADOR DE EFICACIA ELÉCTRICA Y ENERGÍA 435-II DE FLUKE (FLUKE) .....	43
FIGURA. 31 RADIACIÓN SOLAR EN ECUADOR (GIS).....	47
FIGURA. 32 ESTRUCTURA METÁLICA PARA EL SFA .....	52
FIGURA. 33 PANEL SOLAR-REGULADOR (AUTOR).....	52
FIGURA. 34 BATERÍAS-REGULADOR (AUTOR).....	53
FIGURA. 35 REGULADOR-INVERSOR (AUTOR).....	53
FIGURA. 36 MONTAJE DE EQUIPOS (AUTOR).....	53
FIGURA. 37 CONEXIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN (AUTOR) .....	56
FIGURA. 38 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL EQUIPO 435-II DE FLUKE (AUTOR). .....	56
FIGURA. 39 DATOS EN TIEMPO REAL APLICACIÓN MÓVIL (VISTRON ENERGY) (AUTOR) .....	57

FIGURA. 40 PRUEBA DE ARMONICOS CARGA 1 .....	59
FIGURA. 41 PRUEBA DE ARMONICOS CARGA 2 .....	60
FIGURA. 42 PRUEBA DE ARMONICOS CARGA 3 .....	60
FIGURA. 43 PRUEBA DE ARMONICOS CARGA 1, 2 Y 3 .....	61
FIGURA. 44 PRUEBA DE CURVA DE TENSIÓN CARGA 1 .....	61
FIGURA. 45 PRUEBA DE CURVA DE TENSIÓN CARGA 2 .....	62
FIGURA. 46 PRUEBA DE CURVA DE TENSIÓN CARGA 3 .....	62
FIGURA. 47 PRUEBA DE CURVA DE TENSIÓN CARGA 1, 2 Y 3.....	63
FIGURA. 48 PRUEBAS DE CURVAS DE TENSIÓN CARGA 1 .....	63
FIGURA. 49 PRUEBAS DE CURVAS DE TENSIÓN CARGA 2 .....	64
FIGURA. 50 PRUEBAS DE CURVAS DE TENSIÓN CARGA 3 .....	64
FIGURA. 51 PRUEBAS DE CURVAS DE TENSIÓN CARGA 1, 2 Y 3 .....	65
FIGURA. 52 RESULTADO DE CONSUMO CARGA 1 VENTILADOR .....	65
FIGURA. 53 RESULTADO DE CONSUMO CARGA 2 LÁMPARA LED.....	66
FIGURA. 54 RESULTADO DE CONSUMO CARGA 3 LAPTOP .....	66
FIGURA. 55 RESULTADO DE CONSUMO CARGA 1, 2 Y 3 .....	67
FIGURA. 52 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA ELABORACIÓN DEL PANEL FOTOVOLTAICO .....	68

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 TIPOS DE CELDAS CONCEPTO Y ELABORACIÓN. ....	25
TABLA 2 VARIOS ORDENADORES (ELEC_01) .....	29
TABLA 3 CARACTERÍSTICA DE ALGUNOS ACUMULADORES (ELEC_01) .....	33
TABLA 4 ACUMULADORES OPERADOS (ELEC_01) .....	33
TABLA 5 PLANILLA DE CÁLCULO (AUTOR) .....	46
TABLA 6 DATOS DEL SISTEMA (AUTOR).....	57
TABLA 7 DATOS CARGA INDUTIVA (VENTILADOR) (AUTOR).....	58
TABLA 8 DATOS CARGA RESISTIVA (LED) (AUTOR) .....	58
TABLA 9 DATOS CARGA COMPUTADORA (AUTOR) .....	59

TABLA 10 COTIZACIÓN DE ANTÍTESIS DENOMINADA ANÁLISIS DE LAS CARGAS NO LINEALES ALIMENTADAS POR SISTEMAS FOTOVOLTAICOS (AUTOR) .....	69
---	----

## ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1 POTENCIA MÁXIMA DE UNA CÉLULA SOLAR (ELEC_01).....	26
ECUACIÓN 2 FORMULA DEL FACTOR FORMA (ELEC_01) .....	27
ECUACIÓN 3 CALCULO DE LA CAPACIDAD DEL PANEL (MUÑOZ) .....	45
ECUACIÓN 4 EFICIENCIA ELÉCTRICA (GONZALES) .....	46
ECUACIÓN 5 EFICIENCIA ELÉCTRICA (GONZALES) .....	47
ECUACIÓN 6 CÁLCULO DE LOS PANELES IMPRESCINDIBLES.....	48
ECUACIÓN 7 CÁLCULO DE LAS BATERÍAS (GONZALES) .....	48
ECUACIÓN 8 RESOLUCIÓN DEL CÁLCULO DE LAS BATERÍAS (AUTOR) .....	49
ECUACIÓN 9 CÁLCULO DEL NÚMERO DE BATERÍAS (GONZALES).....	49
ECUACIÓN 10 RESOLUCIÓN DEL CÁLCULO DE LOS NÚMERO DE BATERÍAS (AUTOR) .....	49
ECUACIÓN 11 CÁLCULO DEL INVERSOR (GONZALES).....	50
ECUACIÓN 12 CÁLCULO DEL REGULADOR (GONZALES) .....	50
ECUACIÓN 13 RESOLUCIÓN CÁLCULO DEL REGULADOR (AUTOR) .....	51
ECUACIÓN 14 POTENCIA ACTIVA O RESISTIVA (REAL) P (AUTOR) .....	54
ECUACIÓN 15 POTENCIA REACTIVA O INDUCTIVA Q (AUTOR).....	54
ECUACIÓN 16 POTENCIA APARENTE O TOTAL (COMPLEJA) S (AUTOR).....	54
ECUACIÓN 17 FACTOR DE POTENCIA FP (AUTOR) .....	54

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL REGULADOR SMART SOLAR (VICTRON ENERGY) .....	74
ANEXO 2 RESOLUCIÓN DE PROBLEMA (VICTRON ENERGY).....	75
ANEXO 3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL INVERSOR (VICTRON ENERGY) ..	76
ANEXO 4 SIGNIFICADO DE LOS LEDS (VICTRON ENERGY).....	77

ANEXO 5 PANEL 1 (AUTOR).....	78
ANEXO 6 PANEL 2 (AUTOR).....	79
ANEXO 7 PANEL 3 (AUTOR).....	80
ANEXO 8 PANEL 4 (AUTOR).....	81
ANEXO 9 PANEL 5 (AUTOR).....	82
ANEXO 10 PANEL 6 (AUTOR).....	83
ANEXO 11 PANEL 7 (AUTOR).....	84
ANEXO 12 PANEL 8 (AUTOR).....	85
ANEXO 13 CONEXIÓN DEL KIT FOTOVOLTAICO (AUTOR) .....	86
ANEXO 14 OBTENCIÓN DEL KIT FOTOVOLTAICO (AUTOR).....	86
ANEXO 15 AJUSTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO A LAS CARGAS NO LINEALES (AUTOR) .....	86
ANEXO 16 PREPARACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO (AUTOR) .....	86
ANEXO 17 CONSTRUCCIÓN DE LA BASE PARA EL SFA (AUTOR).....	87
ANEXO 18 MEDICIÓN DE LOS DIAPOSITIVOS AL SISTEMA FOTOFOLTAICO (AUTOR) .....	87
ANEXO 19 SUPERVISION DEL COMPORTAMIENTO DEL SFA (AUTOR).....	87
ANEXO 20 CONSTRUCCION DE LOS PANELES UBICACION (AUTOR).....	87
ANEXO 21 COLABORACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA UPS PARA LA IMPLEMENTACION DEL SFA (AUTOR) .....	88
ANEXOS 22 MONTAJE DEL SF EN LAS INTALACIONES DE LA UPS (AUTOR) .....	88
ANEXO 23 PUESTA DE MATERIALES A LA BASE (AUTOR) .....	88

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas fotovoltaicos son una opción posible en la actualidad, debido a que se siguen abaratando los precios de sus componentes y elementos. Cada vez más se van planteando nuevos estudios, conocimientos para bajar y sacar el mayor beneficio de su fijación como para sistemas autónomos y sistemas interconectados a la red (Ardilla & Gordillo, 2022). Además, es una elección de energía limpia, sostenible y desde luego rentable que se usa en electrificación de casas apartadas de la red eléctrica; en aplicaciones agrícolas (riego) y ganadería, señalética y comunicación; alumbrado eléctrico, sistemas de purificación de aguas, entre otros (Foro de la Industria Nuclear De España, 2022).

El análisis de esta tecnología en nuestra región no es tan reciente, por lo que apareció a partir de la década de los noventa y se intensificaron sus estudios queriendo minimizar la contaminación medioambiental que conlleva la utilización de combustibles fósiles (Arrieta & Puello, 2015). No obstante, esta tecnología se presentó previamente del año 2000, debido a que no se contaba con el razonamiento y los estudios que hoy contamos (Acosta, Cohen, & Suárez, 2009).

Por consiguiente, se busca comprender la conducta de un sistema fotovoltaico una vez que alimentamos diferentes cargas no lineales sabiendo que las mismas en la mayoría de los casos generan armónicos.

Ya que, son alimentadas por una tensión senoidal, en el que demandan una corriente distorsionada o no senoidal, en la cual tienen en su fase de ingreso (diodos, transistores, tiristores, IGBT, etc.) (Bermúdez, 2018). Es decir, son máquinas informáticas, variadores de velocidad, reguladoras de luz en el que contienen más del 50% de instalaciones modernas.

# CAPÍTULO I

## 1. PROBLEMA DE ESTUDIO

### 1.1. Título

Comportamiento de un sistema fotovoltaico en presencia de cargas no lineales.

### 1.2. Problemática

En la actualidad se está incrementando la inquietud por mejorar y aprovechar la energía eléctrica, tanto como fabricantes y beneficiarios. Sin embargo, la propagación de las cargas no lineales (mismas que consumen corriente no senoidal), hacen que cualquier red presente efectos negativos.

Otros autores han afirmado los similares problemas que pueden ocurrir en las instalaciones eléctricas como resultado del uso de cargas no lineales que en la actualidad se han ido acrecentando en varias instalaciones. Asimismo, se debe tomar en cuenta los efectos que tienen los armónicos en una red y averiguar la manera de atenuarlos o reducirlos. La falta de equipos de entrenamiento en la universidad en el área de energías renovables conlleva a la comunidad estudiantil de electricidad al desconocimiento del uso y comportamiento de los paneles eléctricos, así como los efectos de las cargas no lineales a los mismos.

En teoría las cargas no lineales pueden incrementar calor en los componentes del sistema sin operar su conector de protección contra sobre corriente por lo que se debería hacer un adecuado dimensionamiento del neutro. Una de las principales causas de ese sobrecalentamiento son los armónicos, que se presenta por los usuarios consumidores que tienen cargas no lineales y si dichos armónicos son de enorme intensidad tienen la posibilidad de llegar a influir a todo el sistema. Debido a la generación inherente de armónicos las cargas no lineales, presentan una alta deformación producida en la corriente que reciben a las líneas y la demanda alterna.

### 1.3. Antecedentes

La Universidad Politécnica Salesiana en conjunto con la carrera de Electricidad y su visión de mejorar el laboratorio de Generación propone como iniciativa de los estudiantes realizar pruebas experimentales en módulos de pruebas y prácticas en cuanto al comportamiento de un sistema fotovoltaico en presencia de cargas no lineales. Para que la comunidad de la carrera eléctrica pueda obtener el conocimiento en clase con pruebas de simulación.

La universidad actualmente no cuenta con documentación de pruebas del comportamiento de módulos fotovoltaicos en presencia de cargas no lineales. Para la demanda de estudiantes que necesitan obtener los conocimientos necesarios para aplicarlos en el campo de trabajo.

Por esta razón para dejar un legado a nuestros futuros compañeros decidimos realizar el diseño y la implementación del presente estudio.

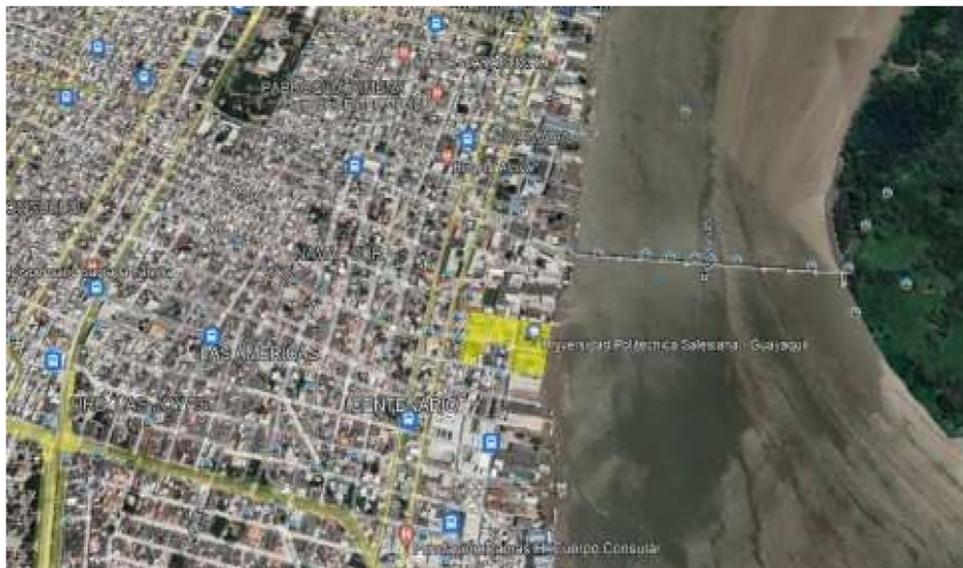
#### **1.4. Justificación**

Es importante analizar el funcionamiento del sistema fotovoltaico cuando alimenta cargas no lineales, esto aportara a la obtención de conocimientos en el diseño e implementación de tecnologías fotovoltaicas entre los educandos de la Universidad Politécnica Salesiana.

Con el uso de paneles de ensayos y prácticas, además del estudio de los efectos de los armónicos también podemos estudiar otros efectos y parámetros eléctricos como son las curvas de tensión y corrientes.

#### **1.5. Delimitación**

La ejecución del anteproyecto se llevará a cabo en el Campus Centenario de la Universidad Politécnica Salesiana de la ciudad de Guayaquil, el período de tiempo para realizarlo es de 6 meses.



**FIGURA. 1 UBICACIÓN ESTRATÉGICA DEL PROYECTO**

La Universidad Politécnica Salesiana cuenta con un área de 3.3702, dividido en sectores como Bloques A, B, C, D, E, F. El proyecto será instalado en el Bloque E.

## **1.6. Beneficiarios**

Los alumnos de la Universidad Politécnica Salesiana – sede Guayaquil, mismos que utilizarán los laboratorios para realizar las respectivas prácticas en los paneles fotovoltaicos.

## **1.7. Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar el comportamiento del sistema fotovoltaico cuando alimenta cargas no lineales.

### **Objetivos específicos**

- Diseñar un módulo de pruebas para un sistema fotovoltaico aislado (ASF).
- Implementar un módulo de pruebas para un sistema fotovoltaico aislado (ASF).
- Conectar al sistema cargas no lineales para determinar los parámetros eléctricos.
- Adquirir parámetros eléctricos a través de un equipo de adquisición de datos.

# **CAPITULO II**

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Cargas no lineales**

Las cargas no lineales son alimentadas por tensiones sinusoidales a través de corrientes distorsionadas o no sinusoidales. Las cargas no lineales tienen componentes electrónicos (diodos, transistores, tiristores, IGBT o transistores bipolares de puerta aislada, etc.) en sus etapas de entrada. Algunos ejemplos son equipos de cómputo, transistores, reguladores de luz, variadores de velocidad etc. Aportan más del 50% de la potencia instalada de las instalaciones modernas.

Los equipos eléctricos e informáticos de última tecnología en general, proveen un alto rendimiento en su funcionamiento y tareas en la actualidad. Sin embargo, a cambio de esto en su interior estos dispositivos son más complejos e incorporan componentes como conmutadores, rectificadores u otros elementos, que generalmente consumen una forma de onda de corriente que no es sinusoidal, sino más bien distorsionada.

En las cargas no lineales, la energía eléctrica no suele utilizarse tal y como es suministrada, se necesita el uso de circuitos rectificadores que proporcionen corriente continua y voltaje continuo en su salida, que permiten trabajar los dispositivos antes mencionados.

## **2.2. Disturbios externos a la red**

Los aportes individuales a las perturbaciones son poco incidentes, pero las degradaciones totales generadas por el usuario se compensan con las degradaciones específicas de la red. Descubrimos aparatos inductivos (motores y balastos), equipos con consumo no lineal (reguladores de voltaje, fuentes de suministro conmutados, hornos que producen arcos eléctricos, soldadores, controladores, variadores de velocidad) y más.

### **Las alteraciones ajenas a la red pueden ser:**

- Huecos de voltaje.
- Impulsos de voltaje.
- Alteraciones por armónicos (THD).
- Desequilibrios de voltaje.
- Alteraciones de frecuencia.
- Variaciones lentas de voltaje.
- Fluctuaciones de tensión (Flícker).

Seguramente los más usuales sucesos dentro del SEP son los huecos de tensión, apreciados como una caída de tensión imprevista, durante un breve intervalo de tiempo.

Otro disturbio frecuente en redes es la apreciación de armónicos. Estos se precisan con una curva de señal y onda con dígito entero en su fundamental frecuencia del sistema eléctrico (en Ecuador 60 Hz).

## **2.3 Huecos de tensión**

Se entiende como anomalía eléctrica que se origina de forma inesperada en un lugar específico del sistema eléctrico, y da parte a una baja tensión por debajo de un valor normal (normalmente 0.9 p.u.) Resultado de un incremento exagerado de la corriente.

### **Efectos de los Huecos de tensión:**

- Pérdida de datos en sistemas informáticos.

- Variación en equipos controladores electrónicos de tiempo real en su funcionamiento.
- Sistemas de iluminación.
- Pérdidas económicas.

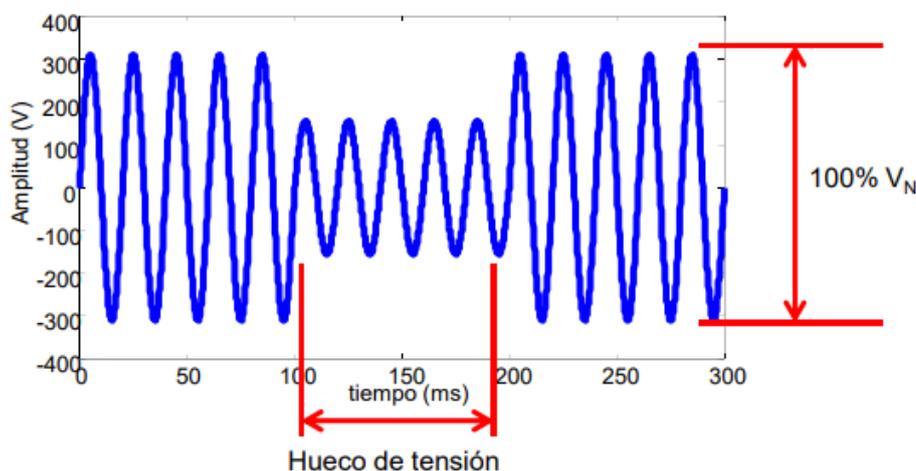


FIGURA. 2 HUECOS DE TENSIÓN (DONSON.ORG)

Dentro de los huecos de tensión existen tipos de efectos creados por fallas tomando en cuenta el lugar de falla, así como las circunstancias del sistema eléctrico, se originan los siguientes efectos o fallas especiales que afectan la calidad de la energía:

- Caídas de tensión temporal (sags).
- Aumento de tensión temporal (swells).
- Pérdida completa de la tensión (interrupciones).

La situación de la falla puede estar cerca o lejos del lugar interesado.

## 2.4. Armónicos

Se utiliza el término de tasa de distorsión total (TDT) o distorsión armónica total (THD), medida que se usa para resaltar la cantidad armónica total de una curva, de voltaje o de corriente. Podemos observar las Figura 3, 4 y 5 hechas por Brugnioni – Irigarne (2006) Aquí podemos evaluar el contraste dentro de las curvas de corriente y voltaje en la misma lámpara fluorescente y el comportamiento de la red eléctrica al encenderla de diferentes maneras.

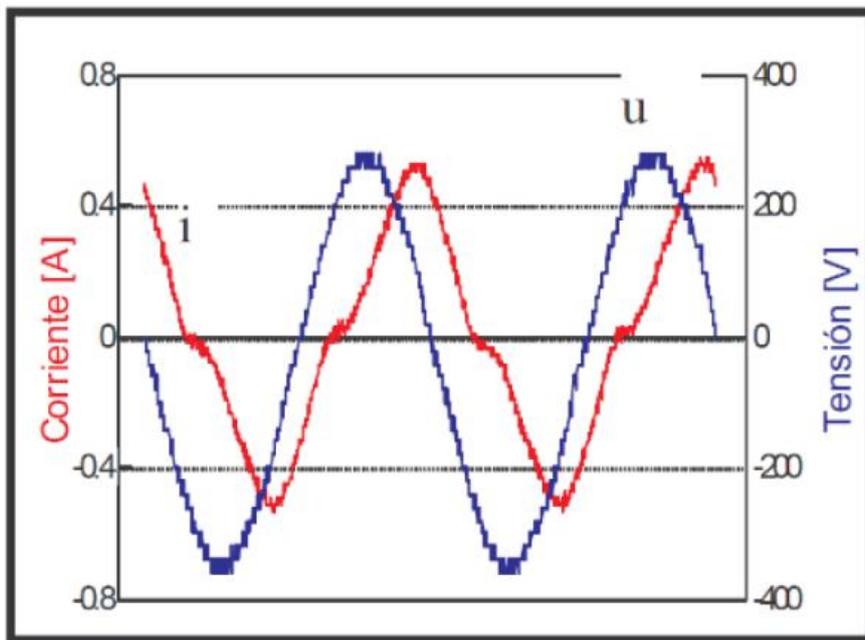


FIGURA. 3 CURVAS DE CORRIENTE Y TENSIÓN PARA UNA LÁMPARA CON BALASTO (BERASATEGUI ET AL., 2019)

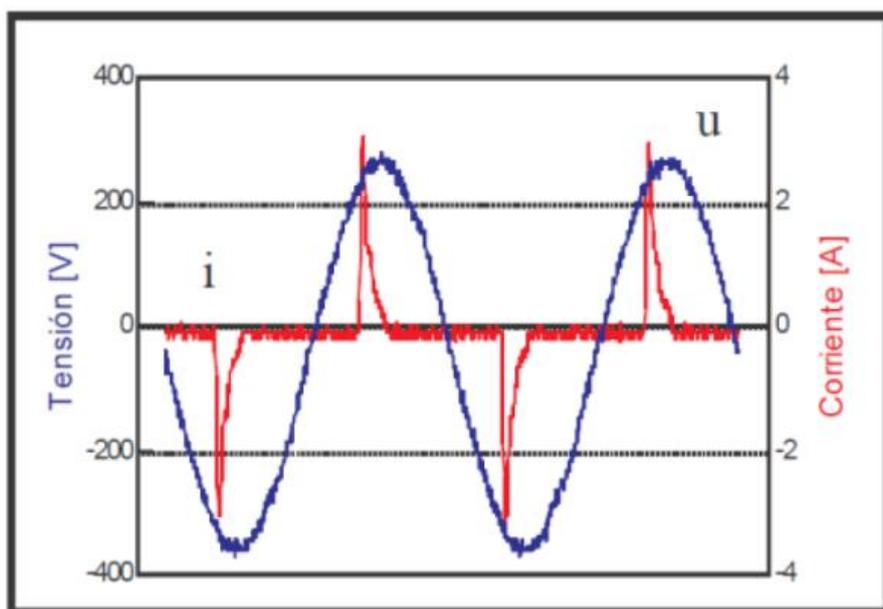
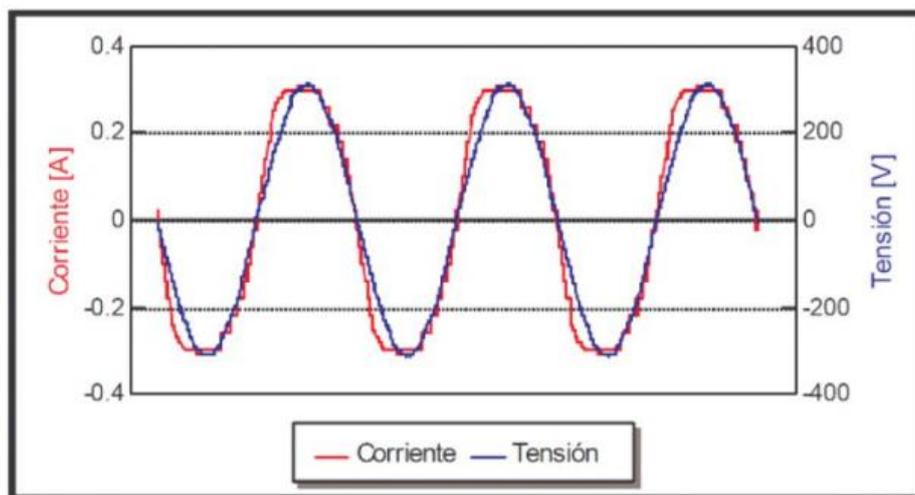


FIGURA. 4 CURVA DE CORRIENTE Y TENSIÓN PARA UNA LÁMPARA CON ELECTRÓNICA SIN FILTRO (BERASATEGUI ET AL., 2019)



**FIGURA. 5 CURVA DE CORRIENTE Y TENSIÓN PARA UNA LÁMPARA CON ELECTRÓNICA CON FILTRO (BERASATEGUI ET AL., 2019)**

Actualmente, existen normas que rigen el nivel de distorsión permisible que pueden soportar los sistemas de distribución eléctrica y el nivel de distorsión que introducen los elementos electrónicos. Estas normas indican el valor de calidad mínimo de suministro, que se establece como nivel límite permitido de distorsión en las curvas de voltaje proporcionada en un lugar particular de la red.

