

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

**TEMA:**

**Diseño de un sistema solar fotovoltaico conectado a la red para  
disminuir el consumo energético en un Centro Comercial Península  
Santa Elena**

**AUTOR:**

**Suárez Sánchez, Kevin Enrique**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TUTOR:**

**Ing. Bonilla Sánchez Ronnie Alexander, MG.S.**

**Guayaquil, Ecuador**

**6 de septiembre del 2024**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **SUÁREZ SÁNCHEZ, KEVIN ENRIQUE** como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico**.

### **TUTOR (A)**

f. \_\_\_\_\_  
**Ing. Bonilla Sánchez Ronnie Alexander, MS,c.**

### **DIRECTOR DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_  
**Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo, Ph.D.**

**Guayaquil, a los 6 del mes de septiembre del año 2024**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

### **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **SUÁREZ SÁNCHEZ, KEVIN**

#### **DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **DISEÑO DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED PARA DISMINUIR EL CONSUMO ENERGÉTICO EN UN CENTRO COMERCIAL PENÍNSULA SANTA ELENA**, previo a la obtención del título de (INGENIERO ELÉCTRICO), 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 del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 6 del mes de septiembre del año 2024**

f. \_\_\_\_\_  
**SUAREZ SANCHEZ, KEVIN ENRIQUE**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, **SUÁREZ SÁNCHEZ, KEVIN**

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **DISEÑO DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED PARA DISMINUIR EL CONSUMO ENERGÉTICO EN UN CENTRO COMERCIAL PENÍNSULA SANTA ELENA**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 6 del mes de septiembre del año 2024**

f. \_\_\_\_\_  
**SUÁREZ SÁNCHEZ, KEVIN ENRIQUE**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL  
DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

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

**ING. BOHÓRQUEZ ESCOBAR CELSO BAYARDO, Ph.D.**  
DIRECTOR DE CARRERA

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

**ING. UBILLA GONZÁLEZ RICARDO XAVIER, MS.c**  
COORDINADOR DEL ÁREA DE LA CARRERA

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

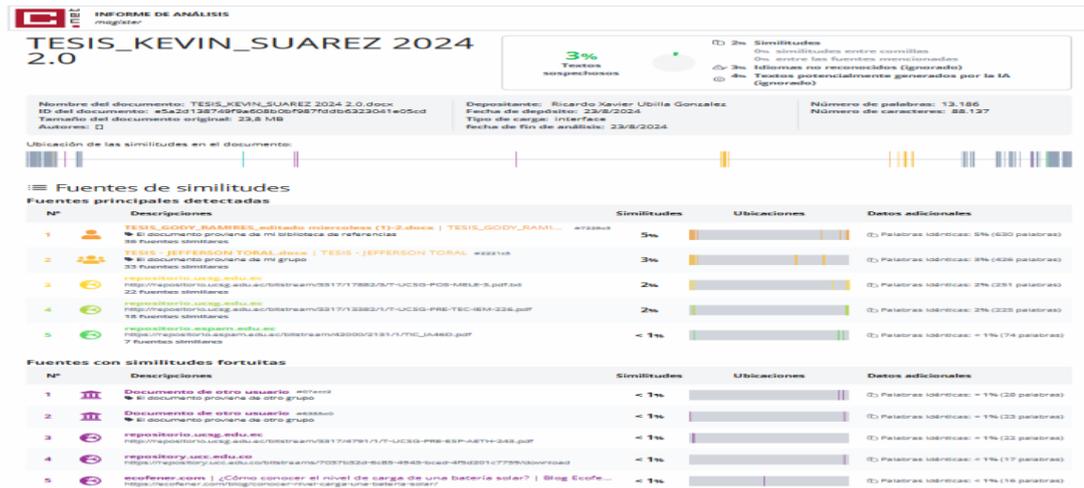
**ING. MERO VALLAS ALEXANDER RONALD, MS.c**  
OPONENTE



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

## REPORTE DE COMPILATOR



La Dirección de las Carreras Telecomunicaciones, Electricidad y Electrónica y Automatización revisó el Trabajo de Integración Curricular, **DISEÑO DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED PARA DISMINUIR EL CONSUMO ENERGÉTICO EN UN CENTRO COMERCIAL PENÍNSULA SANTA ELENA** presentado por el estudiante Suarez Sánchez Kevin Enrique, de la Carrera de INGENIERÍA ELÉCTRICA, donde obtuvo del programa COMPILATOR, el valor de 3% de coincidencias, considerando ser aprobada por esta Dirección.

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

Ing. Bonilla Sánchez Ronnie Alexander, MS.c.

Revisor - COMPILATOR

## **DEDICATORIA**

A mi mamá, por su amor incondicional, su fortaleza y su apoyo constante. Gracias por ser mi inspiración, por acompañarme a tomar la decisión de seguir en mis estudios y por enseñarme a nunca rendirme, incluso en los momentos difíciles.

A mí mismo, por la determinación y el esfuerzo para seguir adelante y alcanzar mis metas. Este logro es un testimonio de la perseverancia y el compromiso con mis sueños.

A mis seres queridos que se marcharon de este mundo, cuyo recuerdo y enseñanzas siguen guiando mi camino. Siempre estarán en mi corazón y cada uno de mis logros.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido a la realización de esta tesis.

A mi madre Roxana Sánchez por su amor, apoyo y fortaleza inquebrantable. Su ejemplo y dedicación han sido una fuente constante de inspiración.

A mi padre, Pablo Suárez, también por sus consejos y recomendaciones.

Y de igual manera a mis hermanos y mis primos que han colaborado con una u otra manera con su apoyo incondicional para cumplir con esta meta.

A mis profesores y mentores, por su invaluable orientación y por compartir su vasto conocimiento. Su dedicación ha sido fundamental para mi desarrollo académico y profesional.

A mis amigos, por su compañía y apoyo incondicional. Gracias por estar siempre a mi lado y por hacer de este viaje una experiencia memorable.

Y finalmente, a mí mismo, por la perseverancia y el esfuerzo dedicados a alcanzar mis metas. Este logro es un reflejo del compromiso y la determinación para seguir adelante.

# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN GENERAL</b> .....	2
1.1. Introducción .....	2
1.2. Antecedentes .....	3
1.3. Definición del problema .....	3
1.4. Justificación.....	3
1.5. Objetivos el problema de investigación.....	4
1.5.1. Objetivo General .....	4
1.5.2. Objetivos Específicos.....	4
1.6. Hipótesis .....	4
1.7. Metodología y Medios .....	4
<b>CAPÍTULO II</b> .....	5
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	5
2.1. Antecedentes energéticos en el Ecuador.....	5
2.2. Energías renovables .....	5
2.3. Tipos de energías renovables .....	6
2.3.1. Energía Hidráulica .....	7
2.3.2. Energía Eólica.....	7
2.3.3. Energía Geotérmica.....	8
2.3.4. Energía solar fotovoltaica.....	9
2.3.5. Energía solar térmica .....	10
2.3.6. Energía mareomotriz .....	11

2.3.6.	Energía undimotriz .....	12
2.4.	Sistema solar fotovoltaico .....	13
2.4.1.	Fundamentos de generación fotovoltaica .....	14
2.5.	Panel solar .....	15
2.5.1.	Panel solar monocristalino .....	16
2.5.2.	Panel solar policristalino .....	17
2.5.3.	Panel solar amorfo .....	18
2.6.	Conector multi contacto de 4 milímetros (MC4) .....	19
2.7.	Estructuras de fijación para los paneles solares .....	20
2.8.	Inversor fotovoltaico .....	21
2.8.1.	Inversor fotovoltaico interconectado a la red (ON GRID) .....	22
2.8.2.	Inversor fotovoltaico aislado (OF GRID) .....	23
2.8.3.	Inversor fotovoltaico hibrido .....	24
2.9.	Disyuntores de protección de corriente continua .....	25
2.10.	Disyuntores de protección de corriente alterna .....	26
2.11.	Conexión puesta a tierra .....	27
2.12.	Batería .....	28
2.12.1.	Funcionamiento de una batería .....	28
2.12.2.	Características técnicas de una batería .....	29
2.12.3.	Batería de plomo ácido sellada (VRLA) .....	30
2.12.3.	Batería de níquel – cadmio (Ni-Cd) .....	31
2.12.4.	Batería de Ion de litio .....	31
2.13.	Sistema fotovoltaico interconectado a la red (On Grid) .....	32

2.14. Sistema fotovoltaico aislado (Of Grid) .....	33
<b>CAPÍTULO III: LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....</b>	<b>34</b>
3.1. Generalidades .....	34
3.1.1. Antecedentes del Proyecto .....	34
3.1.2. Ubicación .....	34
3.1.3. Irradiación solar global promedio .....	35
3.1.3. Trayectoria Solar .....	36
3.1.4. Consumo de energía Anual .....	37
3.1.5. Diagrama Unifilar .....	38
<b>CAPÍTULO IV: DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>42</b>
4.1. Generalidades .....	42
4.2. Capacidad del Generador.....	42
4.3. Número de paneles fotovoltaicos .....	42
4.3. Inversor .....	43
4.4. Conexiones eléctricas .....	43
4.4.1. Conexiones en corriente continua.....	43
4.4.2. Conexiones en corriente alterna.....	46
4.5. Soportería.....	47
4.5.1. Área del Generador .....	47
4.5.2. Área de mantenimiento .....	47
4.5.3. Elementos de fijación y anclaje.....	47
4.6. Cálculo estructural.....	48
4.7. Sistema puesto a tierra .....	48

<b>4.8. Dimensionamiento del sistema mediante Software PVsyst. ....</b>	<b>49</b>
<b>Capítulo V: ANÁLISIS ECONÓMICO .....</b>	<b>55</b>
<b>5.1. Generalidades del análisis económico.....</b>	<b>55</b>
<b>5.2. Presupuesto Eléctrico .....</b>	<b>55</b>
<b>5.3. Tiempo de ejecución.....</b>	<b>57</b>
<b>5.4. Beneficios Técnicos .....</b>	<b>57</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>58</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>63</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>64</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de energías renovables.....	6
Figura 2. Central hidroeléctrica .....	7
Figura 3. Central eólica.....	8
Figura 4. Central geotérmica .....	9
Figura 5. Central Fotovoltaica .....	10
Figura 6. Central solar térmica.....	11
Figura 7. Central mareomotriz .....	12
Figura 8. Central Undimotriz .....	13
Figura 9. Sistema solar fotovoltaico .....	14
Figura 10. Estructura de una célula solar.....	16
Figura 11. Módulo monocristalino .....	17
Figura 12. Módulo policristalino .....	18
Figura 13. módulo amorfo.....	19
Figura 14. Conector MC4.....	20
Figura 15. Estructura para panel solar .....	21
Figura 16. Inversor fotovoltaico.....	22
Figura 17. Inversor interconectado .....	23
Figura 18. Inversor aislado .....	24
Figura 19. Inversor híbrido.....	25
Figura 20. Protección DC.....	26
Figura 21. Sistema de protección AC.....	26
Figura 22. Sistema puesta tierra para sistema fotovoltaico .....	27

Figura 23. Baterías para aplicaciones fotovoltaicas .....	28
Figura 24. Estructura de una batería .....	29
Figura 25. Batería VRLA.....	30
Figura 26. Batería níquel cadmio .....	31
Figura 27. Batería de litio.....	32
Figura 28. Ubicación Geográfica de Centro comercial .....	35
Figura 29. Mapa de irradiación solar global en Ecuador .....	35
Figura 30. Trayectoria solar .....	36
Figura 31. Temperatura Santa Elena .....	37
Figura 32. Diagrama unifilar general .....	39
Figura 33. Diagrama unifilar alcance hasta TDP .....	40
Figura 34. Topología de Inversor solar industrial Growatt MAX100KLTL3-X-LV .....	44
Figura 35. Ubicación del proyecto.....	49
Figura 36. Datos meteorológicos del proyecto .....	50
Figura 37. Orientación de los módulos fotovoltaicos .....	51
Figura 38. Interfaz de selección de equipos para sistema fotovoltaico.....	52
Figura 39. Balances de producción de energía generador solar .....	53
Figura 40. Periodo horario con mayor captación solar .....	53

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Tabla de consumo Mensual y demanda.....	38
Tabla 2. Características técnicas de inversor.....	44
Tabla 3. Configuración del inversor entrada DC .....	45
Tabla 4. Configuración del inversor Salida AC hacia TDP .....	46
Tabla 5. Elementos de soporteria .....	48
Tabla 6. Presupuesto referencial sistema fotovoltaico de 236kW .....	55

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Capacidad de generador fotovoltaico .....	42
Ecuación 2. Número de paneles fotovoltaicos .....	43
Ecuación 3. Potencia del inversor.....	43
Ecuación 4. Área del generador.....	47
Ecuación 5. Área de mantenimiento .....	47
Ecuación 6. Peso del sistema fotovoltaico .....	48

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Regulación ARCONEL 03/18.....	68
Anexo 2. Regulación ARCERNNR 08/23.....	78
Anexo 3. Ficha técnica de Inversor Growatt.....	89
Anexo 4. Ficha técnica Panel Solar .....	90
Anexo 5. Informe técnico estructural terminal terrestre Sumpa .....	91

## RESUMEN

Las energías renovables son una solución autosostenible frente a la crisis energética global, permitiendo reducir gradualmente la dependencia de la energía térmica convencional para la producción de electricidad y minimizando el impacto ambiental causado por la combustión. Los sistemas fotovoltaicos forman parte de los proyectos de generación distribuida, introduciendo un nuevo concepto al usuario y proporcionando beneficios gracias a su capacidad de generación que se inyecta en la red eléctrica. El Centro Comercial Terminal Terrestre Sumpa cuenta con un área de 3309,23 m<sup>2</sup> lo que hace viable la adaptación de un sistema renovable. Con una demanda promedio de 110KW, se propuso un sistema fotovoltaico interconectado a la red para disminuir la planilla de consumo eléctrico. El sistema propuesto fue de 236.04KW compuesta por 552 paneles solares monocristalinos de 535W, 3 inversores industriales de 100KW conectados en paralelo con una capacidad de 78,68%, el cual fue conectado al tablero de distribución principal del predio y el presupuesto referencial del proyecto fue de 265.234,31 dólares, mismo que por los beneficios del sistema tiene un retorno de inversión en un periodo de 7 años.

