



**UNIVERSIDAD CATOLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRIA EN ELECTRICIDAD**

**TEMA:**

Diseño de un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica a los servicios auxiliares de la subestación eléctrica CIERPRONTI.

**AUTOR:**

Ing. Gabriel Alexander Viteri Morales

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magister en  
Electricidad con mención en Energías Renovables y Eficiencia Energética.**

**TUTOR:**

Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, Msc.

**Guayaquil, Ecuador**

09 de diciembre del 2022



**UNIVERSIDAD CATOLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
MAESTRIA EN ELECTRICIDAD**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por el **Ingeniero Eléctrico con especialidad Potencia Gabriel Alexander Viteri Morales**, como requerimiento parcial para la obtención del grado Académico de **Magister en Electricidad con mención Energías Renovables y Eficiencia Energética**.

**TUTOR**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, Msc.**

**DIRECTOR DEL PROGRAMA**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, Msc.**

Guayaquil, 09 de diciembre del 2022



**UNIVERSIDAD CATOLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
MAESTRIA EN ELECTRICIDAD**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Gabriel Alexander Viteri Morales**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **Diseño de un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica a los servicios auxiliares de la subestación eléctrica CIERPRONTI**, previo a la obtención del grado académico de Magister en Electricidad, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico de la tesis del Grado Académico en mención.

Guayaquil, 09 de diciembre del 2022

**EL AUTOR**

f.  \_\_\_\_\_

**Ing. Gabriel Alexander Viteri Morales**



**UNIVERSIDAD CATOLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
MAESTRIA EN ELECTRICIDAD**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Gabriel Alexander Viteri Morales**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación de Maestría, **Diseño de un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica a los servicios auxiliares de la subestación eléctrica CIERPRONTI**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 09 de diciembre del 2022

**EL AUTOR**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Gabriel Alexander Viteri Morales**



**UNIVERSIDAD CATOLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
SISTEMA DE POSGRADO  
TRIBUNAL DE SUSTENTACION**

f. 

Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, Msc.

**Tutor**

f. 

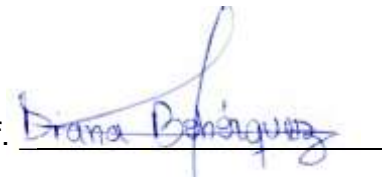
Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, Msc.

**Director del Programa**

f. 

Ing. Gustavo Mazzini Muñoz, Msc.

**Revisor**

f. 

Ing. Diana Bohórquez Heras, Msc.

**Revisor**

# REPORTE URKUND



## Document Information

---

Analyzed document	Trabajo de titulación VITERI GABRIEL REV VI.docx (D149439961)
Submitted	2022-11-12 04:21:00
Submitted by	
Submitter email	efrain.velez@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	efrain.velez.ucsg@analysis.orkund.com

Reporte Urkund del Trabajo de Titulación denominado **“Diseño de un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica a los servicios auxiliares de la subestación eléctrica CIERPRONTI”** del Ingeniero **Gabriel Alexander Viteri Morales**. Una vez efectuado el análisis anti plagio el resultado indica 3% de coincidencia.

**CARRERA:** Máster en Electricidad

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Bohórquez E", enclosed in a blue oval. A horizontal line is drawn below the signature.

Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, MSc  
Tutor

## **AGRADECIMIENTO**

A mi señor Dios por darme la fuerza de voluntad para seguir adelante en este camino de preparación y mejoramiento profesional constante.

A mi esposa por ser mi compañera y apoyo en todo este proceso de preparación y a mi hijo por ser mi principal motivación para seguir mejorando profesionalmente.

También agradezco a mis compañeros y docentes de la maestría por ayudarme y enseñarme ser un mejor profesional, pero sobre todo al Ing. Bayardo Bohórquez quien me brindado su apoyo para culminar este proceso.

**Ing.**

**Gabriel Alexander Viteri Morales**

## **DEDICATORIA**

A mis padres GABRIEL VITERI PORRAS y ELVIA MORALES ZUÑIGA, por su ejemplo, motivación e inspiración a seguir adelante en cada momento.

A mi esposa e hijo, EVELYN SILVA LEÓN y JOSÉ GABRIEL VITERI SILVA.

**Ing.**

**Gabriel Alexander Viteri Morales**



## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CAPITULO I.....</b>	<b>15</b>
<b>1. Descripción del Proyecto .....</b>	<b>15</b>
1.1. Introducción .....	15
1.2. Antecedentes .....	16
1.3. Definición del problema .....	16
1.4. Justificación del Problema .....	16
1.5. Objetivos .....	17
1.5.1. Objetivo General.....	17
1.5.2. Objetivos Específicos.....	17
1.6. Hipótesis de la investigación .....	18
1.7. Diseño y metodología de la investigación .....	18
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>19</b>
<b>2. Fundamentación Teórica.....</b>	<b>19</b>
2.1. Energía eléctrica .....	19
2.1.1. Tipos de materiales .....	19
2.1.2. Tipos de corrientes eléctricas.....	20
2.1.3. Circuito eléctrico .....	21
2.1.4. Potencia y energía eléctrica.....	22
2.2. Energía renovable (ER) .....	22
2.2.1. Definición ER.....	22
2.2.2. Tipos de energías renovables .....	22
2.2.2.1. Energía hidráulica .....	23
2.2.2.2. Energía solar .....	23
2.2.2.3. Energía eólica .....	24
2.2.2.4. Energía geotérmica.....	24

2.2.2.5. Energía undimotriz .....	24
2.2.2.6. Energía mareomotriz .....	25
2.2.2.7. Energía por biomasa.....	25
2.3. Subestación eléctrica.....	25
2.3.1. Definición de subestación eléctrica .....	25
2.3.2. Tipos de subestaciones eléctricas.....	25
2.3.2.1. Por el nivel de tensión .....	26
2.3.2.2. Por su funcionalidad .....	26
2.3.2.3. Por su área de servicio .....	26
2.3.2.4. Por su aislamiento .....	27
2.3.3. Elementos de una subestación eléctrica .....	28
2.4. Sistemas fotovoltaicos .....	28
2.4.1. Componentes de los sistemas fotovoltaicos .....	30
2.4.2. Funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos .....	31
2.4.3. Tipos de sistemas fotovoltaicos .....	32
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>35</b>
<b>3. Metodología.....</b>	<b>35</b>
3.1. Características generales de la zona .....	35
3.2. Instalaciones eléctricas actuales .....	38
3.3. Características del diseño técnico constructivo de la subestación 69/13.8 Kv .....	39
3.3.1. Ubicación de la subestación eléctrica existente.....	39
3.3.2. Descripción.....	39
3.3.3. Niveles de aislamiento y distancia de seguridad .....	41
3.3.4. Normativas de diseño aplicadas .....	41
3.3.5. Distanciamiento en aire .....	42

3.3.6. Distanciamiento de seguridad .....	43
3.3.7. Distanciamiento al cerramiento .....	44
3.4. Características eléctricas de las Instalaciones existentes .....	45
3.4.1. Acometida aérea 69kV .....	45
3.4.2. Aisladores de 69kV .....	45
3.4.3. Seccionador tripolar de 69kV .....	45
3.4.4. Pararrayos de 69kV.....	46
3.4.5. Interruptor de Potencia en Gas SF6.....	46
3.4.6. Transformador de corriente de 69kV.....	47
3.4.7. Transformador de voltaje de 69kV.....	48
3.4.8. Transformador de Poder 5/6.25 MVA .....	48
3.4.9. Equipos de protección y seccionamiento .....	49
3.4.10. Servicios auxiliares AC .....	50
3.4.11. Servicios auxiliares DC .....	51
3.4.12. Sistema de protecciones eléctricas.....	51
3.4.13. Sistema Scada.....	52
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>55</b>
<b>4. Diseño del sistema fotovoltaico .....</b>	<b>55</b>
4.1. Parámetros de diseño.....	55
4.1.1. Cálculo de la demanda básica de energía eléctrica a cubrir.....	55
4.1.2. Cálculo de los paneles solares.....	57
4.1.3. Cálculo del regulador de carga para el sistema fotovoltaico.....	60
4.1.4. Cálculo de la cantidad de baterías para el sistema fotovoltaico.....	62
4.1.5. Cálculo del inversor para el sistema fotovoltaico .....	63
4.1.6. Cálculo de la producción energética .....	65
<b>CAPITULO V .....</b>	<b>58</b>

<b>5. Análisis económico y Resultados.....</b>	<b>58</b>
5.1. Inversión y costos de la instalación .....	58
<b>6. Conclusiones .....</b>	<b>59</b>
<b>7. Recomendaciones .....</b>	<b>60</b>
<b>8. Anexos.....</b>	<b>61</b>
8.1. Calculadora PVWatts.....	61
8.2. Ficha técnica de panel solar monocristalino de 450 W .....	62
8.3. Ficha técnica de Regulador de Carga.....	63
8.4. Ficha técnica de la Batería.....	64
8.5. Ficha técnica del Inversor .....	65
<b>9. Bibliografía .....</b>	<b>66</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de corrientes eléctricas.....	21
Figura 2: Tipos de energías renovables - Fuente: Elaboración propia .....	23
Figura 3: Tipos de subestaciones eléctricas.....	27
Figura 4: Sistema fotovoltaico .....	29
Figura 5: Orden de funcionamiento de los componentes .....	32
Figura 6: Sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica .....	33
Figura 7: Sistema fotovoltaico con instalación aislada.....	33
Figura 8: Ubicación de la empresa CIERPRONTI S.A. dentro del cantón Durán ....	35
Figura 9: Climograma del cantón Durán.....	36
Figura 10: Diagrama de temperatura del cantón Durán .....	36
Figura 11: Promedio de horas diarias de sol por mes en el cantón Durán.....	37
Figura 12: Promedio de horas totales de sol en el cantón Durán .....	38
Figura 14: Ubicación posicional de la subestación eléctrica.....	39
Figura 14: Subestación eléctrica CIERPRONTI.....	40
Figura 15: Medidas de distancias de seguridad.....	43
Figura 16: Medidas de distanciamiento al cerramiento .....	44
Figura 17: Regulador de Carga PC 1800 <sup>a</sup> SERIE 60/80 A MPPT .....	61
Figura 18: Batería de fosfato de hierro y litio 24 Vdc 200Ah.....	62
Figura 19: Inversor 6kW .....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Componente de los sistemas fotovoltaicos .....	31
Tabla 2: Tabla climática, datos históricos del tiempo de Durán 1991 a 2021 .....	37
Tabla 3: Distanciamiento en aire .....	43
Tabla 4: Conductor para derivación de línea y barra de 69kV.....	45
Tabla 5: Aisladores de 69kV.....	45
Tabla 6: Seccionador Tripolar de 69kV .....	46
Tabla 7: Pararrayos de 69kV.....	46
Tabla 8: Interruptor de Potencia en SF6 .....	47
Tabla 9: Transformador de Corriente.....	47
Tabla 10: Transformador de Voltaje.....	48
Tabla 11: Parámetros transformador .....	48
Tabla 12: Tablero de protección transformador .....	49
Tabla 13: Celda de medición.....	49
Tabla 14: Celda breaker de protección .....	50
Tabla 15: Celda breaker de protección fusible.....	50
Tabla 16: Servicios auxiliares DC Banco de Baterías.....	51
Tabla 17: Servicios auxiliares DC Cargador de Baterías .....	51
Tabla 18: Lista de Cargas Eléctricas .....	56
Tabla 19: Panel solar Monocristalino M6 SERIES CM144H 450W .....	57
Tabla 20: Servicios auxiliares DC Cargador de Baterías .....	58
Tabla 21: Radiación solar .....	59
Tabla 22: Regulador de Carga.....	61
Tabla 23: Batería de fosfato de hierro y litio 24 Vdc 200Ah.....	63
Tabla 24: Inversor 6kW .....	64

Tabla 25: Calculadora PVWatts.....	65
Tabla 26: Cálculo de Producción Energética Recibida.....	66
Tabla 27: Vida útil de los equipos y componentes del sistema fotovoltaico.....	58
Tabla 28: Activos fijos de instalación del sistema fotovoltaico .....	58
Tabla 29: Mano de obra de la instalación del sistema fotovoltaico.....	58

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Consumo de energía watts/hora.....	57
Ecuación 2 Consumo medio diario.....	58
Ecuación 3: Cantidad de paneles necesarios .....	59
Ecuación 4: Numero de paneles necesarios respecto al voltaje nominal.....	60
Ecuación 5: Corriente de entrada del regulador para configuración de 10 paneles solares dos en serie y 5 paralelo .....	60
Ecuación 6: Corriente de entrada del regulador para configuración de 6 paneles solares dos en serie y 3 paralelo .....	61
Ecuación 7: Capacidad de las baterías para satisfacer el consumo .....	62
Ecuación 8: Calculo número de baterías necesarias .....	63
Ecuación 9: Calculo de potencia del inversor.....	64



## RESUMEN

Resolver el problema de la energía a base de petróleo es muy importante para el futuro de la humanidad, siendo así un tema preferente por desarrollar en la ciencia. La energía es tanto una solución como un problema para el desarrollo sustentable de la sociedad, en la actualidad se ha avanzado, pero sigue siendo uno de las principales causas de la contaminación ambiental, dañina para la salud humana y el medio ambiente por el uso inmensurable de los recursos naturales no renovables.

Optar por las energías renovables brinda una alternativa para lograr ese desarrollo sostenible. La energía generada a partir de paneles fotovoltaicos, especialmente a partir de la radiación solar ayuda a reducir el consumo excesivo de energía.

El presente diseño se enfocará en analizar un sistema fotovoltaico para mejorar el suministro de energía eléctrica a los servicios auxiliares de la subestación eléctrica CIERPRONTI, los cuales sirven para la correcta operación y funcionamiento en los sistemas de protecciones y control. Así el presente trabajo permitirá determinar el óptimo funcionamiento incluyendo energías alternativas, ayudando a mejorar el funcionamiento en los sistemas auxiliares. Los servicios auxiliares en las instalaciones de una subestación son tan importantes que sin estos no podrían funcionar, es por eso la importancia de contar con fuentes confiables de suministro de energía a los diferentes equipos eléctricos que se encuentran dentro de las instalaciones.

La subestación eléctrica se encuentra ubicada en el km. 12.8 de la vía Duran – Yaguachi, provincia del Guayas. La demanda máxima instalada para los servicios auxiliares será de 6 kW. Los recursos a utilizar serán de tipo económico y humano.

Palabras clave: **energía renovable, sostenibilidad eléctrica, paneles fotovoltaicos, energía solar, energía alterna.**

## ABSTRACT

Solving the problem of petroleum-based energy is very important for the future of humanity, thus being a preferential theme to be developed in science. Energy is both a solution and a problem for the sustainable development of society. At present, progress has been made, but it is still one of the main causes of environmental pollution, harmful to human health and the environment due to the immeasurable use of non-renewable natural resources.

Opting for renewable energies offers an alternative to achieve sustainable development. Energy generated from photovoltaic panels, especially from solar radiation, helps reduce excessive energy consumption.

The present design will focus on analyzing a photovoltaic system to improve the supply of electrical energy to the auxiliary services of the CIERPRONTI electrical substation, which are used for the correct operation and functioning of the protection and control systems. Thus, this work will allow to determine the optimal operation including alternative energies, helping to improve the operation of the auxiliary systems.

The auxiliary services in the facilities of a substation are so important that without them they could not work, that is why it is important to have reliable sources of power supply to the different electrical equipment located within the facilities.

The electrical substation is located at km. 12.8 of the Duran-Yaguachi Road, Guayas province. The maximum installed demand for auxiliary services will be 6 kW. The resources to be used will be economic and human resources.

Key word: **renewable energy, electrical sustainability, photovoltaic panels, solar energy, alternative energy.**

# CAPITULO I

## 1. Descripción del Proyecto

En este capítulo se realiza una introducción del tema a desarrollar, se plantea el alcance del proyecto y se definen el objetivo principal y los objetivos específicos.

### 1.1. Introducción

El consumo y abastecimiento de energía eléctrica es considerada como uno de los factores decisivos para el crecimiento, desarrollo y progreso de la humanidad, ya que constituye un insumo fundamental para actividades esenciales como industria, salud comercio, etc.; de esta manera su consumo genera enormes consecuencias positivas para la sociedad y efectos negativos para el medio ambiente de allí nace la necesidad de utilizar fuentes de energías alternativas. En el Ecuador el sector eléctrico es importante por su impacto directo en desarrollo productivo e industrial del país. (Muñoz Chumo y otros, 2018)

En nuestro país el sector industrial representa la segunda actividad con más demanda de consumo de energía eléctrica con 5.660,47 GWh y un porcentaje de 24.73% de acuerdo al análisis realizado por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables-ARC (Estadística Anual, 2021) evidenciando una clara necesidad de implementar un sistema de abastecimiento sostenible de energía para este sector productivo del país.