A esto se nombran límites de compatibilidad y generalmente crean sus límites de THD e índice individual armónico admisible para los grados de voltaje determinados en las redes de electricidad. En situaciones cuando no determinamos claramente se acostumbra acoger o referenciar con los niveles determinados por normas como la IEC 61000-2-4 o la IEEE 1195 que rigen internacionalmente.

Los armónicos son los elementos equivalentes en una corriente eléctrica usual descompuesta por series de Fourier. Su frecuencia fundamental (50 o 60 Hz en las redes eléctricas). Los armónicos poseen una frecuencia multiplicativa por (2, 3, 4, 5,... n) su dígito “n” acuerda el nivel de su componente armónica. A la componente armónica del rango proporcionado a “n” veces la frecuencia del sistema. Se nombra “armónico del rango n”

En una frecuencia fundamental de 60 Hz, el armónico de clase 3 expondrá una frecuencia de 180 Hz.

Toda carga no lineal altera la curva eléctrica de una forma, esto depende de dicha carga. Así, aparecerán en la red curvas distorsionadas de la principal que coexistirán con ésta y fluirán por la instalación. Como ejemplo al gritar en un lugar y surgen ecos y, al seguir gritando diferentes palabras se mantienen los ecos de la primera palabra retumbando por las paredes (esto lo conseguimos experimentar en el Malecón 2000 en el monumento a Bolívar y San Martín).

### **Efectos negativos de los armónicos**

Los armónicos incitan una disminución en la calidad y el abastecimiento eléctrico.

- Sobrecalentamientos de los conductores neutros.
- Sobrecalentamiento de los conductores y perturbaciones en los interruptores automáticos de los circuitos.
- Sobrecalentamiento y vibraciones en los motores de inducción.
- Sobrecargas en condensadores para corregir factor de potencia.
- Sobrecarga en transformadores de distribución y mayores pérdidas asociadas.
- Disparo molesto de los interruptores, breakers o disyuntores.

Los componentes electrónicos saben ser perceptivos a la alteración de voltaje al tener picos con alto voltaje también por cambios de ondas imprevistos conocido como cruces por cero, daños en los circuitos de defensa y más. Los circuitos analógicos pueden distorsionarse al malinterpretar los datos lógicos al experimentar armónicos. Como resultado sus componentes y dispositivos que están constantemente bajo voltaje de suministro distorsionado pierden la vida útil. Los dispositivos informáticos incluso estando fuera de uso sufren degradación en su almacenamiento. Un UPS puede experimentar una distorsión severa debido a cargas no lineales y problemas causados por esto. Pueden ser los picos de corriente cuando son más altos que el factor de cresta del UPS. Si esto sucede y el inversor del UPS no tiene la capacidad adecuada, la distorsión de tensión puede incrementar aún más.

### **2.5. Equipos distorsionadores**

El aumento de la electrónica de potencia ha llevado a la generalidad de carga a generar distorsiones armónicas específicas. Esto, además de aumentar el consumo de energía, hace que la distorsión sea muy común en las redes de distribución eléctrica. Los dispositivos distorsionados son generales e incluyen la mayoría de los productos electrónicos industriales y de consumo.

- **Equipos monofásicos:**

- Fuentes de alimentación conmutada que se encuentran en equipos de cómputo, impresoras, lavadoras, televisores, refrigeradores y en la mayoría de los equipos electrónicos de consumo.
- Balastro electrónico para lámparas fluorescentes. Si una lámpara fluorescente no tiene capacitor (arrancador) tiene un balastro electrónico.

- **Equipos trifásicos:**

- Los UPS (Uninterruptable Power Supply) o SAI.
- Los variadores de velocidad
- sistemas de control de motores eléctricos.
- Equipos de Soldadura.
- Hornos de inducción.
- Cargadores de acumuladores.

- **Interarmónicos**

Interarmónicos como componentes de frecuencia de una señal cíclica que no es multiplicable por entero de la frecuencia que opera el SEP. Los elementos de frecuencia que no son múltiplos por enteros de la oscilación fundamental también se consiguen observar entre los armónicos de las señales de voltaje y corriente. Estas frecuencias aparecen como frecuencias discretas o grupos extendidos de frecuencias.

## **2.6 Parámetros eléctricos**

Los parámetros eléctricos son muy importantes para el avance de las ciencias y del ser humano, en donde implican, voltajes, resistencias e intensidades de corriente eléctrica, que se hallan dentro de todos los aparatos eléctricos que nos acompañan en el diario vivir, por ejemplo los celulares, computadoras, licuadoras, aires , ventiladores televisores, con empleo de la electricidad lo cual es habitual. Los principales parámetros que permiten esta forma de medición de energía son voltaje o tensión (voltios, medidos en V), corriente o intensidad (amperios, medidos en A), potencia (vatios, medidos en W) y energía eléctrica generada consumida (medida en vatios-hora, Wh). Sirven para deducir la intensidad de corriente en un circuito eléctrico, se utiliza un herramienta de medición llamado amperímetro, que puede ser analógico

o digital. Esta herramienta mide en amperios la cantidad de electrones que pasan por segundo en un punto del conductor.

## 2.7. Energías renovables

Las energías renovables definen a la energía obtenida por medio de recursos que son intrínsecamente ilimitados, bien por la cuantía sustancial de energía que poseen o por ser aptos de autorrenovarse de manera natural. Algunas de las energías renovables son: eólica, geotérmica, hidráulica, mareomotriz, solar, undimotriz, biomasa y biocombustibles.



**FIGURA. 6 ENERGÍAS RENOVABLES (LEVITE.ES)**

Asimismo como energías interminables, No originan gases de efecto invernadero (GEI), principal causante de la alteración climática, como otras emisiones de contaminación, por lo que poseen una alteración ambiental muy baja. Se logra expresar que la energía alternativa es una fuente limpia de energía. La energía alternativa y limpia se denomina energía green. La energía verde es cada vez más significativa en la actualidad. Sin embargo importa estar al tanto que no todas las energías limpia son renovables, como la energía nuclear.

## 2.8 Energía solar

Energía renovable, conseguida al aprovechar la emisión electromagnética originaria del Sol. La emisión solar que incide en el planeta Tierra se ha usado por la humanidad desde tiempos remotos, por medio de varias técnicas que se han desarrollado con el paso del tiempo.

La energía proveniente del sol provee vida y causa la mayoría de formas de energía en el mundo. Con el paso de los años, la radiación solar aporta a la Tierra mil veces más energía de la que consumen los habitantes del mundo. Acumulada correctamente la incidencia solar, se transforma en corriente térmica o corriente eléctrica.

Por medio de un colector solar, la radiación solar se puede transformar en corriente térmica, y gracias a los módulos fotovoltaicos, la energía lumínica se puede convertir en electricidad. Estos mecanismos nada tienen que ver con su tecnología, distinguimos dos elementos en la radiación solar: la radiación difusa y radiación directa.

- La radiación directa procedente directa del punto focal del sol, sin reflejarse o refraccionarse en su camino.
- La radiación difusa proviene por el ocaso del día en debido a diversas reflexiones y su refracción solar en la atmósfera como en nubes, en la tierra. La radiación directa se refleja y enfoca para aprovecharla, mientras que la radiación difusa no se puede enfocar proviene de todas las direcciones. se pueden usar ambas radiaciones

Los captadores activos y pasivos se pueden distinguir los activos usan dispositivos para ubicar el sistema captador siguiendo el Sol conocidos como seguidores y obtener la mejor incidencia directa.

Como ventaja significativa de la energía alternativa es que admite generar energía gracias a la combinación arquitectónica en los edificios en el mismo punto de consumo. De este modo, podemos dar lugar a sistemas de producción distribuida en los que las pérdidas relacionadas con el transporte que actualmente son aproximadamente 40% y la dependencia energética se eliminan casi por completo.

Diversas tecnologías fotovoltaicas están adaptadas para aprovechar al máximo la energía proveniente del sol. Así, por ejemplo, los sistemas solares fotovoltaicos de concentración (CPV) utilizan radiación directa con captadores activos para acrecentar la energía producida y así reducir los gastos por kWh en producción. La energía solar es efectiva para zonas con alta incidencia del sol, sin embargo a la fecha no logra disputar sus gastos en zonas con baja incidencia del sol como países europeos céntricos, donde ciencias aplicadas como las células solares Thin Film (conocido como película fina) también están tratando de disminuir los costos. De la tecnología fotovoltaica acostumbrado a un nivel nunca antes visto.

## 2.9. Conceptos básicos de la energía solar fotovoltaica

- **Efecto fotoeléctrico**

El efecto fotoeléctrico radica en un material que emite electrones cuando una iluminación electromagnética (luz perceptible o ultravioleta) incurre sobre él. Entre las interacciones de la luz y la materia este término a veces se acompaña esta expresión como relación entre la materia y la luz.

Podríamos decir que lo contrario a los rayos X, es el efecto fotoeléctrico esto muestra que los fotones pueden impartir energía a los electrones. Un rayo X (se desconoce la procedencia de los rayos, de ahí la "X" desconocida) cuando se transforma un fotón de porción de la fuerza cinética de un electrón al desplazarse.

- **Efecto fotovoltaico**

Convierte una parte de la energía luminosa en energía eléctrica. Charles Fritts en 188 construyó por La primera celda solar. Consistía en selenio recubierto con una fina capa de oro.

Una celda fotovoltaica, también conocida como celda solar, célula solar, célula fotovoltaica o celda fotovoltaica, es un mecanismo con electrónica que convierte la fuerza luminosa (fotones) en electricidad (electrones libres fluyendo) por el resultado fotoeléctrico, transformando energía del sol en energía fotovoltaica. Hecho de un componente que tiene un resultado de efecto fotoeléctrico capta fotones de luz y envía electrones. Cuando se capturan estos electrones liberados, la consecuencia es una energía eléctrica que se podemos utilizar siendo electricidad.

La eficacia de transformación promedio alcanzada por las celdas que se encuentran en el mercado (fabricadas de silicio monocristalino) es en torno al dieciséis por ciento pero dependiendo de la tecnología usada, varía de seis por ciento con las celdas de silicio amorfo a veintidós por ciento para las celdas de silicio monocristalino. Asimismo encontramos celdas multicapa, generalmente con arseniuro de galio, logran un treinta por ciento de eficiencia. En laboratorios se superó el 46% con células de experimentación. La vida media con la máxima eficiencia es de unos 25 años, después de lo cual la potencia de salida cae por bajo de una cuantía significativa.

El conjunto de celdas fotovoltaicas para la energía solar se denomina panel fotovoltaico. Los paneles fotovoltaicos son una serie de celdas solares acopladas en serie para ampliar el voltaje

de obtención requerido (generalmente se usan 24 V o 12 V), mientras que muchas matrices se conectan en paralelo para aumentar el amperaje que puede suministrar el equipo.

La corriente que suministran es corriente continua, a la vez podemos utilizar un inversor cuando necesitamos corriente alterna y para elevar su tensión un convertidor de potencia.

- **Fotoconductividad**

El incremento de la conductividad del material o de un semiconductor ocasionado por la irradiación. Esto fue manifestado por Willoughby Smith en el selenio a mediados del siglo XIX. Es una anomalía visual y automática en el que un componente se convierte un excelente receptor eléctrico por la filtración de la irradiancia, electromagnética llegando esta ser:

- **Luz infrarroja:** onda electromagnética con una distancia de onda más larga que la luz perceptible y más corta que las ondas de microonda. Por lo tanto, posee una frecuencia más baja que la luz perceptible y más alta que la microonda. Su rango de longitud de curva es de aproximadamente 0,7 a 1000 micras. La irradiancia infrarroja es dada por objetos con una temperatura superior a 0 Kelvin o -273,15 grados Celsius.
- **Luz ultravioleta:** La radiación ultravioleta es radiación electromagnética con longitudes de onda entre 100 nm ( $100 \times 10^{-9}$  m) y 00 nm ( $00 \times 10^{-9}$  m). aproximadamente Su rango comienza en distancias de curvas más chicas que lo que vista humana observa como luz morada, pero esta luz o distancia de curva está por arriba de la visión perceptible y, por lo tanto, es invisible para el ojo humano. Esta radiación es una parte importante de los rayos del sol y se encuentra entre las radiaciones no ionizantes y las ionizantes.
- **Luz visible:** Esta es la porción del espectro electromagnético que la vista humana puede percibir. Esta categoría de distancias de curva se denomina luz visible o espectro visible. No tiene limitantes claros para la visión. La vista humana normal responde a longitudes de onda entre 380 y 750 nm, no obstante en casos raros algunos individuos perciben distancias de curva entre 310 y 1050 nm. El "color más perceptible" es el amarillo. En los arcoíris son modelos de refracción en el espectro visible.
- **Radiación gamma:** Los gamma ( $\gamma$ ) son un ejemplo de irradiancia electromagnética que consta de fotones, generalmente producidos por componentes radiactivos o técnicas subatómicas como el exterminio de pares positrón-electrón. También originan anomalías astrofísicas de gran impacto. Por a su elevada energía, los rayos gamma son

rayos ionizantes que penetran la materia más interiormente que los rayos alfa y beta. Causan deterioro grave a células específicamente en el núcleo, por ello se usan para esterilización equipos en hospitales y productos alimenticios. La energía de este tipo se calcula en mega electronvoltios (MeV). Un MeV correspondiente a fotones gamma con distancias de curva inferiores a 10-11 m o frecuencias superiores a 10<sup>19</sup> Hz.

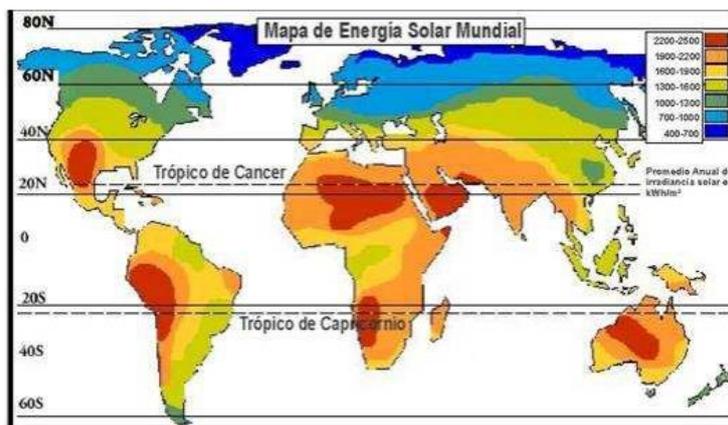
- **Energía solar fotovoltaica**

Se logra por el suceso directo de convertir la energía proveniente del sol en electricidad. El espectro electromagnético de la energía solar se utiliza para generar electricidad con esto hablamos de energía solar fotovoltaica. Las celdas solares consisten en producir electricidad directamente de la radiación del sol por medio de dispositivos semiconductores llamados celdas solares o deposición de metal sobre sustratos llamados celdas solares de película delgada. Esta conversión se realiza mediante módulos o paneles fotovoltaicos.

La energía fotovoltaica se puede utilizar para alimentar luces e iluminación eléctricas, así como para alimentar radios, televisores y otros dispositivos de ahorro de energía. Esto se hace principalmente en lugares donde la red eléctrica tradicional es inaccesible. Sin embargo, para instalaciones medianas o grandes, es posible considerar el uso de energía fotovoltaica para generar la energía eléctrica que alimenta la red de distribución y el transporte eléctrico. En este caso, utilizamos fuentes de energías renovables y completamente limpias. Convertir la energía solar en energía eléctrica requiere un sistema de equipo especializado.

Este sistema se denomina sistema fotovoltaico, y el equipo que lo compone se denomina componentes fotovoltaicos. Los componentes que componen un sistema fotovoltaico dependen de la aplicación del sistema. La energía solar es favorable en todo el mundo. Algunas regiones del globo se ven favorecidas porque absorben más incidencia del sol que otras. Los equipos fotovoltaicos gozan de muchas utilidades como: la alimentación de sistemas de emergencia o alumbrado aislados, que son factibles en cualquier lugar.

Ecuador tiene alta radiación solar y alto potencial para la generación de energía solar. Actualmente, el mercado para dicha generación de energía es aún pequeño. Se han invertido alrededor de \$ 50 millones en proyectos solares de pequeña capacidad por parte de empresas privadas en el país.



**FIGURA. 7 PLANO DE RADIACIÓN SOLAR DEL MUNDO**

(BLAS, 2011)

Dado que la energía del sol es un recurso disponible universalmente, no tenemos que pagar por el uso de esta energía incidente. Sin embargo, es importante recordar que se necesita un sistema de energía solar adecuado para cambiar la energía del sol en electricidad. Por lo tanto, el verdadero costo de usar energía del sol no es más que el costo de instalar y mantener adecuadamente un sistema de energía solar.

- **Célula fotovoltaica**

Cuando el sol golpea la zona expuesta de la celda solar, la celda solar comienza a generar corriente continua. Estas celdas se cementan en las utilidades de los componentes semiconductores como el silicio. Dado que la mencionada generación de electricidad se realiza sin la intervención de ningún tipo de componentes mecánicos o móviles, ni de procesos químicos o termodinámicos, las celdas gozan de una larguísima vida útil superior a los 30 años.

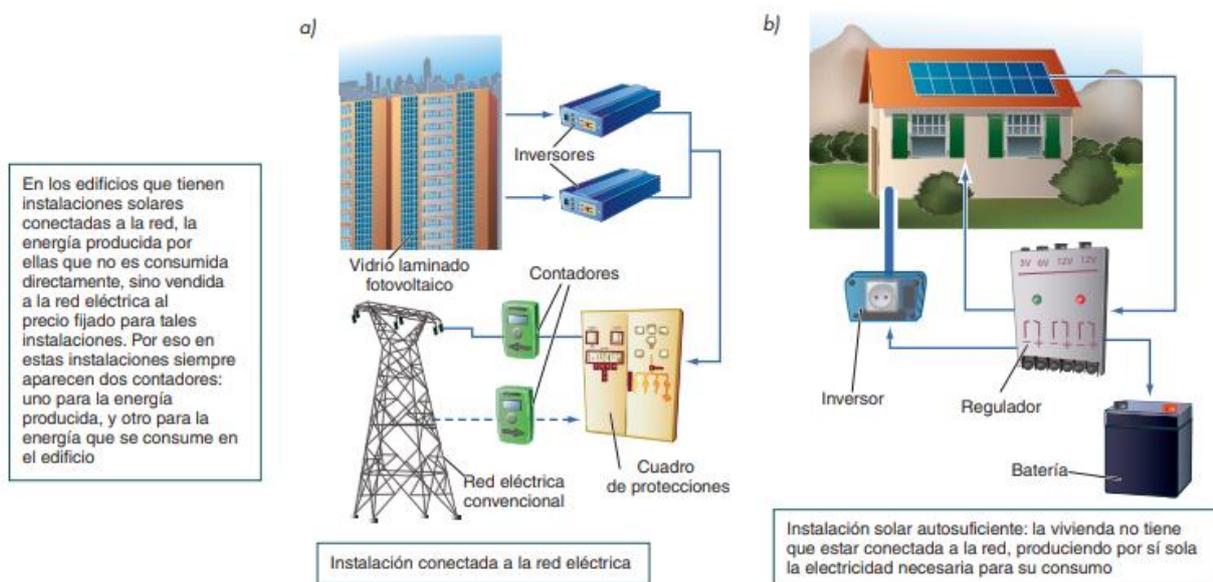


**FIGURA. 8 CELDA FOTOVOLTAICA**

(BLAS, 2011)

En general, cuando la luz del sol golpea la superficie de una celda solar, los fotones transfieren su corriente a los electrones de los semiconductores, que circulan a través de la parte sólida. La ciencia fotovoltaica forma que estos electrones sean expulsados del material semiconductor, creando una corriente capaz de circular en un circuito externo. Las celdas solares se conectan eléctricamente entre sí, y tras el encapsulado y enmarcado del conjunto para proporcionar la necesaria resistencia a la intemperie, se obtiene un panel o módulo fotovoltaico como lo conocemos.

## 2.10. Paneles o módulos fotovoltaicos.



**FIGURA. 9 SISTEMA CONECTADO A LA RED (A) INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AUTÓNOMA (ELEC\_01)**

Las instalaciones solares fotovoltaicas (ISF) se pueden clasificar según la aplicación en la que se utilizan. Por lo tanto, diferenciaremos entre concentraciones independientes y concentraciones conectadas a la red.

- **Aplicación autónoma**

Debido a que generan electricidad sin estar conectados a la red y proporcionan este tipo de energía dondequiera que se coloquen, podemos distinguir entre dos bloques:

- **Aplicaciones espaciales:** Los elementos colocados en el espacio por humanos, como los satélites de comunicación, se utilizan para proporcionar energía. la investigación en

este espacio beneficio el progreso de los materiales fotovoltaicos conocidos en la actualidad.

**Aplicación terrestre:** Especializadas en telefonías periféricas, electrificación de áreas rurales y remotas a través de telecomunicaciones profesionales, radio, repetidores telefónicos, televisión, etc., estas instalaciones remotas brindan oportunidad de energía a países y regiones en desarrollo. Diseñado para todas las áreas donde no es posible la red comercial (En Europa, alrededor de 1 millón de personas no tienen acceso a esta red): En ciertos países, como Cuba y Brasil, se utiliza para residentes permanentes o temporales, instalaciones comunitarias de apartamentos aislados como refugios de montaña (centros de salud, escuela, etc.) o para proporcionar electrificación a grupos específicos (pueblos, aldeas, etc.).

- **Señalización:** Por ejemplo, se emplea a las señales de tránsito iluminadas que consisten en diodos LED alimentados por paneles solares y baterías.
- **Alumbrado estatal:** Se utiliza en áreas donde las líneas eléctricas convencionales son difíciles de instalar.



**FIGURA. 10 CENTRAL FV SEPARADA EN EL DESIERTO DE NEVADA (ELEC\_01)**

- **Bombeo de agua:** Estas instalaciones son para fincas, ranchos y otros lugares. no importa el sitio. Podemos utilizar tanto para agua purificada como para riegos en sembríos.
- **Redes VSAT:** las redes particulares de comunicaciones (para empresas, organismos oficiales, etc.) que operan por medio de satélites. La radiación solar sirve para electrificar sus redes.

- **Telemetría:** Permite medir cantidades físicas y transmitir los datos a una unidad central (por ejemplo, monitorear la lluvia en una cuenca).
  - **Otras empleos:** juguetería, iluminación en huertos, entretenimientos.
- **Aplicación conectada a la red**

Los productores no consumen la energía directa, sino que la venden a autoridades nacionales para la gestión energética, diaria. Es muy importante generar kw de esta manera.

- **Central fotovoltaica y huerto solar:** términos en los que un determinado cantidad de infraestructuras fotovoltaicas de varios dueños venden la electricidad producida a la empresa eléctrica con la que tienen tratado. La energía transferida puede estar a designación de un individuo, una compañía, etc. (el potencial instalado depende del tamaño del generador fotovoltaico). Cada red tiene su propio dueño y cada uno de ellos está ubicado en un mismo lugar, lo que permite optimizar la manutención de la red, el seguimiento, y las pólizas de convenios, etc.



FIGURA. 11 HUERTO SOLAR (ELEC\_01)

- **Edificio fotovoltaico:** son modernas aplicaciones perfeccionadas para el beneficio de la energía fotovoltaica. El rápido progreso de productos de esta clase ha consentido la utilización de paneles como materiales de fábrica en viviendas, revestimientos y fachadas con grandes costos visuales. También, la energía

fotovoltaica es el método de energía alternativa adecuada para la producción de electricidad en ciudades. Sin causar efectos medioambientales la arquitectura combina la conexión de funciones duales como componente de construcción y como productor de electricidad para módulos fotovoltaicos.



**FIGURA. 12 EDIFICACIÓN FOTOVOLTAICO (ELEC\_01)**

La mayoría de estos sistemas se construyen sobre cubiertas, porque allí consiguen la máxima absorción de la energía solar, pero recientemente se integran en paredes y fachadas, donde se sustituyen, ventanas por paneles semitransparentes que son de metal delgado, en la Fig. 12 se observa la conexión de los módulos solares en las fachadas del edificio, en la realización de este ejemplo de montaje, además de la cooperación, al igualar la apariencia, los puntos estéticos también se tienen en cuenta un panel con eficiencia energética.

## 2.11. Partes de un ISF

En general, un sistema solar fotovoltaico (ISF) sigue el esquema que se ve en la Figura 13.

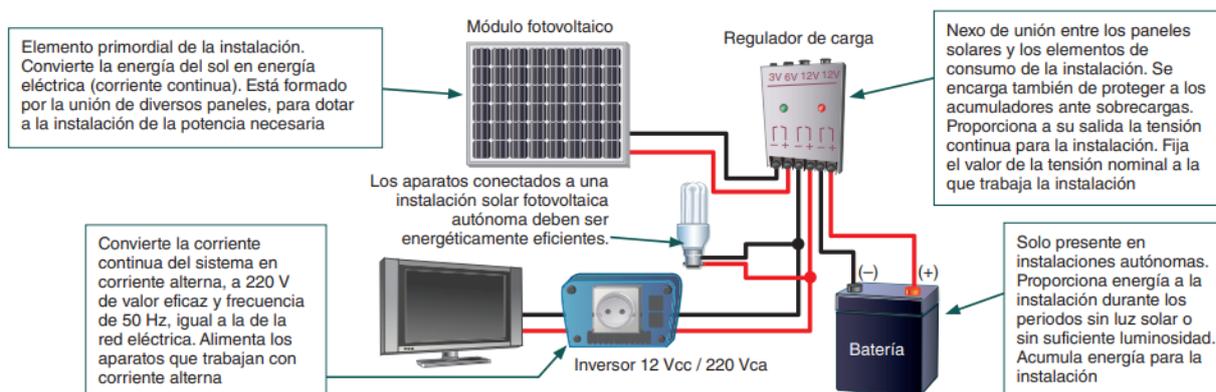


FIGURA. 13 EQUIPOS DE LA RED (ELEC\_01)

- **Panel Solar**

Módulo solar o panel solar es un aparato que recepta la energía por la irradiación del sol para su propio uso. El concepto incluye módulos solares, que generalmente se utilizan para calentar agua, y paneles fotovoltaicos, que se utilizan con el fin de generar energía solar fotovoltaica.