**Palabras claves:** Generación distribuida, energías renovables, sistema fotovoltaico, conversión de la energía, eficiencia energética, Consumo eléctrico.

## ABSTRACT

Renewable energies are a self-sustainable solution to the global energy crisis, gradually reducing dependence on conventional thermal energy for electricity production and minimizing the environmental impact caused by combustion. Photovoltaic systems are part of distributed generation projects, introducing a new concept to the user and providing benefits thanks to their generation capacity that is injected into the electrical grid. The Terminal Terrestre Sumpa Shopping Center has an area of 3,309.23 m<sup>2</sup>, which makes the adaptation of a renewable system viable, with an average demand of 110KW. A photovoltaic system interconnected to the grid was proposed to reduce the electricity consumption bill. The proposed system was 236.04KW composed of 552 535W monocrystalline solar panels, 3 100KW industrial inverters connected in parallel with a capacity of 78.68%, which was connected to the main distribution board of the property and the reference budget of the project. . It was 265.234,31 dollars, which due to the benefits of the system has a return on investment in a period of 7 years.

**Keywords:** Distributed generation, renewable energies, photovoltaic system, energy conversion, energy efficiency, Electricity consumption.

## ACRÓNIMOS

### Definiciones:

**Acometida:** Cantidad de conductores que se extienden desde un generador o red eléctrica hacia el usuario final.

**Alimentador:** Número de conductores secundarios que distribuyen energía desde un panel o tablero hacia una carga específica.

**Albedo:** Radiación reflejada por elementos situados en una superficie plana.

**Altura solar:** Ángulo entre el sol y el horizonte, donde la radiación incide en una superficie plana.

**Azimut:** Ángulo de orientación que refleja la dirección de la superficie terrestre.

**Consumo de energía:** Cantidad de energía utilizada por el usuario en un determinado período.

**Demanda de energía:** Energía necesaria para satisfacer la carga del usuario.

**Eficacia:** Porcentaje de rendimiento de un sistema en relación con su producción.

**Eficiencia:** Capacidad de un sistema para optimizar recursos y mejorar su producción.

**Energía (E):** Trabajo necesario para generar movimiento durante un período de tiempo, medido en Julios (J).

**Energía renovable:** Energía proveniente de fuentes naturales consideradas inagotables, medida en Julios (J).

**Horas sol pico (HSP):** Período de máxima captación de energía solar, medido en horas (h).

**Irradiación (H):** Radiación que incide sobre una superficie plana durante un período específico, medida en  $Jh/m^2$  o  $Wh/m^2$ .

**Irradiación (I):** Radiación que impacta sobre una superficie plana, medida en  $W/m^2$ .

**Irradiación directa:** Cantidad de radiación que llega a una superficie plana sin pérdidas por nubosidad o refracción.

**Irradiación difusa:** Radiación resultante después de ser reflejada por nubes o partículas, que luego incide en una superficie plana.

**Irradiancia global:** Conjunto de todas las radiaciones que llegan a una superficie plana, incluyendo la radiación directa y difusa.

**Orientación solar:** Trayectoria del sol desde el este hacia el oeste.

**Potencia pico:** Máxima potencia generada por paneles solares durante una hora pico, medida en vatios (W).

**Potencia nominal:** Potencia a la que un equipo opera durante un tiempo determinado, medida en vatios (W).

**Radiación solar:** Energía emitida por el sol en forma de ondas electromagnéticas.

**Sistema fotovoltaico:** Conjunto de elementos que absorben la radiación solar y, a través del efecto fotoeléctrico, generan energía que se convierte en electricidad de corriente alterna (AC).

**Sombra:** Área oscura generada por la obstrucción de la luz.

**SGDA:** Sistema de generación distribuida para autoabastecimiento.

**ERED:** Energía proveniente de la red eléctrica.

**ENET:** Energía total neta.

**EINY:** Energía inyectada por un generador renovable.

**SEA:** Crédito a favor del consumidor que se utiliza en el mes siguiente.

**GD:** Generación distribuida.

**Voc:** Voltaje de circuito abierto.

**Isc:** Corriente de cortocircuito.

**PR:** Rendimiento de producción.

# **CAPITULO I: DESCRIPCIÓN GENERAL**

## **1.1.Introducción**

La producción de energía eléctrica ha sido fundamental para el desarrollo humano desde sus inicios. Los primeros generadores de electricidad se basaron en centrales termoeléctricas, que producían energía mediante la quema de combustible (Pozo & Paredes). No obstante, este tipo de generación dependía de la extracción de petróleo y sus derivados, recursos que con el tiempo se han vuelto escasos, lo que ha llevado a un aumento en sus precios, haciendo de la generación térmica un método costoso y limitado, también el uso de estos hidrocarburos en su proceso de conversión de energía a generado contaminación ambiental, que a lo largo de los años a sido responsable del deterioro de la capa de ozono. En respuesta a esta necesidad, organismos internacionales comenzaron a explorar otras fuentes de energía que no dependieran de estos recursos y que estos fueran amigables con el medio ambiente (Pine, 2022).

Los sistemas fotovoltaicos han sido objeto de críticas debido a los elevados costos de suministro e instalación. Sin embargo, desde 2012, grandes potencias en Europa y Asia han mejorado la capacidad y eficiencia de los generadores fotovoltaicos al incorporar otras partículas amorfas en las placas semiconductoras, logrando incrementar la eficiencia hasta en un 30% y reducir los costos de producción. Esto ha hecho que los sistemas fotovoltaicos sean una solución más accesible para su comercialización.

Esta investigación tiene como objetivo demostrar que la generación fotovoltaica puede ser una opción viable de autoabastecimiento para consumidores comerciales, como el Terminal Terrestre Sumpa, que tiene una demanda promedio de 110 kW de potencia.

## **1.2. Antecedentes**

Los sistemas fotovoltaicos son una solución para mejorar el suministro de energía eléctrica. Mediante micro generadores, el residual de energía inyectado a la red compensa a la demanda energética de los usuarios consumidores, manteniendo la distribución de la energía ininterrumpida y mejorando la fiabilidad de la empresa distribuidora.

## **1.3. Definición del problema**

La provincia de Santa Elena, por sus condiciones ambientales, impacta negativamente en las redes de distribución eléctrica. El porcentaje de salinidad afecta directamente a la vida útil de los equipos y materiales. Por tal motivo, a lo largo de los años la empresa distribuidora ha buscado suplir esta necesidad con la adaptación de nuevas tecnológicas amigables con el medio ambiente y con alta tolerancia a la salinidad de la península.

¿Cómo influyen los sistemas fotovoltaicos para abastecer la demanda de energía del centro comercial en la provincia de Santa Elena y disminuir el valor de la factura de consumo mensual manteniendo un servicio de energía ininterrumpida?

## **1.4. Justificación**

Esta investigación es relevante porque permite analizar las necesidades energéticas del centro comercial de la Provincia de Santa Elena y analizar factores meteorológicos y geotécnicos externos para considerar en el diseño. La investigación permitió aplicar los conocimientos adquiridos en las asignaturas de circuitos, instalaciones eléctricas y generación para aplicar una fuente de generación no convencional que cubra la demanda energética de la del predio.

## **1.5. Objetivos el problema de investigación**

### **1.5.1. Objetivo General**

Diseñar de un sistema solar fotovoltaico conectado a la red para disminuir el consumo energético en un centro comercial Península Santa Elena.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Realizar un diagnóstico energético del estado de las instalaciones de un centro comercial provincia de Santa Elena
- Diseñar un sistema fotovoltaico.
- Elaborar un presupuesto referencial del sistema fotovoltaico.

## **1.6. Hipótesis**

Los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red reducen el consumo eléctrico de los usuarios comerciales, obteniendo beneficios técnico-económicos.

## **1.7. Metodología y Medios**

El desarrollo de esta investigación se justifica con el enfoque mixto, manejando los métodos investigativos para el desarrollo del marco teórico, el método descriptivo al momento de detallar la situación actual presentada en el diagnóstico energético con el fin de evaluar el consumo diario y demanda actual y finalmente el método deductivo mediante la aplicación de criterios normados, marco legal con el fin de garantizar el diseño propuesto.

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes energéticos en el Ecuador**

Situado en la parte Sur de América, entre Colombia y Perú, Ecuador es un país pequeño que cuenta una población de 17 millones y una superficie de 256.370,00 km<sup>2</sup>. Hasta el año 2021 produjo una potencia efectiva de 9.386,00 MW, donde el 57% de su capacidad corresponde a energías renovables, siendo 5.309,00 MW. La adaptación de la generación distribuida (GD) en Ecuador ha sido un logro significativo (Erazo, 2022). El ministerio de energía y minas emitió una resolución MEM-2023-0017-AM para incentivar a los usuarios a cambiar su sistema eléctrico convencional por GD, teniendo beneficios como el autoconsumo y la comercialización de energía producida. Los límites de la capacidad de generación distribuida están establecidos por esta resolución, que abarca algunas energías renovables que se adhieren al principio de GD, que implica generar energía directamente a la carga sin depender de otras etapas como transmisión, distribución y transporte (Salazar, 2014).

#### **2.2. Energías renovables**

Son aquellas energías que se originan a partir de fuentes naturales, como el sol, el cual se considera el principal motor de la vida, permite la rotación del planeta tierra, el movimiento de las olas, nubes, la fotosíntesis y la descomposición natural de los objetos, las energías renovables se consideran como fuentes ilimitadas debido a su uso constante de recursos naturales los cuales fluctúan de manera permanente por lo que se le adoptó esta categoría. A continuación, la figura 1. ilustra los tipos de energías renovables (Frias, 2012).

Figura 1. Tipos de energías renovables



Nota: Tipos de energías renovables cuyo motor principal es el sol. Fuente: Renovatio; 2010

La producción de energía eléctrica, mecánica y térmica es crucial para el desarrollo humano, por lo que las energías renovables se han vuelto un medio indispensable, siendo una solución para sustituir al sistema de generación eléctrico convencional (Angulo & Chamba, 2024). Estas soluciones sostenibles no tienen la dependencia de combustibles o recursos fósiles, y no genera gases de efecto invernadero, las energías renovables son utilizadas para la Macro y microgeneración, siendo aquellos sistemas de generación con producción menor a 2MW forman parte de GD y estos contribuyen a la compensación energética de la red nacional (Peña, 2020).

### 2.3. Tipos de energías renovables

Existen muchos tipos de energías renovables. Sin embargo, solo se enumerarán aquellos cuya conversión final es la energía eléctrica:

1. Energía hidráulica
2. Energía eólica
3. Energía geotérmica
4. Energía solar fotovoltaica

5. Energía solar térmica
6. Energía mareomotriz
7. Energía undimotriz

### 2.3.1. Energía Hidráulica

Para producir energía eléctrica, los sistemas hidroeléctricos utilizan la energía potencial de las cuencas de los ríos. Una central hidroeléctrica se compone de tres componentes: una central eléctrica que produce electricidad mediante una turbina y un generador, una presa que controla el flujo de agua y un embalse. La capacidad de generación depende de la distancia en la que el agua cae y golpe el aspa de la turbina. Las centrales hidroeléctricas tienen un bajo impacto ambiental y tienen una vida útil prolongada. En otras palabras, contribuye a la reducción de los gases de efecto invernadero (GEI) (Criollo & Quezada, 2011). La figura 2. Muestra una central hidroeléctrica.

*Figura 2. Central hidroeléctrica*



*Nota: la central Cocacodo Sinclair es la mayor planta hidroeléctrica del país, con una capacidad instalada de 1,500 megavatios (MW), lo que representa alrededor del 30% de la demanda eléctrica de Ecuador. Fuente: CELEC EP; 2015.*

### 2.3.2. Energía Eólica

La energía eólica se basa en el movimiento de las aspas de una turbina por las corrientes de viento. Las aspas de la turbina se conectan a un generador que genera electricidad. Esta energía se genera y almacena en una

casa de control, donde se encuentran grandes bancos de baterías. Durante períodos de disminución o desaparición de la corriente de viento, los bancos de baterías funcionan para complementar la energía durante ese período (Mayorga & Cristóbal). La figura 3. muestra los componentes que conforman una central eólica.

*Figura 3. Central eólica*



*Nota: la central eólica Villaco cuenta con 11 aerogeneradores y tiene una capacidad instalada de 16.5 megavatios (MW). Fuente: CELEC EP; 2018*

### **2.3.3. Energía Geotérmica**

Esta energía se extrae del calor proveniente del interior de la Tierra, y puede ser obtenida de manera natural al buscar fuentes termales, áreas cercanas a volcanes o géiseres. Su funcionamiento se basa en el vapor generado por estas fuentes termales, el cual pasa a través de una tubería de alta temperatura y presión. En este proceso, el vapor intercambia su calor en un intercambiador térmico de serpentín. La parte caliente se acumula en la parte superior del intercambiador, y el gas resultante se utiliza para mover las aspas de una turbina conectada a un generador, produciendo electricidad (Hernández, 1987). La figura 4. Muestra una central geotérmica.