El presente estudio propone diseñar un sistema de energía limpia con el uso de celdas fotovoltaicas conectadas a la red de consumo de energía alimentaria de la subestación eléctrica CIERPRONTI. El diseño considera etapas de alimentación eléctrica y potencia de los equipos de supervisión, protección y control que participan en el funcionamiento de la subestación eléctrica mediante energías alternativas.

El diseño del sistema fotovoltaico incluye el análisis de carga, dimensionamiento de los paneles en cuanto a su número y funcionamiento, la dirección del panel, basado en el estudio de horas solares, el diseño del sistema (inversor, batería y regulador) y la infraestructura del sistema fotovoltaico (materiales, formas de diseño, y la puesta a tierra).

## **1.2. Antecedentes**

CIERPRONTI es una empresa fundada en el año 1987 que provee servicios de embalaje integrado mediante la implementación de prácticas de manufacturas en todos los procesos que permiten un servicio automatizado de embalaje aportando de esta manera el aumento de productividad empresarial en el Ecuador. Está ubicada en la provincia del Guayas, en el Km 12.8 del cantón Duran. (CIERPRONTI, 2022)

## **1.3. Definición del problema**

Debido al crecimiento y la demanda de sus productos a nivel nacional e internacional se plantea la mejora tecnológica de sus instalaciones por lo que se estudia la implementación de un sistema fotovoltaico mediante energía renovable como la energía solar que suministre energía eléctrica a los servicios auxiliares de la subestación eléctrica ya existente.

## **1.4. Justificación del Problema**

Los procesos y productos realizados por la compañía industrial CIERPRONTI demandan altos niveles de energía que se encuentran únicamente suministrados por el alimentador principal. El funcionamiento de la subestación eléctrica actual está formada por un solo alimentador que suministra energía a las diferentes áreas de la empresa como: planta de producción, oficinas administrativas etc., por lo que el consumo de energía de la red principal es alto resultando necesario disponer de un sistema que permita el aprovechamiento de la energía solar convirtiéndola en

electricidad como energía renovable, desde un primer análisis se podrá evidenciar una comparación del consumo eléctrico generado por el sistema eléctrico convencional y por el sistema con energía renovables.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

Diseñar un sistema fotovoltaico que permita mejorar el suministro de energía eléctrica a los servicios auxiliares de la subestación eléctrica CIERPRONTI, el cual se procederá a realizar el levantamiento de la información, estudio de carga eléctrica y la utilización de un software para el dimensionamiento y cálculo de la instalación fotovoltaica.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Realizar el análisis de la funcionabilidad y consumo eléctrico de los sistemas auxiliares de la subestación eléctrica actual al no obtener este recurso de una sola fuente sino también mediante un sistema de recolección de energía solar
- Realizar el estudio de cargas demostrando el balance energético dentro del consumo mensual actual y el consumo mensual a generarse con la implementación del sistema fotovoltaico.
- Calcular las pérdidas máximas ocasionadas por el clima: sombras u orientación.
- Analizar la reducción de los gases contaminantes al medio ambiente con la utilización del sistema fotovoltaico.
- Realizar un análisis económico del costo de la instalación del diseño del sistema fotovoltaico propuesto.

## **1.6. Hipótesis de la investigación**

Al implementar un sistema de generación de energía alterna por medios fotovoltaicos, permitirá generar y abastecer la capacidad de demanda eléctrica suficiente para la alimentación de los servicios auxiliares que proporciona la alimentación de energía a los equipos de control, medida, protección y supervisión de la subestación eléctrica de la compañía industrial CIERPRONTI.

## **1.7. Diseño y metodología de la investigación**

El diseño de investigación empleado se estructura en dos etapas: metodología exploratoria y metodología analítica. En la primera etapa se propuso una metodología exploratoria con la que se logró un acercamiento al problema planteado, se utilizó el enfoque de conceptos en energías renovables y diseño de sistemas de alimentación eléctrica sostenibles. Se determinó una forma para la recolección de la información, se realizó consultas al personal técnico que labora en la compañía como fuentes primarias y como fuentes secundarias se utilizó información técnica.

En la segunda etapa se propuso una metodología analítica, que se fundamentó en la experiencia directa en el lugar, se analizó y verifico de manera real cómo funciona el abastecimiento y distribución de la energía eléctrica desde la subestación eléctrica hacia las instalaciones físicas de la compañía industrial CIERPRONTI. Como herramienta para la recolección de información se visitó el sitio y se obtuvo datos como las características de la red principal, transformador, tipos de cargas, generador de emergencia, equipos de protección y seccionamiento, equipo de medida, etc.

## **CAPITULO II**

### **2. Fundamentación Teórica**

#### **2.1.Energía eléctrica**

La electricidad es una forma de energía que consiste en el movimiento de electrones entre dos puntos cuando existe una diferencia de potencial entre ellos, este fenómeno físico se da por el movimiento de cargas positivas y negativas en el interior de un material conductor, lo que permite generar la denominada corriente eléctrica.

##### **2.1.1. Tipos de materiales**

Los materiales se pueden dividir en tres categorías principales según sus propiedades eléctricas: aislantes, semiconductores y conductores.

-Aislante: Son materiales no conductores y, por lo tanto, pueden utilizarse como aislantes. Ejemplos de estos materiales son el vidrio, la cerámica, el plástico, el caucho, la mica, la cera, el papel, la madera seca, la porcelana, algunas grasas industriales y electrónicas y la baquelita. Aunque no existen materiales aislantes o conductores en absoluto, se utilizan ampliamente como materiales para evitar cortocircuitos (esto al cubrir objetos conductores con ellos para mantener partes del sistema eléctrico alejadas del usuario, si se tocan accidentalmente cuando están energizadas ya que pueden generar descargas).

-Semiconductor: Un material semiconductor es una sustancia que se comporta como un conductor o un aislante dependiendo de varios factores, como los campos eléctricos o magnéticos, la presión, la radiación incidente y la temperatura del medio en el que se encuentra. El componente semiconductor más utilizado es el silicio, que se utiliza para fabricar componentes electrónicos como transistores y diodos.

-Conductor: Son materiales que, al entrar en contacto con un objeto cargado eléctricamente, lo transmiten a todos los puntos de su superficie. Los mejores

conductores de la electricidad son los metales y sus aleaciones. Existen otros materiales no metálicos que también son capaces de conducir electricidad, como el grafito, las soluciones salinas (como el agua de mar) y cualquier material en estado de plasma. Para el transporte de electricidad, así como para cualquier instalación en el hogar o la industria, el metal más utilizado es el cobre en forma de cable unipolar o multipolar.

### **2.1.2. Tipos de corrientes eléctricas**

Considerando que la corriente eléctrica lleva una carga, transportando electrones a través de los llamados "materiales conductores". Por lo tanto, el sentido siempre apunta en la dirección de positivo a negativo, es decir, del potencial más alto al potencial más bajo. Según este principio se genera una corriente eléctrica, que puede ser de diferentes tipos:

-Corriente continua – CC: También se le conoce como “corriente continua” y tiene la característica de mantener una carga de voltaje constante, por lo que puede ser negativa o positiva. Este tipo de electricidad actualmente se produce usando paneles solares y luego se convierte en CA para usar en nuestros hogares o desde un distribuidor a medida que pasa a través de su infraestructura. Si bien este fue el estándar original utilizado por las ciudades inicialmente para la distribución centralizada de energía, ha disminuido a lo largo de los años, ya que presenta mayores pérdidas de transmisión en distancias más largas, por ejemplo, corriente alterna (CA).

-Corriente alterna – CA: A diferencia de la corriente continua, este tipo de corriente puede invertir la polaridad del voltaje, alcanzando picos positivos y negativos, para obtener una forma de onda que ocurre 50 o 60 veces por segundo. Esto se denomina "frecuencia" y se mide en hercios (Hz), valor que varía de un país a otro. La razón por



la que los distribuidores de todo el mundo favorecen la corriente alterna es que puede variar fácilmente el voltaje de la corriente, lo que permite que el transformador varíe su amperaje según su propósito. Su bajo costo de instalación la ha convertido en el sistema de distribución con más demanda a nivel mundial.

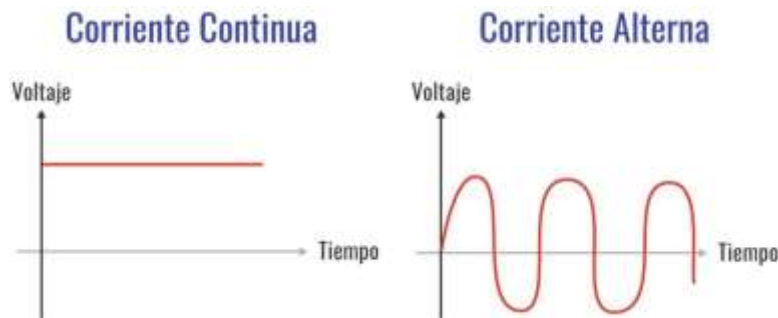


Figura 1: Tipos de corrientes eléctricas

Fuente: (7Graus.Ltda, 2018)

### 2.1.3. Circuito eléctrico

Un circuito eléctrico se define como una colección de elementos que están conectados por conductores y permiten el flujo de corriente. (Orza, 2013)

Entre los elementos básicos de un circuito eléctrico tenemos

-Generadores: Son elementos capaces de generar electricidad a partir de otras formas de energía (química, mecánica, solar, etc.): pilas, baterías, alternadores, etc.

-Receptores: Son elementos que consumen electricidad y la convierten en otras formas de energía (calor, luz, rotación, sonido, etc.). Por ejemplo: luces, campanas, motores, resistencias, disipadores, etc.

-Elementos de maniobra: Estos son los elementos que controlan (abre y cierra a voluntad) el circuito eléctrico.

- Interruptores: Abre o cierra de manera permanente un circuito.

-Pulsadores: Abre o cierra mientras están pulsados un circuito. Existen normalmente abiertos y normalmente cerrados.

-Conmutadores: Se utilizan para el control desde un mismo punto de dos o más circuitos.

#### **2.1.4. Potencia y energía eléctrica**

La energía eléctrica es medida en vatios-hora (Wh) obtenida de la diferencia de potencial entre dos puntos que permite el paso de corriente entre ellos mientras que la potencia eléctrica, medida en vatios o vatios (W), es la relación de la energía transferida a través del flujo por unidad de tiempo.

### **2.2. Energía renovable (ER)**

#### **2.2.1. Definición ER**

En teoría general, las fuentes de energía renovables son aquellas que proviene de fuentes naturales virtualmente inagotables y que de acuerdo al consumo y demanda de la gente no afecta al medio ambiente, garantizado que no se agotan considerándose de esta manera fuentes de energía limpia o verde al generar poca contaminación ambiental y no emitir gases de efecto invernadero. (Rommel Alexis & Llanes Cedeño, 2020)

Las características para que se considere energías renovables son: Se obtienen de fuentes renovables de la naturaleza. No están agotados. Es básicamente pura energía. No emiten gases de efecto invernadero.

#### **2.2.2. Tipos de energías renovables**

Las fuentes de energía renovables se pueden dividir en dos categorías no contaminantes o limpios y de contaminación moderada, de acuerdo al siguiente detalle: Energía hidráulica, Energía solar, Energía eólica, Energía geotérmica, Energía undimotriz, Energía mareomotriz y Energía por biomasa.

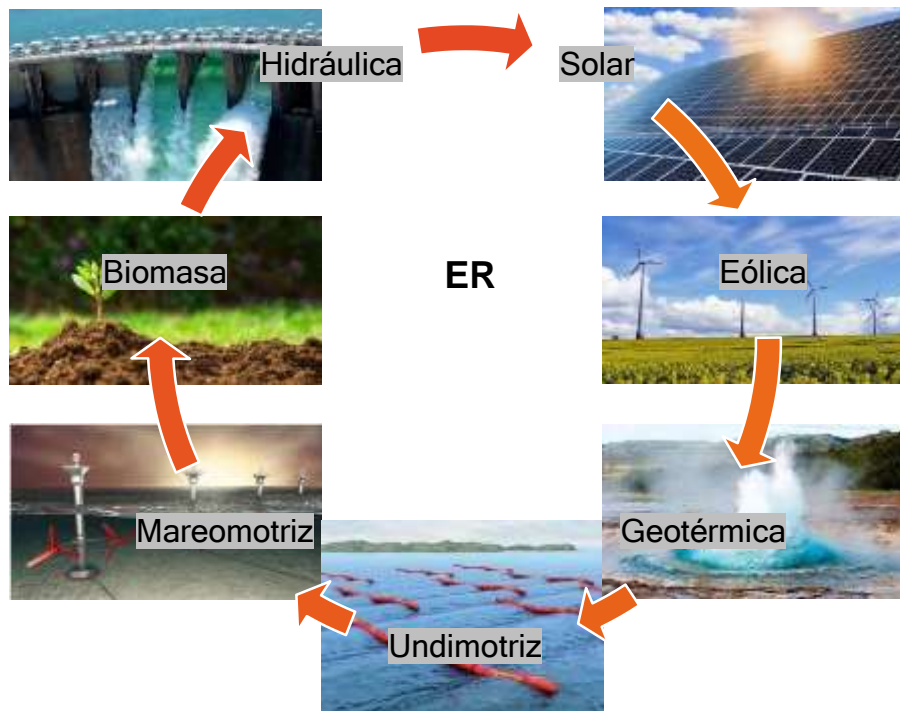


Figura 2: Tipos de energías renovables - Fuente: Elaboración propia

### 2.2.2.1. Energía hidráulica

Es el aprovechamiento del agua que cae desde cierta altura. La energía potencial que se obtiene se convierte en energía cinética al caer. El agua pasa por la turbina a alta velocidad, provocando su rotación y finalmente convertida en electricidad por el generador. La energía hidráulica como fuente de energía se usa más dedicada a la generación de energía, al verificar que la conversión de energía se lleva a cabo con una eficiencia muy alta, a diferencia de ocurre con otras fuentes de energía. De esta manera se puede decir que la energía cinética de las cascadas o del agua de las presas produce la rotación de las turbinas del generador que produce energía eléctrica. (Juberías, 2014)

### 2.2.2.2. Energía solar

Esta energía se obtiene de la radiación solar que llega a la Tierra. Por su fuente que es el sol se considera un tipo energía limpia y renovable considerándose un recurso ilimitado. La radiación electromagnética proveniente del sol se puede recoger de diferentes maneras como colectores, celdas fotovoltaicas, entre otras cosas, para

convertir la energía solar en energía. Bajo este concepto, la energía solar se basa en el aprovechamiento de la energía del sol al convertirlo en electricidad o calor. En la actualidad el mercado de los sistemas fotovoltaicos está prácticamente limitado a instalaciones aislantes, lo que permite aumentar rápidamente la capacidad de producción industria fotovoltaica. (Juberías, 2014)

#### **2.2.2.3. Energía eólica**

Es la energía proveniente del viento específicamente del aire en movimiento. La utilización de este tipo de energía se ha considerado como uno de los eventos del siglo XX. La energía eólica se ha convertido en la fuente de energía renovable de más rápido crecimiento. Otra razón importante para el crecimiento y el empoderamiento la energía eólica es ser una gran generadora de empleo por su facilidad de adaptación a nuevas tecnologías. (Jaramillo & Borjaz, 2010)

#### **2.2.2.4. Energía geotérmica**

Es la energía producida por el calor natural de la tierra. Aprovechar el calor de la Tierra para generar energía útil es una actividad conocida por la humanidad desde hace miles de años. Para poder instalar una planta geotérmica que transforme este tipo de energía es necesario debe tener una localización de grandes áreas o superficies a altas temperaturas y a profundidades disponibles. Existen diferentes tecnologías según el tipo de operación: muy baja, bajas y altas temperaturas, así como roca seca caliente. (Dickson & Fanelli, 2004)

#### **2.2.2.5. Energía undimotriz**

Se produce al captar energía del movimiento de las olas generadas por el viento para realizar trabajos útiles como generar electricidad, desalinizar o bombear agua. La máquina de energía de las olas es un convertidor de energía de las olas.

#### **2.2.2.6. Energía mareomotriz**

Este tipo de energía proviene de las fluctuaciones periódicas del nivel del mar generado por la atracción gravitacional de la luna, el sol, el oleaje y las corrientes marinas. En la actualidad en todo el mundo se han desarrollado tecnologías para el uso de este tipo de energía. Sin embargo, la relación entre la cantidad de energía que se puede obtener y la inversión económica y los impactos medioambientales de las instalaciones para su proceso impidieron que se extendiera mucho (Herrera & Quintero, 2017)

#### **2.2.2.7. Energía por biomasa**

Es la energía producida por un grupo de productos energéticos y materias primas de tipo renovable derivado de materia orgánica formada biológicamente. Esta definición excluye especialmente los combustibles fósiles y las materias primas sustancias orgánicas derivadas de él, como plásticos y productos sintéticos.