- **Modulo solar fotovoltaico**

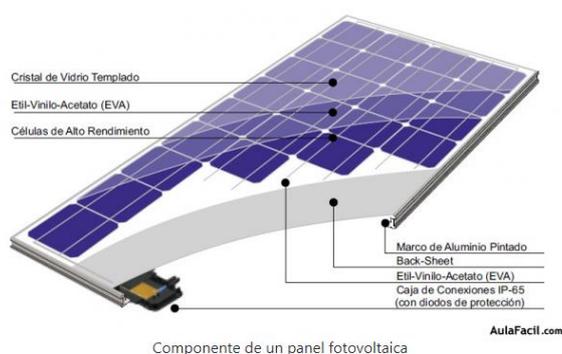
El módulo fotovoltaico está soportado por un conjunto de celdas recubiertas de 2 capas de EVA (acetato de etileno) entre la hoja exterior de vidrio y la siguiente lámina de polímero termoplástico (normalmente Tedlar). Está fabricado de aluminio para acrecentar su resistencia mecánica del grupo y proporcionar el amarre del módulo a las disposiciones que portan. Las celdas más utilizadas en módulos fotovoltaicos son las de silicio y se pueden clasificar en 3 subdivisiones:

- **Las celdas de silicio monocristalino** hechas de cristales de silicio únicos, generalmente hechos mediante el proceso Czochralski. Esta clase de células se muestran de color azul oscuro uniforme.
- **Las células de silicio policristalino** o multicristalinos, está formado por grupos de cristales de silicio. Esto explica por qué el beneficio es ligeramente inferior al de las células monocristalinas. Presenta unos colores azules más intensos.
- **Las células de silicio amorfo** poco eficientes en comparación a las celdas de silicio cristalino, pero más asequibles.

Tales celdas se utilizan, como relojes o calculadoras de bolsillo solares. Su parámetro generalizado para catalogar el rendimiento de un módulo fotovoltaica se designa potencia pico y pertenece a la potencia máxima que el panel puede transmitir en situaciones estándar, es decir:

- Emisión 1000 W/m<sup>2</sup>
- Grados de la celda 25° C (temperatura ambiental).

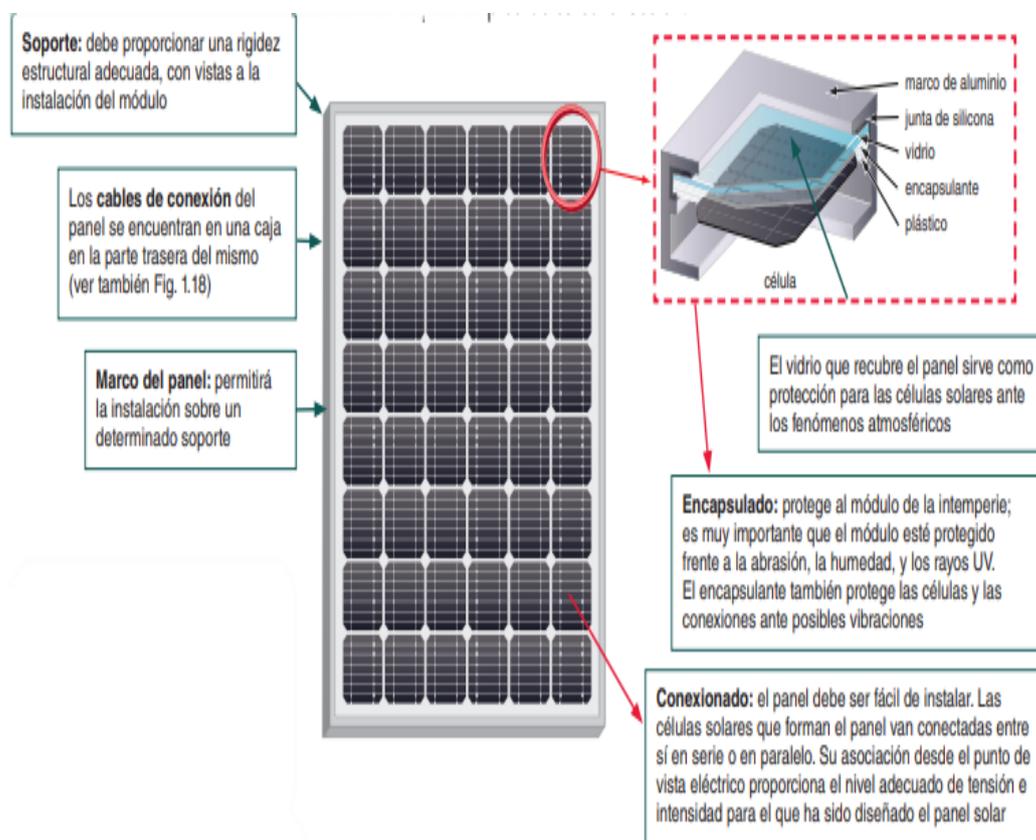
Las eficiencias típicas de las celdas fotovoltaicas de silicio policristalino fluctúan entre el 14 % y el 20 %. En el caso de los elementos de silicio monocristalino, los valores varían del 15% al 21%. La mayor eficiencia se logra cuando se utiliza un panel solar de baja temperatura (la eficiencia de conversión de calor puede alcanzar el 70%). Los módulos solares fotovoltaicos que no ocasionan calor se pueden reutilizar, ya tenemos algunas investigaciones de paneles híbridos que pueden producir electricidad y calor al mismo tiempo. Sin embargo, son adecuados para proyectos de electrificación fuera de la red rural, instalaciones sencillas en tejados y energía fotovoltaica autónoma. Los módulos se pueden combinar en sistemas solares, creando un número conveniente de ramas o cadenas. De esta manera, se pueden implementar tanto pequeñas plantas de energía (solo unos pocos vatios) como sistemas más grandes (plantas de varios megavatios). El beneficio de un módulo solar depende de una serie de caprichosos externos, como la radiación del sol, al tiempo de funcionamiento y la disposición del panel hacia el sol, así como de la calidad de fabricación y los parámetros de mantenimiento del panel, como la contaminación envejecimiento etc. El sistema de energía solar, basada en tecnología avanzada, se basa en un consorcio industrial.



**FIGURA. 14 CORTE TRANSVERSAL SF (OTOSECTION)**

El silicio se usa como material en aproximadamente el 90% de los módulos solares y se usa parcialmente en obleas cristalinas y receptores de película delgada basados en silicio amorfo.

El uso de silicio cristalino es cada vez más frecuente porque los rendimientos son significativamente más altos a pesar del proceso de fabricación más complejo y costoso. Un aspecto a considerar cuando se utiliza tecnología de silicio es el abastecimiento de materias primas. En la fabricación de módulos solares, el silicio no utilizado en la industria electrónica se convierte en la materia prima del silicio cristalino de grado solar. Por tanto, el desarrollo de la industria fotovoltaica está impulsado por la industria electrónica. Esto se debe a que las materias primas utilizadas son subproductos mucho más baratos y menos puros. Un módulo fotovoltaico debe ser considerado un elemento productor de energía porque, a lo largo de su vida, produce más energía de la que consume, y además obtiene energía de fuentes inagotables y respetuosas con el medio ambiente. El principal coste energético para la estructura de producción y montaje de módulos es actualmente de 3-5 años debido al buen balance energético con el periodo de recuperación o "recuperación" de la energía utilizada.



**FIGURA. 15 PRIMORDIALES CARACTERÍSTICAS SF Y BOSQUEJO TÍPICO DE SU ELABORACIÓN (ORTIZ Y CHACÓN, 2018)**

- **Tipos de paneles**

Existen 3 tipos de paneles solares:

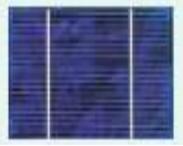
- **módulos solares fotovoltaicos:** se encarga de cambiar la energía solar en eléctrica. Estos paneles están sujetos al denominado impuesto solar.
- **Paneles solares térmicos:** Este panel, también conocido como colector solar, permite convertir la energía solar en calor. Ya sea que se utilicen en el hogar o en la industria, los paneles térmicos tienen muchas aplicaciones, como la calefacción de piscinas, el tratamiento del agua doméstica, la generación de vapor y más.
- **Paneles solares híbridos (fotovoltaico + térmico):** Es solo una combinación de un módulo solar y un termostato. La combinación de las dos tecnologías en un panel permite la generación simultánea de electricidad y calor. La principal ventaja de estos paneles es el reducido espacio requerido para la energía solar. Por supuesto, cuando unes dos paneles en uno, el espacio para colocar los paneles se reduce a la mitad.
- **Tipos de placas solares según su tecnología**
  - **Monocristalinos**

Los paneles solares monocristalinos son uno de los paneles solares de techo más utilizados en la actualidad. El aspecto exterior es una de las opciones por las que la persona prefiere este tipo de panel solar. La celda solar dentro del panel monocristalino tiene un color negro azabache que es popular entre los propietarios de viviendas. Para identificarlos, basta con observar la forma de las obleas de silicio, que suelen ser cuadradas con las esquinas achaflanadas.
  - **Policristalinos**

Los paneles policristalinos, también conocidos como módulos policristalinos, son populares entre los propietarios de viviendas que buscan instalar paneles solares con un presupuesto ajustado. Las células solares de polisilicio normalmente no tienen bordes truncados, por lo que no hay espacio en la parte frontal del módulo que se encuentra en los módulos monocristalinos. Debido a la fabricación, los paneles tienen un color verde desigual, algunos de los cuales no agradan mucho. Además, el proceso de fabricación los hace menos eficientes que los módulos monocristalinos.

- **De película delgada**

Los módulos solares de película delgada son fundamentalmente diferentes de los módulos solares monocristalinos y policristalinos. Son completamente negros y carecen de los contornos habituales de las células de silicio que se encuentran en la superficie de los paneles solares cristalinos. Los módulos solares de película fina suelen ser ligeros y flexibles. Propiedades ideales que facilitan el proceso de instalación. Las células solares de película delgada se utilizan principalmente en grandes empresas, como sistemas solares en plantas industriales y de servicios públicos. Esto se debe a que cuanto menor sea el índice de rendimiento, más espacio se requiere para instalar la cantidad requerida de módulos. Sin embargo, también se puede utilizar para fines más "domésticos", como alimentar caravanas, barcos y tiendas de campaña.

Celdas	Silicio	Productividad de prueba	Productividad directa	Concepto	Elaboración
	Mono	24%	15 % a 18%	Ejemplos típicos son el tono azul uniforme y la interconexión de celdas individuales.	Obtenido a partir de silicio puro fundido dopado con boro.
	Poly	19% a20%	12% a 14%	Está hecha de cristal y tiene desiguales acentos de azul.	Similar que el del monocristalino, pero con disminución etapas de cristalización.
	Thin Film	16%	Menor al 10%	Es de color marrón uniforme, pero no hay una conexión visible entre las células.	Tiene la forma de una película delgada y tiene la ventaja de depositarse sobre un sustrato como vidrio o plástico.

**TABLA 1 TIPOS DE CELDAS CONCEPTO Y ELABORACIÓN.**

- **Conexión serie:** Esta clase de interconexión conserva la intensidad y la tensión de todos los módulos, se suma para obtener una tensión total, la desventaja de esta clase de

interconexión es igual que todo circuito en serie si un elemento falla se cae todo el circuito por esta razón se aconseja entre cada panel tener diodos de bloqueo.

- **Conexión paralelo:** Está interconexión dispone enlaces o uniones entre cada terminal positivo y cada terminal negativo, la tensión se conserva y la intensidad total su suman todas las intensidades que aporta cada módulo.

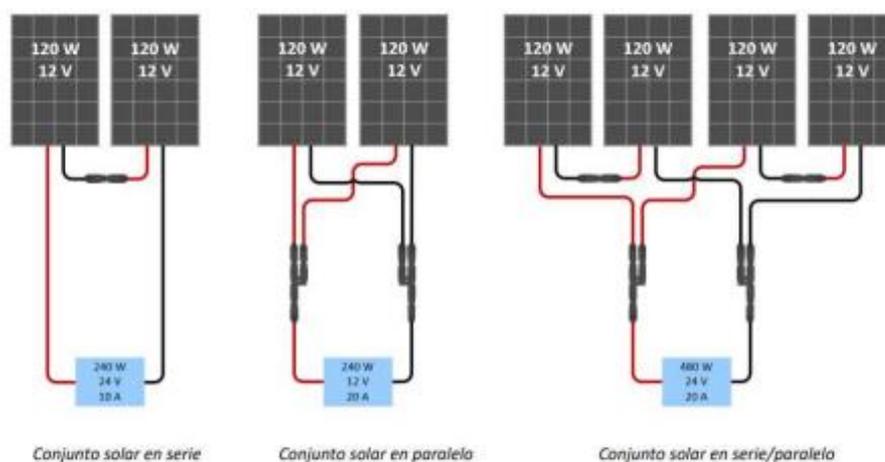


FIGURA. 16 EJEMPLOS DE INTERCONEXIONES DE MODULOS SOLARES (VITRON ENERGY)

- **Cuantificaciones esenciales de la celda solar**

- **C. Iluminancia (IL):** Esta derivada de la iluminación solar apogada a la celda.
- **C. Oscura:** generada por la recombinación de pares electrón-hueco que ocurren dentro de los semiconductores.
- **Voltaje de circuito abierto ( $V_{\infty}$ ):** El voltaje máximo que se puede obtener a través de una celda solar cuando no está conectada a una carga. Esta es una propiedad de los materiales que componen las células.
- **C. Choque eléctrico (ISC):** la cantidad máxima estándar que consigue filtrar por medio de la célula solar. Se produce por un cortocircuito entre terminales.

Cuando se conecta una celda solar a una carga, los valores de voltaje y corriente cambian. Hay dos potencias máximas entregadas:  $V_m$  e  $I_m$ . En función de estos productos, la mayor fuerza que puede conceder es:

$$P_m = V_m I_m$$

ECUACIÓN 1 POTENCIA MÁXIMA DE UNA CÉLULA SOLAR (ELEC\_01)

Estos le permiten definir un parámetro para la celda FF. Se elabora a través de la siguiente manera:

$$FF = \frac{V_m I_m}{V_{\infty} I_{SC}}$$

#### ECUACIÓN 2 FORMULA DEL FACTOR FORMA (ELEC\_01)

Además, el FF tiene concordancia mediante la mayor potencia que una celda consigue otorgar a las cargas, y la multiplicación del voltaje de circuito abierto y la corriente de falla eléctrica. Los importes característicos para el factor de forma son 0,7 o 0,8 para las células solares más comunes.

SunLink PV		SL110-12P150
Rated Max Power	(Pmax)	150W
Minimum power tolerance		0-+3%
Current at Pmax at STC	(Imp)	8.72A
Voltage at Pmax at STC	(Vmp)	17.2V
Short-Circuit Current at STC	(Isc)	9.25A
Open-Circuit Voltage at STC	(Voc)	21.6V
Normal Operating Cell Temp	(Tnoct)	45+/-2°C
Weight		12kg
Max System Voltage		1000V
Max Series Fuse Rating		10A
STC: AM=1.5 E=1000W/m <sup>2</sup> Tc=25°C		
Add:Zhangjiagang Economic Development Zone,Jiangsu Province,China 215600		
Tel:0086-512-58166568 Fax:0086-512-58166560		
Warning:electric hazard This unit produces electricity if exposed to light Do not disconnect under load		
  		

FIGURA. 17 PARÁMETROS FUNDAMENTALES DE LA CÉLULA SOLAR (AUTOR)

- **Regulador**

Este es un dispositivo indispensable en el sistema fotovoltaico que utiliza acumuladores. Su objetivo primordial es vigilar el transcurso de carga de los acumuladores a través de corriente y voltaje que se emplea. Su principal acción es evitar la sobrecarga de la batería, por lo que su vida se acorta ligeramente. Además, se sabe que el controlador realiza la función de protección contra cortocircuitos y conexión de polaridad inversa para la instalación solar en la que se utiliza. Además, se sabe que el regulador tiene 6 entradas, de las cuales 2 sirven para instalar paneles solares (fase y neutro), 2 entradas para acumuladores (fase y neutro) y 2 entradas del inversor (fase y neutro).por último, tras esta

última, conexión se convierte de corriente continua (Dc) a intensidad alterna (Ac) y se conecta su salida al centro de carga. Asimismo, las características del regulador se pueden ver en la figura para conocer más sobre el dispositivo a instalar en la estructura fotovoltaica diseñada.



**FIGURA. 18 CONTROLADOR MPPT (VICTRON ENERGY) (AUTOR)**

Para que la instalación funcione adecuadamente, el procedimiento de control de carga debe colocarse en la interfaz entre el acumulador y el modulo. Este dispositivo se denomina regulador y su ocupación es impedir la sobrecarga de la batería y alargar su vida útil. Por tanto, en la sección de carga, el regulador trabaja en dos zonas, cuya función es asegurar una carga suficiente acumulando y evitando condiciones de sobrecarga, y en la sección de descarga, cargando la energía suficiente al día para asegurar un suministro estable y evitar una descarga enorme de la batería. Esto se muestra en la figura 19.



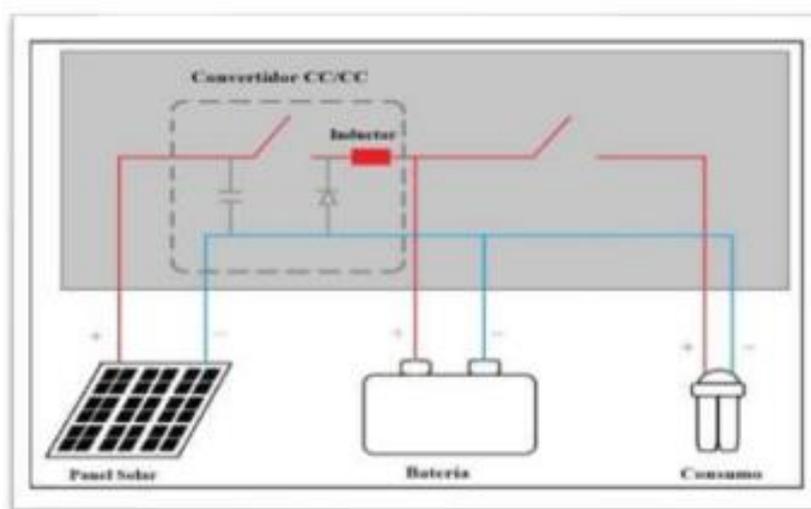
FIGURA. 19 CONEXIÓN DEL REGULADOR (ELEC\_01)

	Varios Ordenadores
<b>Ciencia del conmutador</b>	Relé (Convencionales, Polarizados y Reed inversores) Estado sólido (MOSFET, IGBT...)
<b>Método de interrupción del consumo.</b>	Rigidez. Algoritmo de carga. Otros algoritmos de dirección.
<b>Situación de la falla.</b>	Secuencia. Semejante.

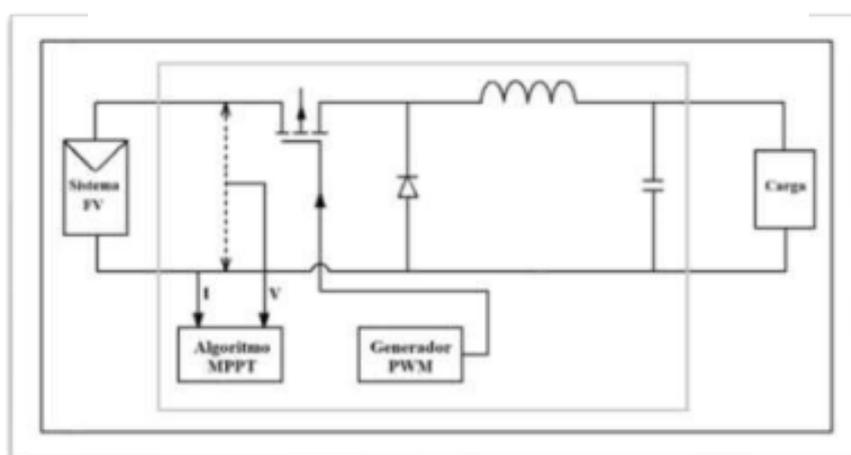
TABLA 2 VARIOS ORDENADORES (ELEC\_01)

La carga con potencia máxima (MPPT) es un convertidor electrónico de C.C, para mejorar la corriente entre el panel fotoeléctrico y la batería. Esto significa la conversión de C.C. Con alto voltaje, derivado de paneles fotovoltaicos al voltaje necesario para la capacidad de cargar la batería.

En resumen, estos controladores modifican el voltaje de entrada: el voltaje de salida es adecuado para diferentes condiciones de radiación, lo que permite las tablas fotovoltaicas en el punto máximo de potencia, la figura 20 muestra el diagrama que el ajuste se menciona anteriormente.



**FIGURA. 20 BOSQUEJO DE CONEXIÓN DE UN REGULADOR MPPT (BUELE)**



**FIGURA. 21 BOSQUEJO DE BLOQUES DE UN REGULADOR MPPT (BUELE)**

Cuando realizamos una conexión con el regulador es muy importante estar al tanto de los LEDS estos nos dan varia indicaciones como vemos en la figura 22:

## Indicadores LED:

- on permanente
- ⊗ parpadeo
- off

## Funcionamiento normal

	LED	Carga inicial	Absorción	Flotación
No está cargando (*1)		⊗	○	○
Carga inicial (*2)		●	○	○
Absorción (*2)		○	●	○
Ecualización automática (*2)		○	●	●
Flotación (*2)		○	○	●

Nota (\*1): El LED de carga inicial parpadeará brevemente cada 3 segundos mientras el sistema esté encendido pero no haya energía suficiente para empezar a cargar.

Nota (\*2): El/los LED(s) puede/pueden parpadear cada 4 segundos para indicar que el cargador está recibiendo datos de otro dispositivo, que puede ser:

- Un dispositivo GX (por ejemplo, Color Control con un Multi en modo ESS)
- Un enlace a red VE.Smart mediante Bluetooth (con otros cargadores MPPT y/o un BMV o un Smart Battery Sense)

## Estados de fallo

	LED	Carga inicial	Absorción	Flotación
Temperatura del cargador demasiado alta		○	○	⊗
Sobreintensidad del cargador		⊗	○	⊗
Sobretensión del cargador o del panel		○	●	⊗
Error interno (*3)		⊗	●	○

Nota (\*3): P. ej.: datos de calibración o ajustes perdidos, problemas con el sensor de corriente.

**FIGURA. 22 INDICACIONES EN LOS LED (VICTRON ENERGY)**

Si observamos el anexo 2 nos indica causas y soluciones al presentar algún inconveniente.

## Acumuladores

El suministro de energía solar de los paneles de radiación no es equivalente, sino que se modifica por varias razones, como fluctuaciones son imaginable, como el tiempo de la noche o el otoño, verano, invierno, etc. pero hay muchas distintas razones posibles que conducen a variaciones en la electricidad. Logra permanecer debajo de la nube creciente en este momento.

Además, es importante el uso de algún método de acumulación, si la radiación ingresa al generador fotovoltaico, no es posible trabajar de acuerdo a los números deducidos para el mismo, se utiliza un acumulador.

Los acumuladores son terminales que pueden convertirse en electricidad química, sus funciones en los sistemas fotovoltaicos son las siguientes:

- Energía eléctrica (producción de electricidad).
- Energía química (reserva).

- Energía eléctrica (gasto).

Los acumuladores se cargan con la energía generada por módulos solares mediante reguladores de potencia y obtienen transferir su energía al enchufe del aparato donde se consume. Los acumuladores tienen tres funciones:

- Recopilar energía para un explícito número de días.
- Proporciona un rendimiento de alta velocidad.
- Asegurar de forma segura el desempeño del sistema.

Una de las medidas más significativas a la hora de preferir una batería es su posible cantidad de almacenamiento que se define como el conjunto de energía que se alcanza llevar desde un estado completamente cargado hasta una batería completamente descargada. Se calcula en amper-hora (Ah) así deducimos el proceso de la corriente de descarga de la batería durante su funcionamiento  $C \cdot t$ . Son una parte importante del sistema de autoconsumo que permite el consumo de energía solar una vez generada. Como cualquier dispositivo de almacenamiento de energía, estos son equipos que acumulan energía renovable creada por un procedimiento fotovoltaico.

Estas baterías se cargan durante la producción fotovoltaica y proporcionan esta energía cuando no brilla el sol o cuando es más cómodo utilizar tu propia energía que tomarla de la red. Permiten la conexión entre módulos fotovoltaicos y módulos solares a través de inversores solares, cerebros de sistemas o controladores de potencia.

<b>Algunos acumulares</b>	<b>(V)</b>	<b>Duración</b>	<b>% por auto descarga mensual</b>	<b>Etapas</b>	<b>Abastecimiento</b>	<b>Costo</b>
<b>Plomo - acido</b>	2	8 a 16 horas	menor 5%	Mediana	30 a 50 Wh/kg	Barato
<b>Ni-Cd(níquel-cadmio)</b>	1,2	1 hora	Igual 20%	Elevada	50 a 80 Wh/kg	Normal
<b>Ni-Mh (níquel-metal hydride)</b>	1,2	2 a 4 horas	Igual 20%	Mediana	60 a 120 Wh/kg	Normal
<b>Li ion (ion litio)</b>	3,6	2 a 4 horas	Igual 6%	Media - baja	110 a 160 Wh/kg	Caro

**TABLA 3 CARACTERÍSTICA DE ALGUNAS BATERIAS (ELEC\_01)**

Los equipos de acumulación más manipulada en los sistemas solares son el plomo-ácido debido a sus propiedades. Podemos encontrar muchos modelos diferentes en esta batería. Compara y analiza cuál es el más conveniente para el proyecto.

En la 4 observamos varios acumuladores o baterías de plomo ácido a utilizar en implementación (depende la instalación a aplicar),sus ventajas y desventajas..