Figura 4. Central geotérmica



*Nota: Complejo eléctrico Geysers tiene una capacidad instalada de aproximadamente 1,517 megavatios (MW), lo que lo convierte en el campo geotérmico más grande del mundo en términos de capacidad. Fuente: CLEANENERGY; 2020*

#### **2.3.4. Energía solar fotovoltaica**

La energía fotovoltaica se basa en la absorción de la radiación solar, ya sea en forma de luz o calor, y su conversión en energía eléctrica. Este sistema incluye paneles solares que generan potencia en corriente continua (DC), una caja combinadora que gestiona las protecciones de corte y seccionamiento, un inversor que transforma la corriente continua en corriente alterna (AC), y un transformador elevador que distribuye la energía producida a la red eléctrica (Criollo F., 2022). La figura 5. Muestra una central fotovoltaica.

Figura 5. Central Fotovoltaica



*Nota: La Central Fotovoltaica Paragachi se encuentra en la parroquia de San Antonio de Ibarra y cuenta con una capacidad instalada de aproximadamente 5 megavatios (MW). Fuente: CELEC; 2022*

### **2.3.5. Energía solar térmica**

La energía solar térmica produce calor a partir de la radiación solar. Este calor puede ser utilizado para una variedad de propósitos, como producir agua caliente, calentar espacios y generar electricidad. Los colectores solares producen este tipo de energía al absorber y concentrar la luz solar para calentar un fluido. Este fluido caliente tiene la capacidad de transferir su energía a través de intercambiadores de calor o almacenarla para su uso posterior. En sistemas más sofisticados, como las plantas solares de concentración, el calor producido se utiliza para generar vapor, que es movido por turbinas conectadas a generadores eléctricos. La energía solar térmica es una fuente de energía renovable y sostenible que ayuda a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y disminuye la dependencia de la energía solar térmica (Izaguirre, 2015). La figura 6. muestra una central solar térmica.

Figura 6. Central solar térmica



*Nota: Central solar térmica Crescent Dunes está ubicada en el desierto de Nevada, cerca de Tonopah, en los Estados Unidos. La central tiene una capacidad instalada de 110 megavatios (MW), lo que le permite generar una cantidad significativa de energía térmica. Fuente: Solar Reversei; 2021*

### **2.3.6. Energía mareomotriz**

La energía mareomotriz se basa en el movimiento de las mareas. El ascenso y descenso de las mareas es utilizado por dos turbinas que operan en paralelo, las cuales se activan mediante un mecanismo y un generador TSG, también conocido como generador de corriente de marea, para producir energía eléctrica (Larrea, 2015). La figura 7. muestra una central mareomotriz.

Figura 7. Central mareomotriz



*Nota: Central mareomotriz Sihwa Lake es la mayor planta mareomotriz del mundo, con una capacidad instalada de 254 megavatios (MW). La central se encuentra en el lago Sihwa, cerca de la ciudad de Ansan, en la provincia de Gyeonggi, Corea del Sur. Fuente: TAIKAIGEN; 2018*

### **2.3.6. Energía undimotriz**

La energía undimotriz se obtiene del movimiento de las olas, aunque no es tan conocida debido a su sostenibilidad. Este tipo de energía se capta mediante boyas que aprovechan el movimiento vertical de las olas. Las boyas están conectadas a un poste, en cuya parte inferior se encuentra un sistema hidráulico y un generador. El movimiento de la boya comprime el fluido dentro de la estructura, lo que permite la producción de electricidad (Rodríguez & Chimbo, 2017). La figura 7. muestra una central undimotriz.

Figura 8. Central Undimotriz

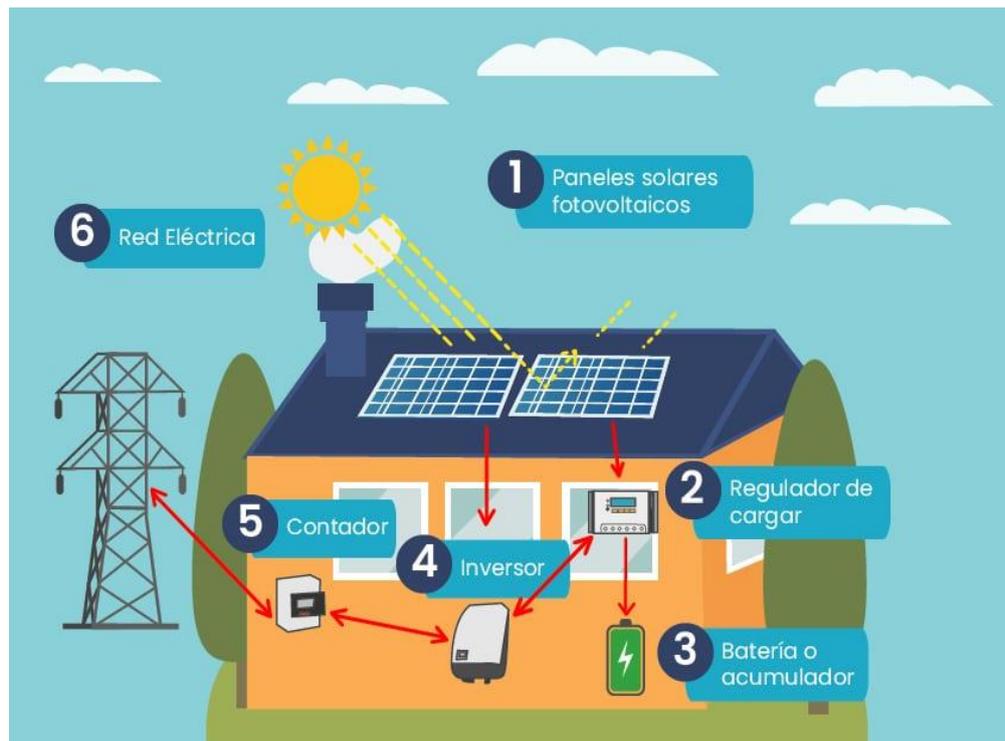


*Nota: Planta undimotriz Mutriku tiene una capacidad instalada de aproximadamente 300 kilovatios (kW). La planta tiene una capacidad instalada de aproximadamente 300 kilovatios (kW). Fuente: SOLERGY; 2020*

#### **2.4. Sistema solar fotovoltaico**

Los sistemas fotovoltaicos están compuestos por varios elementos y componentes que transforman la luz en electricidad. Los paneles solares capturan la radiación solar, y a través de placas semiconductoras y un proceso fotoeléctrico, convierten esta radiación en energía eléctrica en corriente continua (DC). Posteriormente, esta corriente continua se convierte en corriente alterna (AC) para suministrar energía a las cargas eléctricas. La figura 8. muestra el proceso de conversión de energía de un sistema solar fotovoltaico (Lopez & Guananga, 2017).

Figura 9. Sistema solar fotovoltaico



Nota: el sistema solar fotovoltaico mediante el efecto fotoeléctrico, las placas solares capturan la radiación solar y la convierten en energía DC que mediante varios procesos su producto final es energía eléctrica en corriente alterna (AC). Fuente: INENERGY; 2022

### 2.4.1. Fundamentos de generación fotovoltaica

Los sistemas fotovoltaicos son fáciles de instalar; sin embargo, para garantizar un suministro de energía que pueda satisfacer la demanda durante periodos de mayor o menor radiación solar, es necesario dimensionar correctamente el sistema. Algunos conceptos clave se explican a continuación (Lema, 2018).

1. Radiación solar: es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol. Incluye la radiación difusa, que es reflejada por las nubes y otras superficies antes de impactar en el módulo, y la radiación directa, que llega al módulo sin obstáculos (Jimenez, 2008).
2. Horas sol pico: Se refiere a las horas solares en las que la irradiación alcanza su punto máximo, es decir, cuando se produce la mayor cantidad de energía (Jimenez, 2008).
3. Sombras: La sombra producida por una superficie terrestre que afecta directa o indirectamente a los módulos solares requiere

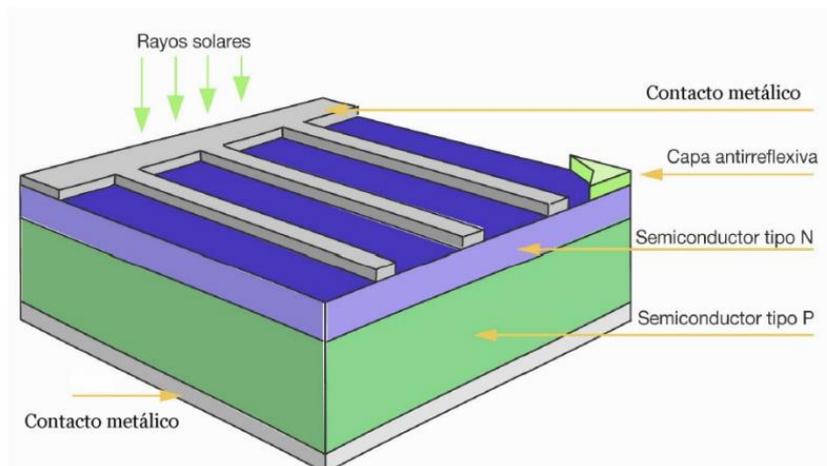
una distancia de separación entre los módulos, calculada según la inclinación y la trayectoria del sol (Jimenez, 2008).

4. Área de instalación: El área de montaje de los módulos fotovoltaicos se determina teniendo en cuenta el espacio disponible y las distancias de seguridad necesarias, lo que influye en el número de paneles que se pueden instalar.
5. Conexiones eléctricas: De acuerdo con la configuración del inversor, se requiere una disposición específica de los arreglos para asegurar el voltaje y la corriente adecuados en la entrada del inversor. Las conexiones más habituales para estos arreglos son en serie y en paralelo (Jimenez, 2008).
6. Distancias de seguridad: Se refiere a la distancia entre filas de módulos solares que permite al operador caminar y disponer de suficiente espacio para realizar tareas de mantenimiento, montaje o desmontaje (Jimenez, 2008).
7. Protecciones: Son un conjunto de componentes que protegen cada fase del proceso de conversión de energía, garantizando la durabilidad del sistema y facilitando el mantenimiento mediante la interrupción y desconexión de los elementos (Jimenez, 2008).

## **2.5. Panel solar**

Es un dispositivo semiconductor hecho de silicio que puede absorber la radiación solar a través de sus células fotovoltaicas y convertirla en energía eléctrica a través de elementos intrínsecos. Los paneles solares generan energía continuamente durante todo el día y pueden soportar altas temperaturas (Navas, 2009). La figura 9. Detalla los componentes internos que conforman una placa fotovoltaica.

Figura 10. Estructura de una célula solar



Nota: La estructura de un panel solar está formada por diversas capas en una célula solar, incluyendo el contacto metálico, la capa antirreflejante, el semiconductor tipo N, el semiconductor tipo P y otro contacto metálico. Fuente: SEI; 2012

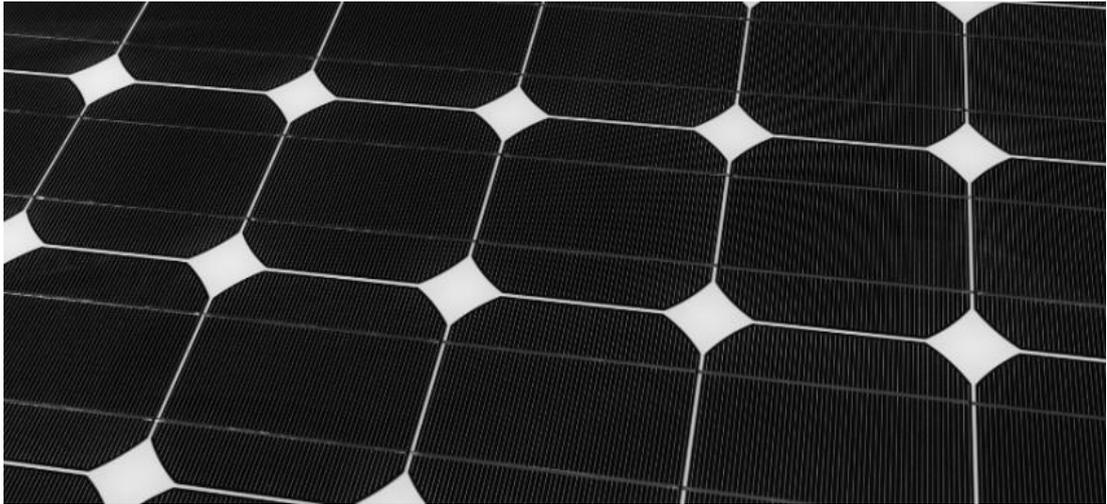
los paneles solares incluyen las siguientes características, las cuales son:

1. Cédulas fotovoltaicas: Los materiales semiconductores en un módulo solar se clasifican en monocristalino, policristalino y amorfo, según su composición y aleación.
2. Diseño: Los paneles solares presentan un diseño sencillo y eficiente que facilita el autoconsumo de energía solar.
3. Portabilidad: Los módulos fotovoltaicos son fáciles de instalar, y se caracterizan por ser portátiles y plegables.
4. Temperatura: Pueden soportar temperaturas superiores a los 40 °C y operar a temperaturas de hasta 25 °C.

### 2.5.1. Panel solar monocristalino

Está compuesto por células de silicio cristalino de alta pureza, con un diámetro que varía entre 13 y 20 cm y una longitud de hasta 200 cm. Su color azul oscuro homogéneo se debe al recubrimiento antirreflejante de óxido de titanio, que optimiza la captación de la radiación solar. Estas células han demostrado alcanzar una eficiencia de hasta el 20%. La figura 10. Muestra un módulo monocristalino.

Figura 11. Módulo monocristalino



*Nota: Módulo monocristalino está fabricado con silicio y con una aleación de titanio, que está compuesto por 72 células solares. Fuente: Caicedo, 2018*

### **2.5.2. Panel solar policristalino**

Los paneles monocristalinos están formados por células dopadas, las cuales tienen direcciones y formas variadas. Las células dopadas, que tienen una variedad de direcciones y formas, forman los paneles monocristalinos. Se comportan de manera diferente ante la luz gracias a este diseño único. Su eficiencia es del 15 % al 18 %. Su rendimiento es más alto que el de otros sistemas monocristalinos, pero ofrecen una mayor resistencia al sobrecalentamiento. La figura 11. Muestra un módulo policristalino.