### **2.3. Subestación eléctrica**

#### **2.3.1. Definición de subestación eléctrica**

Una subestación eléctrica es una construcción o instalación encargada de generar voltaje, frecuencia, número de fase o conexión de dos o más circuitos eléctricos. Están ubicados cerca de las centrales eléctricas, en el borde de las áreas de consumo o dentro y fuera de los edificios. (Gómez & Vargas, 2011)

#### **2.3.2. Tipos de subestaciones eléctricas**

Las subestaciones eléctricas pueden ser de tres tipos:

- Subestación eléctrica por nivel de tensión
- Subestación eléctrica por su funcionalidad
- Subestación eléctrica por área de servicio
- Subestación eléctrica por su aislamiento

### **2.3.2.1. Por el nivel de tensión**

Las subestaciones eléctricas operan a diferentes niveles de voltaje dependiendo de las necesidades del proyecto. El nivel de voltaje utilizado variará de un país a otro, pero se puede dividir en los siguientes rangos:

- Baja Tensión (LV): Con un voltaje nominal menor o igual a 1000 V
- Media Tensión (MV): Con un voltaje nominal mayor a 1000 V y menor que 100 kV
- Alta Tensión (HV): Con un voltaje nominal igual o mayor a 100 kV e igual o menor que 230 kV
- Extra Alta Tensión (EHV): Con un voltaje nominal mayor que 230 kV, pero menor que 1000 kV
- Ultra Alta Tensión (UHV): Con un voltaje nominal igual o mayor a 1000 kV

### **2.3.2.2. Por su funcionalidad**

Se clasifican en:

- Transformadoras elevadoras: Este tipo de subestación eléctrica eleva la tensión generada a un nivel muy superior para que pueda ser transportada.
- Transformadoras de bajada: Este tipo de subestación eléctrica reduce el voltaje a un nivel mucho más bajo para la distribución.
- De maniobra: Por lo general estos son los que conectan más de un circuito, el voltaje no sube ni baja, solo actúa como un nodo en el sistema eléctrico.

### **2.3.2.3. Por su área de servicio**

También podemos identificar las subestaciones eléctricas según el área de negocio en la que operan y se clasifican en:

- De generación: Vinculada a la planta de energía eléctrica. Flujo directo de energía al sistema.

- De transmisión: Actúan como nodos en el sistema eléctrico, puntos de conexión a generadores, distribuidores y otras subestaciones de transmisión, se pueden encontrar en dentro y en las afueras de las ciudades.
- De distribución: Se trata de subestaciones ubicadas en las propias ciudades, que suministran energía eléctrica a la industria y usuarios finales (edificios y casas residenciales).



Figura 3: Tipos de subestaciones eléctricas

Fuente: (IDS, 2022)

#### 2.3.2.4. Por su aislamiento

Se clasifican en:

- Aire: Este tipo de subestaciones tienen aire como medio aislante y también se conocen comúnmente como subestaciones convencionales. Hoy en día, es muy raro encontrar edificios nuevos con este tipo de aislamiento. En el pasado era una parte importante de una subestación, pero hoy en día hay disponibles aisladores mucho más efectivos.
- SF6: El gas aislante SF6 (hexafluoruro de azufre) es un mejor medio aislante que el aire y se usa comúnmente en equipos de alto voltaje. Todo el equipo eléctrico principal está alojado en una carcasa metálica sumergida en gas SF6, por lo que la distancia de aislamiento se puede reducir considerablemente, de

esta manera el área de la subestación se reduce en más de un 50% en comparación con los equipos tradicionales.

- Híbridas: Parecida a la subestación con un tipo de aislamiento SF6, pero la diferencia es que el dispositivo de conexión de cada circuito está en un recinto metálico separado sumergido en gas SF6. Por ejemplo, este es un interruptor de potencia, sus contactos están aislados internamente con gas SF6 y representan un solo dispositivo eléctrico. Esto me permite tener seccionadores tradicionales con interruptores automáticos de SF6 trabajando en la subestación. Combinación de unidad de aire y SF6.

### **2.3.3. Elementos de una subestación eléctrica**

Los elementos principales de una subestación son:

- Transformador.
- Interruptor de potencia.
- Restaurador.
- Cuchillas fusibles.
- Cuchillas des conectadoras y cuchillas de prueba.
- Apartarrayos.
- Transformadores de instrumento.
- Cajas Derivadoras.

### **2.4. Sistemas fotovoltaicos**

Un sistema fotovoltaico es una colección de varios dispositivos que convierten la energía de la luz en electricidad utilizable, es decir, corriente alterna; de forma limpia, sostenible y rentable, lo que la convierte en una de las fuentes de energía más buscadas. Todo el sistema fotovoltaico se basa en su consumo de energía típico, de donde puede elegir los paneles solares adecuados para capturar la energía solar



necesaria para su proyecto, así como otros componentes que componen el sistema. (Parrado Duque y otros, 2019) La obtención de corriente alterna se logra a través de un fenómeno físico conocido como el "efecto fotoeléctrico", utilizando propiedades de los materiales semiconductores llamados celdas fotoeléctrico, siendo el silicio puro, la principal materia prima para su producción más algunos componentes químicos semiconductores como el boro y el fósforo que producen una corriente continua de 2 a 4 amperios a una diferencia de potencial de 0,46 a 0.48V se usa comúnmente como energía eléctrica.

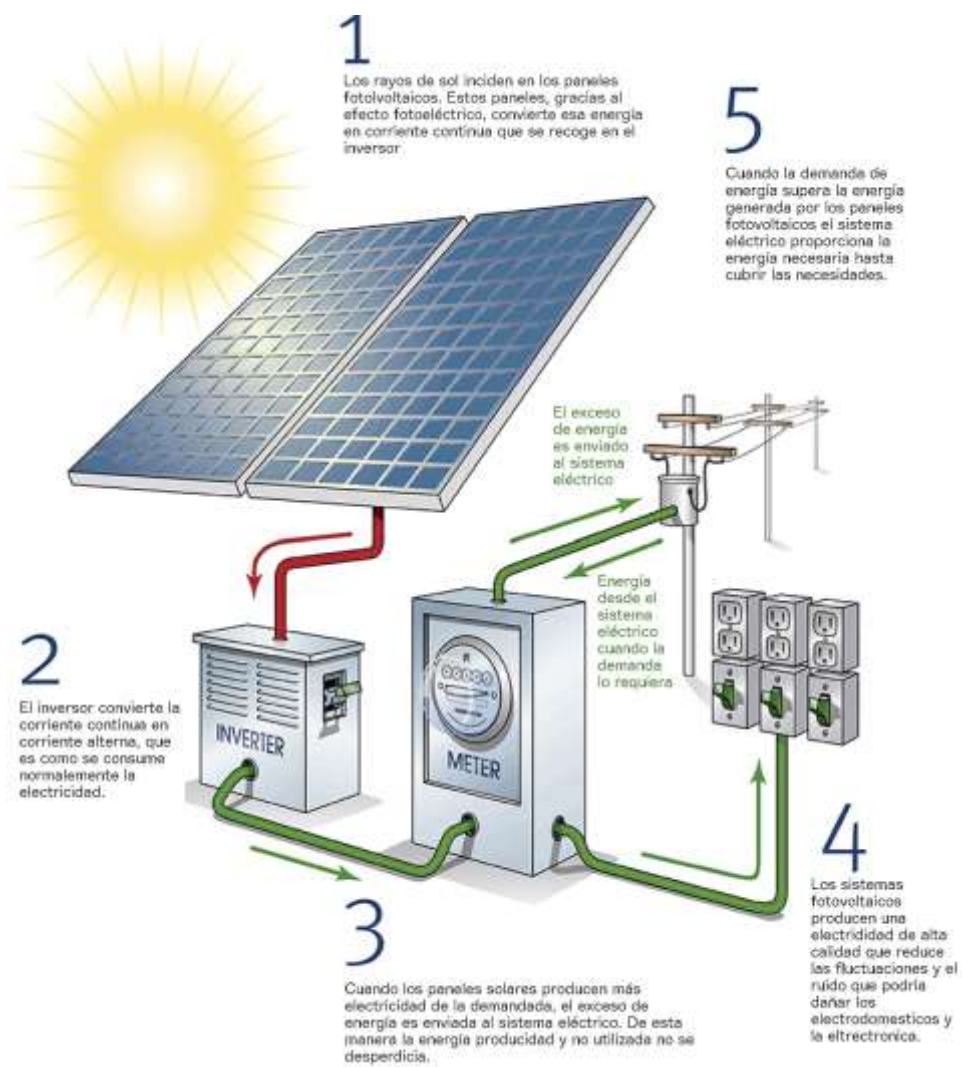


Figura 4: Sistema fotovoltaico

Fuente: (Helioesfera, 2021)

### 2.4.1. Componentes de los sistemas fotovoltaicos

Los principales componentes de los sistemas fotovoltaicos son:

Componente	Descripción	Gráfico
<b>Panel Solar</b>	Este dispositivo se encarga de recibir la energía solar a través de células fotovoltaicas, de las que se puede elegir entre módulos policristalinos y monocristalinos.	
<b>Acumulador</b>	O batería es uno de los componentes más importantes porque es el que almacena la corriente continua para que cuando falte la luz del sol, pueda abastecer o alimentar el sistema.	
<b>Regulador de carga</b>	El regulador es el encargado de gestionar la energía almacenada en la batería, es decir, su trabajo es asegurarse de que la batería no se descargue, provoque cortes de corriente o sobrecargas que puedan dañar el sistema fotovoltaico.	



<p><b>Inversor</b></p>	<p>Es el elemento donde la energía constante del regulador se convierte en energía de corriente alterna (que podemos usar).</p>	
<p><b>Medidor bidireccional</b></p>	<p>Este tipo de contador es muy similar al de uso común, pero la diferencia está en cómo se calcula el consumo de energía. Las viviendas sin paneles solares solo utilizan la electricidad que les proporciona la CFE, que se calcula con un contador tradicional, y la empresa les envía la cantidad de electricidad que consumen cada vez. La diferencia con un medidor bidireccional es que cuenta cuánta energía generan los paneles solares y cuánto CFE proporciona para equilibrar y determinar lo que se cargará. Por supuesto, este es un precio mucho más bajo, porque a pesar de la presencia de un sistema fotovoltaico, el consumo eléctrico diario no proviene solo de los paneles.</p>	

Tabla 1: Componente de los sistemas fotovoltaicos

Fuente: Elaboración propia

#### 2.4.2. Funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos

El funcionamiento del sistema fotovoltaico se basa en el efecto fotoeléctrico. El efecto fotovoltaico es la producción de energía a partir de la luz solar. Se basa básicamente en el fenómeno de que cuando los fotones entran en las celdas del panel fotovoltaico, excitan electrones, aumentan su energía y los liberan de la estructura

cristalina en la que se encuentran. (energianow, 2020) En este punto, pasan a formar parte de la descarga gratuita. El proceso es el siguiente:

1. Comienza con las celdas fotovoltaicas, que absorben la energía emitida por la radiación solar, para lo cual se utiliza el silicio, que es un material semiconductor, lo que permite un uso más amplio.
2. La energía solar se carga con fotones que ingresan a las celdas, creando un flujo de electrones, que luego se convierte en electricidad.
3. La celda hace que los electrones y otros elementos avancen para crear voltaje en ambas partes de la batería, por lo que toda esta energía se extrae o se usa según sea necesario a través de los contactos eléctricos en el edificio.

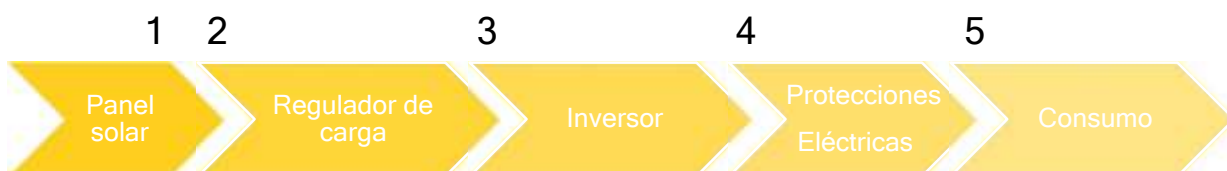


Figura 5: Orden de funcionamiento de los componentes

Fuente: Elaboración propia

### 2.4.3. Tipos de sistemas fotovoltaicos

Existen cuatro tipos de sistemas fotovoltaicos (Mejía, 2019):

- Conectado a la red eléctrica: Es uno de los sistemas más utilizados y de autoconsumo, es decir, no está destinado a vender la electricidad producida por paneles solares para alimentar viviendas, comercios o locales comerciales sino con suministro eléctrico limitado, si se supera esta cantidad, se conecta la red a adaptarse a la fuente de alimentación ininterrumpida.

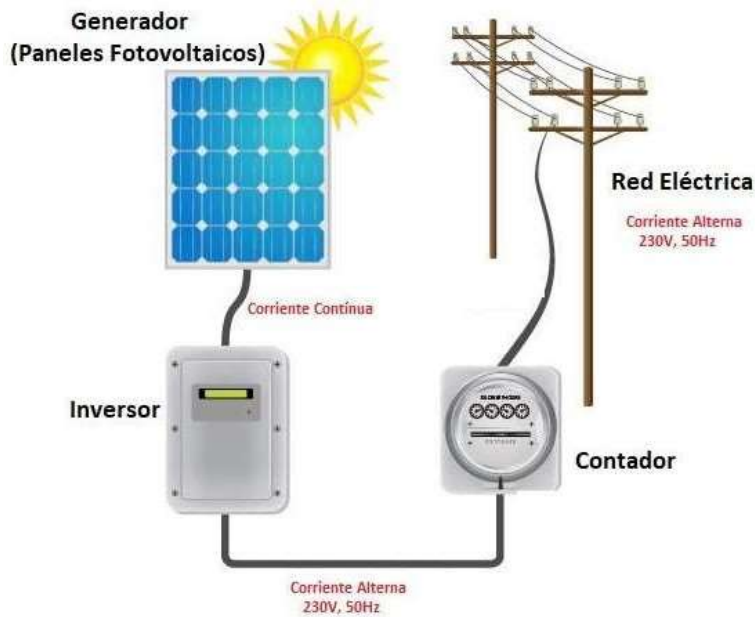


Figura 6: Sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica  
Fuente: (tecnología, 2021)

- Con sistema aislado: Este tipo de sistema es mucho más equilibrado que el anterior, ya que absolutamente toda la energía consumida es la energía generada por el sistema fotovoltaico, es decir, no está conectado a la red, y esto es posible gracias a la batería. que también reparte en días nublados o días nublados.

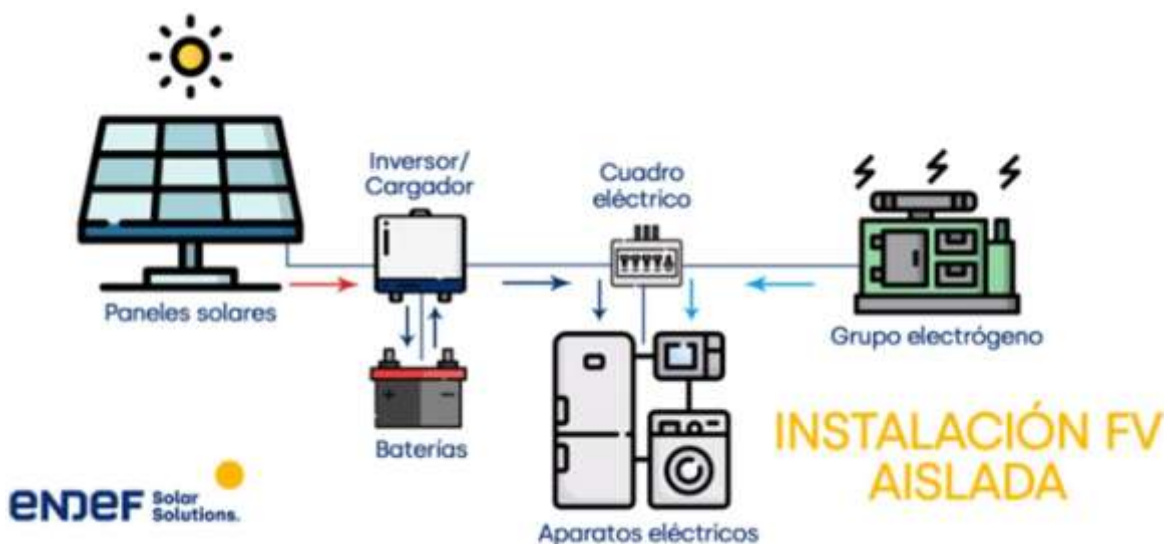


Figura 7: Sistema fotovoltaico con instalación aislada  
Fuente: (ENDEF, 2021)

- Con sistema autónomo: Los sistemas fotovoltaicos fuera de la red almacenan energía limpia de la radiación solar y, a menudo, se usan donde los diseños eléctricos tradicionales lo impiden, por lo que a menudo se usan para la iluminación exterior de la ciudad.