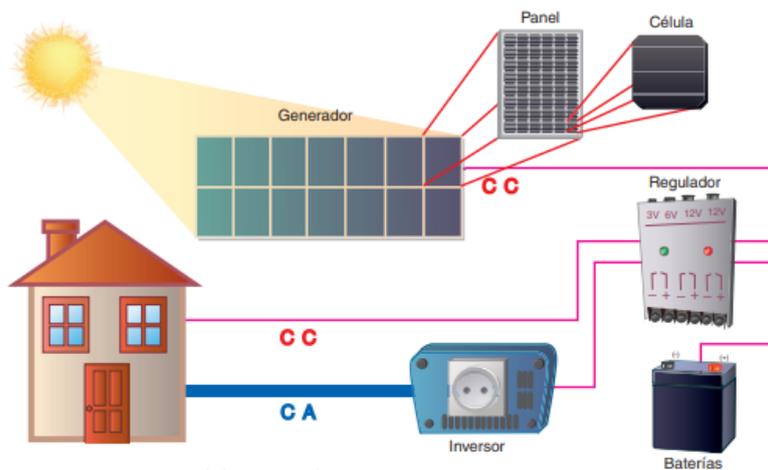
Clases	Superioridades	Desventajas	Apariencia
<b>Conducto estacionario</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lustrado fondo.</li> <li>• Vida útil larga.</li> <li>• Reserva de sedimentos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costoso.</li> <li>• Escaso.</li> </ul>	
<b>Impulso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monto.</li> <li>• Ocio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ineficiente.</li> <li>• Vida útil corta.</li> <li>• No reserva de electrolito.</li> </ul>	
<b>Solar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración pareida a SLI.</li> <li>• Extensa reserva de electrolito.</li> <li>• Eficiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mediana utilidad de vida.</li> <li>• No. Se recomienda en ciclados profundos y prolongados.</li> </ul>	
<b>Gel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poca manutención.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poca duración en los funcionamientos.</li> </ul>	

**TABLA 4 ACUMULADORES OPERADOS (ELEC\_01)**

- **Inversor**

Se delega de cambiar la CC de la disposición en AC, semejante a la manejada en la malla eléctrica: 220V de valor fuerte y una repetición de 50Hz.

Es un componente indispensable en las infraestructuras interonectadas en una red, sobre todo en aquellas propuestas a suministrar energía en casas.



**FIGURA. 23 BOSQUEJO DE UNA CREACIÓN LIBRE CON INVERSOR (ELEC\_01)**

El inversor solar cambia la energía almacenada por las láminas solares CC (corriente continua) en fluido cualquiera puede usar como AC (corriente alterna).



**FIGURA. 24 INVERSOR VICTRON ENERGY 12/250**

- **Tipos de inversores solares**

**Inversor String (de cadena):** El inversor concentrado o “de vínculo”, donde cada módulo solar se enlaza en serie y la energía se remite a un único inversor.

**Micro inversor:** Se supone el inversor “mercantilizado” porque se acomoda uno en cada placa solar.

**Optimizador de potencia:** Es un agregado al tradicional inversor String; una expresión media entre el tradicional y el micro inversor. Similar que un micro inversor, el optimizador se ubica en el techado particularmente en cada panel solar, varían que dirigen la energía a los inversores centralizado (String).

Esta clase de inversor VICTRON ENERGY se utiliza para diseñar un sistema fotovoltaico debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- Su chasis debe estar conectado o aterrizado en su conector correspondiente ubicado en la parte trasera del chasis. En la figura 24 INVERSOR VICTRON ENERGY 12/250 (AUTOR).

Para el equipo no se recomienda su uso en ambientes de humedad o polvos.

- No se recomienda su uso en sitios con riesgo de explosión de gas.
- El sitio del aparato se recomienda tener un buen sistema de ventilación para el equipo.
- El equipo inversor se apaga cuando se sobrecalienta debido a una temperatura de ubicación incorrecta y se reinicia automáticamente cuando la temperatura es segura para el equipo
- La polaridad inversa del cable del acumulador deteriora el fusible interno que no se puede reemplazar. Además, se aconseja el uso de acumuladores y el cableado recomendado para aprovechar al máximo rendimiento del inversor, se muestra en la figura.23.

	12/250	24/250	48/250	12/375	24/375	48/375
Capacidad mínima de la batería	30 Ah	20 Ah	10 Ah	40 Ah	30 Ah	15 Ah
Fusible CC interno	2 x 30 A	30 A	25 A	2 x 40 A	40 A	25 A
Tipo de fusible (Marca: Littelfuse)	ATOF 32 V	ATOF 32 V	FKS 80 V	ATOF 32 V	ATOF 32 V	FKS 80 V
Fusible sustituible	no	no	no	no	no	no
Sección de cable CC recomendada (mm <sup>2</sup> )						
0 – 1,5 m	4 mm <sup>2</sup>	2,5 mm <sup>2</sup>	1,5 mm <sup>2</sup>	6 mm <sup>2</sup>	4 mm <sup>2</sup>	2,5 mm <sup>2</sup>
1,5 – 3 m	6 mm <sup>2</sup>	4 mm <sup>2</sup>	2,5 mm <sup>2</sup>	10 mm <sup>2</sup>	6 mm <sup>2</sup>	4 mm <sup>2</sup>

	12/500	24/500	48/500	12/800	24/800	48/800
Capacidad mínima de la batería	60 Ah	40 Ah	20 Ah	100 Ah	50 Ah	30 Ah
Fusible CC interno	3 x 35 A	2 x 25 A	30 A	125 A	2 x 40 A	2 x 20 A
Tipo de fusible (Marca: Littelfuse)	ATOF 32 V	ATOF 32 V	FKS 80 V	MIDI 32 V	ATOF 32 V	FKS 80 V
Fusible sustituible	no	no	no	sí	no	no
Sección de cable CC recomendada (mm <sup>2</sup> )						
0 – 1,5 m	6 mm <sup>2</sup>	6 mm <sup>2</sup>	4 mm <sup>2</sup>	16 mm <sup>2</sup>	6 mm <sup>2</sup>	4 mm <sup>2</sup>
1,5 - 3 m	10 mm <sup>2</sup>	10 mm <sup>2</sup>	6 mm <sup>2</sup>	25 mm <sup>2</sup>	10 mm <sup>2</sup>	6 mm <sup>2</sup>

	12/1200	24/1200	48/1200
Capacidad mínima de la batería	150 Ah	60 Ah	30 Ah
Fusible CC interno	200 A	100 A	50 A
Tipo de fusible (Marca: Littelfuse)	MIDI 32 V	MIDI 32 V	MIDI 58 V
Fusible sustituible	sí	sí	sí
0 – 1,5 m	25 mm <sup>2</sup>	10 mm <sup>2</sup>	6 mm <sup>2</sup>
1,5 -3 m	35 mm <sup>2</sup>	16 mm <sup>2</sup>	10 mm <sup>2</sup>

FIGURA. 25 CONEXIÓN A BATERÍA (VICTRON ENERGY)

Además, para saber el estado de funcionamiento de este tipo de inversor se muestra en el anexo 1 donde explica los significados de los LEDS y en anexo 3 para conocer las especificaciones del mismo.

## 2.12. Protecciones eléctricas para sistemas fotovoltaicos

La principal tarea de la protección eléctrica de los SF es prevenir deterioros o alteraciones provocados por cortocircuitos, sobretensiones y sobrecargas. En general, en todos los sistemas eléctricos, la protección es una parte básica con el propósito de aislar los posibles daños para evitar la posibilidad de incendio, explosión, perturbación de la red, minimizando los daños a los equipos, cercanos, protegiendo tanto a los usuarios como a los empleados.

- **Protección por CC.**

DC actúan como primera medida de protección del sistema fotovoltaico. En condiciones normales de funcionamiento, la corriente fluye a través de estos, si por cualquier motivo la corriente supera el límite del fusible, el conductor metálico interior se funde y abre el circuito, evitando daños al resto de componentes o un posible incendio. Si está activo, simplemente reemplázelo con un fusible nuevo. Debido a su tamaño, se denominan filtros 10x38. Se pueden encontrar en su versión con soportes de protección montados en carril DIN o como pre-stateles de antena integrados en conectores mc4.



**FIGURA. 26 FUSIBLES DC Y AÉREOS (SOLARTIK)**

Por otro lado, el interruptor termomagnético VCC es otra medida para proteger el circuito de CC de posibles daños en el circuito por sobrecorriente. También se utilizan como separadores de los polos positivo y negativo.



**FIGURA. 27 LLAVE DE CORTE E INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO VCC (SOLARTIK)**

Finalmente, tanto la CA como la CC deben estar protegidas contra sobretensiones y rayos que pueden ocurrir durante las tormentas. Por lo tanto, se utiliza un elemento conocido como descarga atmosférica. La misma protección se utiliza para los sistemas en línea y fuera de línea.



**FIGURA. 28 PROTECTOR DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS  
500VCC-LKTD2-PV500 (SOLARTIK)**

- **Protecciones para el lado de corriente alterna**

Hay un interruptor magnético VCA en el lado de CA. Como sugiere el nombre, combina los dos efectos del magnetismo y el calor para detener la corriente cuando detecta un nivel por encima de cierto umbral establecido por el fabricante. Su función principal es proteger los cables y dispositivos eléctricos de sobrecargas y cortocircuitos. Un interruptor diferencial, por otro lado, es una protección muy importante. Protege a los usuarios de incidentes causados por el contacto directo con partes del sistema o partes existentes de corrientes residuales o fugas. Para abrir el circuito, la corriente de fuga debe ser mayor que la corriente diferencial del sensor, que es inferior a 30 miliamperios (mA). Finalmente, los límites atmosféricos sirven para proteger nuestros dispositivos de posibles sobretensiones y rayos de la red. Estaba montado sobre una jabalina de cobre literalmente puesta a tierra.



**FIGURA. 29 PROTECTOR DE DESCARGA  
ATMOSFÉRICAS 385VCA-ADM5-2P (SOLARTIK)**

### **2.13. Política Energética Ecuatoriana**

El país cuenta con una matriz de generación de energía limpia, principalmente con un 91% de energía hidroeléctrica complementada con centrales de energía limpias como la eólica, solar y biomasa. El ministerio de Energía y Recursos No Renovables, en el Ecuador promueve el progreso de los planes de generación de energía a partir de fuentes inagotables no tradicionales que ayudarán al sector eléctrico de Ecuador a avanzar en su transición energética. Con el fin de aumentar el número de ecuatorianos en el mundo y traer la paz al Ecuador, el gobierno incentiva la inversión privada para atraer capitales nacionales y extranjeros que contribuyan al desarrollo y recuperación económica del país una política promulgada por el Presidente de la República Guillermo Lasso bajo el Decreto Eléctrico Nacional 238. Luz verde para producción descentralizada en Ecuador según normativa vigente ARCERNNR-001/2021 y ARCERNNR-002/2021.

En particular, el ARCERNNR-001/2021 instituye normas en el transcurso de lineamiento, enlace, instalación y operación de técnicas a cumplir en la generación eléctrica basada en energía renovable para satisfacer las necesidades de autoabastecimiento de los clientes normados. Por otro lado, el ARCERNNR-002/2021 define las circunstancias técnicas y comercio que deben efectuarse en el progreso y maniobra de centrales eléctricas distribuidoras

propiedad de empresas autorizadas por el sector público para realizar actividades productivas. Eduardo Rosero, presidente de la Asociación de Energías Renovables y Eficiencia Energética del Ecuador (AEREEE), saludó la redefinición de las reglas para este segmento de mercado.

- **Vista habitual del mercado**

La perspectiva del mercado de energía solar de Ecuador es crecer a una CAGR de alrededor del 12% durante el tiempo de predicción. Los principales impulsores del mercado son las iniciativas gubernamentales que implican el uso de fuentes de energía limpias y alternativas para proteger el medio ambiente del aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Sin embargo, se espera que las incertidumbres de las tarifas reguladas obstaculicen el desarrollo del mercado durante el tiempo de predicción.

- Se espera que el aumento de la demanda de energía, las regulaciones gubernamentales y las asociaciones privadas impulsen el mercado durante el período de pronóstico.
- Las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita de Ecuador se estiman en un promedio de 3,3 por año. Y a este ritmo general de crecimiento, se estima que en 2030 alcanzaremos unas 7,2 toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub>. El mercado potencial de energía solar de Ecuador y el llamado del gobierno para que empresas extranjeras participen en el mercado de energía renovable ofrecen oportunidades de mercado en un futuro próximo.
- Por otro lado, la alta inversión inicial, el suministro de energía intermitente y los requisitos de gran superficie para la instalación de granjas solares restringen el crecimiento del mercado.

- **Ventajas**

Creciente demanda de electricidad para impulsar el mercado:

- A nivel mundial, la electricidad juega un papel vital como factor de crecimiento económico y bienestar social, en el que es fundamental contar con una forma de energía accesible, confiable y sostenible.
- Durante 2018, Ecuador tiene una capacidad instalada solar de alrededor de 26 MW, con una capacidad de generación de electricidad de casi 41 GWh. La energía renovable de Ecuador contribuye con casi el 0,7% de la matriz energética total.
- Además, se espera que la demanda de electricidad de Ecuador tenga una demanda de alrededor de 32 teravatio-hora (TWh) para 2025, y con su objetivo de reducir las

emisiones de carbono al tener una fuente alternativa de energía, es probable que las fuentes renovables crezcan en el transcurso del año.

- Además, la energía solar se está volviendo más accesible que otras fuentes de energía tradicionales debido a las innovaciones en el sector solar que han reducido el precio de venta promedio de la energía solar fotovoltaica. Con las mejoras tecnológicas esperadas y una mayor oferta de módulos de China/Europa, el costo de capital debería estabilizarse en un nivel más bajo. Como resultado, los inversionistas/desarrolladores se enfocan en la viabilidad comercial de los proyectos solares.

- **Desventajas**

Alta inversión inicial para resistir el mercado:

- Aunque el costo de producir dispositivos fotovoltaicos continúa cayendo en todo el mundo, la tasa de adopción de la energía solar fotovoltaica no es tan rápida como se esperaba. Aunque existen numerosos desafíos sociotécnicos y de política regional, el factor económico del alto costo inicial de las inversiones requeridas para instalar una planta solar fotovoltaica actúa como una restricción importante.
- Aparte de los costos de los módulos solares fotovoltaicos, como el alto costo de instalación, el costo de operación, los costos de mantenimiento y reparación, y los bajos costos de las fuentes de energía competidoras, también se suman al costo de las inversiones requeridas para las instalaciones solares fotovoltaicas.
- La instalación de una matriz solar fotovoltaica (PV) no solo es una decisión ambiental específica, sino también una decisión financiera. Independientemente del costo decreciente del equipo, el costo de los permisos y la mano de obra junto con la instalación de la instalación de energía solar fotovoltaica con una orientación desafiante y compleja se suma en gran medida a los costos finales de instalación.
- Además, los riesgos del período de recuperación y el retorno de la inversión de la energía solar fotovoltaica en comparación con otras fuentes de combustibles, cuando no se tienen en cuenta los factores ambientales, son elevados. Por lo tanto, es probable que todos estos factores actúen como una restricción para que el mercado crezca durante el período de pronóstico.

- **Panorama competitivo**

El mercado de energía solar de Ecuador se consolida. Los jugadores clave en el mercado incluyen Renovaenergía SA, Solergy Ecuador C.ltda., Enercity SA., Acciona SA y Aorausol GmbH.

Principales actores:

1. Renovaenergía SA.
2. Solergy Ecuador C.ltda.
3. Enercity SA.
4. Acciona SA.
5. Aorausol GmbH.

## 2.14. Analizador de redes eléctricas

Un utensilio que nos ayuda a examinar las características de las instalaciones eléctricas. Esta herramienta permite conocer el volumen de carga, reconocer el consumo, detectar la incidencia armónica y comprobar la tensión y sobrecarga. Por lo tanto, su uso permite solucionar todos los problemas que existen en la red eléctrica.

Un analizador de redes eléctricas se encarga de comprobar las propiedades de la red eléctrica y proporcionar información sobre las mismas. Sin embargo, solo mide algunas propiedades específicas que sirven para conocer la salud general de la red; especialmente los parámetros relacionados con la transmisión y distribución de señales eléctricas.

- **Parámetros que mide el analizador de redes**
  - **Flickers:** cambios repentinos en el voltaje que ocurren repetidamente en sucesión.
  - **Armónicos:** Distorsión de formas de onda de corriente sinusoidal provocada por dispositivos que disipan energía de manera no lineal.
  - **Distorsión de armónicos por intensidad y voltaje (THD):** Adquiere el producto de toda la distorsión armónica.
  - **Valor eficaz:** valor de corriente alterna que posee una intensidad continua provocada por la misma potencia al ser aplicada en la misma resistencia.
  - **Potencia y factor de potencia:** cantidad de electricidad que transportada por el circuito en unidades de tiempo, coteja entre la energía obtenida de y la energía a utilizar que logramos en su camino por la red.

- **Medidor de calidad eléctrica y energía 435-II de FLUKE**

Analizador de calidad eléctrica y energía 435-II examina los inconvenientes de eficacia eléctrica, calcula el costo de energía malgastada y remedia los lapsos de inacción.



**FIGRA. 30 INDAGADOR DE EFICACIA ELÉCTRICA Y ENERGÍA 435-II DE FLUKE (FLUKE)**

El analizador de energía y calidad eléctrica FLUKE 35-II está diseñado para ayudarlo a restar el lapso de inactividad también resuelve dificultades de calidad eléctrica rápidamente y encuentra fácilmente el costo de la energía perdida. El tiempo de inactividad es costoso, por lo que es fundamental conseguir las fichas que necesita para solucionar ágilmente las dificultades críticas de calidad de la energía. El proceso de medición y la obtención de datos del analizador 35-II está optimizado para desempeñar sencillamente la averiguación más significativa. Se miden varios parámetros simultáneamente y se muestran en un formato que describe ágilmente el estado de la calidad general de la energía. Los fundamentos también se pueden analizar y organizar en formato tabular. La información detallada de eventos le permite ver la cantidad, la duración y el momento de las anomalías para que pueda regular rápidamente los problemas que ocurren en sus instalaciones.

## CAPITULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Antecedentes

El desarrollo de esta tesis se centra en el comportamiento del sistema fotovoltaico en presencia de cargas no lineales. Para realizar este estudio realizamos el diseño e implementación del panel de pruebas, tomando en cuenta los parámetros necesarios del diseño el cual se realizó en AutoCAD, el dimensionamiento de cada uno de los componentes descritos en la cotización junto a equipos complementarios a dicha implementación del SFA. Para su respectivo montaje la estructura se la realizo en las instalaciones del colegio San Gabriel ubicado en la Troncal provincia del Guayas. La implementación y las pruebas se las realizo internamente en las infraestructuras de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil laboratorio de generación.

El caso de estudio verifica los diferentes parámetros eléctricos medidos y visualizados mediante el analizador de redes 435 II de FLUKE, enfocándonos el comportamiento y eficiencia del Sistema Fotovoltaico, durante este proceso de transformación, la energía se almacena en las baterías para alimentar nuestras cargas no lineales (un ventilador , una lámpara led y una laptop) tomando en cuenta que la energía se pierde en forma de calor, gestionando entonces una eficiencia del 80%, lo que significa que el 20% de la energía generado por los paneles se pierde (Hurtado, 2019). Con el desarrollo de un sistema fotovoltaico para generación de electricidad renovable.

Se presenta el análisis más excepcional y similar de nuestro estudio. Con el objetivo general para el desarrollo óptimo de los procesos fotovoltaicos aportando a la comunidad de la carrea de electricidad en la UPS con el presente estudio en cuanto a cargas no lineales.

#### 3.2. Juicios en general para el estudio del proyecto a realizar en la Universidad Politécnica Salesiana.

- **Sitio y características a tomar en cuenta**

Es de suma importancia tomar en cuenta que el proyecto a realizar debe ser planteado con los hechos y características relevantes del sitio, también los primordiales datos que debemos saber o tomar en consideración:

- Picos de irradiancia que oscilan en el sitio a implementar.
- tiempo de utilización de la energía eléctrica.
- Cálculos.
- Fichas técnicas.
- Periodo de utilidad de cada dispositivo utilizado.
- Cronograma de mantenimiento técnico.
- Estudio de cada componente del SFI para lograr un óptimo funcionamiento.
- Antecedentes finales, brindan referencias de costos diseños y utilidades.

Otras consideraciones para la creación de criterios técnicos, son levantar información y compra de equipos cualificados se deben considerar los estudios previos, para aceptar el proceso de implementación del proyecto.

Adicionalmente, se explica que para realizar las pruebas de estudio es necesario tener en cuenta el estudio, la implementación y el equipo de medición pertinente misma que nos permitirá llegar al objetivo deseado.

### **3.3. Cálculos habituales del sistema a realizar**

- **Cálculo de la competencia del módulo fotovoltaico.**

Para llevar a cabo la selección de los elementos del sistema fotovoltaico, la empresa Renova Energía S.A. se eligió para proveer. Equipo como el regular e inversor. Empresa legal establecida en Ecuador, enfocada al desarrollo de soluciones de energía limpia conectadas a la red estatal y autónoma, con una regularidad de energías renovables, especialmente solar. Además, se demuestra que, para poder hacer los cálculos requeridos para obtener el mejor panel solar en la implementación eléctrica sus especificaciones técnicas para evitar contratiempos requerimos esta ecuación matemática, obteniendo la cantidad de módulos necesarios para satisfacer la demanda instalada:

$$N^{\circ}ps = \frac{E \times 1,3}{Hsp \times Wp}$$

**ECUACIÓN 3 CALCULO DE CAPACIDAD EN LOS MÓDULOS (MUÑOZ)**

Donde E es el consumo diario total por día del edificio con el panel solar instalado. Esta medida está en kilovatios hora (Kwh). Además, para obtener la energía utilizada o consumida por el sistema, se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- La cantidad de cargas o aparatos eléctricos en la implementación.
- Capacidad de las cargas eléctricas, en vatios.
- Tiempo a utilizar, para determinar la energía total, que se necesita para realizar los cálculos del módulo solar, se prepara una hoja de cálculo.

Como observamos en la tabla 5:

Carga	N <sup>a</sup> de carga	Potencia (W)	Hora de uso	Energía (Wh)
Lámpara led	1	9	2	18
Ventilador	1	60	2	120
Laptop	1	250	2	500
Energía total utilizada				638

**TABLA 5 PLANILLA DE CÁLCULO (AUTOR)**

Es muy importante conocer la eficiencia energética o energía eléctrica a utilizada por la instalación para implementar el sistema, nos muestra que la disminución de los requerimientos de potencia y energía eléctrica no afectará el funcionamiento normal de la instalación. Además, se establece que la eficiencia eléctrica es obtenida por la siguiente ecuación

$$E\% = \frac{Eu}{Ec}$$

**ECUACIÓN 4 EFICACIA ELÉCTRICA (GONZALES)**

Donde E% es el rendimiento, expresado en porcentaje.

Eu es la energía consumida por la instalación eléctrica, que se calculó primitivamente en nuestra hoja de cálculos, y Ec es la energía consumida para lograr la eficiencia de producción.

Para el sistema eléctrico instalado, la eficiencia estimada es del 60%. Luego se procede al cálculo de la energía consumida, resultando:

$$Eu = 957 \text{ Wh}$$

$$E\% = 60\%$$

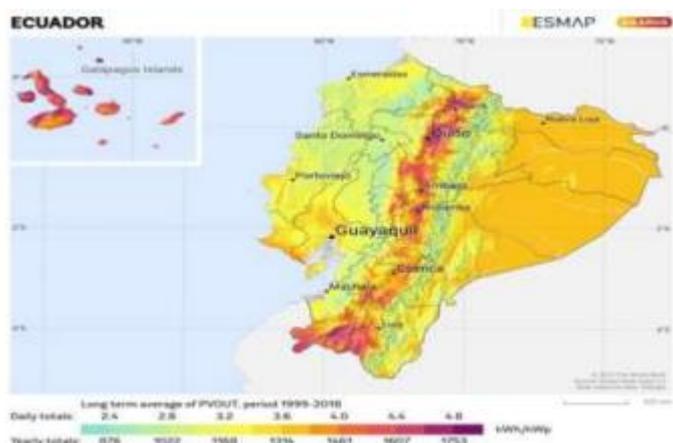
$$E\% = \frac{Eu}{Ec} \gg Ec = \frac{Eu}{60\%} = \frac{957}{60\%} = 1595 Wh$$

#### ECUACIÓN 5 EFICIENCIA ELÉCTRICA (GONZALES)

Al final tenemos 1595 Wh, resultantes como energía consumida por el sistema eléctrico, lo que brinda un valor imprescindible al calcular el modulo panel solar.

Además, se dice que nuestro factor de seguridad es 1,3, estimando el tamaño sobredimensionado en un 30% del consumo, por lo que no surjan problemas cuando se necesite expandir el sistema, resultando en una instalación más segura., su factor es de primordial importancia y se puede especificar para días en los que la climatología no apoya a recibir energía solar en los módulos solares.

Sin embargo, la irradiancia solar debe identificarse de acuerdo con el recurso solar y sus datos GIS o GIS (Sistema de Información Geográfica), sobre la base de medición satelital o en el lugar, para recopilar el recurso solar ideal en kWh/m<sup>2</sup>, vemos en la figura 31.



**FIGURA. 31 IRRADIANCIA SOLAR EN ECUADOR (GIS)**

Además, se dice que de las 24 provincias que conforman el Ecuador, cerca del 50% están limitadas por la radiación solar DE 4 kWh/kW. En otras palabras, es una estimación adecuada para usar en el cálculo del panel solar a realizar.

Además, sabemos que Wp es la potencia del panel, aquí depende de la marca distribuida. Se selecciona un panel de 400W, en la marca y serie mencionada. Después de recoger todas las cuantificaciones necesarias, se continúa con el cálculo de los módulos necesarios para alimentar nuestra instalación.

Complementamos, se presentando los valores:

$$E = E_c = 1595 \text{ Wh}$$

$H_{sp} = 4$ , según el gráfico ilustrado anteriormente, en el lugar donde se encuentra el edificio.

$W_p = 400\text{W}$ , es la potencia de la marca comercializada, que vamos a utilizar.

$$N^{a}ps = \frac{E \times 1,3}{H_{sp} \times W_p} = \frac{1595 \times 1,3}{4 \times 400} = 1,29$$

#### ECUACIÓN 6 CÁLCULO DE LOS PANELES IMPRESCINDIBLES

Obtenemos, 1 panel solar de 400W como resultado.