Figura 12. Módulo policristalino



*Nota: Los módulos policristalinos tienen un color azul más variado y menos uniforme en comparación con los monocristalinos, debido a la estructura cristalina múltiple del silicio. Fuente: Caicedo; 2018*

### **2.5.3. Panel solar amorfo**

Los paneles amorfos consisten en una placa de acero recubierta con una capa delgada de silicio con plástico. Son notablemente finos y delgados. Su eficiencia y potencia son considerablemente inferiores en comparación con los módulos policristalinos. La figura 12. Muestra un módulo amorfo.

Figura 13. módulo amorfo



*Nota: Módulo amorfo tiene un diseño flexible y delgado, y generalmente presentan una apariencia negra o gris oscura. Fuente: Henan Dingly, 2018*

## **2.6. Conector multi contacto de 4 milímetros (MC4)**

El conector MC4 es un conector eléctrico de una sola unión, comúnmente empleado para conectar paneles solares. Su nombre, MC4, proviene de su diámetro de 4 mm y está destinado exclusivamente para aplicaciones fotovoltaicas. Estos conectores facilitan la creación de cadenas fotovoltaicas y están diseñados de acuerdo con los estándares NEC y UL6703, lo que asegura su calidad y durabilidad. Tienen un rango de voltaje de hasta 1500VDC y, según su clasificación, se denominan macho para el conector positivo y hembra para el conector negativo. La figura 13. Muestra un conector MC4.

Figura 14. Conector MC4



Nota: Conector MC4 con entrada macho/ Hembra. Fuente: Gilera; 2023

## 2.7. Estructuras de fijación para los paneles solares

La estructura de soporte es crucial para la instalación de módulos solares, ya que consta de varios elementos que protegen el módulo de caídas, impactos, corrosión y vibraciones. Este conjunto está fabricado en aluminio para garantizar su resistencia tanto térmica como física. La instalación de estos soportes debe considerar las distancias de seguridad y mantenimiento, así como la inclinación y las sombras. A continuación, se detallan los elementos que conforman los soportes para paneles fotovoltaicos, así como lo muestra la figura 14.

1. Riel: Riel de aluminio de 4.33 mm y 4 metros de largo que permite a los conectores agrupar los paneles solares.
2. Conector riel: ajuste para conectar un riel o tramo a otro.
3. Conector tipo L: es una adaptación en forma de L que conecta el riel y la teja en forma d
4. Grapa Final: se encuentra al inicio o al final de la última fila de paneles solares.
5. Grapa media: divide los módulos fotovoltaicos.

Figura 15. Estructura para panel solar



*Nota: Soporte fabricado en aluminio para soportar paneles solares, los cuales comprenden riel de aluminio, conector tipo L, taco químico, grapa media, grapa final y conector riel. Fuente: Atersa Shop; 2014*

Según el tipo de instalación fotovoltaica, se pueden considerar su tipo de montaje como:

1. Montaje sobre teja
2. Montaje sobre losa
3. Montaje sobre suelo
4. Montaje sobre superficie flotante (Balsas solares)

## **2.8. Inversor fotovoltaico**

Es un dispositivo electrónico encargado de convertir la energía en corriente continua (DC) proporcionada por las cadenas fotovoltaicas en energía en corriente alterna (AC). Dispone de cuatro etapas que aseguran una conversión de señal sinusoidal casi pura: rectificación, filtrado de DC, inversión y filtrado de AC. La Figura 15 muestra diferentes tipos de inversores clasificados según su aplicación y capacidad.

Figura 16. Inversor fotovoltaico



Nota: Tipos de inversores según su topología, aplicación, voltaje y diseño. Delta Global; 2018

Los inversores se pueden clasificar según lo siguiente:

1. Topología: Pueden ser de tipo PWM (modulación por ancho de pulso) o MPPT (seguidor de punto máximo de potencia).
2. Aplicación: Las aplicaciones incluyen los tipos On Grid (conectado a la red), Of Grid (aislado) e Híbrido.
3. Voltaje: monofásico o trifásico.
4. Diseño: residencial, comercial e industrial.

Los inversores deben cumplir con ciertos requisitos para garantizar su funcionamiento, las cuales se detallan a continuación:

1. Presenta una corriente alterna lo más senoidal posible (a no ser que sea de onda modificada o cuadrada).
2. Frecuencia constante.
3. Resistencia a las variaciones de voltaje en el sistema de baterías.
4. Protección a las baterías ante una descarga profunda
5. Bajo contenido de armónico

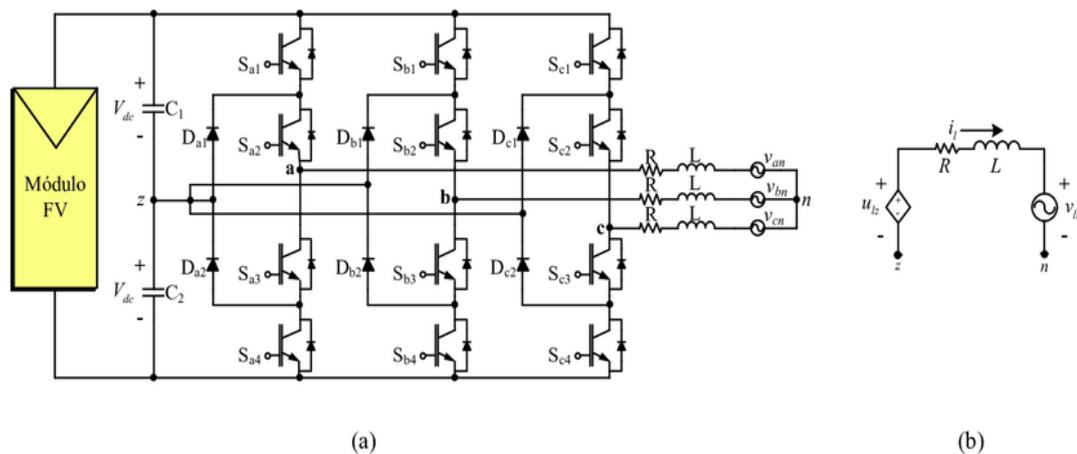
### **2.8.1. Inversor fotovoltaico interconectado a la red (ON GRID)**

En un sistema conectado a la red, el inversor es el componente más crucial. Su función principal es convertir la energía en corriente continua (DC)

producida por los paneles solares en corriente alterna (AC). La salida del inversor se conecta directamente al panel de distribución (Balarezo, 2001).

El inversor interconectado incluye una etapa de rectificación de onda no controlada, donde la señal DC se convierte en una forma adecuada, seguida de una etapa de filtrado LC y una etapa de conversión controlada mediante tiristores y un microprocesador (Quisppe, 2024). La Figura 16 ilustra las conexiones de entrada y salida de un inversor interconectado a la red.

Figura 17. Inversor interconectado



*Nota: Un inversor interconectado a la red convierte la energía DC generada por los módulos fotovoltaicos y la distribuye a la carga y su excedente de energía es compartida a la red eléctrica, su circuito electrónico está compuesto por diodos, condensadores, SCR formando, representado en la ilustración como una fuente dependiente de voltaje misma que está en paralelo con la fuente alterna de la red tendiendo entre ellas una impedancia Z. Fuente: Caicedo, 2018*

### 2.8.2. Inversor fotovoltaico aislado (OF GRID)

Este tipo de inversor tiene una entrada de corriente continua (DC) para un banco de baterías y otra entrada DC para la cadena fotovoltaica, y su salida está conectada directamente a las cargas de corriente alterna (AC). Su función es convertir la radiación solar en energía eléctrica mediante el efecto fotoeléctrico, produciendo energía durante el día y utilizando el banco de baterías para generar energía por la noche (Suquillo & Oña, 2020).

Los sistemas aislados son ideales para áreas rurales con acceso limitado a la red eléctrica. No obstante, el rendimiento de este sistema está condicionado por el dimensionamiento del banco de baterías y el consumo

diario (Rosero & Sotomayor, 2021). La Figura 17 ilustra las conexiones de entrada y salida de un inversor aislado.

Figura 18. Inversor aislado

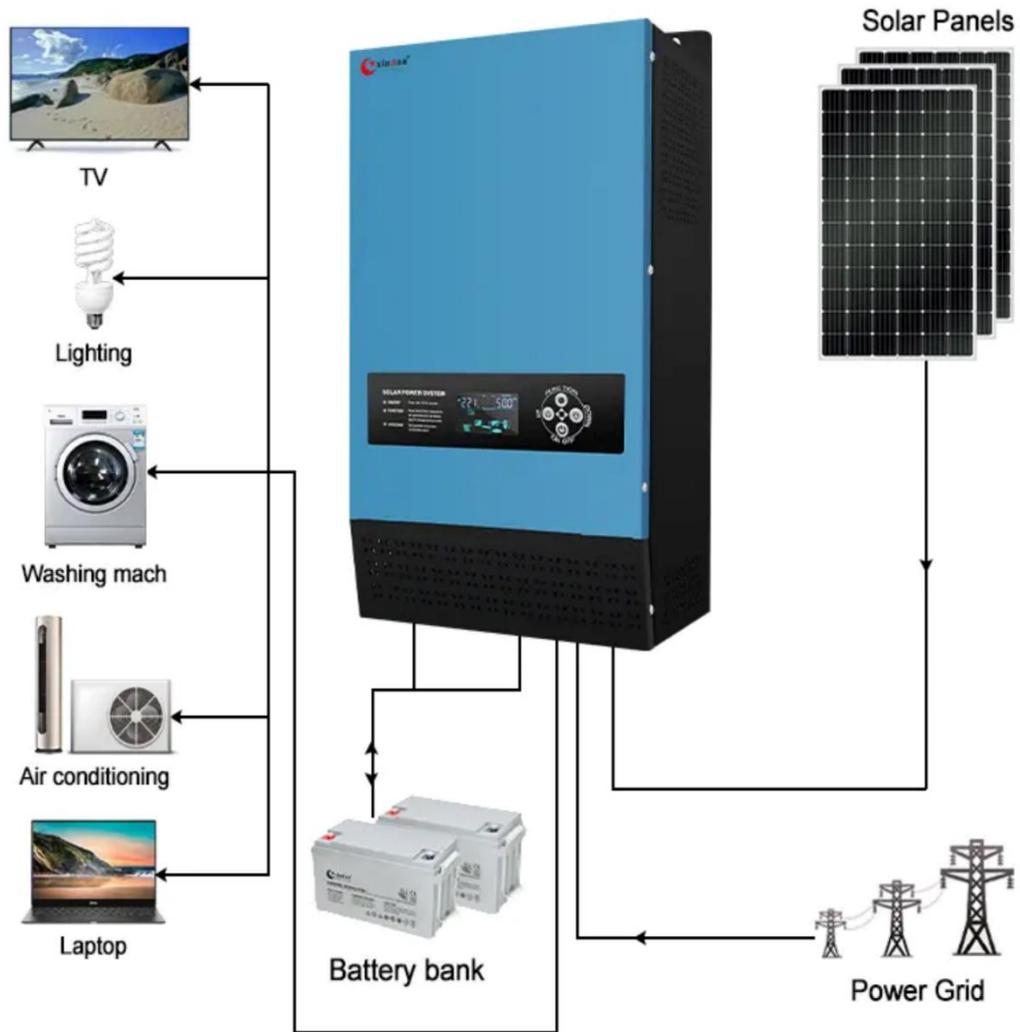


*Nota: el inversor aislado necesita un regulador de carga para estabilizar el nivel de voltaje para alimentar al banco de baterías y esta pueda entregar energía en horario nocturno. Fuente: Hiler; 2018*

### 2.8.3. Inversor fotovoltaico híbrido

El inversor híbrido combina dos tipos de conversión de energía, de manera similar a un sistema autónomo. En la primera etapa, opera como un sistema conectado a la red, generando energía a partir de los paneles solares durante el día. Luego, puede utilizar un banco de baterías para alimentar la carga, como lo haría un sistema aislado. La principal diferencia es que está conectado a la red eléctrica a través de un medidor bidireccional, que monitorea la energía que se inyecta desde la red hacia la carga y la energía que el sistema fotovoltaico aporta a la carga, permitiendo también ver el excedente de energía que se suministra a la red (Salcedo Carlos, 2011). La Figura 18 ilustra las conexiones de entrada y salida de un inversor híbrido.

Figura 19. Inversor híbrido



*Nota: El inversor híbrido puede estar interconectado a la red y a su vez interconectarse hasta con otros tipos de generación utilizados para carga crítica. Fuente: Hitachi; 2020*

## 2.9. Disyuntores de protección de corriente continua

Las protecciones de corriente continua (DC) son esenciales para el control, el seccionamiento y el mantenimiento del sistema. Al absorber la radiación solar, los módulos fotovoltaicos pueden producir niveles de radiación que ocasionalmente superan los límites permitidos. El inversor tiene límites de voltaje y corrientes específicos, y si se exceden, la electrónica del dispositivo podría verse afectada (Dután, 2019). La Figura 19 muestra cómo se utilizan

disyuntores y supresores de voltaje para proteger las entradas DC de los inversores.