## CAPITULO III

### 3. Metodología

#### 3.1. Características generales de la zona

CIERPRONTI es una empresa que se encuentra ubicada en la provincia del Guayas, en el Km 12.8 de la autopista que comunica al cantón Durán con el cantón Yaguachi, específicamente en el lote #10. El cantón Durán se encuentra situado en el margen oriental del río Guayas, frente a la ciudad de Guayaquil, capital provincial, a la que está unida por el puente de la Unidad Nacional.



Figura 8: Ubicación de la empresa CIERPRONTI S.A. dentro del cantón Durán

Fuente: Fotografía de Google Earth

El cantón Durán tiene un clima tropical. La temperatura media anual del Cantón Durán se encuentra a 25 grados centígrados. Hay alrededor de precipitaciones de 929mm. Cuenta con un clima mega térmico seco y tropical mego térmico semihúmedo lo cual es consistente con los índices de precipitación, concentrados en la zona norte y noroccidente del cantón.

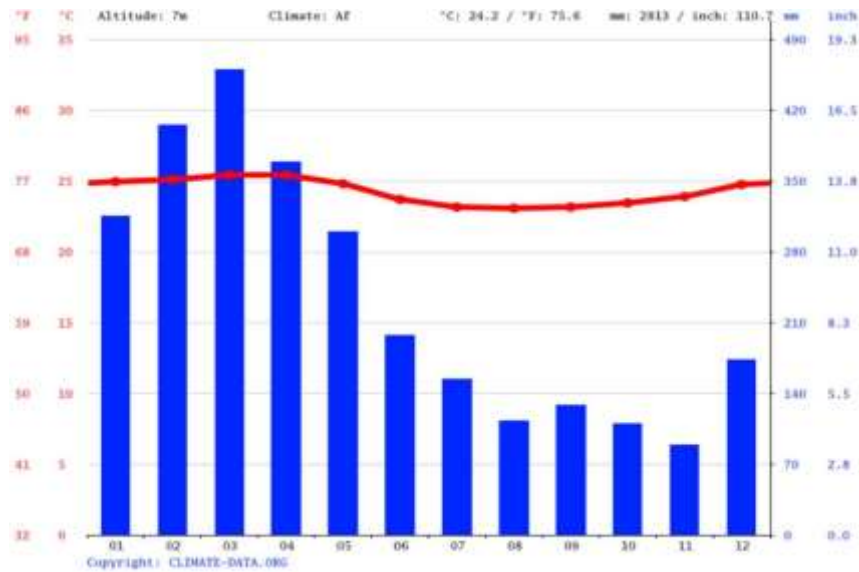


Figura 9: Climograma del cantón Durán  
Fuente: (Climate-Data.org, 2022)

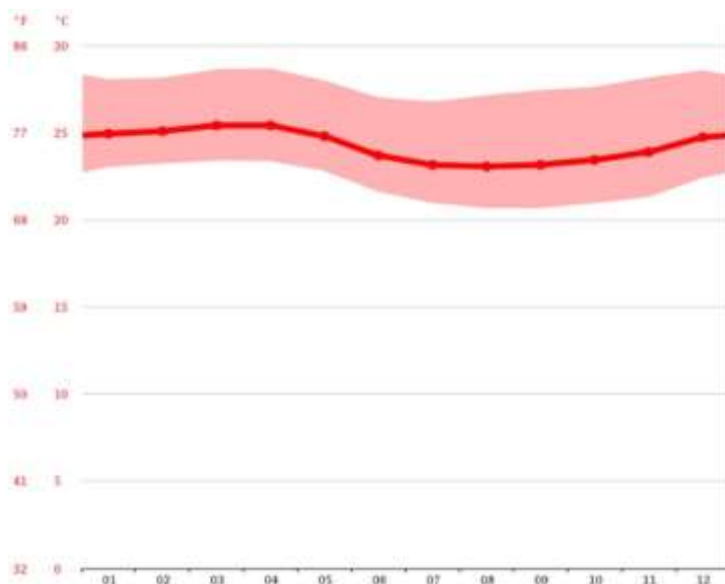


Figura 10: Diagrama de temperatura del cantón Durán  
Fuente: (Climate-Data.org, 2022)



	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	24.0	25.1	25.4	25.4	24.8	23.7	23.1	22.1	23.2	23.4	23.9	24.7
Temperatura mín. (°C)	23	23.2	23.4	23.4	22.8	21.8	21	20.7	20.7	21	21.3	22.4
Temperatura máx. (°C)	28.1	28.2	28.6	28.7	26	27	28.6	27.1	27.4	27.6	28.2	28.6
Precipitación (mm)	315	405	480	358	300	197	154	113	128	110	89	173
Humedad(%)	85%	87%	88%	88%	88%	86%	84%	82%	82%	81%	79%	80%
Días lluviosos (días)	19	19	20	19	19	18	16	14	15	14	12	15
Horas de sol (horas)	6.3	6.4	6.9	6.9	6.2	5.2	4.8	4.6	4.6	4.0	4.4	5.8

Tabla 2: Tabla climática, datos históricos del tiempo de Durán 1991 a 2021

Fuente: (Climate-Data.org, 2022)

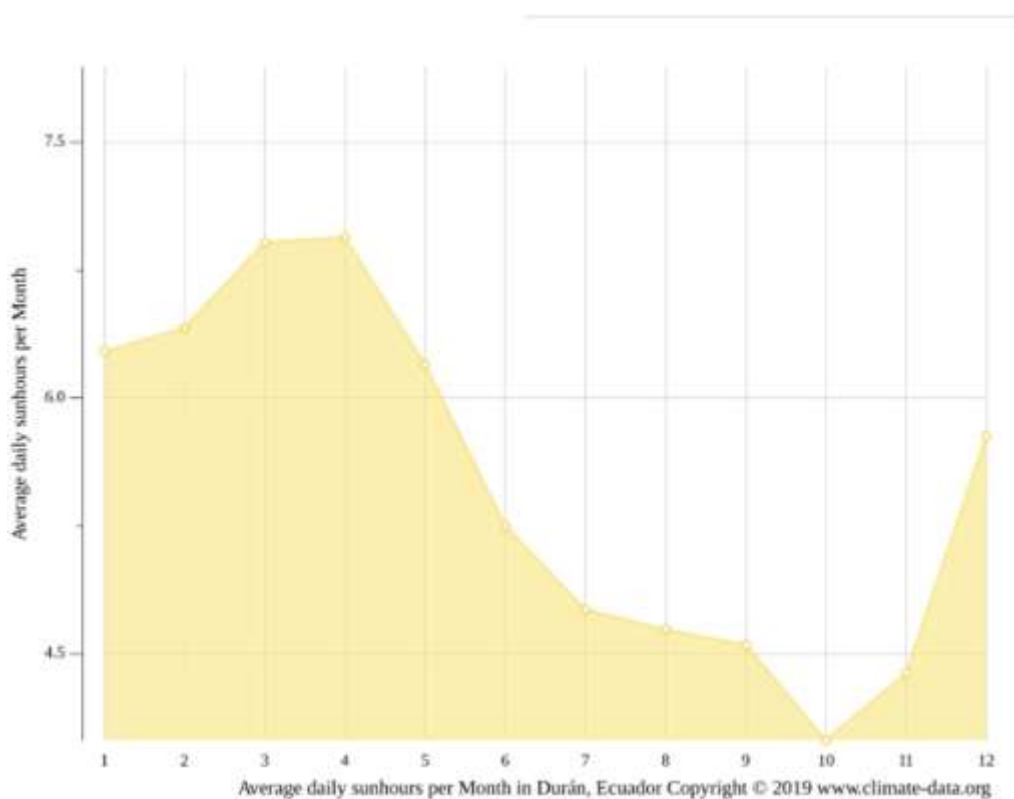


Figura 11: Promedio de horas diarias de sol por mes en el cantón Durán

Fuente: (Climate-Data.org, 2022)

En Durán, el mes con menos horas diarias de sol es abril, con un promedio de 3.99 horas de sol diarias.

En total, hay 123.77 horas de sol en enero. Duran tiene alrededor de 2.008,61 horas de sol al año con una media de 66,1 horas de sol al mes.

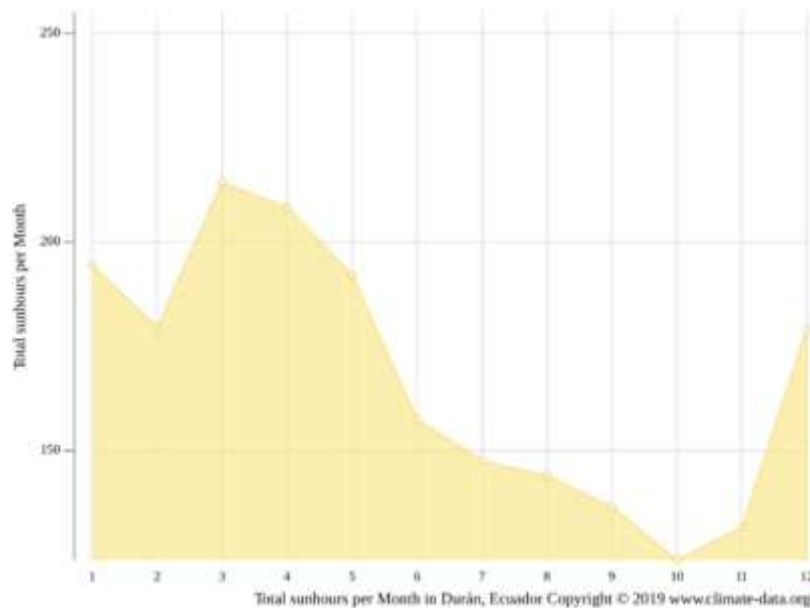


Figura 12: Promedio de horas totales de sol en el cantón Durán

Fuente: (Climate-Data.org, 2022)

### 3.2. Instalaciones eléctricas actuales

En base al incremento de consumo de producción, la Planta CIERPRONTI ha ido incrementando sus cargas desde la energización a nivel de 13.2 kV con un estimado de 931,933 kW, este incremento de carga es muy importante en estos momentos para la compañía hasta que entre en funcionamiento la Subestación Eléctrica SACOPLAST. En estos momentos se encuentra terminada la construcción del proyecto eléctrico “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 5/6.25 MVA 69/13.8 kV CIERPRONTI”, según memorando No. CNEL-GLR-TEC-2021-1667-M se encuentra finalizada, el cual ha sido revisado por CNEL y se tiene proyectado que entrará en funcionamiento para mediados de abril de 2022.

En el presente documento se hace una descripción de la situación propuesta, puntualizando cada una de las diferentes partes del sistema eléctrico.

Finalmente, como soporte técnico de las mejoras propuestas se anexan los planos, cálculos y documentos que se han utilizado en el desarrollo del presente diseño.

### 3.3. Características del diseño técnico constructivo de la subestación 69/13.8 kV.

#### 3.3.1. Ubicación de la subestación eléctrica existente

Las coordenadas de referencia de la subestación eléctrica existente son:

Coordenadas UTM S/E		
A	637019.7945	9762594.8116
B	637008.00	9762584.00
C	637033.309	9762580.0687
D	637021.5146	9762569.257



Figura 13: Ubicación posicional de la subestación eléctrica

Fuente: Fotografía de Google Earth

#### 3.3.2. Descripción

La subestación eléctrica es de tipo normal y se encuentra emplazada en la parte externa por lo que todo el equipamiento deberá ser diseñado y elaborado para ser utilizado en el exterior.

Cuenta con una bahía con las siguientes características:

- a. Seccionador tripolar de accionamiento manual y cuchillas de puesta a tierra con su respectivo bloqueo entre fase y tierra.
- b. 3 pararrayos 60 kV

- c. 3 TC multirelación con 2 núcleos, el primer núcleo para proteger el transformador y el segundo núcleo para medición comercial.
- d. Un juego de PT 'S con 1 núcleo, para medición comercial.
- e. Un breaker aislado en SF6 para proteger el transformador principal.
- f. Un transformador de poder de 5/6.25 MVA 69 kV/13.8 kV, 60hz, Dyn1.

Cada elemento de esta subestación tiene una adecuada base de hormigón armado, diseñado para resistir el peso de los equipos a instalar, en el resto del patio y sobre rasante se realizará una base de piedra caliza #4, que actuará como un flujo natural del agua de lluvia hacia el suelo, así como para la circulación de vehículos y peatones. Dentro de la instalación hay una sala de control, con paneles de protección de transformadores, racks de comunicación y celdas de media tensión. En el interior se preinstalará el sistema eléctrico, iluminación interior y exterior.

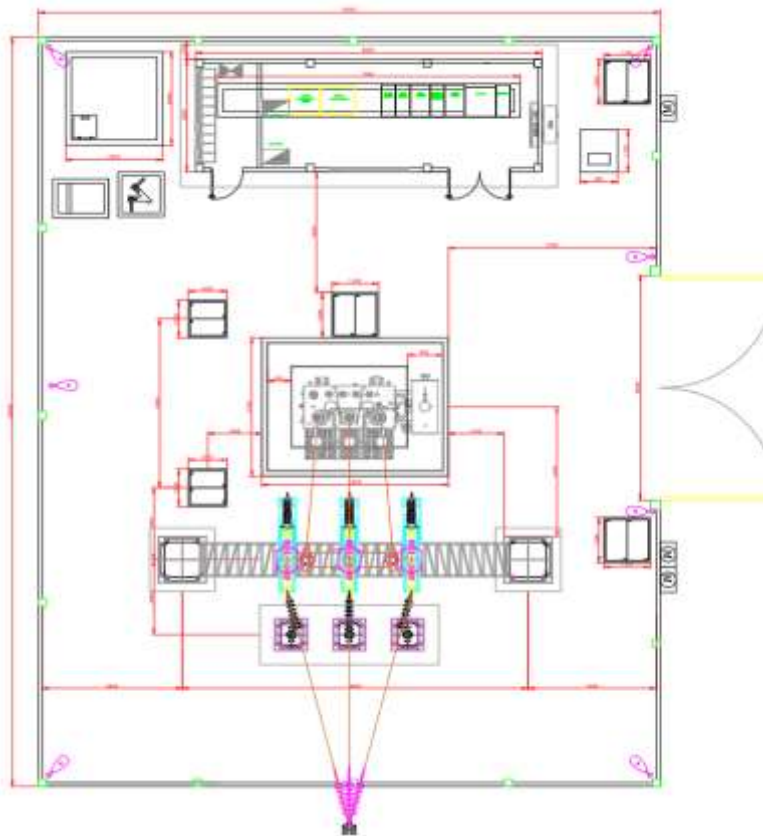


Figura 14: Subestación eléctrica CIERPRONTI  
Fuente: Elaboración propia

### 3.3.3. Niveles de aislamiento y distancia de seguridad

○ **Tensión y Frecuencia Asignadas:** Tiene una tensión nominal de 69 kV y una frecuencia nominal de Hz, ambas proporcionadas por la red de subtransmisión de la entidad competente -CNEL-, de acuerdo a los parámetros establecidos en la norma IEC 60038 donde se indica lo siguiente:

- **Lado Primario:** 69 kV tensión determinada y 72.5 kV tensión máxima.
- **Lado Secundario:** 13.8 kV tensión determinada y 14.5 kV tensión máxima
- **Intensidad de Cortocircuito:** Para el cálculo de la malla de puesta a tierra del patio de maniobras se ha considerado los parámetros establecidos por la entidad competente -CNEL-, de esta manera el proyecto respetará un aislamiento básico en alta tensión de 350 kV y en baja tensión de 110 kV.