- **Cálculo del acumulador.**

Los acumuladores o baterías con las que cuenta Renovaenergía S.A son acumuladores de ciclo profundo, ofreciendo gran integridad y seguridad. El ciclo profundo del acumulador representa la ejecución de la batería en un ajuste que a menudo reduce el compartimento de la batería entre un 60% y un 70% o incluso más. Este tipo de batería es adecuada para almacenar energía solar y energía eólica renovable. Además, son utilizadas en telecomunicaciones, banda ancha, sistemas UPS, etc. Juntos, en la marca seleccionada para adquirir los equipos que componen el sistema fotovoltaico con su pertinente capacidad eléctrica. En esta implementación, acumuladores de 12 voltios y 24 voltios se le suma el análisis de nivel de voltaje de las baterías que se encuentran actualmente en el mercado.

Para deducir la duración óptima de la batería en la implementación y que cumpla con el correcto funcionamiento, se realizan diagnósticos acumulativos durante 2 días, con la siguiente ecuación7:

$$Cb = \frac{Ec \times Du}{Vd \times Mfd}$$

#### ECUACIÓN 7 CÁLCULO DE ACUMULADORESS (GONZALES)

Siendo:

$Cb$  = Capacidad del acumulador, en Ampers hora, Ah.

$Ec$  = Energía consumida por el edificio, en Vatios hora, Wh.

$Du$  = Autonomía en días por uso.

$Vb$  = tensión de acumulación, en voltios DC, Vdc.

$Mfd$  = Máximo índice de descarga del acumulador, en valor en porcentajes, %.

Tenemos:

$$cb = \frac{Ec \times Du}{Vb \times Mfd}$$

$$Cb = \frac{1595 \times 1dia}{24V dc \times 70\%}$$

$$Cb = 94,94 Ah$$

#### ECUACIÓN 8 RESOLUCIÓN DEL CÁLCULO DE LAS BATERÍAS (AUTOR)

Se recomienda que, a medida que aumenta el costo de la batería para alimentar la carga, esto significa más capacidad de amperios/hora. El voltaje de la batería de 24 V se elige. Para tener un valor más bajo, el resultado es entonces 94,94 amperios/hora con un voltaje de batería de 24 voltios. Dado que no se dispone de baterías de 24 voltios a 94,94 amperios/hora, la elección recae en 2 baterías de 12 voltios a 100 amperios/hora, conectadas entre sí También, para determinar el número de acumuladores en serie, tenemos ecuación 9:

$$Nbs = \frac{Vns}{Vnb}$$

#### ECUACIÓN 9 DIMENSIÓN DE LA CANTIDAD DE ACUMULADORES (GONZALES)

De donde:

**Nbs** = es la cantidad de acumuladores.

**Vns** = voltaje nominal del sistema.

**Vnb** = voltaje nominal de las acumuladores.

$$Nbs = \frac{24V}{12V}$$

$$Nbs = 2$$

#### ECUACIÓN 10 RESOLUCIÓN DEL CÁLCULO DE LOS NÚMERO DE BATERÍAS (AUTOR)

Se requieren 2 baterías en serie. Consultando el catálogo del distribuidor se eligen las baterías de 12 voltios con 100 amperios hora, tendremos que realizar su respectiva conexión

:

- **Elección del Inversor**

Para el procesamiento de datos en el inversor se utiliza la capacidad del panel por la cantidad de paneles, entonces vemos la ecuación:

$$\text{Inversor} = Pps \times Nps$$

#### ECUACIÓN 11 CÁLCULO DEL INVERSOR (GONZALES)

En donde:

Pps = Potencia del módulo solar calculados.

Nps = Numero de módulos solares calculados.

Resultando:

$$\text{Inversor} = 400W * 1$$

$$\text{Inversor} = 400W \text{ a } 12Vdc$$

Con las especificaciones técnicas del distribuidor, el inversor que se sugiere, es de 24V/250VA.

- **Elección del Regulador**

Al dimensionar el controlador se ejecuta un cálculo de la intensidad máxima que pueden soportar las entradas y salidas. En otras palabras, se utiliza la ecuación 12 en el cálculo y se debe multiplicar la corriente de cortocircuito (Isc) del panel solar por el número de derivaciones (Np) y se requiere un borde de seguridad del 25% para evitar dañar el aparato. o sobrecalentarse.

Adicionalmente, la particularidad del módulo solar de acuerdo al programa PVsyst:

(400Wp, Isc = 9.03A).

$$\text{Regulador} = 1,25 \times Isc \times Np$$

#### ECUACIÓN 12 CÁLCULO DEL REGULADOR (GONZALES)

Tenemos:

$I_{sc}$  = Intensidad máxima de salida del módulo solar.

$N_p$  = Cantidad de módulos conectados.

$$Regulador = 1,25 \times 9.03 \times 1$$

$$Regulador = 11,28 A$$

#### ECUACIÓN 13 RESOLUCIÓN CÁLCULO DEL REGULADOR (AUTOR)

Adicional el regulador que posee Renovaenergía S.A, es de 15 A. para su protección se utiliza un breaker de 15 A, en DC.

$$Breaker = Intensidad del inversor = 15A.$$

Se necesita un breaker de 15A de 2 polos, en corriente directa.

### 3.4. Diseño metálico de la estructura para el sistema fotovoltaico

- **Elaboración de la estructura**

Para la realización de la estructura se realizó el diseño de cada uno de los elementos del sistema fotovoltaico en el programa AutoCAD con las medidas adecuadas para el tamaño de cada componente.



FIGURA. 32 ESTRUCTURA METÁLICA PARA EL SFA

- Esquema de conexión

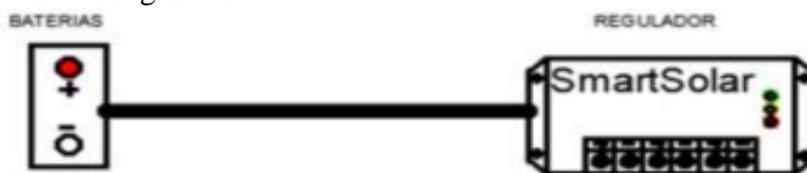
La conexión se lleva a cabo de la siguiente manera:

- Panel solar al regulador



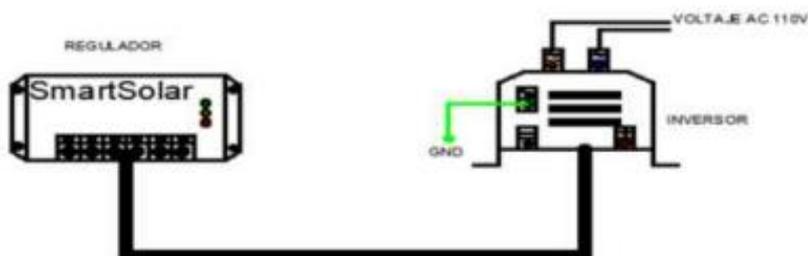
FIGURA. 33 PANEL SOLAR-REGULADOR (AUTOR)

- Baterías al regulador



**FIGURA. 34 BATERÍAS-REGULADOR (AUTOR)**

- Regulador al inversor



**FIGURA. 35 REGULADOR-INVERSOR (AUTOR)**

- Montaje de los equipos a la estructura



**FIGURA. 36 MONTAJE DE EQUIPOS (AUTOR)**

- **Obtención de parámetros eléctricos**

El FLUKE 35-II es un analizador de redes de calidad eléctrica es un equipo electrónico cómodo y ligero de llevar que suministra soluciones a inconvenientes del sistema eléctrico de manera inmediata, segura y expresiva. Este aparato portátil está diseñado con microchip de última generación y tecnología de procesamiento de señales digitales, hardware profesional de montaje en superficie y una interfaz fácil de usar. Este instrumento es para calcular señales de voltaje y corriente en período actual, manejando cables de medición y 3 herramientas de cocodrilo 3 HT 4003 CA, sonda con pinza conectada a la parte posterior del instrumento. Esta primera objeto permite la visualización de ondas y datos digitales de 3 voltajes de fase, 3 voltajes de línea, 3 corrientes, cambio de fase entre señales de voltaje y señal, la corriente entre las señales de tensión en comparación con el cálculo de operación del medidor de potencia. , potencia reactiva, armónicos complejos y primarios, y calcule THD para todas las señales y su cálculo de la frecuencia para señales sugerentes. Los parámetros eléctricos a obtener son:

- **Voltaje / Voltaje.** - Para calcular la tensión de fase y la corriente de fase, se pasan muestras de 360 vectores a través de una función que deduce la tensión y la corriente RMS de los vectores y convierte estos datos en un solo dato, donde se realizan diferentes operaciones aritméticas de linealización. aplicado para obtener medidas más precisas, de las muestras de los 360 vectores se tomaron 60 para obtener las ondas de señal de tensión y de corriente de fase.
- **Potencia.-** Para calcular la potencia de cada fase se realizaron las siguientes operaciones (Hayt y Kemmerly, 2005):

$$P = V * I * \cos(\varphi)$$

**ECUACIÓN 14 POTENCIA ACTIVA O RESISTIVA (REAL) P (AUTOR)**

$$Q = V * I * \sin(\varphi)$$

**ECUACIÓN 15 POTENCIA REACTIVA O INDUCTIVA Q (AUTOR)**

$$|\bar{S}| = VI$$

**ECUACIÓN 16 POTENCIA APARENTE O TOTAL (COMPLEJA) S (AUTOR)**

$$PF = \cos(\varphi)$$

**ECUACIÓN 17 FACTOR DE POTENCIA FP (AUTOR)**

Dónde:

V= Voltajes de fase

I = Corrientes de fase

$\varphi$ = Desfase

- **Armónicos.-** La medición de los armónicos de corriente es necesario para comprobar el cumplimiento de los parámetros propuestos por la ARCERNNR-001/2021. Uno de los conceptos más relevantes en el momento de abordar un problema de contaminación armónica es que los parámetros de armónicos en corriente se manifiestan como un porcentaje de un costo de corriente fijo que es la corriente promedio de la demanda máxima. Esto quiere decir que los parámetros de corriente son en esencia parámetros fijos de corriente con en relación a cada armónico (THDi) y a la tasa de distorsión total de la demanda (TDD).

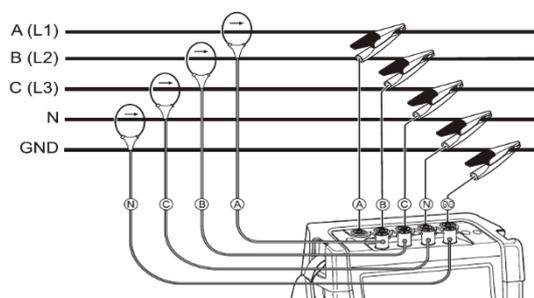
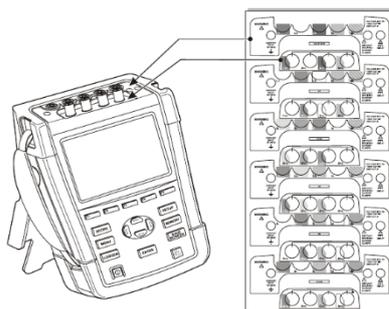
Destinados a equiparar las mediciones con dichos parámetros, es fundamental que las mediciones de armónicos sean llevadas a cabo en dimensiones absolutas (ampers) y no en relación de la corriente es importante ya que el tamaño importante de la corriente cambia una y otra vez gracias a las diferenciaciones de carga y a las modificaciones en el control del elemento de potencia.

Las corrientes armónicas expresadas como porcentaje de los cambios en la corriente importante tienen la posibilidad de generar problemas en cuanto la conversión de las corrientes medidas y los resultados tienen la posibilidad de ser equivocados. Ejemplificando, los niveles de distorsión armónica expresados como porcentaje de la corriente importante tienen la posibilidad de ser bastante elevados a lo largo de condiciones de carga baja, sin embargo las dimensiones armónicas de las corrientes tienen la posibilidad de ser plenamente aceptables, razón por la cual se tienen que calcular la TDD y no solamente los THDi.

Una vez que se hacen mediciones de distorsiones armónicas de corriente en una instalación es fundamental integrar los ángulos de etapa de cada armónico de manera personal. Esto dejará una evaluación más completa de la anulación entre los diferentes elementos armónicos dentro del sistema bajo estudio. Los ángulos de etapa tienen que estar involucrados con una misma alusión la cual habitualmente hace referencia al ángulo de cruce por cero de la onda importante de la etapa A (L1 o etapa R).



**FIGURA. 37 CONEXIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN (AUTOR)**



**FIGURA. 38 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL EQUIPO 435-II DE FLUKE (AUTOR)**

## CAPITULO IV

### 4. PRUEBAS & RESULTADOS

#### 4.1. Datos del sistema a vacío.

La prueba se llevó a cabo el día 20 de agosto del 2022 en horarios de 9:00 a 10:00, 12:00 a 13:00 y 16:00 a 17:00 en intervalos de 15 minutos, tomando como resultado el promedio de los valores encontrados en los parámetros eléctricos: Tensión, corriente y potencia sin presencia de cargas.

	Datos sin carga		
	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (w)
<b>Panel (V)</b>	38,15	0,7	26,705
<b>Batería (V)</b>	14,4	1,4	20,16
<b>Carga en DC</b>	14,42	0	0
<b>Carga en AC</b>	136,3	0	0

TABLA 6 DATOS DEL SISTEMA (AUTOR)



FIGURA. 39 DATOS EN TIEMPO REAL APLICACIÓN MÓVIL (VISTRON ENERGY) (AUTOR)

## 4.2 Datos de las cargas

- Ventilador (Carga 1)

Se procede a conectar la primera carga y se toman datos de los parámetros eléctricos: Tensión, corriente y potencia a intervalos de 15 minutos el día 20 de agosto del 2022 en los horarios de 09:00 a 10:00, 12:00 a 13:00 y 16:00 a 17:00.

	<b>Carga 1 inductiva (ventilador)</b>		
	<b>Voltaje (V)</b>	<b>Corriente (A)</b>	<b>Potencia (w)</b>
<b>Panel (V)</b>	34,11	1,7	57,987
<b>Batería (V)</b>	12,99	-0,3	-3,897
<b>Carga en DC</b>	12,97	5	64,85
<b>Carga en AC</b>	106	0,5	53

**TABLA 7 DATOS CARGA INDUTIVA (VENTILADOR) (AUTOR)**

- Lámpara led (Carga 2)

Se procede a conectar la segunda carga y se toman datos de los parámetros eléctricos: Tensión, corriente y potencia a intervalos de 15 minutos el día 20 de agosto del 2022 en los horarios de 09:00 a 10:00, 12:00 a 13:00 y 16:00 a 17:00.

	<b>Carga 2 Resistiva (led)</b>		
	<b>Voltaje (V)</b>	<b>Corriente (A)</b>	<b>Potencia (w)</b>
<b>Panel (V)</b>	37,75	1	37,75
<b>Batería (V)</b>	14,4	1,1	15,84
<b>Carga en DC</b>	14,42	1,4	20,188
<b>Carga en AC</b>	108	0,15	16,2

**TABLA 8 DATOS CARGA RESISTIVA (LED) (AUTOR)**

- Laptop (Carga 3)

Se procede a conectar la tercera carga y se toman datos de los parámetros eléctricos: Tensión, corriente y potencia a intervalos de 15 minutos el día 20 de agosto del 2022 en los horarios de 09:00 a 10:00, 12:00 a 13:00 y 16:00 a 17:00.

	<b>Carga 3 Computadora</b>		
	<b>Voltaje (V)</b>	<b>Corriente (A)</b>	<b>Potencia (w)</b>
<b>Panel (V)</b>	31,8	0,9	28,62
<b>Batería (V)</b>	12,9	-0,2	-2,58
<b>Carga en DC</b>	12,91	2,5	32,275
<b>Carga en AC</b>	115	0,25	28,75

TABLA 9 DATOS CARGA COMPUTADORA (AUTOR)

### 4.3. Pruebas con equipo analizador de redes 435 II FLUKE

#### 4.3.1. Pruebas de armónicos

- Carga 1 ventilador

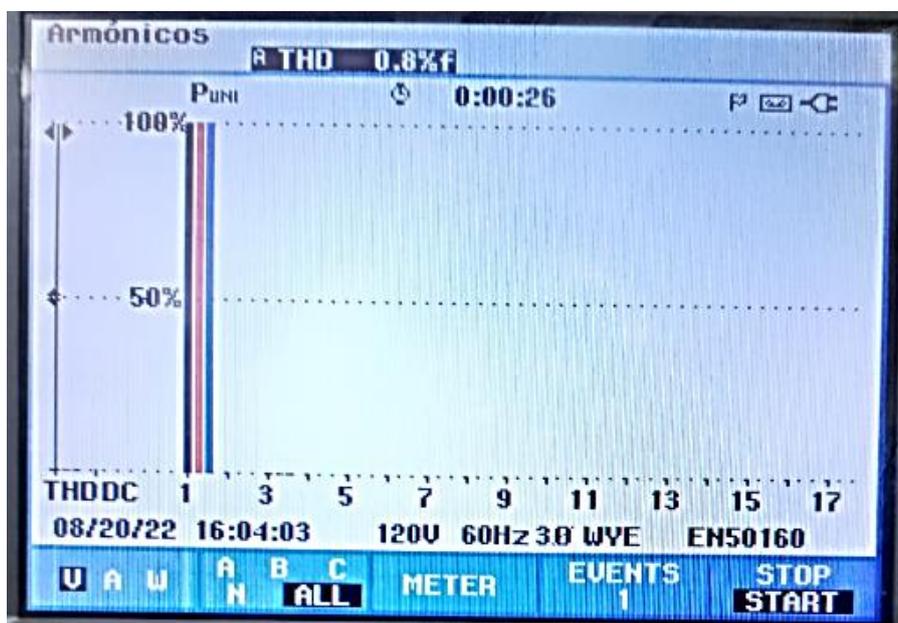


FIGURA. 40 PRUEBA DE ARMONICOS CARGA 1

La carga 1 presentó un THD inferior al 1% dando a notar una incidencia baja y poco perceptible de armónicos.

- Carga 2 lámpara led

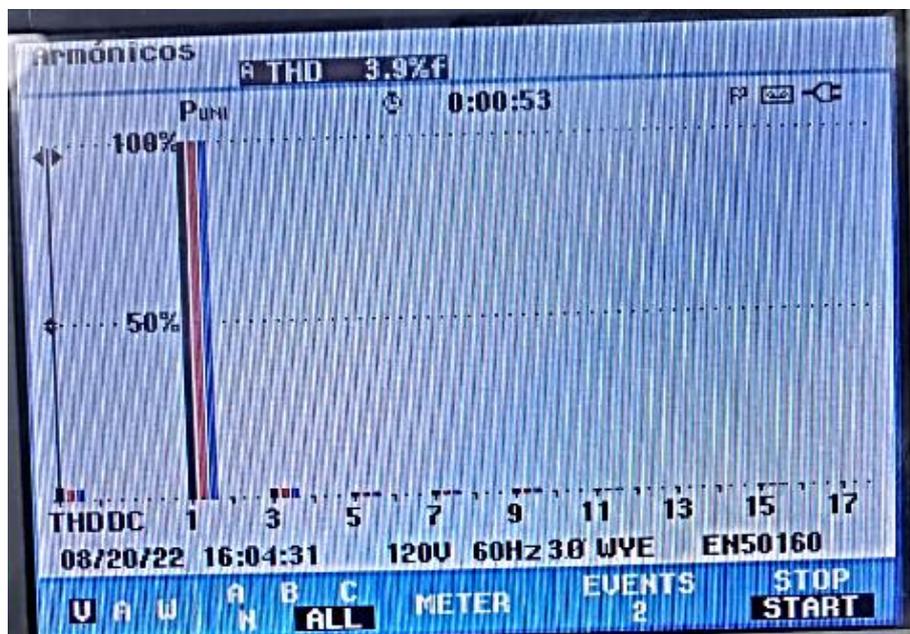


FIGURA. 41 PRUEBA DE ARMONICOS CARGA 2

La carga 2 presentó un THD de 3.9% mostrando una incidencia en el 3er, 5to, 7mo, 9no y 11vo armónico.

- Carga 3 laptop

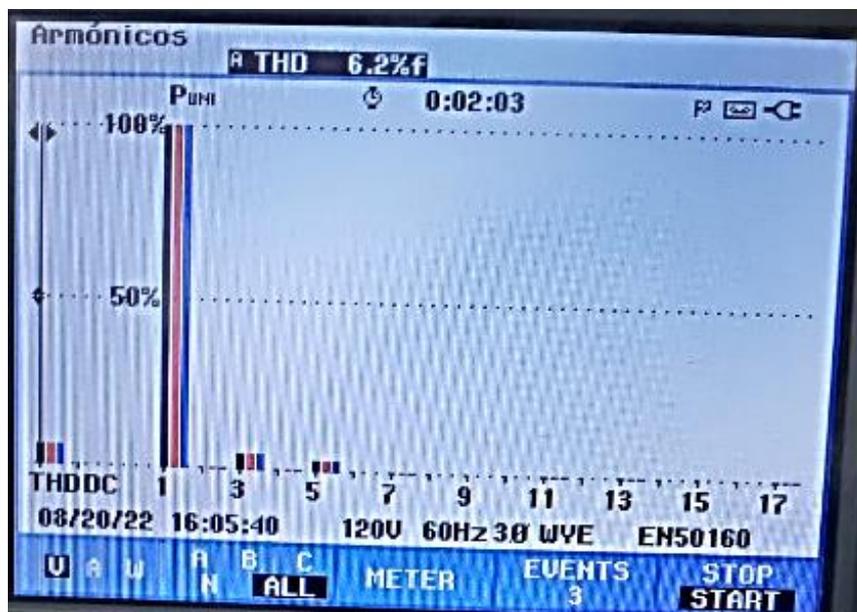


FIGURA. 42 PRUEBA DE ARMONICOS CARGA 3

Esta carga presentó un THD superior al 6% con presencia notoria en el 3er y 5to armónico

- Cargas 1,2 y 3

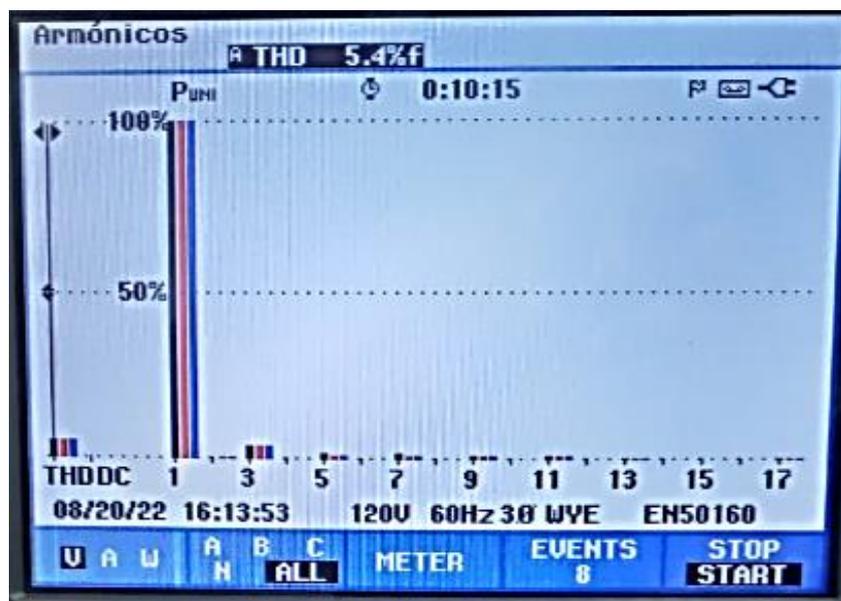


FIGURA. 43 PRUEBA DE ARMONICOS CARGA 1, 2 Y 3

Al conectar las 3 cargas en serie se observó que no varió mucho su incidencia continuando con un THD superior al 5% y se mantienen en mayor nivel 3er y 5to armónico.

#### 4.3.2. Prueba de curvas de tensión

- Carga 1 ventilador

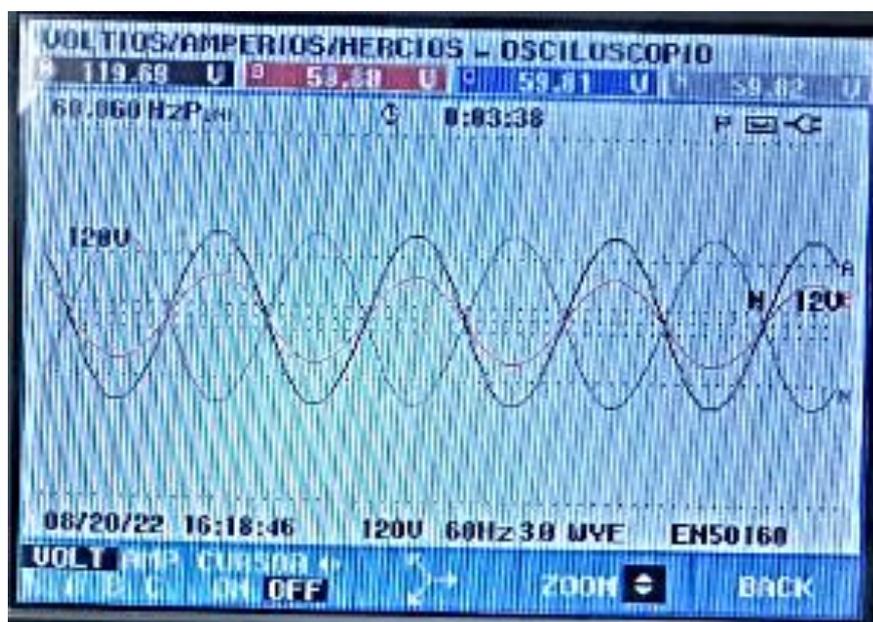


FIGURA. 44 PRUEBA DE CURVA DE TENSIÓN CARGA 1

Vemos que la carga 1 no genera distorsión en la onda de tensión.