Figura 20. Protección DC

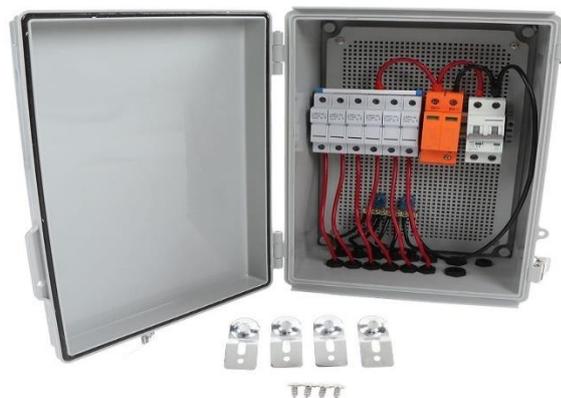


*Nota: la protección DC se encuentra a la salida de los módulos fotovoltaicos y la entrada del inversor; sirve para proteger el inversor de sobrecorriente. Fuente: Schneider; 2020*

## 2.10. Disyuntores de protección de corriente alterna

La protección en corriente alterna (AC) se considera una medida adicional ubicada entre la salida del inversor y la carga. Se utiliza principalmente para el mantenimiento, permitiendo desenergizar el sistema en relación con la carga y realizar cortes escalonados por etapas para llevar a cabo las revisiones necesarias (Cervantes, 2002). La figura 20 ilustra un sistema de protección AC.

Figura 21. Sistema de protección AC

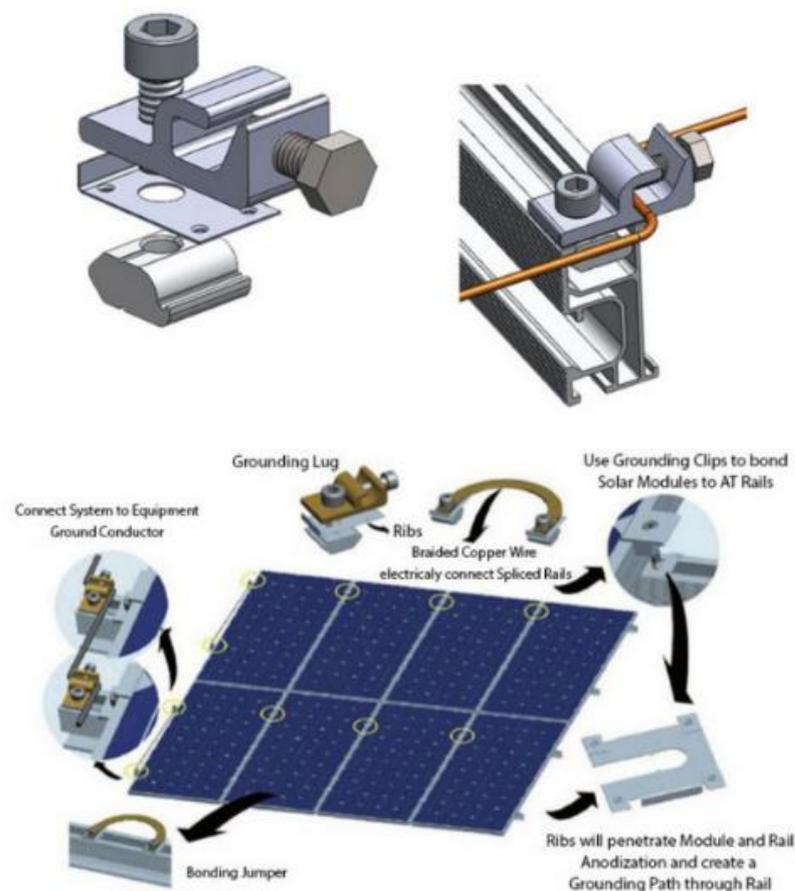


*Nota: la protección AC a la salida del inversor permite tener una protección adicional que garantiza la seguridad y fiabilidad del inversor Fuente: Himelco; 2020*

## 2.11. Conexión puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra en un sistema fotovoltaico es esencial para prolongar la vida útil de sus componentes. Su funcionamiento implica conectar a tierra diferentes partes del sistema solar, como la estructura del panel solar mediante un chicote interconectado (tierra estática), el inversor y los componentes del tablero DC/AC (tierra eléctrica) (Franco, 2014). El Sistema de Puesta a Tierra (SPAT) protege los elementos de posibles remanentes o perturbaciones de energía causadas por impactos directos o indirectos. Algunos sistemas incluyen protecciones adicionales, como supresores para cargas DC y dispositivos tipo III para equipos electrónicos o críticos (IEEE, 2000). La Figura 21 ilustra los componentes de un sistema de puesta a tierra, incluyendo pararrayos y su interconexión.

Figura 22. Sistema puesta tierra para sistema fotovoltaico



*Nota: el sistema puesta tierra se acopla al riel fotovoltaico para proteger los grupos (módulos solares) ante descargas atmosféricas y sobretensiones. Fuente: Parres; 2014*

## 2.12. Batería

Las baterías fotovoltaicas son un componente crucial en los sistemas solares, funcionando como sistemas de respaldo de energía en corriente continua (DC). Permiten almacenar la energía solar para usarla cuando la producción de energía es insuficiente o inexistente. En el día, acumulan energía. Las baterías diseñadas para aplicaciones solares están equipadas con un aislamiento térmico robusto, soportan largos ciclos de carga y descarga, y tienen una vida útil prolongada (Lavende, 2008). La Figura 22 muestra diferentes tipos de baterías según su aplicación y capacidad.

Figura 23. Baterías para aplicaciones fotovoltaicas



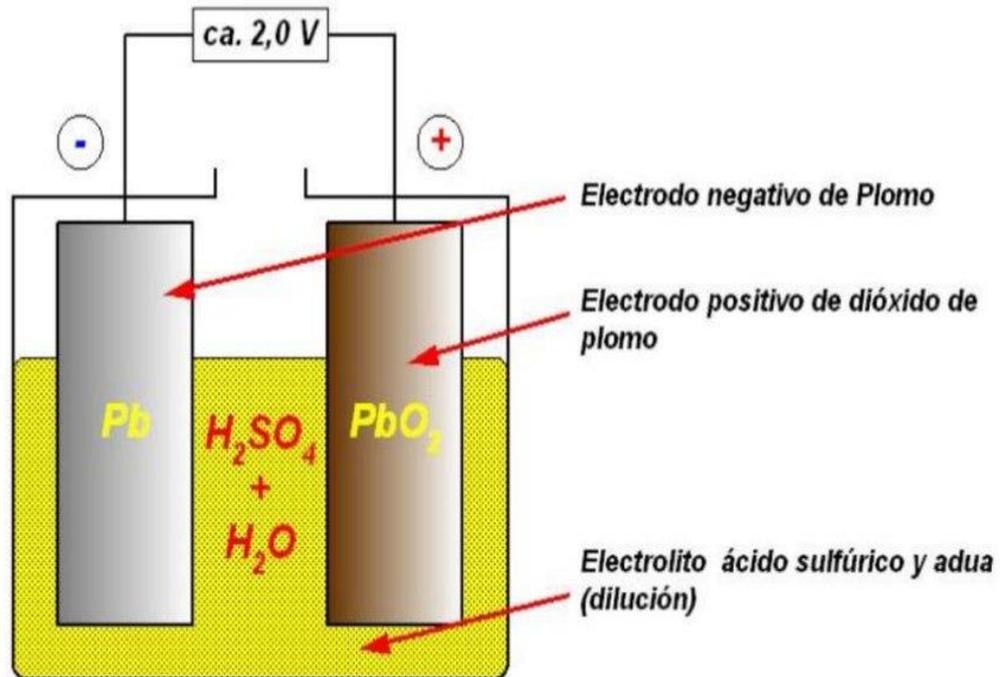
Nota: Tipos de baterías para aplicaciones fotovoltaica Fuente: Eleksol; 2018

### 2.12.1. Funcionamiento de una batería

La batería puede almacenar y liberar energía durante los procesos de carga y descarga. Este proceso ocurre a través de una reacción química conocida como reducción-oxidación o redox, en la que un componente pierde electrones al estar en estado oxidativo y otro componente gana electrones al reducirse. Los componentes no se consumen durante este proceso

(Rodríguez & Mogrovejo, 2020). La Figura 23 muestra el flujo de electrones dentro de una batería.

Figura 24. Estructura de una batería



Nota: La batería cuenta con materiales para su configuración como ánodo (compuerta positiva), cátodo (compuerta negativa). Fuente: Soler; 2009

### 2.12.2. Características técnicas de una batería

Las características técnicas que definen a un almacenador de energía son las siguientes.

1. Voltaje en vacío: cuando el acumulador no está conectado a una carga.
2. Voltaje en flotación: voltaje superior en un circuito abierto donde el sistema de baterías permanece cargado cuando no está en uso.
3. Voltaje de carga: cuando se descarga un acumulador, se le aplica un voltaje de flotación para mantenerlo en el estado de carga durante un largo período de tiempo. Para maximizar este proceso, se requiere un voltaje de carga más alto, también conocido como voltaje de batería.
4. Voltaje nominal: Dato definido por el fabricante sobre el nivel de tensión permisible.

5. Voltaje de corte: Este valor, también conocido como voltaje de descarga, indica la conclusión del ciclo de descarga de la batería para la capacidad requerida.
6. Resistencia interna: representa la resistencia de la batería a la introducción o extracción de un flujo de electrones.
7. Ciclo de vida: representa la cantidad de veces que una batería puede soportar cargas y descargas sin perder su capacidad, dejando la batería en un 80% de su capacidad.
8. Autodescarga: se conoce como la disminución. El fabricante proporciona esta información sobre la reducción de carga sin consumo.

### 2.12.3. Batería de plomo ácido sellada (VRLA)

Este tipo de batería, conocida como VRLA (batería de plomo-ácido regulada por válvula) o como batería de mantenimiento libre, no requiere ventilación debido a su diseño de fabricación. (CSB, 2014). Pueden funcionar a temperaturas que van desde 25 °C hasta los 30 °C, la temperatura ideal. Estas baterías tienen una vida útil de 1 a 5 años (Rossi, 2021). La estructura de una batería VRLA se muestra en la Figura 24.

Figura 25. Batería VRLA



*Nota: las baterías VRLA son las más comerciales por su costo, almacenamiento. Fuente: Powery; 2012*

### 2.12.3. Batería de níquel – cadmio (Ni-Cd)

Las baterías Ni-Cd tienen la capacidad de resistir altas temperaturas y pueden soportar entre 500 y 700 ciclos de carga. Tienen una vida útil de 8 a 10 años y funcionan hasta 45 °C (Rossi, 2021). La estructura de una batería Ni-Cd se muestra en la Figura 25.

Figura 26. Batería níquel cadmio



*Nota: La batería de níquel cadmio son utilizadas para aplicaciones industriales, como respaldo de energía de UPS. Fuente: Powery; 2012*

### 2.12.4. Batería de Ion de litio

Las baterías de litio ofrecen tecnología más avanzada que las baterías anteriores y están diseñadas para aplicaciones con alta demanda. Son capaces de soportar entre 900 y 1500 ciclos de carga y descarga y funcionan a temperaturas de más de 60 grados centígrados. Además, su vida útil oscila entre 18 y 20 años (Pilco F. , 2018). La estructura de una batería de litio se muestra en la Figura 24.

Figura 27. Batería de litio



*Nota: La batería litio 12 V 150AH es de alto ciclado con hasta 1500 ciclos y soporta temperaturas hasta 70 °C . Fuente: ATEMPOWER; 2012*

### 2.13. Sistema fotovoltaico interconectado a la red (On Grid)

Los sistemas ON GRID, también conocidos como interconectados, se caracterizan por proporcionar energía únicamente a través de paneles solares e inversores, sin utilizar baterías. La energía captada por el sol mediante el efecto fotoeléctrico genera energía eléctrica en corriente continua (DC) en los terminales del módulo. Estos módulos se conectan a las entradas del inversor, o MPPT (Maximum Power Point Tracker), cada uno con una configuración específica de voltaje y corriente para funcionar adecuadamente.

Una vez en operación, el inversor convierte la energía DC en corriente alterna (AC) utilizando su electrónica interna, produciendo un voltaje AC con una onda sinusoidal casi pura. Durante el día, el sistema suministra energía AC directamente a la carga y se conecta al tablero de distribución. Por la noche, la electricidad es proporcionada por la empresa eléctrica (Fernández & León, 2021).

Este tipo de sistema forma parte de la generación Distribuida (GD), que implica generar energía cerca del punto de consumo, eliminando las etapas

de transporte y distribución. El usuario, en este caso, actúa como prosumidor, es decir, tanto consumidor como productor de energía. La energía generada no solo cubre la demanda de la carga, sino que también se inyecta a la red eléctrica nacional (Sacon & Vera, 2023). El excedente de energía es medido y compensado al usuario mediante créditos en la factura de electricidad mensual, de acuerdo con las normativas internacionales de medición y facturación neta (Ramírez, 2023).

#### **2.14. Sistema fotovoltaico aislado (Of Grid)**

Los sistemas aislados, también conocidos como autónomos, tienen un inversor alimentado por dos entradas de corriente continua (DC). La primera entrada proviene de los paneles solares, mientras que la segunda proviene de un banco de baterías externo. Ambas entradas pasan por un controlador de carga antes de llegar al inversor (Herrera, 2023). Durante el día, el sistema utiliza los paneles solares para generar energía y cargar el banco de baterías externo. El inversor recibe energía DC del banco de baterías durante la noche, que luego se convierte en energía AC. Sin embargo, el tiempo de autonomía diaria depende de la capacidad de la batería en relación con la carga utilizada (Muñoz & Torres, 2022).

Estos sistemas son ideales para áreas rurales o regiones con acceso limitado a la red eléctrica nacional. El consumo de energía nocturno está restringido por el tamaño del banco de baterías y la carga utilizada, lo que puede ser una limitación.