### 3.3.4. Normativas de diseño aplicadas

Los criterios para el diseño de la subestación provienen de las siguientes normativas, boletines y libros:

- NFPA 70: Código Eléctrico Nacional NEC 2002. (CESE, 2018)
- IEEE C2-2002: Código Nacional de Seguridad Eléctrica Edición 2002 NESC (SA, IEEE SA Standards Association, 2022).
- ANSI/IEEE980-1987: Guía IEEE para la contención y control de derrames de aceite en subestaciones. (SA, IEEE SA Standards Association, 2022)
- IEEE 1119/1988: Guía IEEE para distancias de seguridad de cercas en estaciones de suministro eléctrico. (SA, IEEE SA Standards Association, 2022)
- IEEE STD 142-1990: Recomendaciones prácticas para puesta a tierra de sistemas industriales y de energía comercial. (SA, IEEE SA Standards Association, 2022)

- IEEE 80: Guía para el diseño de sistemas de puesta a tierra para subestaciones. (SA, IEEE SA Standards Association, 2022)
- IEEE 979-2012: Guía IEEE para la protección contra incendios en subestaciones. (SA, IEEE SA Standards Association, 2022)
- IEEE STD 485-2000: Guía práctica para dimensionar baterías de plomo ácido para aplicaciones estacionarias. (EnergyVille, 2013)
- Guías de diseños para subestaciones eléctricas: Recopilación de boletines IEEE. (SA, IEEE SA Standards Association, 2022)
- IEC 60071 (Insulation Coordination). (Commission, 2022)
- IEEE STD 1427-2006: Guía IEEE para distancias eléctricas recomendadas y niveles de aislamiento en subestaciones de energía eléctrica con aislamiento de aire. (SA, IEEE SA Standards Association, 2022)
- Regulación ARCONEL 001/15: Punto de entrega y condiciones técnicas financieras para la prestación del servicio público de energía eléctrica a consumidores del servicio eléctrico. (ARCONEL, 2015)

### **3.3.5. Distanciamiento en aire**

Las distancias mínimas en aire, para garantizar el soporte dieléctrico de los equipos de patio están de acuerdo a lo establecido en las Normas IEC 60071-2: Coordinación de aislamiento, Guía de aplicación (AENOR, 2019) y ANSI C2-2002: Código de Seguridad Eléctrico Nacional (ETWH, 2021).

Tomando como referencia la “Guía para diseño de subestaciones tipo Exterior” de GEC ALSTHOM (ALSTOM, 2022) se respetarán en este diseño las siguientes distancias mínimas:

Equipamiento de conductores en S/E	69 kV	15 kV
Fase a fase	1.60 m	0.60 m
Fase a tierra	0.74 m	0.26 m
Distancia libre al piso	3.36 m	2.75 m

Tabla 3: Distanciamiento en aire

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.6. Distanciamiento de seguridad

Se debe observar una distancia mínima de seguridad en el aire entre las partes vivas y el suelo para la seguridad de las personas. Las distancias se calculan de acuerdo a lo indicado en la publicación del Comité No. 23 de la CIGRE (CIGRE, 2012), como referencia a un nivel de aislamiento de 325 kV.

Distancia Mínima fase - tierra según IEC: 0.63 metros entre línea y tierra

Circulación de personas bajo conexiones: 3.6 metros.

Circulación de vehículos: 4.9 metros.

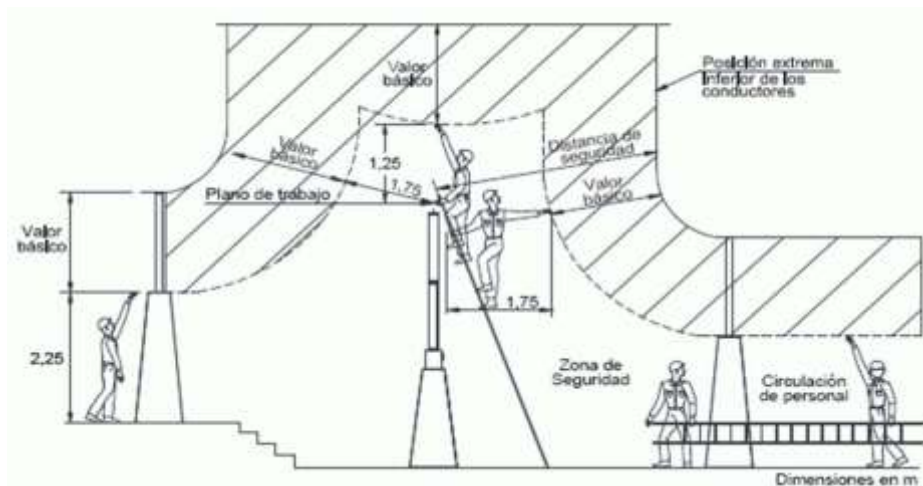


Figura 15: Medidas de distancias de seguridad

Fuente: Ilustración tomada del libro de subestaciones de alta y extra alta tensión

No está permitido el ingreso de vehículos dentro del patio de seccionamiento cuando el mismo se encuentre energizado. Cualquier maniobra por cambio de mantenimiento correctivo, se realizará con la subestación des energizada y cualquiera

de los equipos podrá ser retirado con una grúa para realizar maniobras en la parte lateral de la misma (por donde se tenga acceso o vía de ingreso).

### 3.3.7. Distanciamiento al cerramiento

Las distancias se calculan de acuerdo a lo indicado en el STD IEEE 1119-1988 (SA, IEEE SA Standards Association, 2022), con una distancia mínima o claro luz desde el cerramiento hasta cualquier parte viva del patio de maniobras: 3.7 metros. Distancia vertical mínima de alambres, conductos y cables sobre lugares y pasarelas que restringen el tráfico peatonal y en movimiento: 4,9 metros.

**Dimensions for Use with Fig 1, Fence Safety Clearance**

Nominal Voltage Between Phases	Dimension A		Dimension B	
	ft	m	ft	m
151-34 500	15.0	4.6	10.0	3.1
46 000-69 000	16.0	4.9	12.0	3.7
115 000	16.7	5.1	13.0	4.0
138 000	17.1	5.2	14.0	4.3
161 000	17.6	5.4	14.0	4.3
230 000	19.0	5.8	16.0	4.9
345 000	21.3	6.5	18.0	5.5
500 000	24.9	7.6	21.0	6.4
765 000	29.7	9.1	23.0	7.0

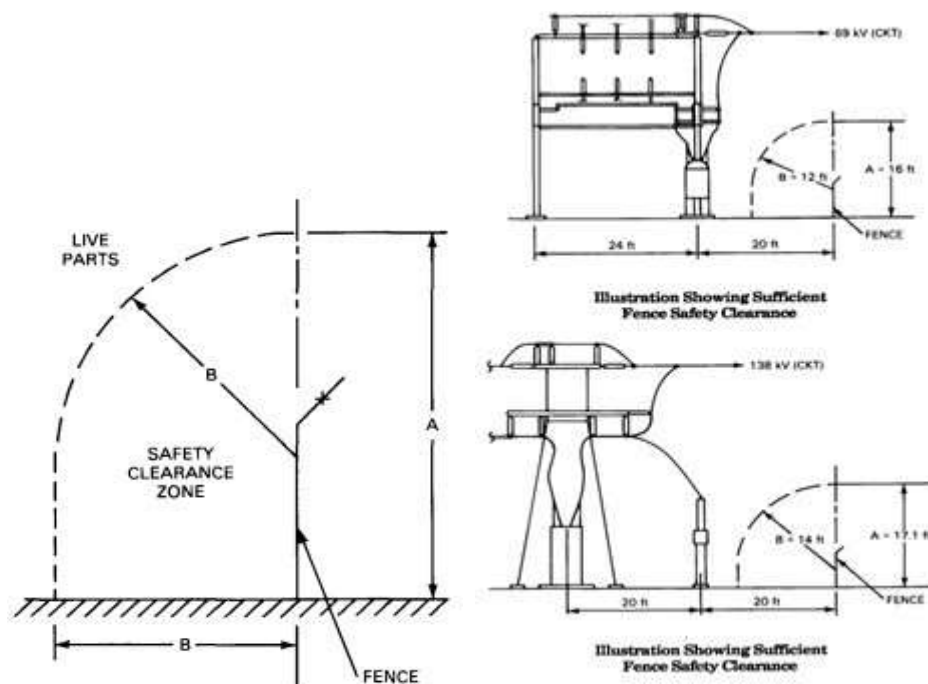


Figura 16: Medidas de distanciamiento al cerramiento

Fuente: Ilustración tomada del libro de subestaciones de alta y extra alta tensión



### 3.4. Características eléctricas de las Instalaciones existentes

#### 3.4.1. Acometida aérea 69 kV

El conductor instalado para la llegada a la subestación es conductor 4/0 AWG

ACSR:

Parámetros de red	
Parámetro	Descripción
Calibre	4/0 AWG
Material	Al ACSR
Capacidad	357 Amp

Tabla 4: Conductor para derivación de línea y barra de 69 kV Fuente: Elaboración propia

#### 3.4.2. Aisladores de 69 kV

Los aisladores instalados son de polímero tipo estación, están acoplados y sujetos en las estructuras metálicas del pórtico de 69 kV. Estos cuentan con terminales adecuados para el conductor a utilizar.

Parámetros de Aisladores	
Parámetro	Descripción
Tensión del Sistema	69kV
Procedencia	USA
Marca	Maclean
Cantidad	9

Tabla 5: Aisladores de 69kV

Fuente: Elaboración propia

#### 3.4.3. Seccionador tripolar de 69 kV

Es un seccionador solo de tensión diseñado para interrumpir la corriente en aire en una operación en grupo, diseñado para instalación en exteriores con acoplamiento horizontal o vertical y apertura central. El seccionador completo, con todas sus partes, incluye: aisladores, conectores, terminales de entrada, salida y el seccionador de puesta a tierra.

<b>Parámetros del Seccionador</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>
Tensión del Sistema	69 kV
Mecanismo de operación	manual
Número de polos	3
Frecuencia nominal	60Hz
Corriente nominal	1200 A
Marca	Taikai
Procedencia	Chino
Cantidad	1

Tabla 6: Seccionador Tripolar de 69kV

Fuente: Elaboración propia

#### 3.4.4. Pararrayos de 69kV

Los pararrayos son autosoportantes, tipo estación, para uso exterior.

<b>Parámetros de los Pararrayos</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>
Tensión del Sistema	69 kV
Marca	Macleam
Procedencia	USA
Cantidad	3

Tabla 7: Pararrayos de 69kV

Fuente: Elaboración propia

#### 3.4.5. Interruptor de Potencia en Gas SF6

El interruptor instalado en la subestación es simplemente un interruptor eléctrico que opera automáticamente para proteger un circuito de sobrecarga o cortocircuito su función principal es detener la corriente cuando se detecta una falla eléctrica, el interruptor de potencia existente es trifásico, en cámara encapsulada de gas SF6, tanque vivo, con instalaciones en exteriores, cuyas particularidades son:

<b>Parámetros del Interruptor</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>
Tensión del Sistema	69 kV
Tipo	SF6
Número de polos	3
Frecuencia nominal	60Hz
Corriente nominal	3500 A
Marca	Taikai
Procedencia	Chino
Cantidad	1

Tabla 8: Interruptor de Potencia en SF6

Fuente: Elaboración propia

#### 3.4.6. Transformador de corriente de 69 kV

<b>Parámetros de Transformador Corriente</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>
Tensión del Sistema	69 kV
Relación	50:25/5 CL 0.2 - 200:100/5 CL 5P20
Burden	30 VA
Frecuencia nominal	60Hz
Marca	Taikai
Procedencia	Chino
Cantidad	3

Tabla 9: Transformador de Corriente

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.7. Transformador de tensión de 69 kV

Parámetros de transformador de tensión	
Parámetro	Descripción
Tensión del Sistema	69 kV
Relación	4200:120 v
Burden	30 VA
Frecuencia nominal	60Hz
Marca	Taikai
Procedencia	Chino
Cantidad	3

Tabla 10: Transformador de Tensión

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.8. Transformador de Poder 5/6.25 MVA

El transformador de poder tiene las siguientes características:

Parámetros del transformador TR-01	
Parámetro	Descripción
Voltaje primario	69000 V
Voltaje secundario	13800 V
Tipo de enfriamiento	ONAN/ONAF
Fases	3
Conexión	Dyn1
Regulación Tap	$\pm 2 \times 2.5\%$ (manual sin carga)
BIL primario	350 kV
BIL secundario	110 kV
Frecuencia	60 Hz
Impedancia	Standard (6.8%)

Tabla 11: Parámetros transformador

Fuente: Elaboración propia

El transformador se encuentra ubicado en la subestación eléctrica, en un sitio con fácil y libre acceso, de manera que permita al personal de CNEL realizar inspecciones o por parte del cliente reparaciones de emergencia y mantenimiento a los transformadores.

### 3.4.9. Equipos de protección y seccionamiento

-Tablero de protección: El tablero está formado por los siguientes equipos:

<b>Tablero de protección transformador</b>
Indicador de alarma en 12 pasos.
Relé o dispositivo electromagnético de Protección Transformador SEL 787.
Electroswitch y luces piloto 125 VDC.
Iluminación interior del gabinete de control.
Relé o dispositivo electromagnético de bloqueo 86.
Bornes para interconexión.
Bornes cortocircuitables para los transformadores de corriente.

Tabla 12: Tablero de protección transformador

Fuente: Elaboración propia

En el cuarto de control se encuentra instalada una celda de medición, que contendrá un juego de transformadores de corriente y potencial, para la medición redundante en media tensión.

Los transformadores de corriente para medición tendrán las siguientes características:

<b>Celda breaker de protección</b>	
<b>Equipo</b>	<b>Descripción</b>
Marca	EATON
Modelo	RVAC
Tensión máxima	17.5 kV
BIL	125 kV
Corriente nominal	630 A
Relación CT	400:200/5 A 0.2
Relación PT	8400/120 V 0.2
Burden	15 VA
Capacidad de cortocircuito	20 kA
Clasificación de arco interno	AFLR
Normas aplicables	IEC 62271-1

Tabla 13: Celda de medición

Fuente: Elaboración propia

Las celdas de protección con interruptor en vacío cumplen las siguientes características:

<b>Celda breaker de protección</b>	
<b>Equipo</b>	<b>Descripción</b>
Marca	EATON
Modelo	RVAC
Tensión máxima	17.5 kV
BIL	125 kV
Corriente nominal	630 A
Capacidad de cortocircuito	20 kA
Clasificación de arco interno	AFLR
Normas aplicables	IEC 62271-1

Tabla 14: Celda breaker de protección

Fuente: Elaboración propia

Se instalará dos celdas de protección con fusible; consta de 1 porta fusible de 6.3 A.

<b>Celda breaker de protección fusible</b>	
<b>Equipo</b>	<b>Descripción</b>
Marca	EATON
Modelo	RVAC
Tensión máxima	24 kV
BIL	125 kV
Corriente nominal	630 a
Capacidad de cortocircuito	20 kA
Fusible	6.3 A
Clasificación de arco interno	AFLR
Normas aplicables	IEC 62271-1

Tabla 15: Celda breaker de protección fusible

Fuente: Elaboración propia

#### **3.4.10. Servicios auxiliares AC**

Para el servicio auxiliar AC, se utilizará un transformador de distribución tipo poste, monofásico de 25KVA, que alimentará:

- Iluminación del cuarto de control y de los tableros.
- Servicios Generales del patio de seccionamiento.
- Iluminación y calefacción en armarios eléctricos.
- Alimentación al cargador de baterías.

#### 3.4.11. Servicios auxiliares DC

El sistema de servicios auxiliares DC es de 125 VDC, voltaje de alimentación de todos los equipos de protección y control de la subestación. Se dispone en el cuarto de control de un banco de baterías y cargador de baterías con las siguientes especificaciones.

<b>Banco de baterías</b>	
<b>Equipo</b>	<b>Descripción</b>
Voltaje nominal	125 VDC
Marca	EVEREXCEED O Similar
Modelo	FT 12V
Capacidad	157 A-H / 10hrs

Tabla 16: Servicios auxiliares DC Banco de Baterías

Fuente: Elaboración propia

<b>Cargador de baterías</b>	
<b>Equipo</b>	<b>Descripción</b>
Voltaje nominal	125 VDC
Marca	SENS o Similar
Capacidad	25 Amperios

Tabla 17: Servicios auxiliares DC Cargador de Baterías

Fuente: Elaboración propia

#### 3.4.12. Sistema de protecciones eléctricas

El sistema de protección es presentado a continuación y está acorde con la configuración de la subestación.

- Para protección de sobre corriente del Transformador de Poder tanto a nivel de 69 kV como de 13.8 kV, se utiliza un relé SEL 787 el mismo que

consta de dos bobinas independientes de sobre corriente para brindar protección a nivel de alta y baja tensión.

- El relé SEL 787 brinda protección diferencial al transformador de poder.
- A nivel de 69 kV, el relé de protección SEL 787 disparará un disyuntor de poder tipo tanque vivo en SF6 que protege al transformador de poder.
- A nivel de 13.8 kV, el relé de protección SEL 787 disparará un disyuntor en vacío que se encuentra en las celdas de media tensión.

#### **3.4.13.Sistema Scada**

Este sistema permite monitorear y controlar el funcionamiento de dispositivos de 69 kV, alarmas de transformadores, así como medidas y avisos similares de cargadores y pantallas de transformadores.