- Carga 2 lámpara led

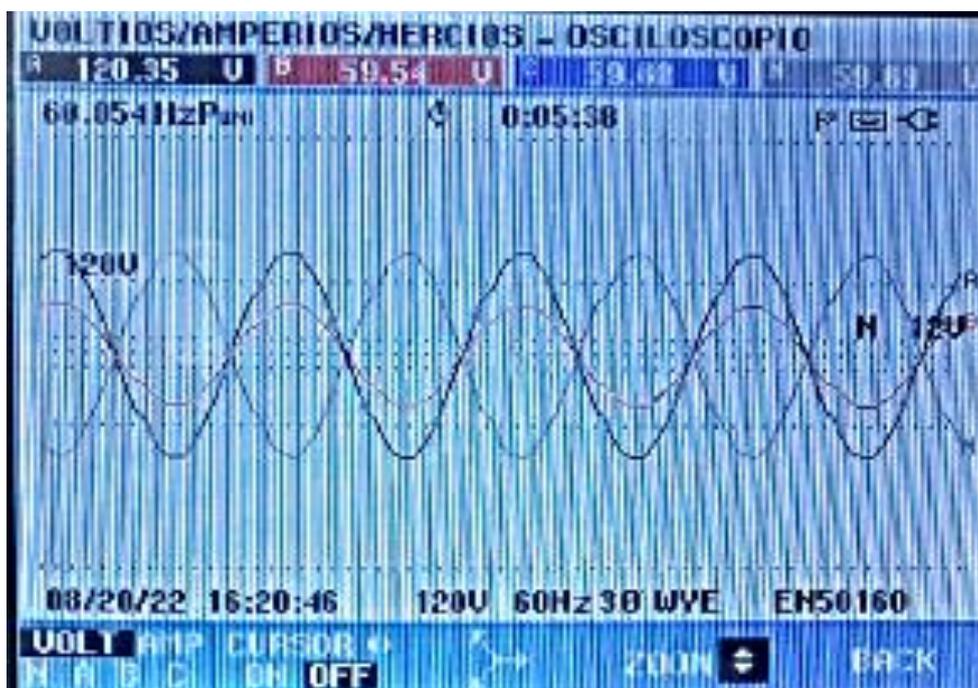


FIGURA. 45 PRUEBA DE CURVA DE TENSIÓN CARGA 2

La carga 2 presenta una ligera relación de cambió en comparación a la carga 1.

- Carga 3 laptop

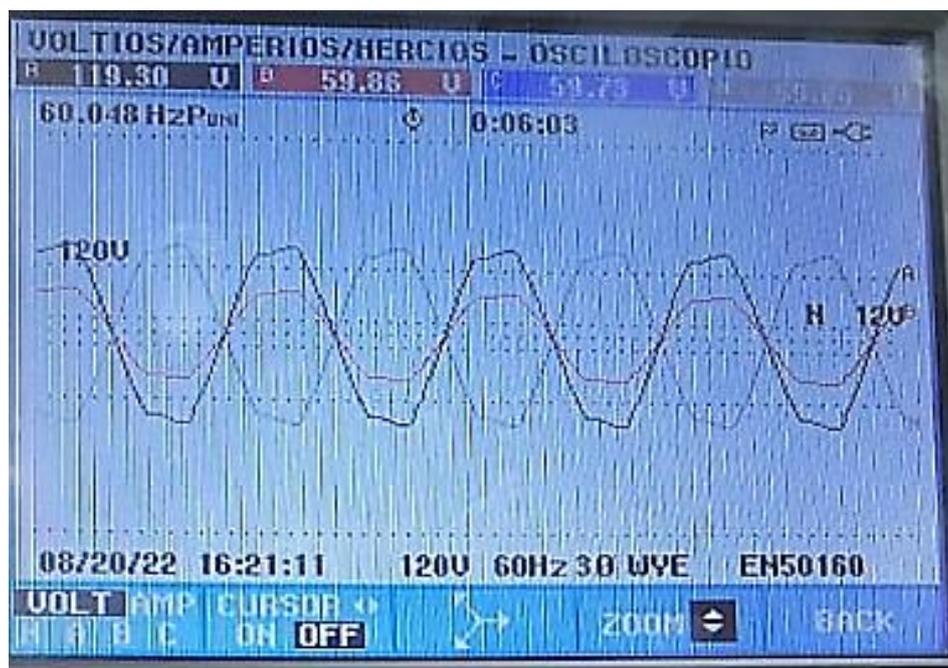


FIGURA. 46 PRUEBA DE CURVA DE TENSIÓN CARGA 3

En la carga 3 la curva de tensión aumento en relación a las otras 2 cargas.

- Cargas 1,2, y 3

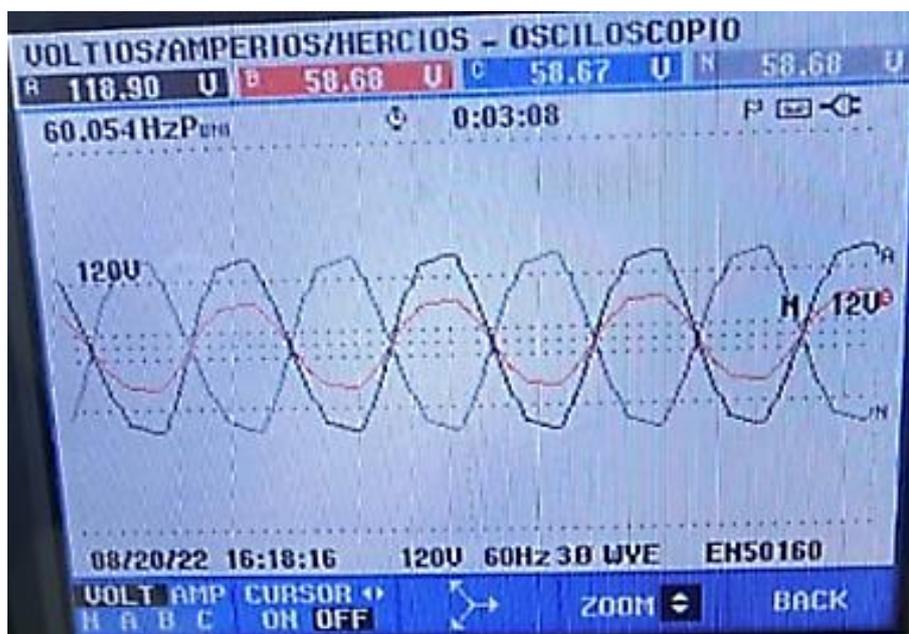


FIGURA. 47 PRUEBA DE CURVA DE TENSIÓN CARGA 1, 2 Y 3

Las tres cargas conectadas en serie presentan un ligero desfase en sus curvas de voltaje entre sí.

#### 4.3.3. Prueba de curvas de corriente

- Carga 1 ventilador



FIGURA. 48 PRUEBAS DE CURVAS DE TENSIÓN CARGA 1

Para el caso de la curva de tensión la carga uno presenta un comportamiento normal.

- Carga 2 lámpara led

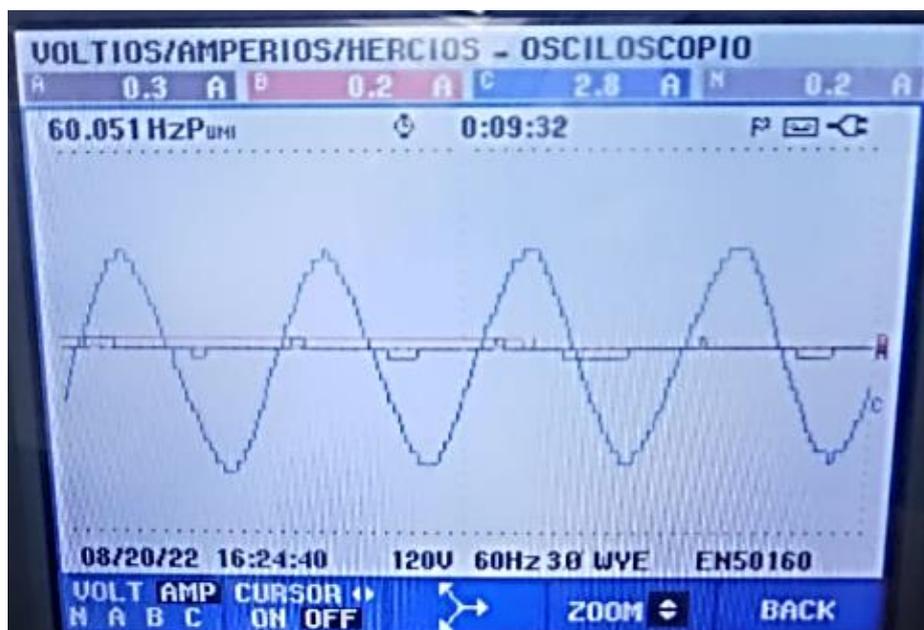


FIGURA. 49 PRUEBAS DE CURVAS DE TENSIÓN CARGA 2

De la misma manera en la carga 2 el sistema se comporta de manera esperada.

- Carga 3 laptop

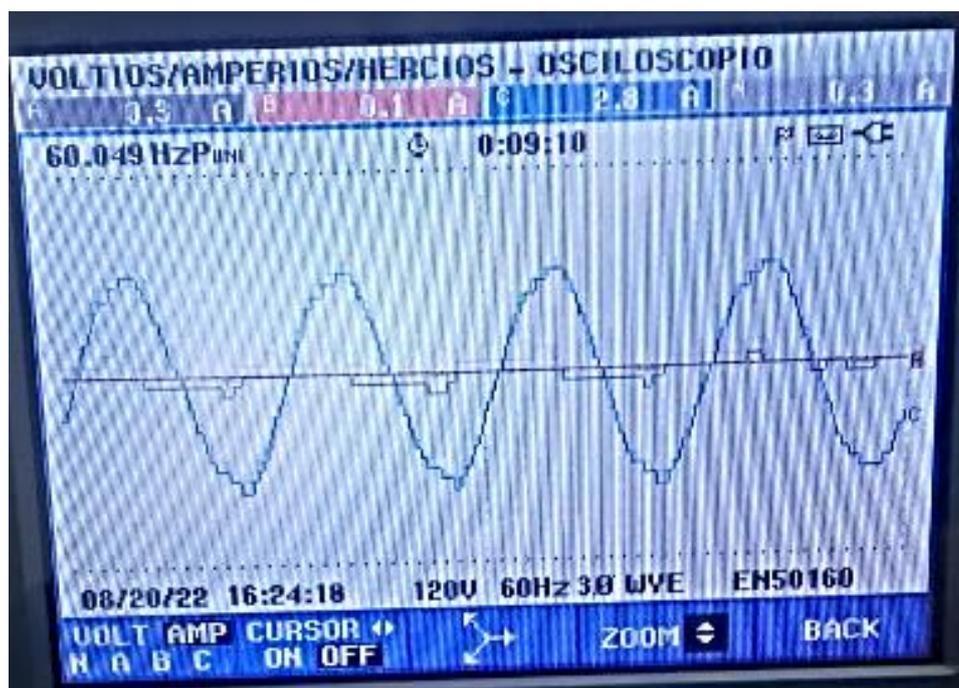


FIGURA. 50 PRUEBAS DE CURVAS DE TENSIÓN CARGA 3

En el caso de la carga 3 la curva de tensión se comporta en parámetros esperados.

- Carga 1, 2 y 3

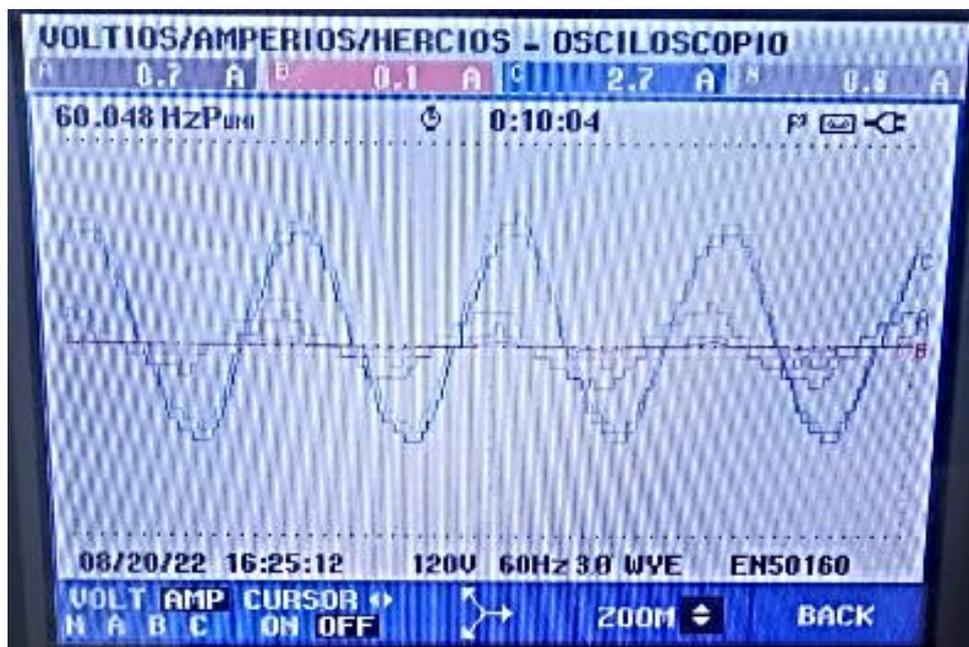


FIGURA. 51 PRUEBAS DE CURVAS DE TENSIÓN CARGA 1, 2 Y 3

Las tres cargas conectadas en serie no varían significativamente en su comportamiento.

- Consumo Carga 1 ventilador

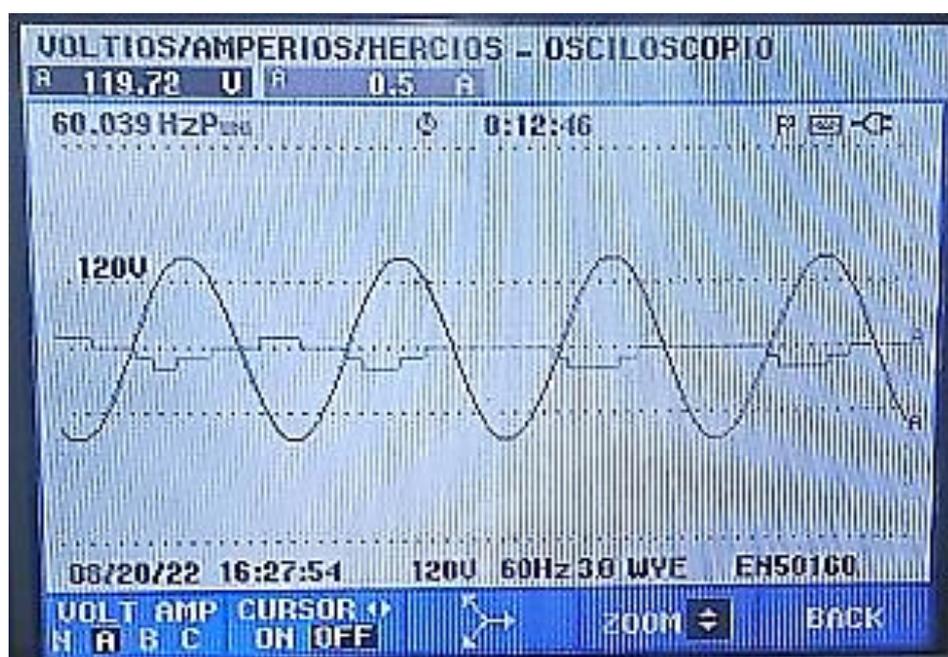


FIGURA. 52 RESULTADO DE CONSUMO CARGA 1 VENTILADOR

- Consumo Carga 2 lámpara led

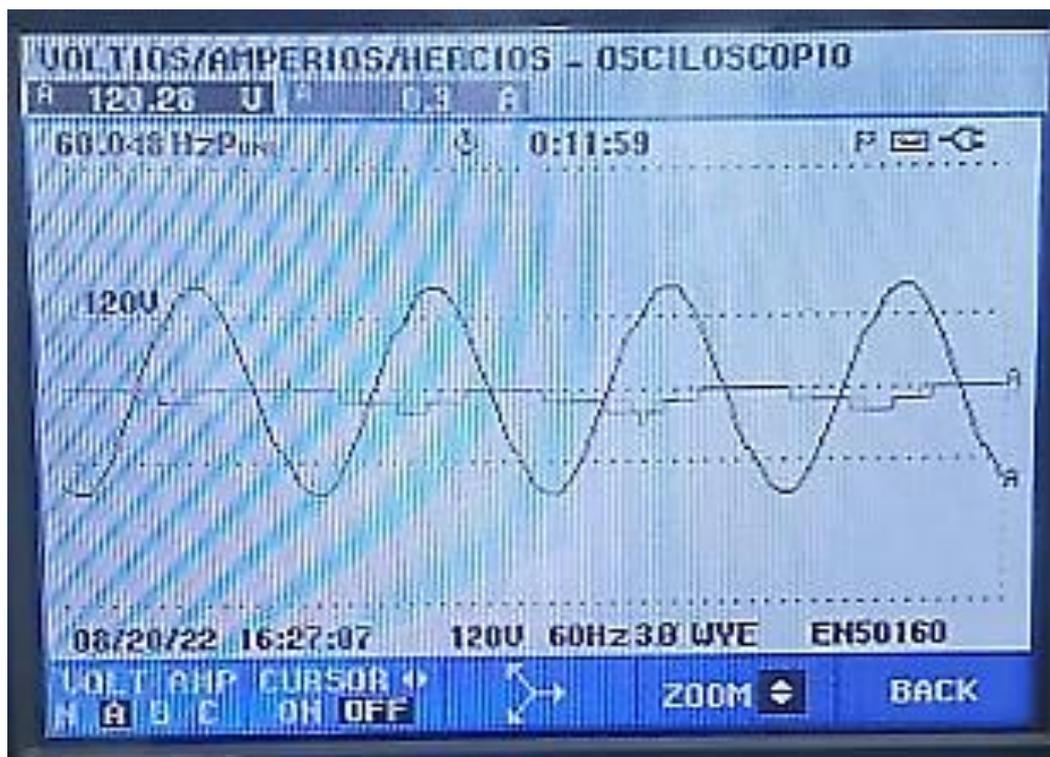


FIGURA. 53 RESULTADO DE CONSUMO CARGA 2 LÁMPARA LED

- Consumo Carga 3 Laptop

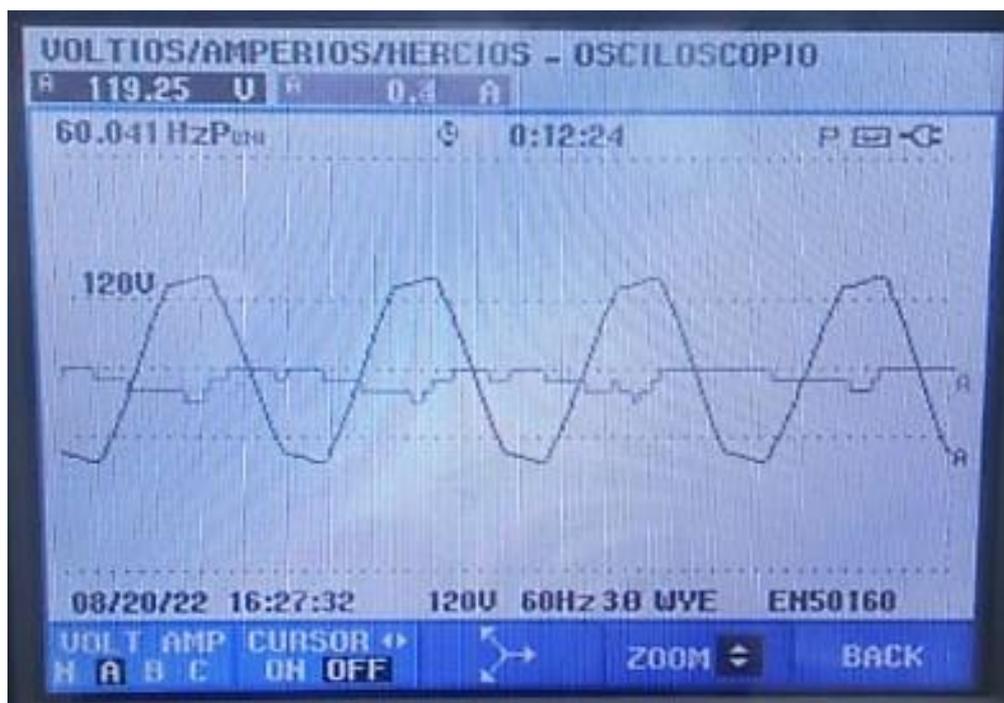


FIGURA. 54 RESULTADO DE CONSUMO CARGA 3 LAPTOP

- Consumo Carga 1, 2 y 3

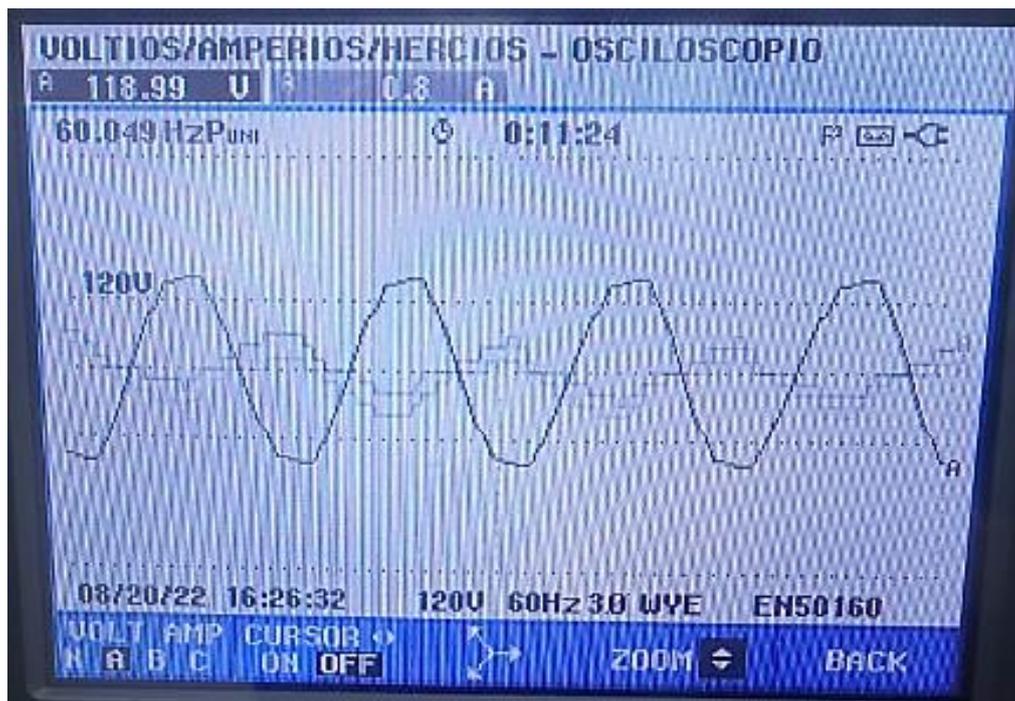
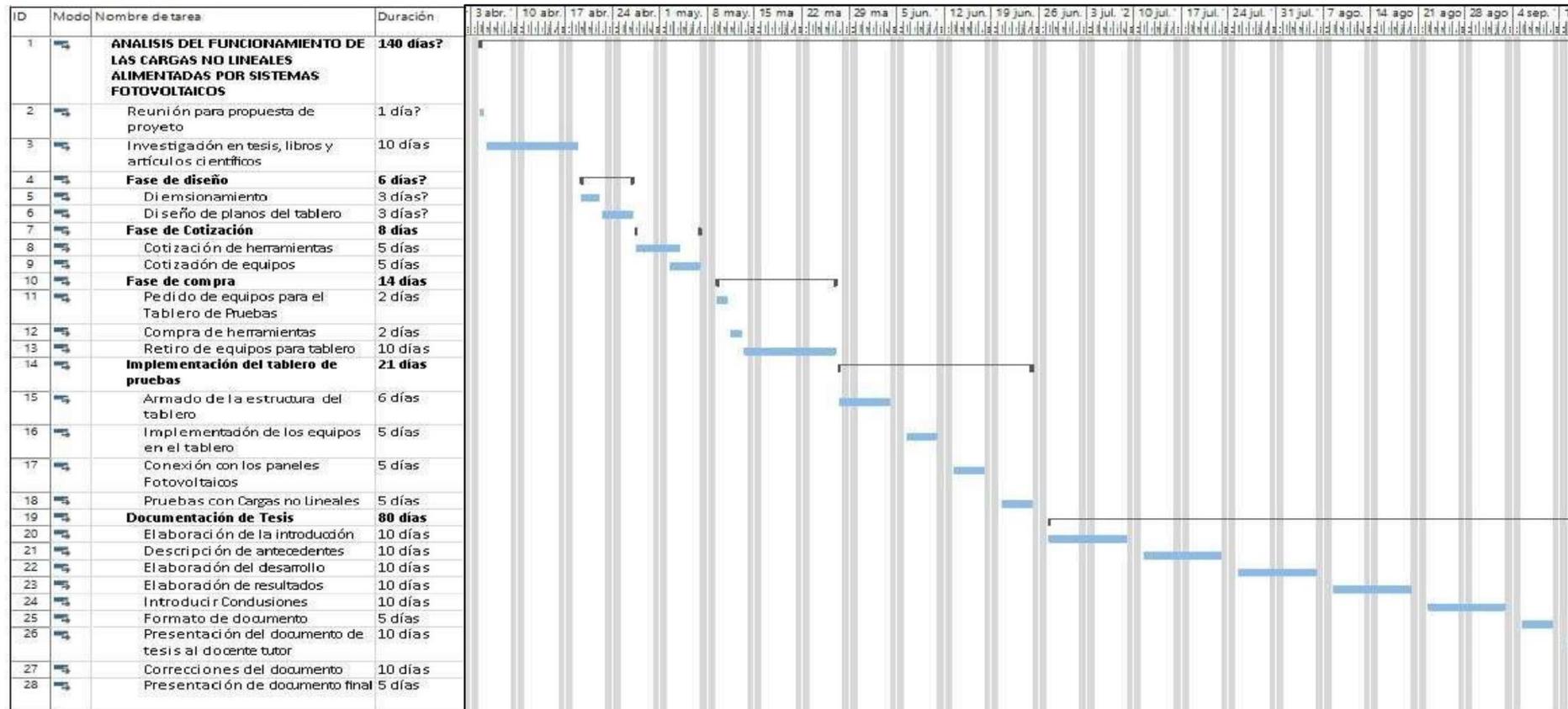