## **CAPÍTULO III: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN**

### **3.1. Generalidades**

#### **3.1.1. Antecedentes del Proyecto**

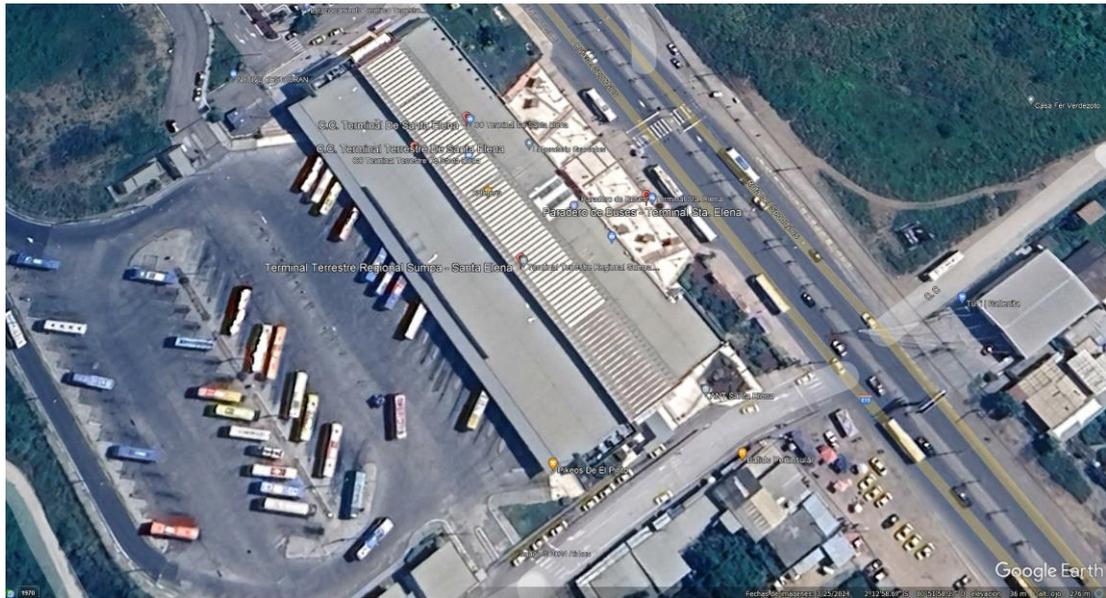
El centro comercial Terminal Terrestre Sumpa – Santa Elena, se encarga de brindar servicios de transporte interprovincial a los usuarios de los cantones: Santa Elena, Ballenita, La libertad, Salinas, etc., como servicio complementario, busca brindar confort a sus usuarios, mediante pequeños locales comerciales que brindan servicios farmacéuticos, tecnológicos, comercio, etc. La implementación de estos locales ha aumentado la afluencia de usuarios en el centro comercial, lo que ha llevado a un aumento de la demanda actual.

Como parte de un proyecto de mejora continua, el GAD municipal provincia de Santa Elena ha propuesto el estudio de instalar un sistema fotovoltaico interconectado a la red para disminuir el consumo eléctrico, mismo que será reflejado en su factura mensual.

#### **3.1.2. Ubicación**

El centro comercial Terminal Terrestre regional Sumpa se encuentra ubicado en la provincia de Santa Elena, Ecuador. Con un área de construcción de 3309.23 m<sup>2</sup>, el establecimiento se encuentra a una elevación de 36 m sobre el nivel del mar, con coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) WGS 84(World Geodetic System, 1984). Presenta los siguientes datos: X:514889, Y: 9754994. la figura. 22. Muestra la ubicación geográfica de la urbanización propuesta.

Figura 28. Ubicación Geográfica de Centro comercial

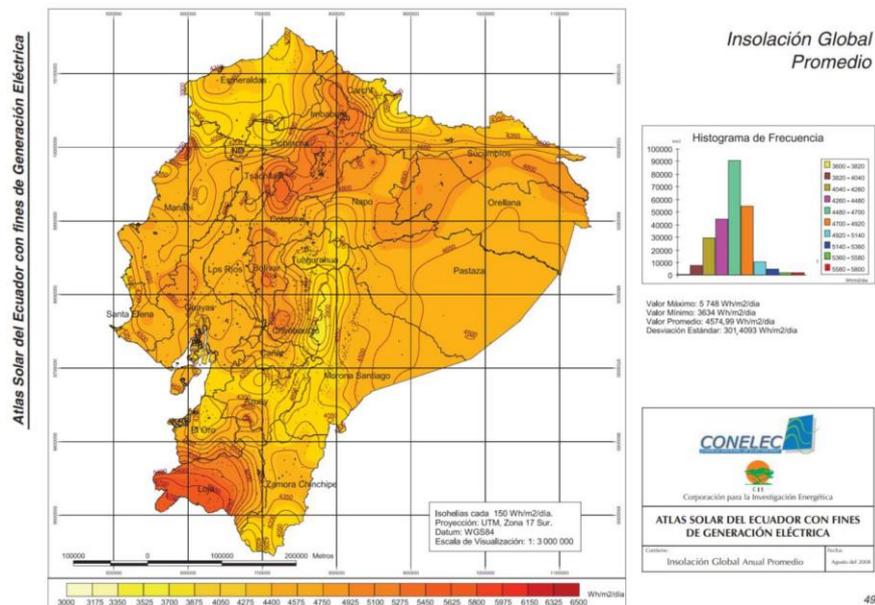


Nota: Centro comercial terminal terrestre regional Sumpa - Santa Elena, Ecuador. Fuente: Google Earth, 2024

### 3.1.3. Irradiación solar global promedio

El centro comercial se encuentra ubicado en la provincia de Santa Elena, por su locación presenta una irradiación de 4500 W/m<sup>2</sup>/día, como se detalla en la figura 23.

Figura 29. Mapa de irradiación solar global en Ecuador

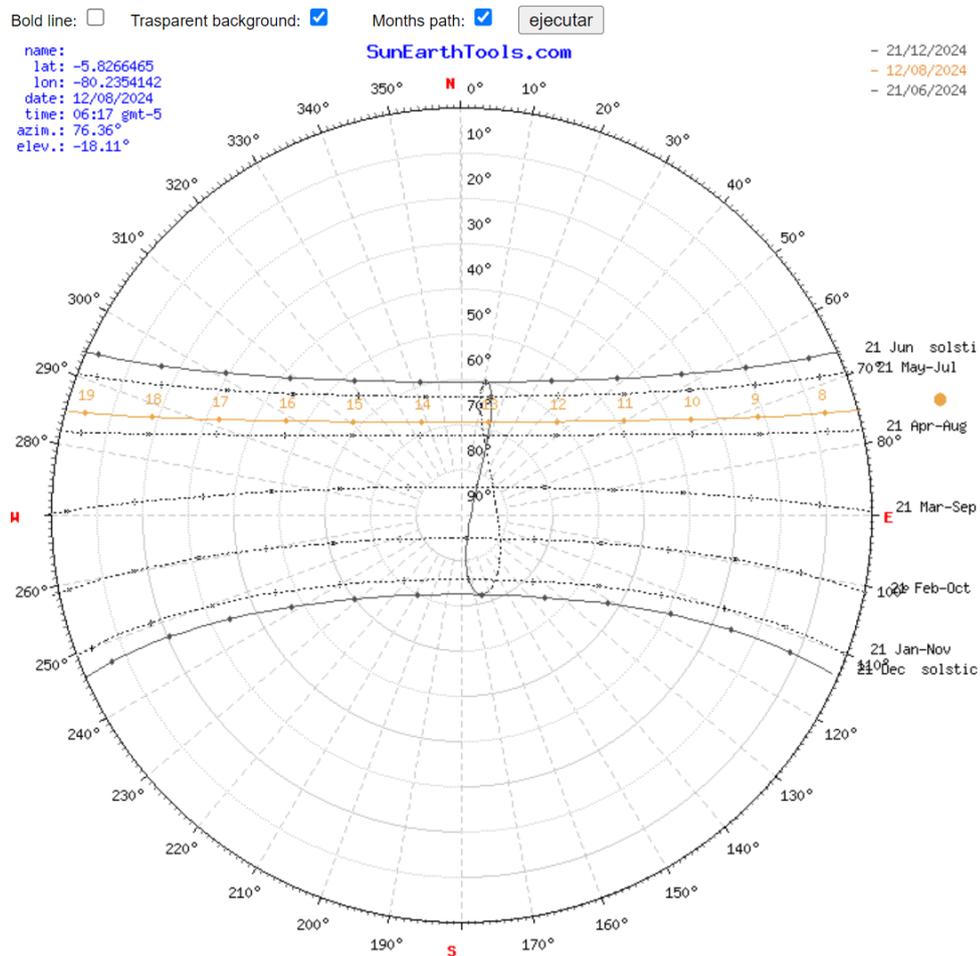


Nota: Detalle de niveles de radiación global máximos, mínimos y promedio según provincia. Fuente: CNEL EP, 2012

### 3.1.3. Trayectoria Solar

Según la ubicación, el sol tiene una trayectoria de Este a Oeste, teniendo un total de 12 horas de proyección solar, donde solo 4 horas son consideradas como un periodo de mayor irradiación solar, en horarios entre las 12:00 PM y 4:00 PM, sin embargo, el recorrido solar cambia su azimut y su ángulo de proyección según los meses del año. Como se muestra en la figura 24.

Figura 30. Trayectoria solar



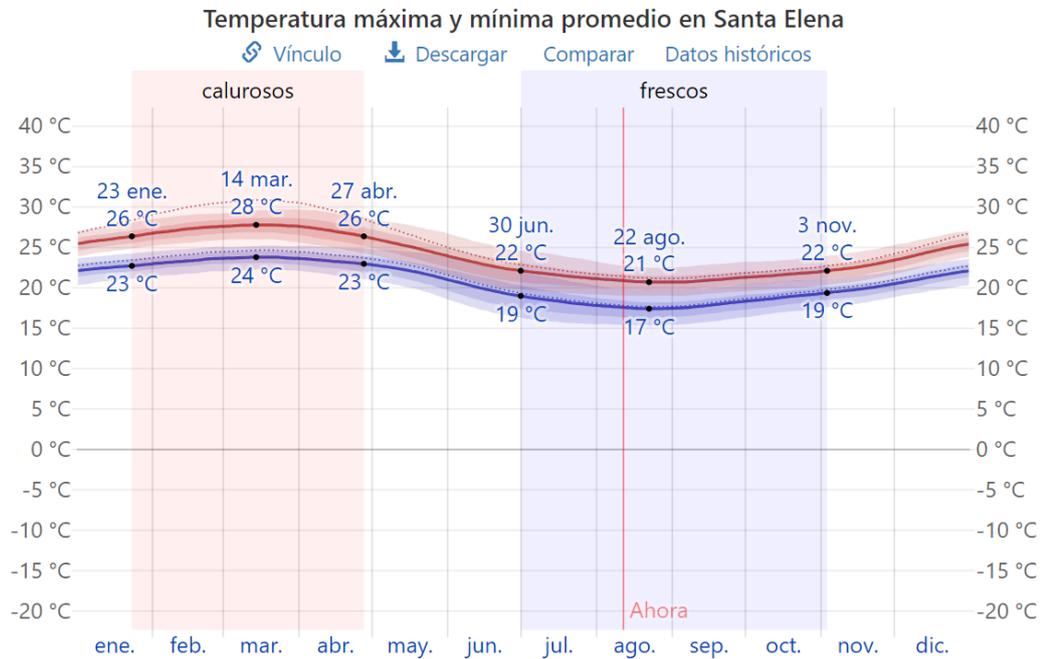
Fuente: SunEarthTool, 2024

La figura 24, muestra cómo el sol, cambia su ángulo de trayectoria en días específicos, siendo el 21 de junio. El sol, con respecto al sitio, tiene un ángulo de 70°. El 21 de agosto, un ángulo de 80° y el 21 de septiembre, teniendo un ángulo de 0°.

### 3.1.4. Temperatura

El centro comercial, según su ubicación, presenta temperaturas que oscilan entre 21 °C y 33 °C, siendo los meses de enero a abril los meses con mayor índice de temperatura y los meses entre junio a noviembre, aquella menor temperatura, como lo muestra la figura 31.

Figura 31. Temperatura Santa Elena



Nota: Índice de temperaturas máxima, mínima y promedio de la provincia de Santa Elena. Fuente: Weather Spark, 2024

### 3.1.4. Consumo de energía Anual

Se llevó a cabo un análisis del consumo eléctrico en los últimos 12 meses desde enero hasta diciembre 2023, con el objetivo de obtener un consumo mensual promedio. De esta manera, conocer su demanda, conociendo que el terminal terrestre labora de lunes a domingos en un periodo de 18 horas. Como lo describe la tabla 1.