Tiene un equipo concentrador de datos al SEL 3530-4: Controlador de automatización en tiempo real (RTAC). Los equipos son de conexión local y remota, para las maniobras que se realicen en la subestación. Los equipos remotos son los interruptores de 69 KV. Dentro de la sub estación, se encuentra un Rack de comunicaciones con los siguientes equipos:

- **1 RTAC SEL-3530-4:** El RTAC SEL-3530-4 es un controlador de automatización en tiempo real (RTAC) que agrupará toda la información de la subestación para la cual trabaja, tiene protocolos de comunicación para IED's que son los dispositivos electrónicos inteligentes descritos en la norma internacional para la comunicación en subestaciones o IEC61850. La información es enviada por IEC 104 al centro de control Scada de CNEL-EP. Este equipo cuenta con las siguientes especificaciones:
  - 1 alimentación 125VDC
  - 2 puertos Ethernet de Cobre 10/100Mbps
  - 4 puertos seriales RS232/RS485



- Protocolos Cliente: SEL, DNP3, Modbus, C37.118 Synchrophasors, L&G 8979, CP2179, IEC 61850 MMS (ENSOTEST, 2022).
- Protocolos Servidores: SEL, DNP3, Modbus, L&G 8979, SES-92, IEC 60870-5-101/104, C37.118 Synchrophasors (ENSOTEST, 2022).
- **1 SWITCH SEL-2730M:** Se encuentra instalado 1 switch industrial Ethernet, que consta de 24 puertos Ethernet:
  - 4 módulos SFP (No incluye SFP)
  - 4 puertos RJ45 10/100/1000 Mbits
  - 4 puertos RJ45 10/100 Mbits
  - 12 puertos fibra multimodo 100 FX LC

La finalidad es que todos los equipos presentados en esta arquitectura tengan conexión a una Red LAN dentro de esta subestación. Se considera puertos libres para uso futuro y para conectarse a la red WAN de CNEC mediante un módulo SFP de 1 Gbps de velocidad.

- **1 GPS SEL-2401:** Se considera un GPS para ajustar el tiempo al concentrador de datos, RTAC, mediante IRIG-B. Este a su vez trabajara como un servidor NTP para concordar los equipos por red siempre y cuando sean compatibles con el protocolo. Para los IED's que no admitan el protocolo NTP, se sincronizarán a través del protocolo IRIG-B o el protocolo DNP 3.
- **1 DPAC SEL-2440:** El DPAC es un controlador de automatización programable discreto ideal para el suministro de energía eléctrica cuanta con un módulo de entradas y salidas digitales. Contiene 32 entradas digitales y 16 Salidas digitales. Dentro de las señales que se conectarán, están:

- Las alarmas del transformador e interruptor que lleguen al tablero de control.  
Para esto se necesitará replicar las alarmas que ya llegan al anunciador de alarmas presente en el tablero de control;
  - Control de Interruptor principal de 13.8kV y
  - Estados de los seccionadores
- **1 Inversor MAJORPOWER:** El inversor está diseñado para mantener una alta confiabilidad de energía y mantener un eficiente servicio en corriente alterna.

## **CAPITULO IV**

### **4. Diseño del sistema fotovoltaico**

#### **4.1. Parámetros de diseño**

##### **4.1.1. Cálculo de la demanda básica de energía eléctrica a cubrir**

Al realizar el cálculo de la demanda básica necesario del sistema eléctrico de los servicios auxiliares.

Los cálculos de los parámetros principales del diseño se visualizan a continuación en la tabla 18, los mismos que son, el de Energía diaria total, que es de 22.642,54 Wh/día y la energía mensual 679,28 kWh/mes.

LISTA DE CARGAS ELECTRICAS																					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN	CARACTERÍSTICAS NOMINALES					CANT	CARGA INST. [W]	FASE A [W]	FASE B [W]	CORRIENTE FASE A	CORRIENTE FASE B	FACTOR DE POTENCIA	FACTOR DE SIMULTANEIDAD	FACTOR DE DEMANDA [%]	DEMANDA ESTIMADA		USO DIARIO h/día	ENERGIA DIARIA	
			POTENCIA			VOLTAJE	FASES										[W]	[VA]			
			[HP]	[W]	[VA]	[V]															
1	ILUMINACION INTERNA	INTERNA	-	36,00	-	120	1	6	216	216,00	-	1,89		0,95	0,65	30%	42,1	44,3	6	252,72	
2	ILUMINACION EXTERNA	EXTERNA	-	36,0	-	120	1	6	216	-	216,00	-	1,89	0,95	0,65	30%	42,1	44,3	12	505,44	
3	ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA Y LETREROS DE	INTERNA	-	6,0	-	120	1	4	24	24,00	-		0,21	0,95	0,65	20%	3,1	3,3	8	24,96	
4	TOMACORRIENTES INTERNOS MONOFASICOS	INTERNA	-	200,0	-	120	1	3	600	600,00	-	5,26	-	0,95	0,65	20%	78,0	82,1	8	624,00	
5	ALIMENTACION DEL TABLERO PROTECCIONES	INTERNA	-	200,0	-	120	1	1	200	200,00	-		1,75	0,95	0,65	45%	58,5	61,6	20	1170,00	
7	ALIMENTACION DE AIRE ACONDICIONADO 18000 BTU	INTERNA/ EXTERNA	-	5272,2	-	220	2	1	5272	2636,10	2636,10	12,61	12,61	0,95	0,65	45%	1542,1	1623,3	12	18505,42	
8	SERVICIO DE CELDAS 1	INTERNA	-	150,0	-	120	1	1	150	-	150,00	-	1,32	0,95	0,65	30%	29,3	30,8	8	234,00	
9	SERVICIO DE CELDAS 2	INTERNA	-	150,0	-	120	1	1	150	150,00	-	1,32	-	0,95	0,65	30%	29,3	30,8	8	234,00	
10	SERVICIO DE CELDAS 3	INTERNA	-	150,0	-	120	1	1	150	-	150,00	-	1,32	0,95	0,65	30%	29,3	30,8	8	234,00	
11	INTERRUPTOR SF6	EXTERNA		150,0		220	2	1	150	75,00	75,00	0,36	0,36	0,95	0,65	30%	29,3	30,8	8	234,00	
12	VENTILADORES TRANSFORMADOR DE PODER AUXILIARES	EXTERNA		300,0		220	2	1	300	150,00	150,00	0,72	0,72	0,95	0,65	25%	48,8	51,3	4	195,00	
13	TRANSFORMADOR DE PODER	EXTERNA		200,0		220	2	1	200	100,00	100,00	0,48	0,48	0,95	0,65	30%	39,0	41,1	8	312,00	
14	RESERVA	INTERNA	-	300,0	-	220	1	1	300	150,00	150,00	0,72	0,72	0,95	0,65	15%	29,3	30,8	4	117,00	
<b>CARGA INSTALADA</b>								<b>7.928,20</b>	<b>4.301,10</b>	<b>3.627,10</b>	<b>23,36</b>	<b>21,38</b>									
																<b>2000,0</b>	<b>2105,2</b>				
																<b>ENERGIA DIARIA TOTAL Wh/día</b>			<b>22642,54</b>		
																<b>ENERGIA MENSUAL kWh/mes</b>			<b>679,27626</b>		

Tabla 18: Lista de Cargas Eléctricas

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2. Cálculo de los paneles solares

Al momento de calcular la cantidad de los paneles solares, se debe obtener el consumo energía en watts/hora.

Ecuación 1: Consumo de energía watts/hora

$$E_{TOTAL} = 22642.54 W \frac{\text{hora}}{\text{día}} \quad [1]$$

Con respecto a su consumo, la mejor opción a tomar es el modelo de panel solar M6 SERIES CM144H 450W, el cual presenta una potencia máxima nominal de 450W, el cual se muestra en la tabla 19.

#### ELECTRICAL PARAMETERS@STC CM144H-430~450

Max. Power Output Pmax (W)	430	435	440	445	450
Power Tolerance	0~3%	0~+3%	0~+3%	0~+3%	0~+3%
Max. Power Voltage Vmp (V)	41.27	41.47	41.67	41.87	42.06
Max. Power Current Imp (A)	10.42	10.49	10.56	10.63	10.70
Open Circuit Voltage Voc (V)	49.65	49.85	50.05	50.26	50.43
Short Circuit Current Isc (A)	11.08	11.15	11.22	11.29	11.36
Module Efficiency (%)	19.46	19.69	19.92	20.14	20.37

STC (Standard Test Conditions): Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, Air Mass 1.5

#### ELECTRICAL PARAMETERS@NMOT

Max. Power Output Pmax (W)	323	327	331	334	338
Max. Power Voltage Vmp (V)	38.45	38.64	38.82	39.01	39.19
Max. Power Current Imp (A)	8.40	8.46	8.52	8.57	8.63
Open Circuit Voltage Voc (V)	47.19	47.38	47.57	47.77	47.93
Short Circuit Current Isc (A)	8.93	8.99	9.05	9.10	9.16

Nominal Module Operating Temperature (NMOT), Irradiance of 800W/m<sup>2</sup>, Spectrum AM 1.5, Ambient Temperature 25°C, Wind Speed 1m/s

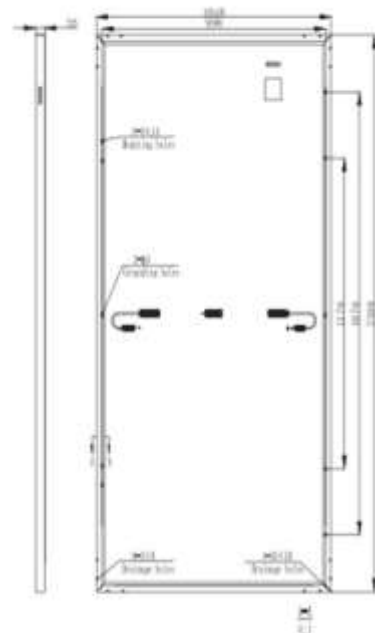


Tabla 19: Panel solar Monocristalino M6 SERIES CM144H 450W

Fuente: Ilustración tomada de LDK

Panel solar	
Equipo	Descripción
Modelo	M6 SERIES CM144H 450W
Marca	LDK
Peso	23 kg
Dimensiones	2094x1038x35 mm
Máximo Potencia Pmax	350 W
Voltaje de del panel solar	24 V
Voltaje de circuito abierto Voc	50.43
Corriente de corto circuito Isc	11.36

Tabla 20: Servicios auxiliares DC Cargador de Baterías

Fuente: LDK 2022

Para estimar el consumo medio diario se procede a utilizar la siguiente formula.

Ecuación [2] Consumo medio diario

$$L_{md} = \frac{L_{md.AC}}{\eta_{inv} * \eta_{bat} * \eta_{con}} \quad [2]$$

$$L_{md.AC} = \text{Energía diaria total} = 22642.54 \text{ W hora/día}$$

$$\eta_{inv} = \text{Eficiencia del inversor} = 0.95$$

$$\eta_{bat} = \text{Eficiencia de la batería} = 0.92$$

$$\eta_{con} = \text{Eficiencia del conductor} = 1$$

$$L_{md} = \text{Consumo medio diario}$$

Procedemos a reemplazar los valores en la formula anterior:

$$L_{md} = \frac{22642.54}{0.95 * 0.92 * 1}$$

$$L_{md} = 25906.8 \text{ Wh}$$

Mediante el software libre PVWatts se obtiene la radiación solar promedio anual en el punto donde se encuentra la subestación CIERPRONTI el cual es de 4.62 kWh/m<sup>2</sup>/día, tal como se muestra en la Tabla 21.

Mes	Radiación solar ( kWh / m <sup>2</sup> / día )
Enero	4.09
Febrero	4.05
Marzo	4.97
Abril	5.35
Mayo	5.03
Junio	4.53
Julio	4.59
Agosto	4.98
Septiembre	4.91
Octubre	4.47
Noviembre	4.39
Diciembre	4.04
<b>Annual</b>	<b>4.62</b>

Tabla 21: Radiación solar

Fuente: <https://pvwatts.nrel.gov/pvwatts.php>

Una vez conocido en que mes del año es la menor radiación solar, en el punto donde está la subestación eléctrica se procede a utilizar la siguiente formula que nos determinara la cantidad de paneles solares.

Ecuación 3: Cantidad de paneles necesarios

$$N_T = \frac{L_{md}}{P_{PS} * HPS * PR} \quad [3]$$

$N_T =$  Número de paneles

$P_{PS} =$  Potencia del panel solar = 450 W

$HPS =$  Radiación solar = 4.04

$PR =$  Factor global de funcionamiento = 0.9

$$N_T = \frac{25906.8}{450 * 4.04 * 0.9}$$

$$N_T = 15.83$$

$$N_T = 16 \text{ paneles}$$

El resultado obtenido redondeando a un número entero es de 16 paneles solares.

#### 4.1.3. Cálculo del regulador de carga para el sistema fotovoltaico

Al momento de calcular el regulador de carga para los paneles solares, se debe conocer la corriente de corto circuito  $I_{sc}$  de los paneles a ser implementados, donde se debe incluir un 25% de su intensidad para garantizar la correcta vida útil.

Se procede a determinar el número de paneles en serie con respecto al voltaje nominal a trabajar que será de 48 V.

Ecuación 4: Numero de paneles necesarios respecto al voltaje nominal

$$N_{ps} = \frac{V_{nom}}{V_{np}} \quad [4]$$

$N_{ps}$  = Número de paneles solares en serie con respecto al voltaje nominal

$V_{nom}$  = Voltaje nominal

$V_{np}$  = Voltaje nominal de paneles solares

$$N_{ps} = \frac{48 V}{24 V}$$

$$N_{ps} = 2 \text{ paneles solares}$$

Se realiza dos configuraciones óptimas de conexiones de paralelo de los paneles solares las cuales son de 5 y 3.

#### Configuración de 10 paneles solares dos en serie y 5 en paralelo

Ecuación 5: Corriente de entrada del regulador para configuración de 10 paneles solares dos en serie y 5 paralelo

$$I_{entrada} = 1.25 * I_{sc \text{ paneles solares}} * N_{\text{paneles solares en paralelo}} \quad [5]$$

$$I_{entrada} = 1.25 * 11.36 * 5$$

$$I_{entrada} = 71 \text{ Amp}$$



## Configuración de 6 paneles solares dos en serie y 3 en paralelo

Ecuación 6: Corriente de entrada del regulador para configuración de 6 paneles solares dos en serie y 3 paralelo

$$I_{\text{entrada}} = 1.25 * I_{\text{sc paneles solares}} * N_{\text{paneles solares en paralelo}} \quad [6]$$

$$I_{\text{entrada}} = 1.25 * 11.36 * 3$$

$$I_{\text{entrada}} = 42.6 \text{ Amp}$$



Figura 17: Regulador de Carga PC 1800ª SERIE 60/80 A MPPT

Fuente: <https://www.mustups.com/pc1800a-series-mppt-solar-charge-controller-60a-80a/>

Regulador de carga	
Equipo	Descripción
Modelo	PC1800A Series 60/80 A (MPPT)
Marca	MUST
Peso	4.7 kg
Intensidad de Carga	60/80 A
Potencia Máxima	5000 W
Voltaje	48 V
Eficiencia	0.95

Tabla 22: Regulador de Carga

Fuente: <https://www.mustups.com/pc1800a-series-mppt-solar-charge-controller-60a-80a/>

#### 4.1.4. Cálculo de la cantidad de baterías para el sistema fotovoltaico

Para determinar la cantidad de baterías para satisfacer el consumo de energía que necesita los servicios auxiliares de la subestación eléctrica se debe utilizar la siguiente fórmula:

Ecuación 7: Capacidad de las baterías para satisfacer el consumo

$$C_{nb} = \frac{L_{md} * d_{aut}}{P_{dmax} * V_{bat}} \quad [7]$$

$C_{nb}$  = Capacidad de las baterías para satisfacer el consumo

$L_{md}$  = Consumo media diario = 25906.8 Wh/día

$d_{aut}$  = Días de austeridad = 3 días

$V_{bat}$  = Voltaje nominal del banco de baterías = 48 V

$P_{dmax}$  = Profundidad de descarga de la batería = 80%

$$C_{nb} = \frac{25906.8 * 3}{0.8 * 48}$$

$$C_{nb} = 2023.97 Ah$$



Figura 18: Batería de fosfato de hierro y litio 24 Vdc 200Ah

Fuente: <https://www.mustups.com/lithium-iron-phosphate-battery-lp15-24200-25-6v-200ah/>

Batería	
Equipo	Descripción
Modelo	LP15-24200 (25.6V/200Ah)
Marca	MUST
Capacidad	200 Ah
Energía	5120Wh
Peso	45 kg

Tabla 23: Batería de fosfato de hierro y litio 24 Vdc 200Ah

Fuente: <https://www.mustups.com/lithium-iron-phosphate-battery-lp15-24200-25-6v-200ah/>

Ecuación 8: Calculo número de baterías necesarias

$$N_{BT} = \frac{V_{nom\ bb} * C_{nb}}{V_{nom\ bat} * C_b} \quad [8]$$

$V_{nom\ bb}$  = Volatje nominal del banco de baterias

$V_{nom\ bat}$  = Volatje nominal de la bateria

$C_{nb}$  = Capacidad de las baterias para satisfacer el consumo

$C_b$  = Capacidad de la bateria

$$N_{BT} = \frac{48 \cdot 2023.97Ah}{24 \cdot 200Ah}$$

$$N_{BT} = 20.24$$

$N_{BT}$ , aproximadamente 20 baterias.