FIGURA. 55 RESULTADO DE CONSUMO CARGA 1, 2 Y 3

## CAPITULO V

### 5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Realizado en el programa OpenProj:



**FIGURA. 56 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA ELABORACIÓN DEL PANEL FOTOVOLTAICO**

## 6. PRESUPUESTO

<b>PRESUPUESTO DEL MODULO FOTOVOLTAICO</b>			
<b>Título del proyecto:</b> Comportamiento de un sistema fotovoltaico en presencia de cargas no lineales			
<b>Integrantes:</b> Ortiz Santana Luis Francisco - Atiencia Pazmiño Steven Miguel			
<b>Duración del proyecto</b>	<b>Tiempo:</b> 6 meses	<b>Proveedores:</b> Varios	
<b>Descripción de Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Estructura y planchas del Modulo	1	\$350	\$350
Soporte de panel y reflectores	1	\$250	\$250
Baterías selladas 12v 40 Ah	2	\$130	\$260
Controlador MPW LCD&USB 12/24V-10A	1	\$48.26	\$48.26
Controlador MPPT 75/15	1	\$147	\$147
Inverter 12/250 120V	1	\$167.36	\$167.36
Microinversor 120V /230	1	\$115	\$115
Variac	1	\$ 76.72	\$76.72
Medidores Digitales en AC	1	\$85	\$85
Foco Led 6W	1	\$6	\$6
Foco Halógeno de 50 W	1	\$13	\$13
Bornera Color Roja 14mm	30	\$ 0.45	\$13.5
Bornera Color Negra 14mm	25	\$0.45	\$11.25
Bornera Color Verde 14mm	10	\$0.45	\$4.5
Plug Banana Color Rojo	25	\$2.15	\$53.75
Plug Banana Color Negro	20	\$2.15	\$43
Plug Banana Color Verde	12	\$2.15	\$25.80
Selectores	2	\$7	\$14
Metro Cable Flexible color Roja 20 AWG	15	\$ 0.40	\$6
Metro Cable Flexible color Negro 20 AWG	15	\$0.40	\$6
Metro Cable Flexible color Verde 20AWG	15	\$0.40	\$6
BREAKER 5A	2	\$15	\$30
BREAKER 15 A	1	\$18	\$18
Reflectores de 200w	1	\$55	\$55
Computadora monitor y soporte	1	\$400	\$400
Panel Solar	1	\$150	\$150
		<b>total</b>	<b>\$2355.14</b>

**TABLA 10 COTIZACIÓN DE ANTÍTESIS DENOMINADA ANÁLISIS DE LAS CARGAS NO LINEALES ALIMENTADAS POR SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**

(AUTOR)

## CAPITULO VI

### 7. CONCLUSIONES

- Fue diseñado un módulo de pruebas para un sistema fotovoltaico aislado en el programa AutoCAD, siguiendo los lineamientos requeridos por la carrera de electricidad junto al docente tutor del laboratorio de generación Ing. Juan Lata, teniendo en cuenta las medidas de cada uno de los componentes y equipos que se utilizarían en la implementación del mismo.
- Fue implementado un módulo de pruebas para un sistema fotovoltaico aislado, quedando conformado por una estructura metálica con base para insertar placas intercambiables con los equipos y componentes necesarios para cada prueba a realizar. Para la correcta implementación del módulo se obtuvo mediante diferentes proveedores los equipos requeridos y su respectivo montaje se llevó a cabo en el transcurso de las horas y cales dentro de las instalaciones del laboratorio de generación en la carrera de electricidad del al UPS.
- Se logró conectar al sistema fotovoltaico aislado una serie de cargas no lineales, las cuales fueron: un ventilador, una lámpara LED y una computadora portátil, las cuales permitieron la adquisición de parámetros eléctricos en cada una de las pruebas realizadas, las cuales fueron:
  - Medición de tensión corriente y potencia en vacío.
  - Medición de tensión corriente y potencia con una carga inductiva conectada (Ventilador).
  - Medición de tensión corriente y potencia con una carga resistiva conectada (Lámpara LED).
  - Medición de tensión corriente y potencia con una computadora conectada.
- Los parámetros eléctricos fueron obtenidos con el equipo de medición 435 II FLUKE dónde se tomaron 12 mediciones en un día soleado tomado aleatoriamente, en diferentes horas del día, teniendo como resultado un comportamiento estable del SFA sin fallas ni grandes alteraciones en las curvas de tensión y corriente.

## 8. RECOMENDACIONES

- Continuar con el estudio del comportamiento del sistema con cargas no lineales mismas que seguirán proliferando los todos los sistemas eléctricos.
- Realizar mantenimientos periódicos a los equipos para así alargar su vida útil.
- Para proyectos futuros de esta naturaleza, consideramos que los beneficiarios de este tipo de sistemas deben ofrecer un mayor grado de compromiso hacia la universidad en el sentido de la colaboración con los estudiantes y el cuidado y mantenimiento del sistema.
- Se recomienda realizar investigaciones para mejoras del dimensionamiento con respecto a cargas y actualización de equipos debido a actualización constante de la tecnología para generación fotovoltaica.

## CAPITULO VII

### 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, M., Cohén , F., & Suárez, R. (2009). Impacto de la gestión tecnológica en el medio ambiente. Obtenido de Scielo: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1315-95182009000200010](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-95182009000200010)

Ardilla, P., & Gordillo, J. P. Diseño e implementación de un prototipo de transferencia de carga eléctrica para un sistema de energía solar fotovoltaica con sistema de alarma para la empresa Carpa Ingeniería S.A.S. UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA, Neiva.

Arrieta, D., & Puello, S. Diseño y construcción de un seguidor solar para aumentar el rendimiento energético en paneles fotovoltaicos de un sistema de bombeo. Universidad de Córdoba, Montería.

Bermudez, G. Especificación de un sistema de generación de energía eléctrica usando paneles fotovoltaicos y convertidores DC/AC. Universidad Central de Venezuela, Venezuela.

Brion, R., Mejias, N., Morales, I., & Rivera, A. (2016). Tablero didáctico para entrenamiento de interconexión de sistemas fotovoltaicos. Revista de Prototipos Tecnológicos, 46-51.

Castaño Ramírez, S. Protección de Sistemas Eléctricos . Universidad Nacional de Colombia Manizales, Manizales, Colombia.

Chivelet, N., & Fernandez, I. (2007). La envolvente Fotovoltaica en la arquitectura.

Barcelona: Reverté.

Enriquez, H. (2014). Instalaciones y Sistemas Fotovoltaicos. España: Limusa. Esparza, M.,

Mata, J., & Castañeda, L. (2006). Las cargas no Lineales, su Repercusión en las Instalaciones Eléctricas y sus soluciones. Obtenido de Redalyc:

<https://www.redalyc.org/pdf/944/94403211.pdf>

Foro de la Industria Nuclear Española. (2022). Rincón Educativo Energía y Medio

Ambiente. Obtenido de Sistemas aislados de la red eléctrica:

<https://www.rinconeducativo.org/es/recursos-educativos/aplicaciones-de-laenergiasolarfotovoltaica>

Galviz, J., & Gutierrez, R. Proyecto para la implementación de un sistema de generación solar fotovoltaico para la población Wayuu en Nazareth corregimiento del municipio de

Uribí, departamento de la Guajira, Colombia. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Guajira.

García, M. (1992). Energia Solar Fotovoltaica y Cooperacion Al Desarrollo. Madrid:

Iepala.

Gea, M., Montero, M. T., & Cadena, C. (2006). Simulación eléctrica y térmica de paneles fotovoltaicos. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente; vol. 10, 1-8. 14.

Hernández, R. Análisis De Factibilidad Para La Instalación De Un Sistema De Energía Limpia Mediante celdas Fotovoltaicas Para La Alimentación Eléctrica Del Edificio 4 En El Itslv. CIATEQ, Villa Hermosa, Tabasco.

Jaramillo, J., & Pilco, D. Sistemas fotovoltaicos para iluminación: paneles. Universidad

Técnica Particular de Loja, Loja.

Mejía, C., Games, H., & Espinosa, R. (2017). Diseño de una red de distribución a través de un modelo de optimización considerando agotados. Revista Chilena de Ingeniería,

619-632.

Mora, M., & Bañuelos, P. (2010). Contaminación armónica producida por cargas no lineales de baja potencia: modelo matemático y casos prácticos. Obtenido de Scielo: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S140577432010000200006](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S140577432010000200006)

Ormeño, E., & Pinda, D. Implementación de un módulo de pruebas a nivel de laboratorio para el estudio de paneles solares fotovoltaicos y pilas de combustible.

Universidad Técnica del Norte, Ibarra.

Ospino, A., Robles, C., & Duran, A. Modelado y simulación de un panel fotovoltaico empleando técnicas de inteligencia artificial. Universidad del Magdalena, Santa Marta.

Pareja, M. (2015). Energía Solar Fotovoltaica: Cálculo de una Instalación Aislada.

España: Marcombo.

Perales, T. (2007). Instalación de paneles solares térmicos. España: Creaciones

Copyright.

Perales, T. (2009). Instalación de Paneles Solares Térmicos 4ª edición. España:

Creaciones Copyright.

Romero, J. (2018). Sé Libre con la Energía Solar: El Manual Paso a Paso hacia la

Energía Solar. España: Independently published.

Tobajas, M. C. (2020). Energía Solar Fotovoltaica. Ecoe Ediciones.

Velez, F., & Grijalva, C. Estudio e implementación de un sistema fotovoltaico aplicado a luminarias: caso de estudio Unidad educativa Dr. Francisco Falquén Ampuero.

## 10. ANEXOS

Controlador de carga SmartSolar	MPPT 75/10	MPPT 75/15	MPPT 100/15	MPPT 100/20
Tensión de la batería (Selección automática)	12 / 24V			12 / 24 / 48V
Corriente de carga nominal	10A	15A	15A	20A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	145W	220W	220W	290W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	290W	440W	440W	580W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	n.a.	n.a.	n.a.	1160W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	13A	15A	15A	20A
Desconexión automática de la carga	Sí			
Tensión máxima del circuito abierto FV	75V		100V	
Eficiencia máxima	98%			
Autoconsumo - on de la carga	12V: 19 mA 24V: 16 mA		26 / 20 / 19 mA	
Autoconsumo - off de la carga	12V: 10 mA 24V: 8 mA		10 / 8 / 7 mA	
Tensión de carga de "absorción"	14,4V / 28,8V (ajustable)			14,4V / 28,8V / 57,6V (adj.)
Tensión de carga de "flotación"	13,8V / 27,6V (ajustable)			13,8V / 27,6V / 55,2V (adj.)
Algoritmo de carga	adaptativo multifase			
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.			
Corriente de carga continua	15A			20A / 20A / 1A
Desconexión de carga por baja tensión	11,1V/22,2V/44,4V u 11,8V/23,6V/47,2V o algoritmo BatteryLife			
Reconexión de carga por baja tensión	13,1V/26,2V/52,4V o 14V/28V/56V o algoritmo BatteryLife			
Protección	Cortocircuito de salida/Sobre temperatura			
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40°C)			
Humedad	95%, sin condensación			
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)			
CARCASA				
Color	Azul (RAL 5012)			
Terminales de conexión	6 mm <sup>2</sup> / AWG10			
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)			
Peso	0,5 kg	0,6 kg		0,65 kg
Dimensiones (al x an x pl)	100 x 113 x 40 mm	100 x 113 x 50 mm		100 x 113 x 60 mm
NORMATIVAS				
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2			
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia.				
1b) La tensión FV debe exceder Vbat + 5V para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.				
2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador.				

### ANEXO 1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL REGULADOR SMART SOLAR (VICTRON ENERGY)

Problema	Causa posible	Solución
El cargador no funciona	Conexión inversa de las placas PV	Conecte las placas PV correctamente
	No hay fusible	Inserte fusibles de 20A (modelos 75/10, 75/15, 100/15) o de 25A (modelo 100/20)
Fusible fundido	Conexión inversa de la batería	1. Conecte la batería correctamente 2. Sustituya el fusible
La batería no está completamente cargada.	Conexión defectuosa de la batería	Compruebe las conexiones de la batería
	Las pérdidas por cable son demasiado altas	Utilice cables de mayor sección.
	Gran diferencia de temperatura ambiente entre el cargador y la batería ( $T_{\text{ambient\_chg}} > T_{\text{ambient\_batt}}$ )	Asegúrese de la igualdad de condiciones ambientales entre el cargador y la batería
	Sólo para sistemas de 24V: el controlador de carga ha seleccionado una tensión de sistema equivocada (12V en vez de 24V)	Configure el controlador manualmente con la tensión de sistema requerida (ver sección 1.9)
Se está sobrecargando la batería	Una celda de la batería está defectuosa	Sustituya la batería
	Gran diferencia de temperatura ambiente entre el cargador y la batería ( $T_{\text{ambient\_chg}} < T_{\text{ambient\_batt}}$ )	Asegúrese de la igualdad de condiciones ambientales entre el cargador y la batería
La salida de carga no se activa	Se ha excedido el límite de corriente máxima	Asegúrese de que la salida de corriente no exceda los 15A
	Se ha puesto una carga CC en combinación con una carga capacitiva (p.ej. un inversor)	Desconecte la carga CC durante el inicio de la carga capacitiva Desconecte la carga CC durante el arranque de la carga CA de desconexión de carga capacitiva del inversor, o conecte el inversor como se explica en la sección 3.6
	Cortocircuito	Compruebe que en la conexión de carga no hay un cortocircuito

## ANEXO 2 RESOLUCIÓN DE PROBLEMA (VICTRON ENERGY)

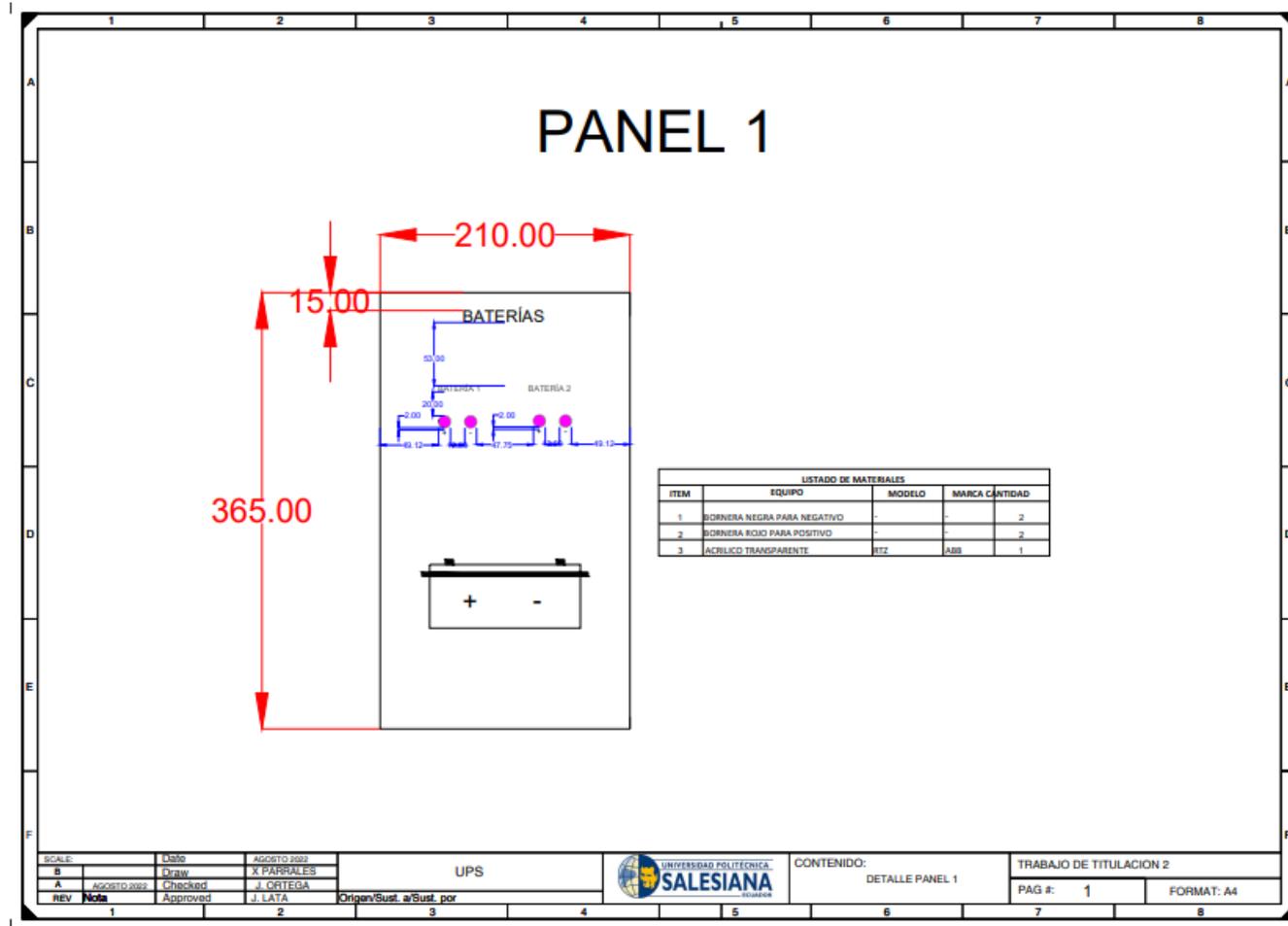
Inversor Phoenix	12 voltios 24 voltios 48 voltios	12/250 24/250 48/250	12/375 24/375 48/375	12/500 24/500 48/500	12/800 24/800 48/800	12/1200 24/1200 48/1200
Potencia cont. a 25°C (1)		250VA	375VA	500VA	800VA	1200VA
Potencia cont. a 25°C / 40°C		200 / 175W	300 / 260W	400 / 350W	650 / 560W	1000 / 850W
Pico de potencia		400W	700W	900W	1500W	2200W
Tensión / frecuencia CA de salida (ajustable)	230VCA o 120VCA +/- 3% 50Hz o 60Hz +/- 0,1%					
Rango de tensión de entrada	9,2 - 17 / 18,4 - 34,0 / 36,8 - 62,0V					
Desconexión por CC baja (ajustable)	9,3 / 18,6 / 37,2V					
Dinámica (dependiente de la carga)	Desconexión dinámica, ver					
Desconexión por CC baja (totalmente ajustable)	<a href="https://www.victronenergy.com/live/ve-direct:phoenix-inverters-dynamic-cut-off">https://www.victronenergy.com/live/ve-direct:phoenix-inverters-dynamic-cut-off</a>					
Reinicio y alarma por CC baja (ajustable)	10,9 / 21,8 / 43,6V					
Detector de batería cargada (ajustable)	14,0 / 28,0 / 56,0V					
Eficacia máx.		87 / 88 / 88%	89 / 89 / 90%	90 / 90 / 91%	90 / 90 / 91%	91 / 91 / 92%
Consumo en vacío		4,2 / 5,2 / 7,9W	5,6 / 6,1 / 8,5W	6 / 6,5 / 9W	6,5 / 7 / 9,5W	7 / 8 / 10W
Consumo en vacío predeterminado en modo ECO (Intervalo de reintento: 2,5 s, ajustable)		0,8 / 1,3 / 2,5W	0,9 / 1,4 / 2,6W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0
Ajuste de potencia de parada y arranque en modo ECO	Ajustable					
Protección (2)	a - f					
Rango de temperatura de trabajo	-40 to +65°C (refrigerado por ventilador) (reducción de potencia del 1,25% por cada °C por encima de 25°C)					
Humedad (sin condensación)	máx. 95%					
<b>CARACTERÍSTICAS</b>						
Material y color	Chasis de acero y carcasa de plástico (azul RAL 5012)					
Conexión de la batería	Bornes de tornillo					
Sección de cable máxima:	10mm <sup>2</sup> / AWG8	10mm <sup>2</sup> / AWG8	10mm <sup>2</sup> / AWG8	25/10/10mm <sup>2</sup> / AWG4/8/8	35/25/25mm <sup>2</sup> / AWG 2/4/4	
Tomas de corriente CA estándar	230V: Schuko (CEE 7/4), IEC-320 (enchufe macho incluido) UK (BS 1363), AU/NZ (AS/NZS 3112) 120V: Nema 5-15R					
Tipo de protección	IP 21					
Peso	2,4kg / 5,3lbs	3,0kg / 6,6lbs	3,9kg / 8,5lbs	5,5kg / 12lbs	7,4kg / 16,3lbs	
Dimensiones (al x an x p en mm.) (al x an x p, pulgadas)	86 x 165 x 260 3,4 x 6,5 x 10,2	86 x 165 x 260 3,4 x 6,5 x 10,2	86 x 172 x 275 3,4 x 6,8 x 10,8	105 x 216 x 305 4,1 x 8,5 x 12,1 (12V modelo: 105 x 230 x 325)	117 x 232 x 327 4,6 x 9,1 x 12,9 (12V modelo: 117 x 232 x 362)	
<b>ACCESORIOS</b>						
On/Off remoto	Sí					
Conmutador de transferencia automático	Fílix					
<b>ESTÁNDARES</b>						
Seguridad	EN-IEC 60335-1 / EN-IEC 62109-1					
EMC	EN 55014-1 / EN 55014-2 / IEC 61000-6-1 / IEC 61000-6-2 / IEC 61000-6-3					
Directiva de automoción	ECE R10-4					
1) Carga no lineal, factor de cresta 3:1 2) Claves de protección: a) cortocircuito de salida b) sobrecarga c) tensión de la batería demasiado alta d) tensión de la batería demasiado baja h) temperatura demasiado alta f) ondulación CC demasiado alta						

### ANEXO 3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL INVERSOR (VICTRON ENERGY)

LED verde	Estado	Resolución de problemas
 Encendido fijo	Inversor encendido	<b>LED Rojo apagado</b> Estado OK <b>LED rojo encendido o parpadeando:</b> El inversor sigue encendido, pero se apagará si la condición empeora. Ver el motivo del aviso en la tabla de LED rojo.
 Parpadeo único lento	Modo ECO	Si el inversor pasa continuamente de on a off con una carga conectada, puede que la carga sea demasiado pequeña para el ajuste actual del modo ECO. Incremente la carga o cambie los parámetros del modo ECO (ajuste mínimo del modo ECO: 15 W).
 Parpadeo doble rápido	Off y en espera	El inversor se ha apagado debido a que se ha activado una protección. El inversor se reiniciará automáticamente tan pronto como se eliminen todas las condiciones de alarma. Ver el motivo por el que se ha apagado en el estado del LED rojo.
 Off	Inversor apagado	<b>LED rojo apagado</b> Compruebe el interruptor On/Off/ECO: debe estar en la posición On o ECO. Compruebe el conector on/off remoto. Compruebe las conexiones del cable CC y los fusibles. El fusible del inversor se ha fundido: debe enviar el inversor a reparación. <b>LED rojo encendido o parpadeando</b> El inversor se ha apagado debido a que se ha activado una protección. Ya no se reiniciará automáticamente. El LED rojo indica el motivo por el que se ha apagado. Solucione el error y reinicie el inversor poniendo el interruptor en Off y de nuevo en On.
LED Rojo	Definición	Resolución de problemas
 Encendido fijo	Sobrecarga	Reduzca la carga
 Parpadeo lento	Batería baja	Recargue o sustituya la batería. Compruebe las conexiones del cable CC. Compruebe la sección del cable, ya que puede ser insuficiente. Consulte en la sección 4.3 Protecciones y reinicios automáticos el procedimiento de reinicio manual y automático.
 Parpadeo rápido	Batería alta	Reduzca la tensión de entrada CC, compruebe que el cargador no tenga algún fallo
 Parpadeo doble	Temperatura alta	Reduzca la carga y/o coloque el inversor en un sitio mejor ventilado
 Parpadeo único rápido	Tensión de ondulación CC alta	Compruebe las conexiones del cable CC y la sección del cable.