Tabla 1. Tabla de consumo Mensual y demanda

<b>CONSUMO ELÉCTRICO</b>		
1	ene-23	33110,00 kWh
2	feb-23	33060,00 kWh
3	mar-23	33080,00 kWh
4	abr-23	32660,00 kWh
5	may-23	32680,00 kWh
6	jun-23	32840,00 kWh
7	jul-23	33110,00 kWh
8	ago-23	32970,00 kWh
9	sep-23	32810,00 kWh
10	oct-23	32820,00 kWh
11	nov-23	32310,00 kWh
12	dic-23	33170,00 kWh
<b>PROMEDIO MENSUAL</b>		<b>32885,00 kWh</b>
<b>PROMEDIO DIARIO</b>		<b>1096,17 kWh</b>
<b>Demanda</b>		<b>109,62 KW</b>

Nota: Histórico de consumo eléctrico mensual Fuente: Autor

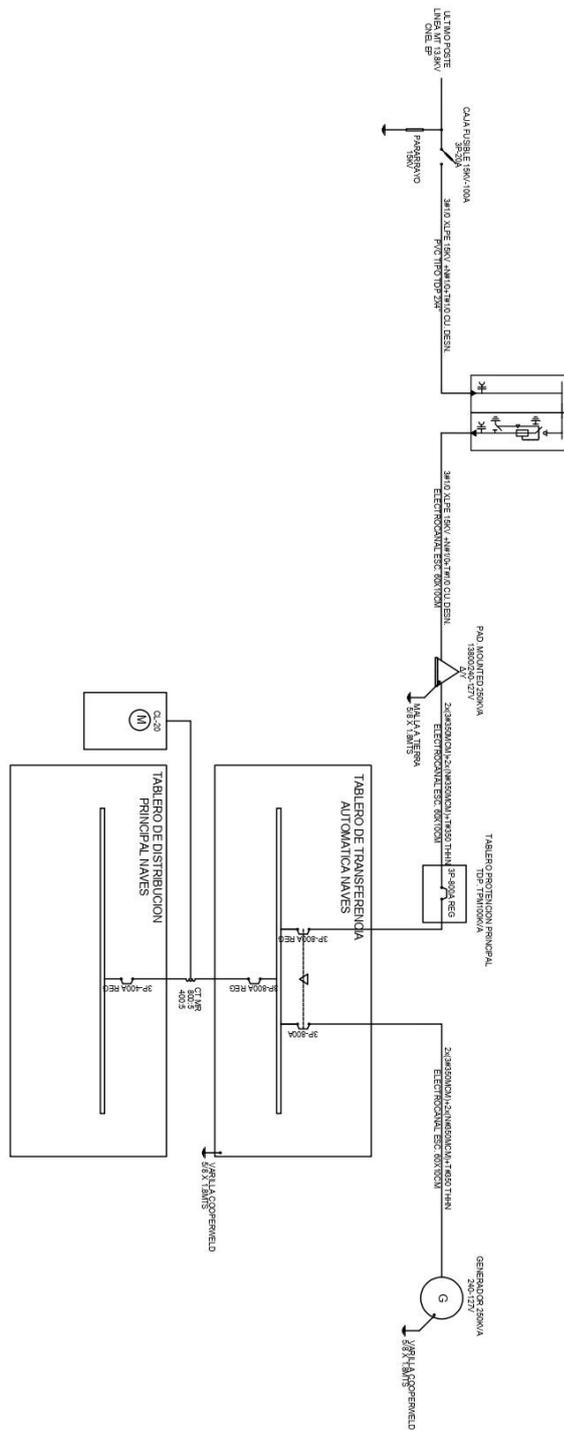
La tabla 1. Detalla que el consumo mensual promedio es de 32,85 MWh, el consumo diario promedio es de 1096 kWh y su demanda es de 109,62 KW. Se puede evidenciar que los meses de mayor producción son los meses de diciembre a febrero, con un consumo mensual máximo de 33,17 MWh.

### 3.1.5. Diagrama Unifilar

La figura 32 y 33 muestra el diagrama unifilar del centro comercial terminal terrestre interprovincial Sumpa, detalla los equipos y elementos que conforman el sistema eléctrico actual.



Figura 33. Diagrama unifilar alcance hasta TDP



Nota: Alcance de diagrama unifilar hasta tablero de Distribución Principal Centro Comercial Terminal Terrestre Sumpa. Fuente: GAD Santa Elena

La figura 32 y 33, muestra que el sistema eléctrico del centro comercial parte desde una red aérea de media tensión 13.8 kV y mediante una transición aéreo-subterránea se distribuye hasta un tren de celdas compuesto por dos celdas secundarias embebidas en Hexafluoruro de Azufre (SF6) con una capacidad de corriente hasta 600A (Celda remonte y Celda Fusible), esta integra hasta un transformador de distribución pedestal tipo radial con capacidad de 200KVA 13.8 kV/240 V. El sistema también cuenta con un grupo electrógeno cabinado de 200 KW como sistema de respaldo de energía, la red eléctrica y su respaldo se interconectan en un tablero de transferencia automática de 3P-800A, regulable y finalmente la energía es distribuida hasta el tablero de distribución principal con una protección de 3P-400A, regable.

## CAPÍTULO IV: DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

### 4.1. Generalidades

El capítulo IV realizará el diseño eléctrico y mecánico de un sistema solar fotovoltaico interconectado a la red para disminuir el consumo eléctrico mensual del Centro comercial Terminal Terrestre Sumpa, para lo cual se realizarán cálculos teóricos para dimensionar los elementos de alimentación, generación, protección y soportaría. Se realizará un contraste de los cálculos mediante el software PVsyst.

### 4.2. Capacidad del Generador

Para seleccionar el generador es importante conocer su capacidad de producción. Esta se define mediante el consumo promedio diario dividido para las horas sol pico como lo muestra la ecuación 1.

*Ecuación 1. Capacidad de generador fotovoltaico*

$$\text{Generador Fotovoltaico} = \frac{\text{Consumo diario promedio}}{\text{Horas sol pico}}$$

$$\text{Generador Fotovoltaico} = \frac{1096 \text{ KWh}}{5.4h} = 236,04KW$$

Como se puede apreciar, la ecuación fue resultado del cociente del consumo mensual indicado en la tabla 1. Sobre la irradiación, 5,4 Wh/m<sup>2</sup>; sin embargo, la irradiancia es 1 W/m<sup>2</sup>. Por tanto, podemos interpretar que las horas de sol pico son el cociente entre la irradiación y la irradiancia, y de esta manera la potencia del generador propuesto será de 236.04 kW.

### 4.3. Número de paneles fotovoltaicos

Conociendo la capacidad del generador, para conocer el número de paneles fotovoltaicos es fundamental multiplicar esta potencia por un factor de seguridad de 1.25, sobredimensionando el sistema de generación. La ecuación 2 detalla el número de paneles que necesita el sistema para producir la energía requerida por el usuario.

*Ecuación 2. Número de paneles fotovoltaicos*

$$\text{Numero de Panel Fotovoltaico} = \frac{\text{Potencia del Generador} \times \text{Factor de seguridad}}{\text{Potencia unitaria de un panel}}$$

$$\text{Generador Fotovoltaico} = \frac{236,04W \times 0,25}{535 W} = 552 \text{ Paneles}$$

La ecuación 2 describe el número de paneles, mismo que se obtiene mediante el cociente de la potencia generada por el factor de seguridad sobre la potencia unitaria de un panel. Siendo un total de 552 unidades.

### **4.3. Inversor**

Para la selección del inversor es importante conocer, que este forma parte del grupo de los convertidores de energía. Dentro de esta etapa, el equipo tiene una pérdida de hasta el 20% por lo que es importante sobredimensionar el equipo con fines de obtener la producción de energía deseada. La ecuación 3 detalla la capacidad del inversor.

*Ecuación 3. Potencia del inversor*

$$\text{Potencia del Inversor} = \text{Potencia del generador} \times 1.2$$

$$\text{Potencia del Inversor} = 236,04kW \times 1,20 = 283kW$$

$$\text{Potencia del Inversor} = 3 \times 100kW$$

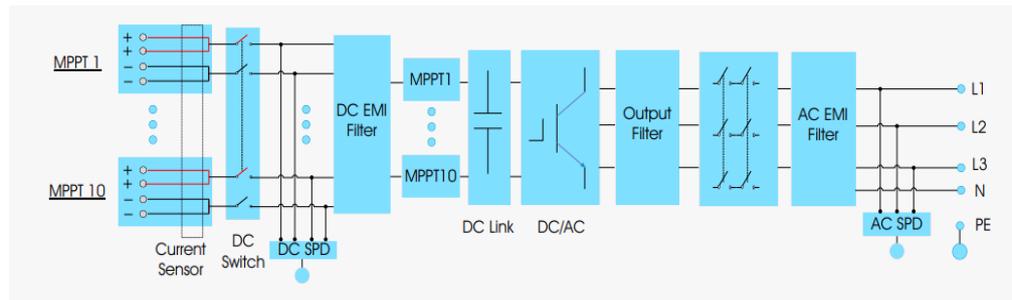
La ecuación 3 describe la capacidad nominal del inversor considerando sus pérdidas por conversión de la energía. El cálculo detalla una potencia de 283 kW, por tal motivo, para este sistema se utilizarán 3 inversores de 100 kW interconectados en paralelo.

### **4.4. Conexiones eléctricas**

#### **4.4.1. Conexiones en corriente continua**

Las conexiones en corriente continua son determinadas por las entradas del inversor. Para este estudio se seleccionó un Inversor trifásico clase industrial modelo Growatt serie MAX100KTL3-X-LV con capacidad nominal de conversión de 100KW y capacidad máxima de conversión de 110 kW. A continuación, la figura 34. Detalla la topología del inversor propuesto.

Figura 34. Topología de Inversor solar industrial Growatt MAX100KTL3-X-LV



Nota: Etapas de conversión de la energía inversor industrial. Fuente: GROWATT, 2014

La figura 34. Detalla que este modelo de inversor posee 10 entradas de seguidor del punto de máxima potencia conocido con sus siglas en inglés MPPT, protecciones DC, supresores de voltaje DC hasta 1 kV tipo I+II (Impacto directo e indirecto de un rayo o sobretensiones), etapa de filtrado de la señal por medio de un banco de capacitores modulados, etapa de conversión de la energía continua (DC) a alterna (AC), protecciones de corriente alterna y supresores AC hasta 400 V tipo I+II. También se detallan las características técnicas del inversor como lo muestra la tabla 2.

Tabla 2. Características técnicas de inversor

Marca:	Growatt
Modelo:	MAX100KTL3-X-LV
ENTRADA DC	
Potencia Nominal:	100 kW
Máximo voltaje:	1000 V
Voltaje de arranque:	195 V
Voltaje nominal:	600 V
Rango de voltaje MPPT:	180/1000 V
Número de entradas MPPT:	10
Corriente nominal:	32 <sup>a</sup>
Corriente Máxima:	40 <sup>a</sup>
SALIDA AC	
Potencia activa Nominal:	100KW
Potencia aparente nominal:	110KVA
Voltaje nominal:	230/400 V
Frecuencia:	50/60 Hz
Corriente Máxima:	158.8A

. Fuente: GROWATT, 2014 editado por Autor

El inversor industrial admite una potencia de entrada de hasta 100 kW, y voltaje por cada entrada entre 180 a 1000VDC; sin embargo, para que el

sistema opere, necesita superar el voltaje de arranque de 195VDC. La corriente nominal permisible por cada entrada será hasta 32 A y soportará unas corrientes máximas hasta 40 A.

El sistema por su capacidad requiere de 3 inversores tipo industrial en paralelismo con una capacidad de conversión nominal de 300 kW, necesita seleccionar la cadena de módulos fotovoltaicos respetando la capacidad nominal de voltaje y corriente que un inversor puede soportar, como lo muestra la tabla 3.

Tabla 3. Configuración del inversor entrada DC

CONFIGURACIÓN DC:	INVERSOR I	INVERSOR II	INVERSOR III
Potencia activa Nominal Inversor 100%:	100KW	100KW	100KW
Potencia activa real Inversor 78,68%:	79 kW	79 kW	79 kW
Número de entradas MPPT:	8		
Voltaje DC nominal por entrada MPPT:	800 V	800 V	800 V
Corriente DC nominal por entrada MPPT:	25.66A	25.66 A	25.66 A
Número de módulos fotovoltaicos:	192	192	192
Cadena de módulos en serie I01:	12	12	12
Cadena de módulos en paralelo I01:	2	2	2
Cadena de módulos en serie I02:	12	12	12
Cadena de módulos en paralelo I02:	2	2	2
Cadena de módulos en serie I03:	12	12	12
Cadena de módulos en paralelo I03:	2	2	2
Cadena de módulos en serie I04:	12	12	12
Cadena de módulos en paralelo I04:	2	2	2
Cadena de módulos en serie I05:	12	12	12
Cadena de módulos en paralelo I05:	2	2	2
Cadena de módulos en serie I06:	12	12	12
Cadena de módulos en paralelo I06:	2	2	2
Cadena de módulos en serie I07:	12	12	12
Cadena de módulos en paralelo I07:	2	2	2
Cadena de módulos en serie I08:	12	12	12
Cadena de módulos en paralelo I08:	2	2	2

Fuente: Autor, 2024.

La tabla 3. Detalla el arreglo fotovoltaico que debe tener el sistema para la operación del inversor. Se puede apreciar que a cada inversor se inyectará una potencia nominal de 79 kW. El inversor cuenta con 10 entradas MPPT; sin embargo, se utilizarán solo 8 teniendo 2 reservas para futuras

ampliaciones. Por entrada ingresará una potencia individual de 9.87 kW con arreglo de 2 cadenas de 12 módulos en serie.

#### 4.4.2. Conexiones en corriente alterna

La salida del inversor entregará una potencia convertida de 100 kW con un voltaje de 230 V y una corriente hasta 158 A, como lo detalla la tabla 2. La capacidad de salida del grupo de inversores en paralelismo es de 300 kW. Sin embargo, la capacidad producida por el generador voltaico es de 236,04 kW, ocupando el 78,68% de su capacidad global. La configuración del inversor para su salida AC queda de la siguiente manera expresada en la tabla 4.

Tabla 4. Configuración del inversor Salida AC hacia TDP

CONFIGURACIÓN AC:	INVERSOR I	INVERSOR II	INVERSOR III
Potencia activa Nominal Inversor 100%:	100KW	100KW	100KW
Potencia activa real Inversor 78,68%:	79 kW	79 kW	79 kW
Voltaje nominal:	440 V	440 V	440 V
Frecuencia:	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Corriente nominal:	103.65 A	103.65 A	103.65 A
Protección AC:	3P- 400A REG		
Acometida AC:	3x(3F#1/0+N#2+T#4)		
Transformador:	350KVA 440/220 V 3F		
Protección AC:	3P- 800A REG		
Acometida AC:	2x(3F#300MCM+ N#300MCM)+T#300MCM		

Fuente: Autor, 2024.