#### 4.1.5. Cálculo del inversor para el sistema fotovoltaico

Al momento de calcular el inversor paneles solares, se debe conocer la potencia estimada de las cargas eléctricas de los servicios auxiliares, donde se debe incluir un 25% de su intensidad para garantizar la correcta vida útil, adicionalmente se multiplicará por 2 debido a que presenta motores como en el interruptor de 69 kV y en los interruptores de 13.8 kV de las celdas.

Ecuación 9: Calculo de potencia del inversor

$$Potencia_{inversor} = 1.25 * Potencia_{cargas\ eléctricas} * 2 \quad [9]$$

$$Potencia_{inversor} = 1.25 * 2000 * 2$$

$$Potencia_{inversor} = 4999.955 \text{ W}$$



Figura 19: Inversor 6kW

Fuente: <https://www.mustups.com/ep3000-plus-series-low-frequency-pure-sine-wave-inverter-1-6kw/>

Inversor	
Equipo	Descripción
Modelo	EP3000 Plus Serie (1-6 kW)
Marca	MUST
Potencia	6000 W
Voltaje	48VDC - 230 VAC
Peso	45 kg

Tabla 24: Inversor 6 kW

Fuente: <https://www.mustups.com/ep3000-plus-series-low-frequency-pure-sine-wave-inverter-1-6kw/>

#### 4.1.6. Cálculo de la producción energética

<b>RESULTADOS</b>		<b>6,246 kWh/año*</b>
<b>Mes</b>	<b>Radiación solar ( kWh / m<sup>2</sup> / día )</b>	<b>Energía de corriente alterna ( kWh )</b>
Enero	4.09	474
Febrero	4.05	424
Marzo	4.97	565
Abril	5.35	592
Mayo	5.03	583
Junio	4.53	511
Julio	4.59	526
Agosto	4.98	562
Septiembre	4.91	544
Octubre	4.47	510
Noviembre	4.39	489
Diciembre	4.04	468
<b>Annual</b>	<b>4.62</b>	<b>6,248</b>

<b>Ubicación e identificación de la estación</b>	
Ubicación solicitada	Duran, Ecuador
Fuente de datos meteorológicos	Lat., long.: -2.15, -79.82    1.6 mi
Latitud	2.15° S
Longitud	79.82° W

<b>Especificaciones del sistema FV</b>	
Tamaño del sistema en CC	5.0 kW
Tipo de módulo	Estándar
Tipo de campo	Fijo (bastidor abierto)
Inclinación del campo	20°
Acimut del campo	0°
Pérdidas del sistema	14.08%
Eficiencia del inversor	96%
Relación de tamaño de CC a CA	1.2

<b>Métricas de rendimiento</b>	
Factor de Capacidad	14.3%

Tabla 25: Calculadora PVWatts

Fuente: <https://pvwatts.nrel.gov/pvwatts.php>

<b>Cálculo de producción energética recibida</b>					
<b>Mes</b>	<b>Radiación (kW/m<sup>2</sup>)</b>	<b>m<sup>2</sup> de un Panel</b>	<b>Número de Paneles</b>	<b>Energía producida por los paneles mes (kWh)</b>	<b>Días</b>
Enero	4.09	21.735	16	474	31
Febrero	4.05	21.735	16	424	28
Marzo	4.97	21.735	16	565	31
Abril	5.35	21.735	16	592	30
Mayo	5.03	21.735	16	583	31
Junio	4.53	21.735	16	511	30
Julio	4.59	21.735	16	526	31
Agosto	4.98	21.735	16	562	31
Septiembre	4.91	21.735	16	544	30
Octubre	4.47	21.735	16	510	31
Noviembre	4.39	21.735	16	489	30
Diciembre	4.04	21.735	16	468	31

Tabla 26: Cálculo de Producción Energética Recibida

Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO V

### 5. Análisis económico y Resultados

#### 5.1. Inversión y costos de la instalación

Vida útil de los equipos y componentes	
Descripción	Vida útil
M6 SERIES CM144H 450 W	12 años
EP3000 Plus Series 6 kW	6 años
PC1800A Series 60/80 A (MPPT)	6 años
LP15-24200 (25.6V/200Ah)	6 años

Tabla 27: Vida útil de los equipos y componentes del sistema fotovoltaico

Fuente: Elaboración propia

Activos fijos de instalación						
Ítem	Equipo	Descripción	Unidad	Cant.	Costo unitario	Precio total
1	Panel Solar	M6 SERIES CM144H 450W	U	18	\$135	\$2430
2	Inversor	EP3000 Plus Series 6kW	U	1	\$2315	\$2315
3	Baterías	LP15-24200 (25.6V/200Ah)	U	20	\$355	\$7100
4	Regulador	PC1800A Series 60/80 A (MPPT)	U	2	\$1355	\$2710

Tabla 28: Activos fijos de instalación del sistema fotovoltaico

Fuente: Elaboración propia

Mano de obra			
Talento humano	Nro. personas	Sueldo	Sueldo total
Ing. Eléctrico	1	\$1500	\$1500
Electricista A	1	\$800	\$800
Electricista B	2	\$500	\$1000

Tabla 29: Mano de obra de la instalación del sistema fotovoltaico

Fuente: Elaboración propia

## **6. Conclusiones**

A partir del análisis de cargas eléctricas que actualmente se encuentran distribuidas por la subestación eléctrica CIERPRONTI, se contabilizó el consumo energético necesario a abastecer con el sistema fotovoltaico a diseñar, estableciendo un requerimiento de su demanda estimada de 2000 watts, y con una energía diaria total de 22642.54 Wh/día.

El diseño del sistema fotovoltaico estudiado incluye el cálculo de los paneles solares, del regulador de carga, de la cantidad de baterías y del inversor que son necesarios para ser implementados.

Mediante el simulador software computacional PVWatts se realizaron las pruebas del diseño del sistema fotovoltaico propuesto, para poder obtener la radiación solar en base a la ubicación geográfica de la subestación eléctrica CIERPRONTI.

Del análisis de las simulaciones en el software computacional PVWatts se evidenció que las sombras y orientaciones no generarían una afectación en la alimentación de los paneles fotovoltaicos a través de la radiación media del sector.

El diseño de un sistema fotovoltaico a más de reducir en un porcentaje considerable el consumo eléctrico de los servicios auxiliares de la subestación eléctrica CIERPRONTI, reducirá también la emisión de CO<sub>2</sub> al funcionar con energías renovables como es la luz solar de esta manera el diseño propuesto no generará sustancias contaminantes visto desde el punto de análisis de contaminación ambiental.



## **7. Recomendaciones**

Después del estudio realizado se recomienda implementar un sistema fotovoltaico integral que alimente a los servicios de la subestación eléctrica CIERPRONTI e incrementando sus sistemas de operación en más horas ya que al considerarse como un proyecto autosustentable y sostenible mejoraría el sistema operativo, ambiental y económico de la empresa a la que abastecería.

Se recomienda implementar un programa de capacitación a nivel de empresa que les permita a los empleados conocer el proceso de obtención de electricidad a través de energías renovables no contaminantes.

Se debe realizar cada seis meses limpieza y mantenimiento preventivo de los paneles solares, para de esta forma puedan tener un mejor rendimiento y vida útil.

## 8. Anexos

### 8.1. Calculadora PVWatts



Cadete: Las predicciones de rendimiento de sistemas fotovoltaicos que calcula PVWatts<sup>®</sup> incluyen muchas suposiciones e incertidumbres intrínsecas y no reflejan las variaciones entre tecnologías PV ni características específicas de los sitios, con excepción de las que representan los datos de entrada de PVWatts<sup>®</sup>. Por ejemplo, PVWatts<sup>®</sup> no diferencia los módulos PV de mejor rendimiento de los de rendimiento más bajo. Tanto el NREL, como empresas privadas ofrecen herramientas más sofisticadas para crear modelos PV (como el Modelo Asesor de Sistemas en <https://www.nrel.gov>) que permitan representar sistemas PV con mayor exactitud y complejidad.

El rango esperado se basa en 30 años de datos meteorológicos reales de la ubicación dada y su finalidad es proporcionar un índice de la variación que podría haber. Encontrará más información en esta informe del NREL: The Error Report (El informe de error).

Aviso legal: El modelo PVWatts<sup>®</sup> (el "Modelo") es proporcionado por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable ("NREL"), al cual dirige Alliance for Sustainable Energy, LLC ("Alliance") para el Departamento de Energía de EE. UU. ("DOE"), y puede utilizarse con cualquier propósito.

Los nombres DOE/NREL/Alliance no deben usarse en ninguna declaración, promoción, publicidad o de otra manera que dé a entender que patrocinan o promocionan o avalan alguna que adopte o utilice el Modelo. DOE/NREL/Alliance no brindará ningún tipo de apoyo, asesoramiento, capacitación o asistencia respecto del uso del Modelo o cualquiera de sus actualizaciones, revisiones o nuevas versiones.

USTED ACEPTA INDEMNIZAR A DOE/NREL/ALLIANCE Y SUS ORGANISMOS RELACIONADOS, FUNCIONARIOS, AGENTES Y EMPLEADOS ANTE TODO RECLAMO O DEMANDA, INCLUIDOS HONORARIOS RAZONABLES DE ABOGADOS, RELACIONADOS CON SU USO, ADOCIÓN O DEPENDENCIA DEL MODELO PARA CUALQUIER PROPÓSITO. DOE/NREL/ALLIANCE PROPORCIONA EL MODELO "EN SU FORMA ACTUAL", Y POR LA PRESENTE SE RENUNCIA TODA GARANTÍA EXPRESA O IMPLÍCITA, INCLUIDAS, ENTRE OTRAS, LAS GARANTÍAS IMPLÍCITAS DE COMERCIABILIDAD E IDONEIDAD PARA UN PROPÓSITO EN PARTICULAR. DOE/NREL/ALLIANCE NO SERÁN RESPONSABLES EN NINGÚN CASO DE NINGÚN DAÑO ESPECIAL, INCIDENTE, CONSECUCIONAL O DE CUALQUIER OTRO TIPO, INCLUIDOS, SIN CARÁCTER EXHAUSTIVO, REGLAMOS ASOCIADOS CON LA PERDIDA DE DATOS O EL LUCRO CESANTE, QUE PUEDAN RESULTAR DE CUALQUIER ACCIÓN CONTRACTUAL, NEGOCIAL O OTRO RECLAMO EXTRACONTRACTUAL QUE SURJA DEL USO O DESEMPEÑO DEL MODELO, O EN RELACIÓN CON DICHO USO O DESEMPEÑO.

The energy output range is based on analysis of 30 years of historical weather data, and is intended to provide an indication of the possible interannual variability in generation for a fixed (open rack) PV system at this location.

## RESULTADOS

10,243 kWh/año\*

Mes	Radiación solar (kWh / m <sup>2</sup> / día)	Energía de corriente alterna (kWh)
Enero	4.09	777
Febrero	4.05	695
Marzo	4.97	927
Abril	5.35	971
Mayo	5.03	956
Junio	4.53	838
Julio	4.59	862
Agosto	4.98	922
Septiembre	4.91	891
Octubre	4.47	836
Noviembre	4.39	801
Diciembre	4.04	767
<b>Annual</b>	<b>4.62</b>	<b>10,243</b>

### Ubicación e identificación de la estación

Ubicación solicitada	DURÁN, ECUADOR
Fuente de datos meteorológicos	Lat., long.: -2.15, -79.82 1.6 mi
Latitud	2.15° S
Longitud	79.82° W

### Especificaciones del sistema FV

Tamaño del sistema en CC	8.2 kW
Tipo de módulo	Estándar
Tipo de campo	Fijo (bastidor abierto)
Inclinación del campo	20°
Acimut del campo	0°
Pérdidas del sistema	14.08%
Eficiencia del inversor	96%
Relación de tamaño de CC a CA	1.2

### Métricas de rendimiento

Factor de Capacidad	14.3%
---------------------	-------

## 8.2. Ficha técnica de panel solar monocristalino de 450 W



### ELECTRICAL PARAMETERS@STC CM144H-430~450

Max. Power Output Pmax (W)	430	435	440	445	450
Power Tolerance	0~3%	0~+3%	0~+3%	0~+3%	0~+3%
Max. Power Voltage Vmp (V)	41.27	41.47	41.67	41.87	42.06
Max. Power Current Imp (A)	10.42	1049	10.56	10.63	10.70
Open Circuit Voltage Voc (V)	49.65	49.85	50.05	50.26	50.43
Short Circuit Current Isc (A)	11.08	11.15	11.22	11.29	11.36
Module Efficiency (%)	19.46	19.69	19.92	20.14	20.37

STC (Standard Test Condition): Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25OC, Air Mass 1.5

### ELECTRICAL PARAMETERS@NMOT

Max. Power Output Pmax (W)	323	327	331	334	338
Max. Power Voltage Vmp (V)	38.45	38.64	38.82	39.01	39.19
Max. Power Current Imp (A)	8.40	8.46	8.52	8.57	8.63
Open Circuit Voltage Voc (V)	47.19	47.38	47.57	47.77	47.93
Short Circuit Current Isc (A)	8.93	8.99	9.05	9.10	9.16

Nominal Module Operating Temperature (NMOT), Irradiance of 800W/m<sup>2</sup>, Spectrum AM 1.5, Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s

### TEMPERATURE COEFFICIENTS

Temperature Coefficients of Pmp	-0.36%/°C
Temperature Coefficients of Voc	-0.29%/°C
Temperature Coefficients of Isc	+0.048%/°C

### MECHANICAL PARAMETERS

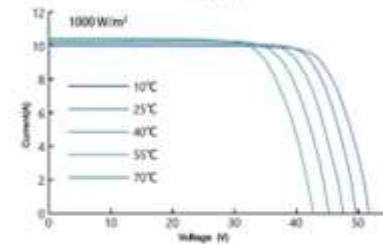
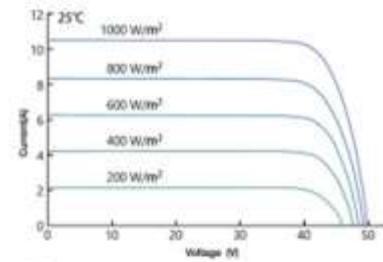
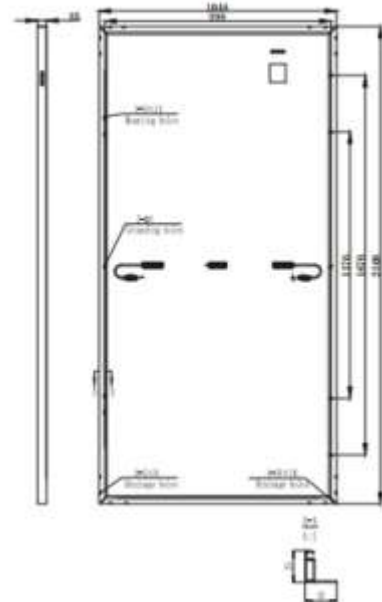
Cell Type	Mono 166 × 83mm
Number of Cells	144pcs (2 × (6 × 12))
Dimensions (L*W*H)	2094 × 1038 × 35mm
Weight	23kg
Frame	Anodized Aluminum
Junction Box	IP67, 3 bypass diodes
Cable, Length	4mm <sup>2</sup> , 350mm

### OPERATING CONDITION

Maximum System Voltage(V)	1500 (DC)
Operating Temperature(°C)	-40~+85
Max. Wind Load / Snow Load(pa)	2400/5400
Max. Over Current(A)	20
Application Class	ClassA
Fire Rating	ClassC
NMOT(°C)	42±3