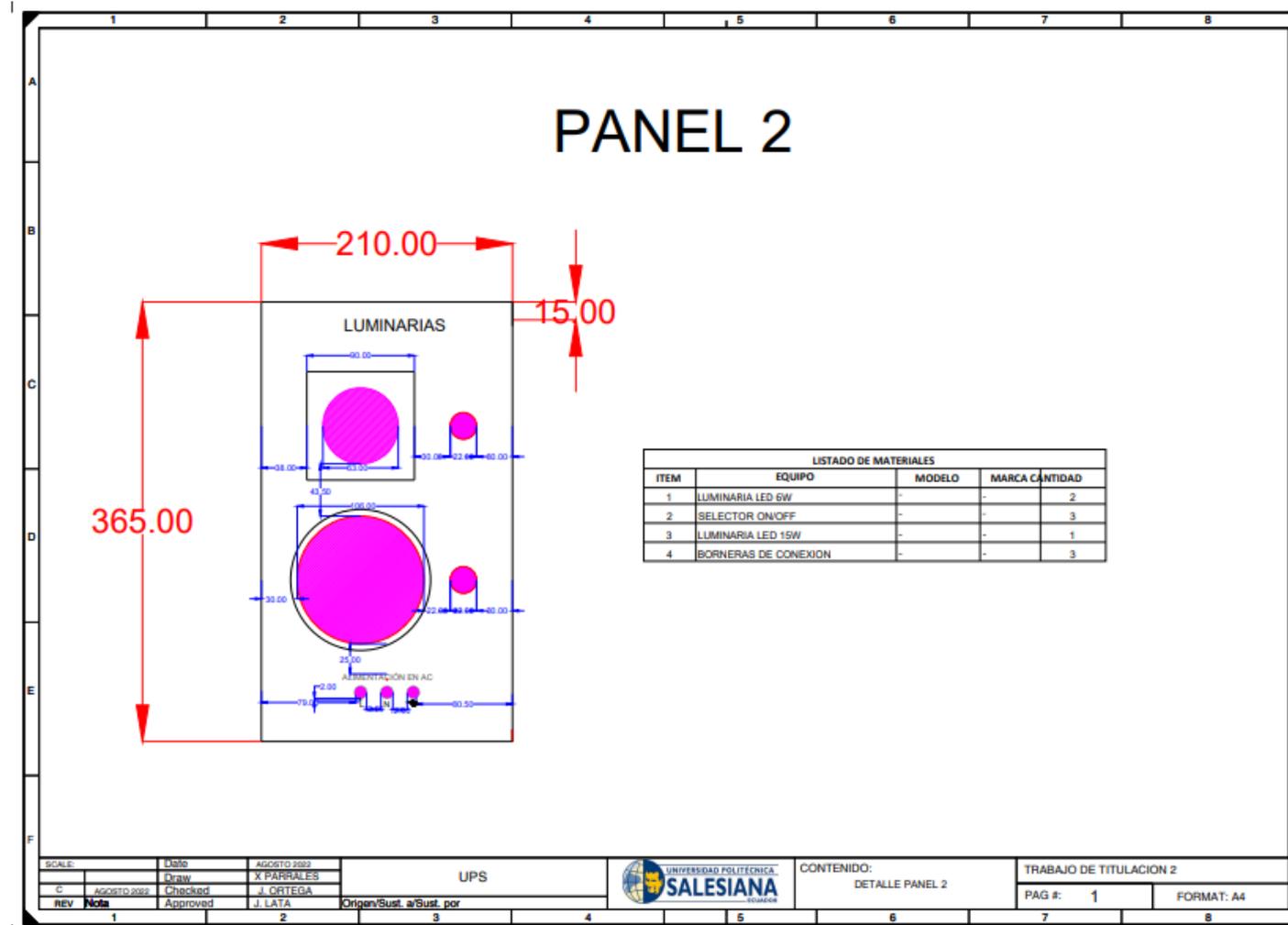
#### ANEXO 4 SIGNIFICADO DE LOS LEDS (VICTRON ENERGY)

- Diseño soporte para batería



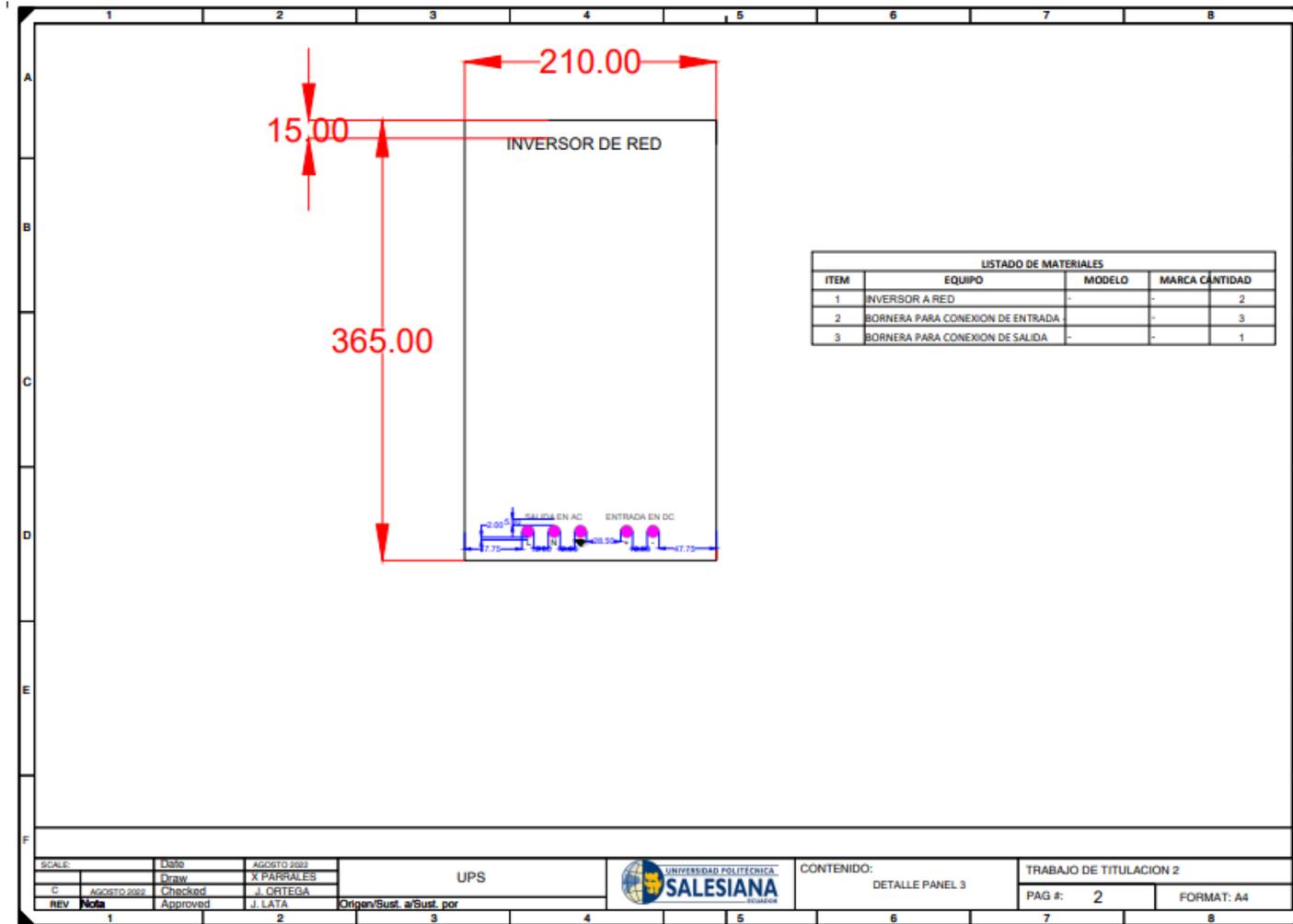
ANEXO 5 PANEL 1 (AUTOR)

- Diseño soporte para cargas



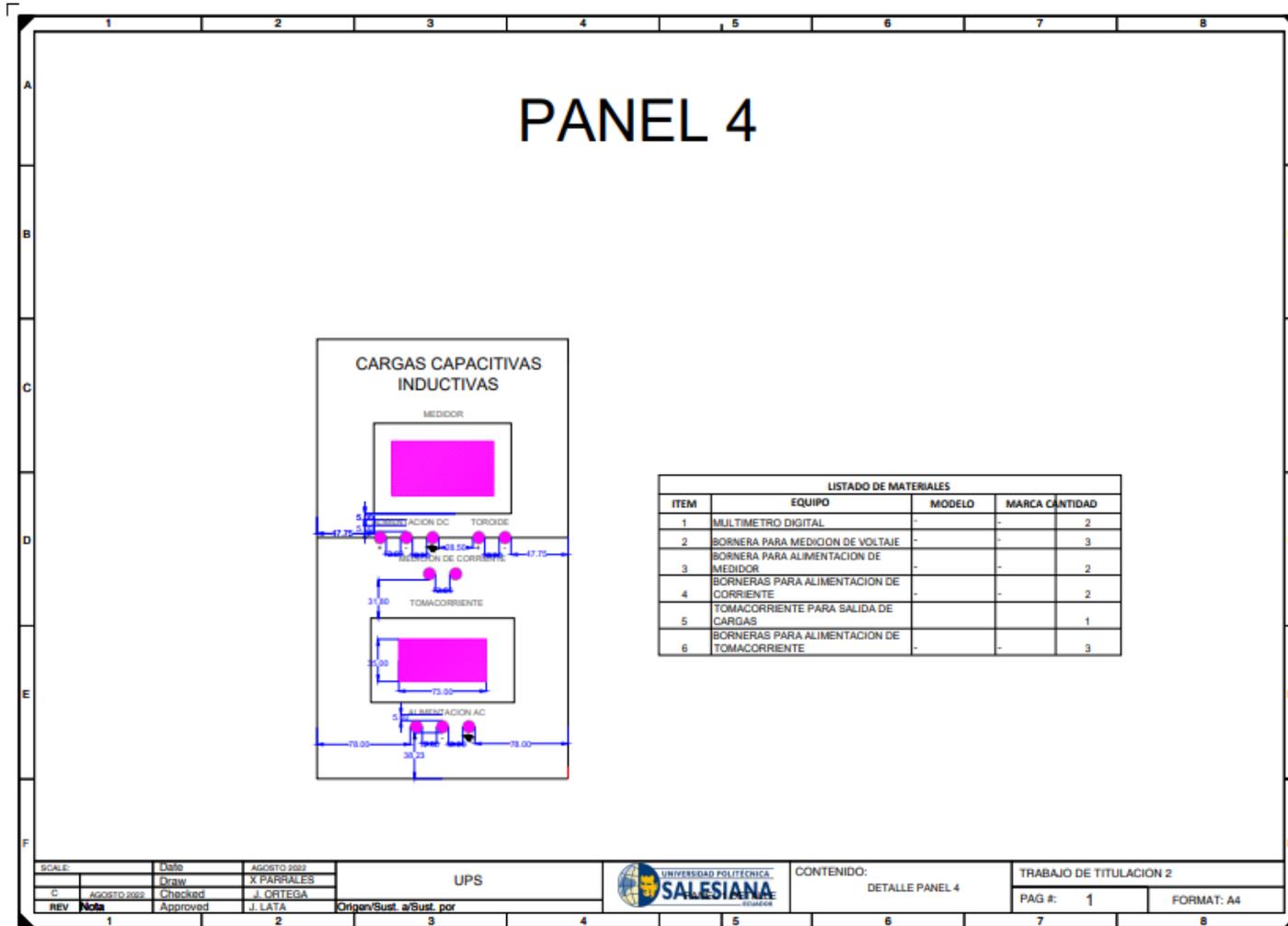
ANEXO 6 PANEL 2 (AUTOR)

• Diseño soporte para inversores



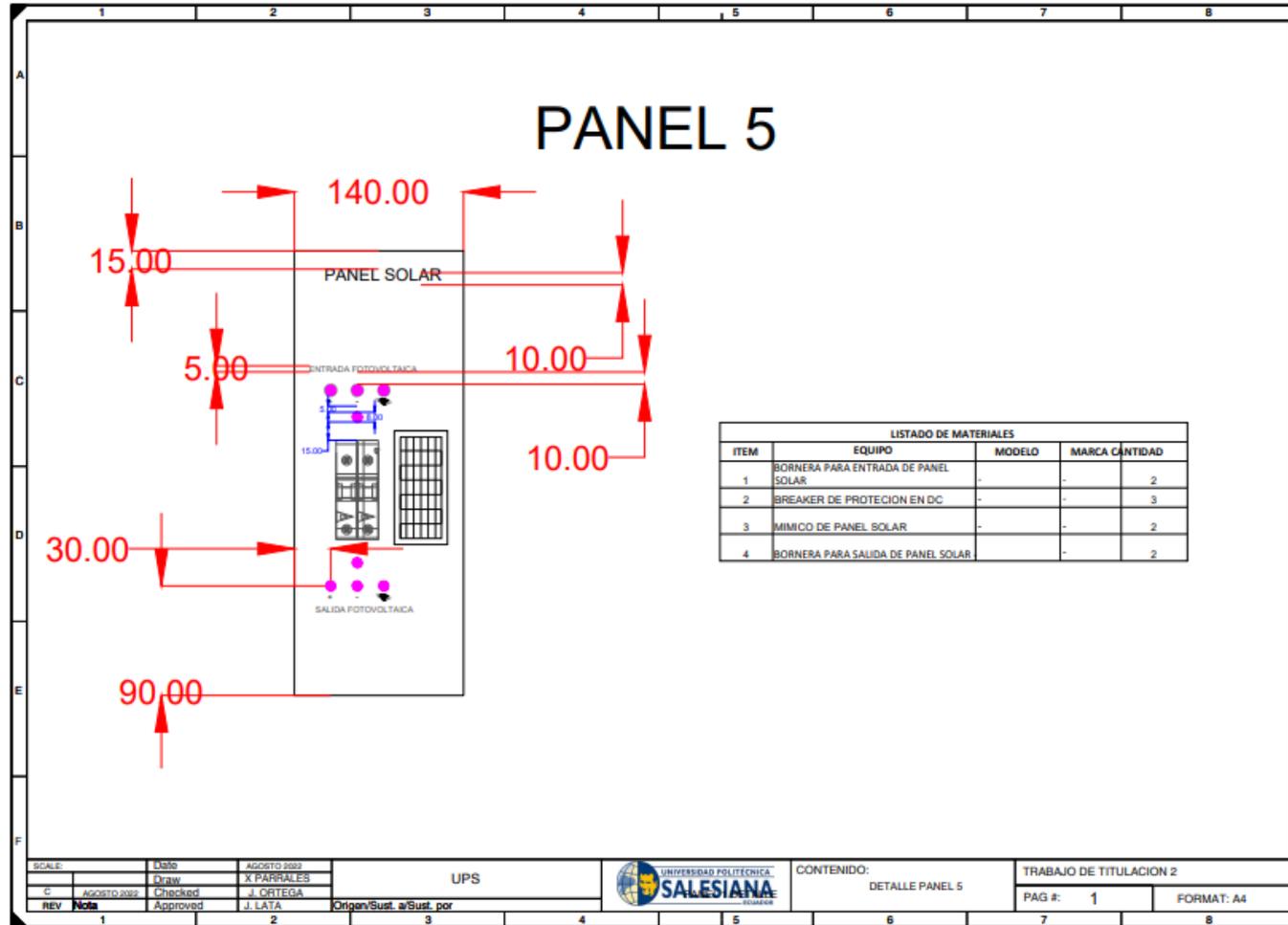
ANEXO 7 PANEL 3 (AUTOR)

- Diseño soporte para cargas



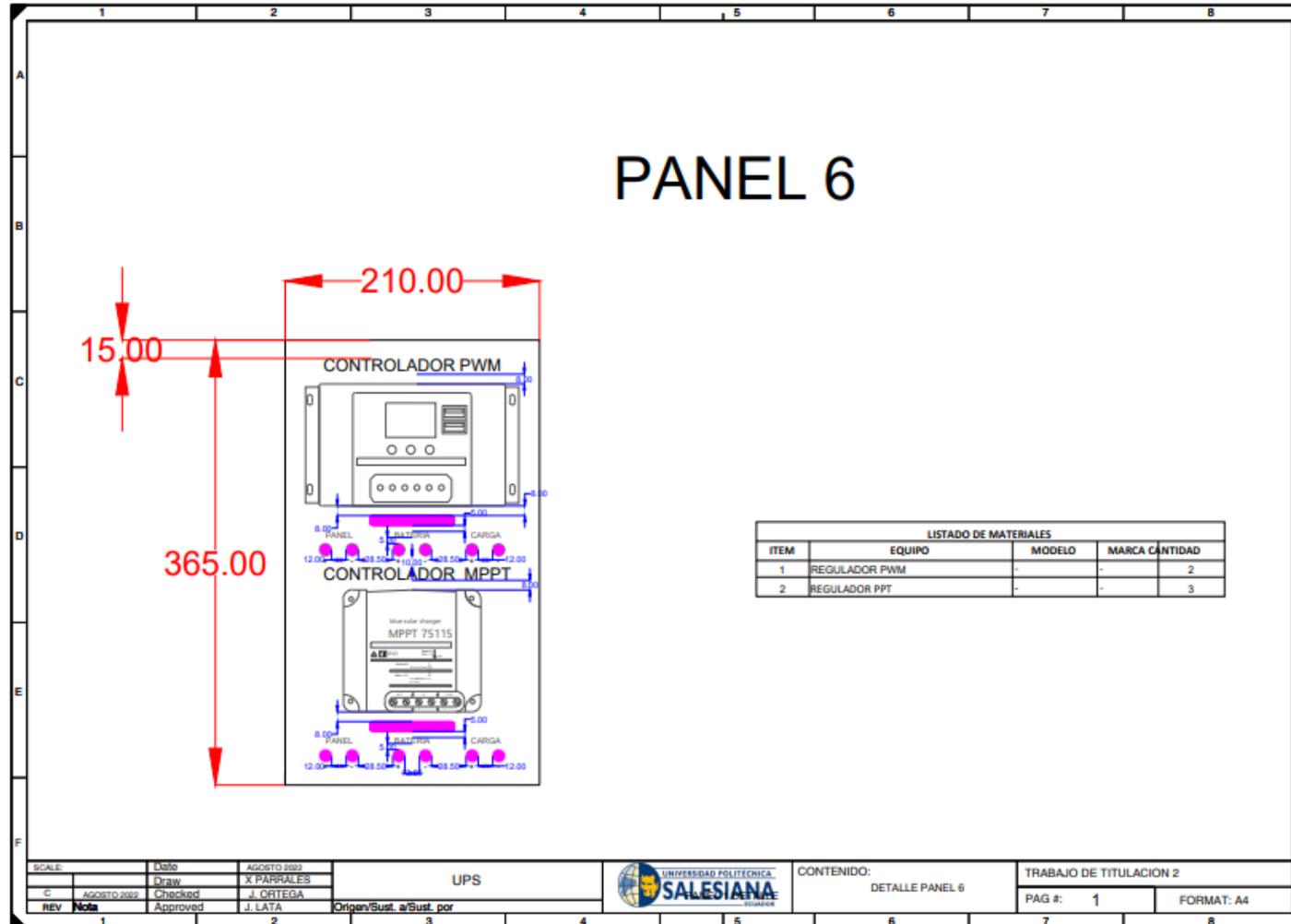
ANEXO 8 PANEL 4 (AUTOR)

- Diseño soporte para protección del panel solar



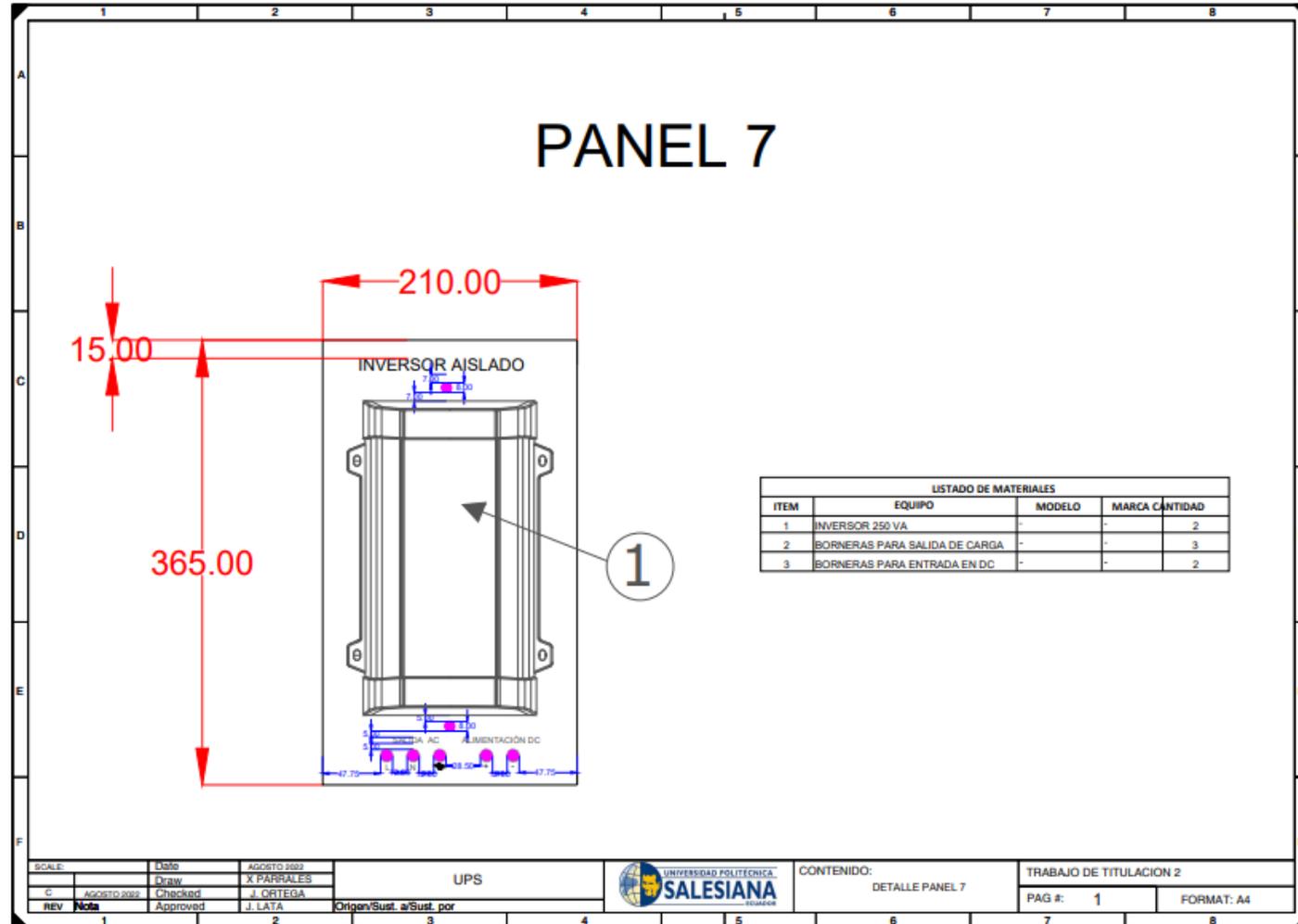
ANEXO 9 PANEL 5 (AUTOR)

- Diseño soporte para controladores



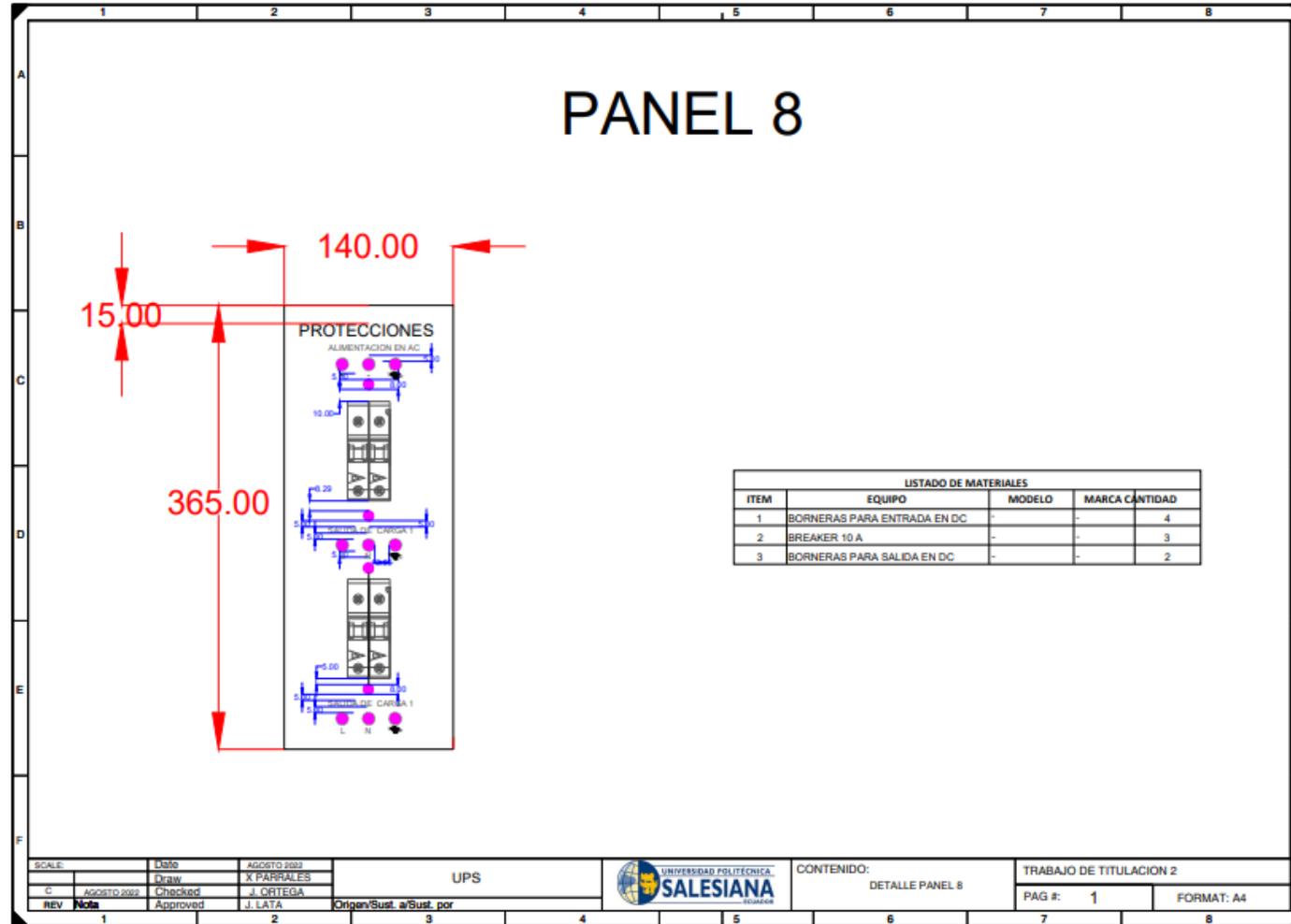
ANEXO 10 PANEL 6 (AUTOR)

• Diseño soporte para inversor



ANEXO 11 PANEL 7 (AUTOR)

- Diseño soporte para protección el sistema



ANEXO 12 PANEL 8 (AUTOR)

- **Fotografías reales paso a paso de la implementación del sistema fotovoltaico**

En las siguientes fotografías se visualiza desde la obtención del producto, la construcción y la implementación en general del sistema eléctrico fotovoltaico.



**ANEXO 14**  
**OBTENCIÓN DEL KIT**  
**FOTOVOLTAICO**  
**(AUTOR)**



**ANEXO 13 CONEXIÓN DEL KIT FOTOVOLTAICO**  
**(AUTOR)**



**ANEXO 16**  
**PREPARACIÓN DEL**  
**SISTEMA**  
**FOTOVOLTAICO**  
**(AUTOR)**



**ANEXO 15 AJUSTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO**  
**A LAS CARGAS NO LINEALES (AUTOR)**



**ANEXO 19**  
**SUPERVISION DEL**  
**COMPORTAMIENTO**  
**DEL SFA (AUTOR)**



**ANEXO 20 CONSTRUCCION DE LOS PANELES**  
**UBICACION (AUTOR)**



**ANEXO 17**  
**CONSTRUCCIÓN DE**  
**LA BASE PARA EL**



**ANEXO 18 MEDICIÓN DE LOS DIAPOSITIVOS AL**  
**SISTEMA FOTOFOLTAICO (AUTOR)**



**ANEXO 21 COLABORACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA UPS PARA LA IMPLEMENTACION DEL SFA (AUTOR)**



**ANEXO 23 MATERIALES MONTADOS EN LA ESTRUCTURA (AUTOR)**



**ANEXOS 22 MONTAJE DEL SF EN LAS INTALACIONES DE LA UPS (AUTOR)**