### PACKAGE INFORMATION

Per Pallet	30/ 30+2pcs
40' HQ	682 (62 × 11) pcs



\*Power measurement tolerance: ±3%

\*No notice when product specifications change

Dealer information



### 8.3. Ficha técnica de Regulador de Carga

MODEL		PC18-6015A		PC18-8015A	
Nominal Battery System Voltage		12V \ 24V \ 48VDC (Auto detection); 36V (Setting)			
ELECTRICAL SPECIFICATIONS	Maximum Battery Current	60Amps		80Amps	
	Battery Voltage	12V	24V	36V	48V
	Maximum Solar Input Voltage	100V	145V		
	PV Array MPPT Voltage Range	15-95V	30-130V	45-130V	60-130V
	Maximum Input Power	12 Volt-940W 24 Volt-1880W 36 Volt-2820W 48 Volt-3760W		12 Volt-1250W 24 Volt-2500W 36 Volt-3750W 48 Volt-5000W	
	Protections	Solar high voltage disconnect; Solar high voltage reconnect; Battery high voltage disconnect; Battery high voltage reconnect; High temperature disconnect; High temperature reconnect			
BATTERY CHARGING	Charging Algorithm	3-Step or 4-Step (Li)			
	Temperature Compensation Coefficient	-5mV \ °C \ cell (25°C ref.)			
	Temperature Compensation Set Points	Absorption, Float			
	Charging Set Points	Absorption Stage		Float Stage	
	Flooded Battery	14.2V \ 28.4V \ 42.6V \ 56.8V		13.7V \ 27.4V \ 41.1V \ 54.8V	
	AGM / GEL / LEAD Battery (Default)	14.4V \ 28.8V \ 43.2V \ 57.6V		13.7V \ 27.4V \ 41.1V \ 54.8V	
	Over-charging Voltage	15.5V \ 30.0V \ 45.0V \ 60.0V			
	Over-charging Comeback Voltage	14.5V \ 29.5V \ 44.5V \ 59.0V			
Battery Defect Voltage	10.0V \ 17.0V \ 25.5V \ 34.0V				
MECHANICAL AND ENVIRONMENT	Product Size (W*H*D)(mm)	315*160*135			
	Product Weight (kg)	4.7kg			
	Ambient Temperature Range	-10°C to 55°C			
	Storage Temperature	-40°C to 75°C			
	Humidity	0%-90% RH (No condensing)			
	Enclosure	IP20			

## 8.4. Ficha técnica de la Batería

MODEL		LP15-1250	LP15-12100	LP15-12200	LP15-24100	LP15-24120	LP15-24125	LP15-24200	
LiFePO4 Battery	Nominal voltage	12.8V			25.6V				
	Nominal Capacity	50Ah	100Ah	200Ah	100Ah	120Ah	125Ah	200Ah	
	Nominal energy	640Wh	1280Wh	2560Wh	2560Wh	3072Wh	3200Wh	5120Wh	
	Life Cycles	4000+ (80% DoD for effectively lower total of ownership cost)							
	Recommended Charge Voltage	14.8V			29.2V				
	Recommended Charge Current	20.0A							
	End of discharge voltage	10.0V			20.0V				
	Standard method	Charge	10.0A	20.0A	40.0A	20.0A	24.0A	25.0A	40.0A
		Discharge	25.0A	50.0A	100.0A	50.0A	60.0A	62.0A	100.0A
	Maximum continuous current	Charge	50.0A	50A/100A	200.0A	100.0A	120.0A	125.0A	100.0A/ 200.0A
		Discharge	50.0A	50A/100A	200.0A	100.0A	120.0A	125.0A	100.0A/ 200.0A
	BMS Cut-Off Voltage	Charge	<15.6 V (3.9V/Cell)			<31.2 V (3.9V/Cell)			
		Discharge	>8.0 V (2s) (2.0V/Cell)			>16.0 V (2s) (2.0V/Cell)			
	Temperature	Charge	-4 ~ 113 F (0 ~ 45°C )						
		Discharge	-4 ~ 131 F (-20 ~ 55 °C )						
	Storage Temperature	23-65 F (-5~35°C )							
	Shipment voltage	≥12.8V			≥25.6V				
Case Material	ABS+PC								
Dimension (L x W x H)	228 x 144 x 210 mm 9.0 x 5.7 x 8.3"	320 x 172 x 215 mm 12.6 x 6.7 x 8.5"	483 x 170 x 240 mm 19.0 x 6.7 x 9.4"	483 x 170 x 240 mm 19.0 x 6.7 x 9.4"	345 x 190 x 245 mm 13.6 x 7.5 x 9.6	522 x 240 x 218 mm 20.6 x 9.5 x 8.6	522 x 240 x 218 mm 20.6 x 9.5 x 8.6		
Approx. Weight	16.53 lbs (7.5 kg)	26.5 lbs (12 kg)	50.7 lbs (23 kg)	49.6 lbs (22.5 kg)	59.5 lbs (27 kg)	61.7 lbs (28kg )	99.2 lbs (45 kg)		
Charge retention and capacity recovery capability	Standard charge the battery, and then put aside at room temperature for 28d or 55 °C for 7d. Charge retention rate≥90%, Recovery rate of charge≥90								

## 8.5. Ficha técnica del Inversor

MODEL		EP30-1KW PLUS		EP30-1.5KW PLUS		EP30-2KW PLUS		EP30-3KW PLUS		EP30-4KW PLUS		EP30-5KW PLUS		EP30-6KW PLUS	
Nominal Battery System Voltage		12VDC	24VDC	12VDC	24VDC	12VDC	24VDC	24VDC	48VDC	24VDC	48VDC	48VDC	48VDC	48VDC	48VDC
INVERTER OUTPUT	Rated Power	1KW		1.5KW		2KW		3KW		4KW		5KW		6KW	
	Surge Rating	3000VA		4500VA		6000VA		9000VA		12000VA		15000VA		18000VA	
	Capable Of Starting Electric Motor	1HP		1HP		1HP		2HP		2HP		3HP		3HP	
	Waveform	Pure sine wave / same as input (bypass mode)													
	Nominal Output Voltage RMS	220V / 230V / 240VAC ±10% (RMS)													
	Output Frequency	50Hz / 60Hz ±0.3Hz													
	Inverter Efficiency (Peak)	>88%													
	Lite Mode Efficiency	>95%													
	Power Factor	1.0													
Typical Transfer Time	10ms(max)														
AC INPUT	Voltage	230VAC													
	Selectable Voltage Range	96-132VAC 155-280VAC(For personal computers)													
	Frequency Range	50Hz / 60Hz(Auto sensing) 40-80Hz													
BATTERY	Minimum Start Voltage	(10V / 10.5V / 11V) +0.5V for 12VDC mode (*2 for 24VDC, *4 for 48VDC)													
	Low Battery Alarm	(10V / 10.5V / 11V) +0.5V for 12VDC mode (*2 for 24VDC, *4 for 48VDC)													
	Low Battery Cut Off	10V / 10.5V / 11V for 12VDC mode (*2 for 24VDC, *4 for 48VDC)													
	High Voltage Alarm	(13.8-14.5V)+1V for 12VDC mode (*2 for 24VDC, *4 for 48VDC)													
	High Battery Voltage Recover	(13.8-14.5V)+0.5V for 12VDC mode (*2 for 24VDC, *4 for 48VDC)													
	Idle Consumption-Search Mode	Load <100s20W(220V)													
CHARGER	Output Voltage	Depends on battery type													
	Charge AC Input Breaker Rating	230V	1-1.5K/10A				2-3K/30A				4-6K/40A				
	Overcharge Protection S.D.	15.7VDC for 12VDC mode (*2 for 24VDC mode, *4 for 48VDC mode)													
	Maximum Charge Current	30A	20A	45A	25A	60A	30A	40A	20A	60A	30A	35A	40A	40A	40A
BYPASS & PROTECTION	Input Voltage Waveform	Sine wave (grid or generator)													
	Nominal Input Frequency	50Hz or 60Hz													
	Overload Protection (BMP5 Load)	Circuit breaker													
	Output Short Circuit Protection	Circuit breaker													
	Bypass Breaker Rating	230V	1-3K/30A				4-6K/40A								
	Max Bypass Current	30A													
MECHANICAL SPECIFICATIONS	Mounting	Wall Mount													
	Dimensions (W*H*D) (mm)	423*247*197						597*247*197							
	Net Weight (Solar CHG)(kg)	16.5	17	21.1	20	24.5	24.8	38.2	35.8	45	45				
	Shipping Dimensions (W*H*D) (mm)	585*387*322						758*387*322							
	Shipping Weight (Solar CHG)(kg)	19.3	20	24.1	22.8	27.5	27.5	42.3	40	49.3	49.3				
OTHER	Operation Temperature Range	0°C to 40°C													
	Storage Temperature	-15°C to 60°C													
	Audible Noise	60dB MAX													
	Display	LED+LCD													
	Standard Warranty	1 year, 2 or 3 years optional (IP20)													

## 9. Bibliografía

- AENOR. (2019). *AENOR*. Obtenido de [https://www.en.aenor.com/\\_layouts/15/r.aspx?c=N0060703](https://www.en.aenor.com/_layouts/15/r.aspx?c=N0060703)
- ALSTOM. (2022). *ALSTOM movility by nature*. Obtenido de <https://www.alstom.com/>
- ARCONEL. (2015). *ARCONEL*. Obtenido de <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Regulacion-No-ARCONEL-001-15-Reformada.pdf>
- CESE. (2018). *Cese Consultores*. Obtenido de <https://ceseconsultores.com/codigo-electrico-nacional/>
- CIERPRONTI. (2022). *CIERPRONTI*. Obtenido de CIERPRONTI: <https://www.cierpronti.com/>
- CIGRE. (2012). *CIGRE*. Obtenido de <https://subestacion.files.wordpress.com/2012/03/criterios-de-disec3b1o-electromecc3a1nico.doc>
- Climate-Data.org. (2022). *Climate-Data.org*. Obtenido de <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-del-guayas/duran-2960/>
- Commission, I. E. (2022). *International Electrotechnical Commission*. Obtenido de <https://webstore.iec.ch/publication/583>
- Comunidades., N. I. (2016). *AENOR*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/61885.html>
- Dickson, M. H., & Fanelli, M. (2004). ¿Qué es la Energía Geotérmica? *International Geothermal Association, 1*.
- Energianow. (2020). Componentes Sistema Fotovoltaico. *Www.Energianow.Com*.

- ENDEF. (2021). *ENDEF Solar Solutions*. Obtenido de <https://endef.com/tipos-de-instalaciones-solares-fotovoltaicas>
- Energético, I. d. (2020). *Instituto de Investigación Geológico y Energético*. Obtenido de Instituto de Investigación Geológico y Energético: <https://www.geoenergia.gob.ec/consumo-electrico-por-habitante-continua-creciendo-en-ecuador/>
- EnergyVille. (2013). *EnergyVille*. Obtenido de <https://batterystandards.info/standard/ieee-485>
- ENSOTEST. (2022). *ENSOTEST*. Obtenido de <https://www.ensotest.com/es/iec-61850/introduccion-a-la-norma-iec-61850/>
- Estadística Anual, A. d. (2021). *Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables*. Obtenido de <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/04/Estadistica2021.pdf>
- ETWH. (2021). *ETWH*. Obtenido de [https://ethw.org/National\\_Electrical\\_Safety\\_Code\\_ANSI\\_C2](https://ethw.org/National_Electrical_Safety_Code_ANSI_C2)
- Gómez, F., & Vargas, H. (2011). Electrical Substation Design Planning. *Revista Epsilon, Enero-Ju(16)*.
- Helioesfera. (11 de Nov de 2021). *Helioesfera*. Obtenido de <https://www.helioesfera.com/como-funciona-un-sistema-fotovoltaico-de-autoconsumo/>
- Herrera, A., & Quintero, A. (2017). La energía de origen marino y su uso potencial en Venezuela. In *Interciencia* (Vol. 42, Issue 6).
- IDS. (2022). *Ingeniería de Subestaciones*. Obtenido de <https://ingenieriadesubestaciones.com/tipos-de-subestaciones-electricas/>



- Jaramillo, O., & Borjaz, M. (2010). ENERGÍA del VIENTO. *Ciencia*.
- Juberías, L. (2014). Energías renovables. Propuesta didáctica. *Ribalta*, 21(abril).
- Mejía, E. (2019). Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica. *Revista Científica Pakamuros*, 7(2).  
<https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v7i2.95>
- Muñoz Chumo, E. A., Balderramo Vélez, N. R., & Pico Mera, G. E. (2018). Eficiencia Energética en Función del Desarrollo del Plan Maestro de Electrificación (PME) en Ecuador. *Revista de Investigaciones En Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT ISSN: 2588-0721*, 3(2).  
<https://doi.org/10.33936/riemat.v3i2.1624>
- Orza, A. (2013). Circuitos Eléctricos : Circuitos Serie , Paralelo Y Mixtos . Cálculo De Magnitudes En Un Circuito . *Cpi*, 3.
- Parrado Duque, A., Osma Pinto, G. A., & Ordóñez Plata, G. (2019). Instalación De Un Sistema Fotovoltaico En El Edificio De Ingeniería Eléctrica De La Universidad Industrial De Santander. *Revista Colombiana De Tecnologías De Avanzada (RCTA)*, 1(33).  
<https://doi.org/10.24054/16927257.v33.n33.2019.3334>
- Rommel Alexis, B. L., & Llanes Cedeño, E. A. (2020). La generación de energía eléctrica para el desarrollo industrial en el Ecuador a partir del uso de las energías renovables. *Universidad Ciencia y Tecnología*, 24(104).  
<https://doi.org/10.47460/uct.v24i104.36>

SA, I. (2022). *IEEE SA*. Obtenido de <https://standards.ieee.org/ieee/1119/1687/>

SA, I. (2022). *IEEE SA Standards Association*. Obtenido de <https://standards.ieee.org/ieee/C2/172/>

SA, I. (2022). *IEEE SA Standards Association*. Obtenido de <https://standards.ieee.org/ieee/980/1348/> tecnología, A. (2021). Obtenido de <https://www.areatecnologia.com/electricidad/instalacion-fotovoltaica-conectada-red.html>

## ECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Gabriel Alexander Viteri Morales**, con C.C: # **0924341431** autor del trabajo de titulación: **Diseño de un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica a los servicios auxiliares de la subestación eléctrica CIERPRONTI** previo a la obtención del título de **Magister en Electricidad** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **09 de diciembre de 2022**

f. \_\_\_\_\_



Nombre: **Gabriel Alexander Viteri Morales**

C.C: **0924341431**

<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>			
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN</b>			
<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	<b>Diseño de un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica a los servicios auxiliares de la subestación eléctrica CIERPRONTI</b>		
<b>AUTOR(ES)</b>	<b>Gabriel Alexander Viteri Morales</b>		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	MSc. Bayardo Bohórquez Escobar, MSc. Diana Bohórquez Heras /MSc. Gustavo Mazzini		
<b>INSTITUCION:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Sistema de Posgrado		
<b>CARRERA:</b>	Maestría en Electricidad		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Magister en Electricidad con mención energías renovables y eficiencia energética		
<b>FECHA DE PUBLICACION:</b>	<b>09 de diciembre de 2022</b>	<b>No. DE PAGINAS:</b>	<b>81</b>
<b>AREAS TEMATICAS:</b>	Energía renovable, sostenibilidad eléctrica,		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Paneles fotovoltaicos, energía solar, energía alterna.		
<p>RESUMEN/ABSTRACT: Resolver el problema de la energía a base de petróleo es muy importante para el futuro de la humanidad, siendo así un tema preferente por desarrollar en la ciencia. La energía es tanto una solución como un problema para el desarrollo sustentable de la sociedad, en la actualidad se ha avanzado, pero sigue siendo uno de las principales causas de la contaminación ambiental, dañina para la salud humana y el medio ambiente por el uso inmensurable de los recursos naturales no renovables.</p> <p>Optar por las energías renovables brinda una alternativa para lograr ese desarrollo sostenible. La energía generada a partir de paneles fotovoltaicos, especialmente a partir de la radiación solar ayuda a reducir el consumo excesivo de energía.</p> <p>El presente diseño se enfocará en analizar un sistema fotovoltaico para mejorar el suministro de energía eléctrica a los servicios auxiliares de la subestación eléctrica CIERPRONTI, los cuales sirven para la correcta operación y funcionamiento en los sistemas de protecciones y control. Así el presente trabajo permitirá determinar el óptimo funcionamiento incluyendo energías alternativas, ayudando a mejorar el funcionamiento en los sistemas auxiliares. Los servicios auxiliares en las instalaciones de una subestación son tan importantes que sin estos no podrían funcionar, es por eso la importancia de contar con fuentes confiables de suministro de energía a los diferentes equipos eléctricos que se encuentran dentro de las instalaciones.</p> <p>La subestación eléctrica se encuentra ubicada en el km. 12.8 de la vía Duran – Yaguachi, provincia del Guayas. La demanda máxima instalada para los servicios auxiliares será de 6kW. Los recursos a utilizar serán de tipo económico y humano.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-987189411	<b>E-mail:</b> gabriel.viteri01@cu.ucsg.edu.ec]	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre: MSc. Celso Bayardo Bohórquez Escobar</b>		
	<b>Teléfono: +593-995147293</b>		
	<b>E-mail: celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec</b>		
<b>SECCION PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			