La tabla 4, muestra que el banco de inversores estará compuesto por 3 inversores trifásicos en paralelo. Cada inversor contará con una potencia nominal convertida de 79 kW, con un voltaje de operación de 440VAC y 103,65 A por fase. Debido a que el sistema eléctrico del Centro Comercial Terminal Terrestre Sumpa opera a un voltaje de 220 V trifásico, fue necesario la inserción de un transformador distribución tipo seco con capacidad de 350KVA y voltajes de 440/220 V trifásico, la protección a la salida del inversor que comunica con el transformador propuesto será 3P-400A tipo Caja moldeada Regulable, su acometida 3x(3F#1/0 + N#2 + T#4)AWG. Para la salida del transformador, la protección será 3P-800 A, tipo Caja moldeada regulable, y su acometida 2x(3F#300MCM+N#300MCM)+T#300MCM – AWG.

## **4.5. Soportería**

### **4.5.1. Área del Generador**

El cálculo de elementos que serán utilizados para el soporte y del generador fotovoltaico se calcula conociendo el área de implantación del proyecto.

El centro comercial Terminal terrestre Sumpa, cuenta con un área de 6364.23 Km<sup>2</sup>. Los módulos fotovoltaicos serán instalados sobre techo, como lo muestra la siguiente ecuación.

*Ecuación 4. Área del generador*

*Area del generador = Numero de paneles fotovoltaicos x area unitaria por panel*

$$Area del generador = 552 \times 2,4 = 1332m^2$$

La ecuación 4. Indica que el área del generador es obtenida mediante el producto del número de paneles fotovoltaicos por el área unitaria de un solo módulo, siendo este 2.4 m<sup>2</sup>. Por tanto, el generador fotovoltaico necesita un área de 1332 m<sup>2</sup>.

### **4.5.2. Área de mantenimiento**

El área de mantenimiento es de vital importancia para que el operador pueda realizar maniobras en los módulos, es la distancia permisible en metros cuadrados que necesita el operario para desplazarse entre los módulos del generador.

*Ecuación 5. Área de mantenimiento*

*Area del de mantenimiento = Area del generador x 0,10*

$$Area de mantenimiento = 1332 \times 0,1 = 133,2m^2$$

### **4.5.3. Elementos de fijación y anclaje**

Luego de conocer el área total de los módulos fotovoltaicos y el área de mantenimiento, se establece la distribución de los elementos de fijación y anclaje, tomando en cuenta los arreglos propuestos por cada grupo inversor. Como lo muestra la tabla 5.

Tabla 5. Elementos de soporteria

SOPORTERIA	ENTRADA MPPT	INVERSO R	BANCO INVERSOR(3 U.)
Riel aluminio 4.22 metros	14	112	336
Conector riel	12	96	288
Conector Final	4	32	96
Conector medio	12	96	288
Anclaje tipo L	42	336	1008
Conector a tierra	1	8	24

Fuente: Autor, 2024.

#### 4.6. Cálculo estructural

La ubicación de los paneles solares estará en una estructura metálica de aluminio. Por lo que es importante conocer el peso el conjunto fotovoltaico como se muestra en la siguiente ecuación.

Ecuación 6. Peso del sistema fotovoltaico

$Peso\ del\ conjunto\ FV = Peso\ de\ paneles + Peso\ de\ soporteria$

$Peso\ del\ conjunto\ FV = (552 \times 30kg) + (112 \times 2,8kg) = 15383,20kg$

Con base en el peso calculado, la instalación de los módulos fotovoltaicos podrá ser fijado en la loza del centro comercial Terminal Terrestre Sumpa. La justificación técnica y estructural de esta decisión se detalla en el capítulo de anexos, a través de un informe especializado.

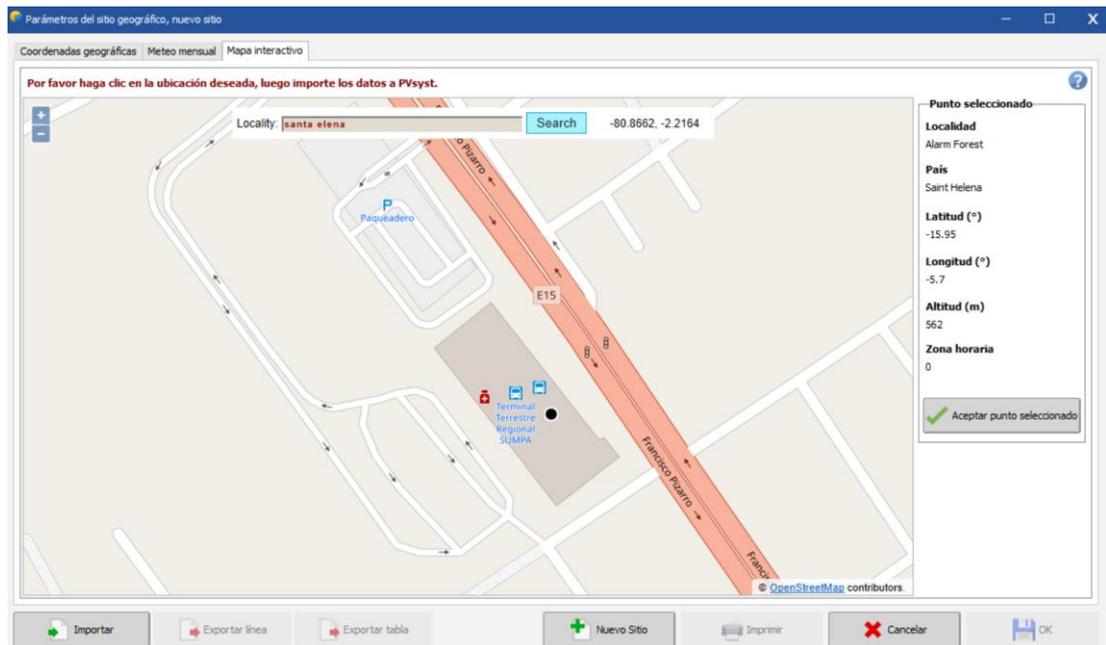
#### 4.7. Sistema puesta a tierra

El sistema fotovoltaico cuenta con un autorizamiento en el chasis del inversor y la interconexión con la barra de tierra del tablero de distribución principal. Sin embargo, los módulos fotovoltaicos, al ser dispositivos semiconductores captadores de la radiación solar, indirectamente son captadores de descargas atmosféricas (IEEE, 2000). Por lo que cada arreglo contara con su respectivo chicote a tierra en cable solar #10 de cobre que convergen en una pletina de cobre aislado por 2 aisladores tipo barra sobrepuesto en el exterior del centro comercial derivando a una tierra independiente compuesta por una configuración pata de gallo compuesta por 4 varillas copperweld (DEHN, 2012).

#### 4.8. Dimensionamiento del sistema mediante Software PVsyst.

PVsyst es un software de simulación enfocado en la evaluación y diseño de sistemas de energía solar fotovoltaica. Su nombre deriva de "PhotoVoltaic SYSTem" (Córdova, 2019). PVsyst es ampliamente empleado en la industria solar para analizar el rendimiento de instalaciones fotovoltaicas, realizar estudios de sombreado, estimar la producción de energía solar y optimizar el diseño de sistemas solares, tal como se muestra en la figura 35.

Figura 35. Ubicación del proyecto

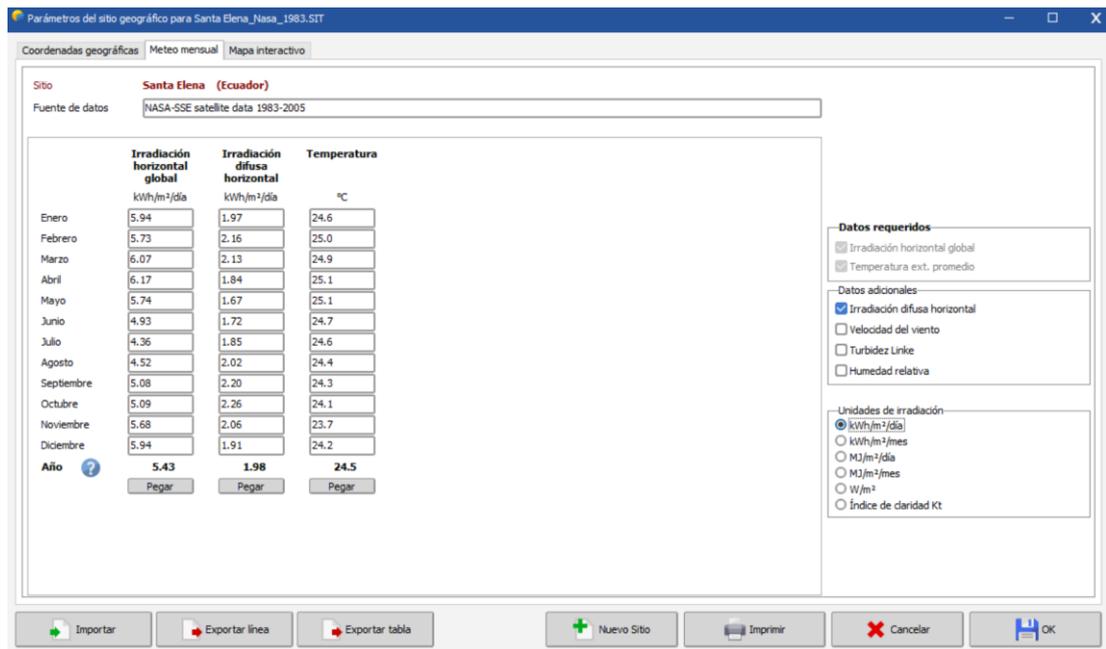


Nota: Ubicación geográfica del Centro Comercial Terminal Terrestre Sumpá, Santa Elena Fuente: Autor

La figura 36. Establece la ubicación del proyecto de acuerdo con el mapa geo referenciado que tiene el software, del cual se tiene una latitud de  $-15.95^\circ$  y longitud de  $-5,7^\circ$  con una elevación de 562 metros sobre el nivel del mar.

Con la ubicación del proyecto, el software entrega los datos meteorológicos cargados en la base de datos. Para efectos de estudio se tomó la base de datos de la NASA, como se muestra en la figura 36.

Figura 36. Datos meteorológicos del proyecto

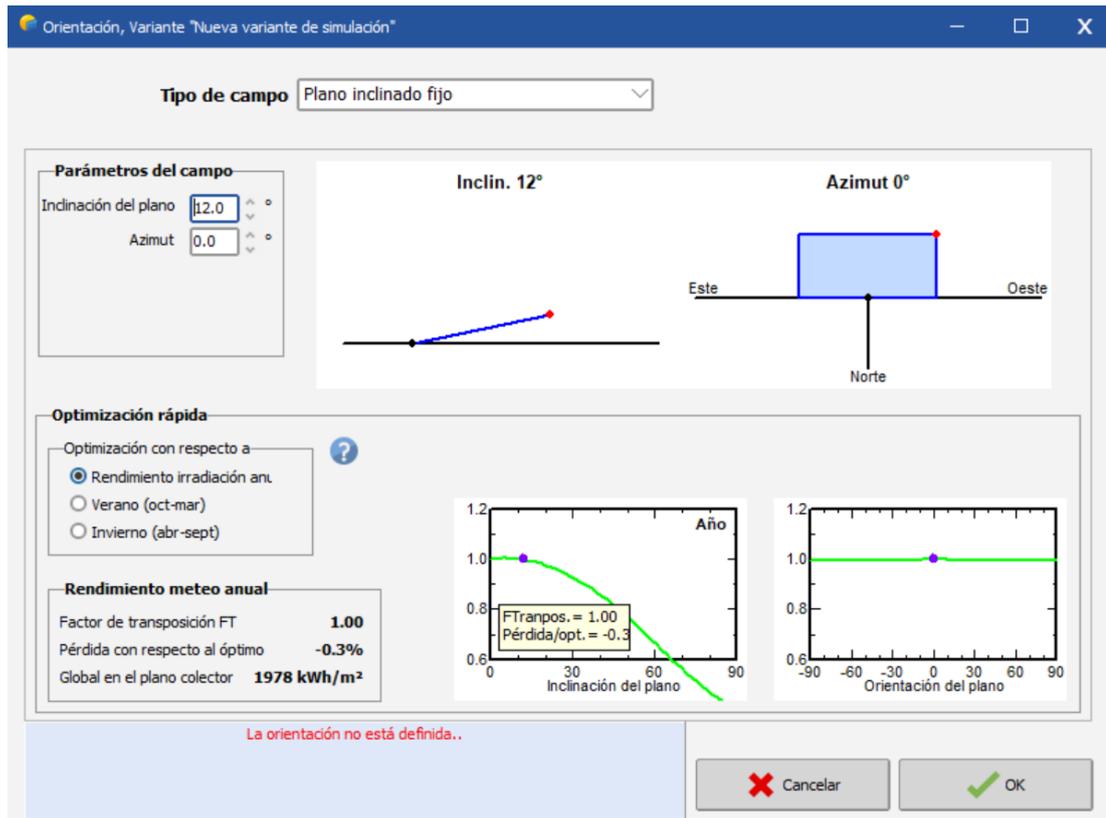


Nota: Datos meteorológicos mensuales del proyecto Fuente: Autor

La figura 36. Muestra que la irradiación horizontal global promedio del proyecto es de 5.43 kWh/m<sup>2</sup>/día, la radiación difusa horizontal promedio es de 1.98 kWh/m<sup>2</sup>/día y la temperatura promedio de 24.5 °C. La siguiente imagen también muestra los meses con mayor periodo de radiación global siendo marzo y abril y meses con menor periodo de radiación siendo junio, julio y agosto.

Como siguiente etapa, el software solicita especificar la orientación de los módulos fotovoltaicos en función al recorrido solar. El sistema muestra algunos tipos de inclinación considerando el Azimut 0°, teniendo como opciones la orientación fija, o rastreo por eje como lo muestra la figura número 37.

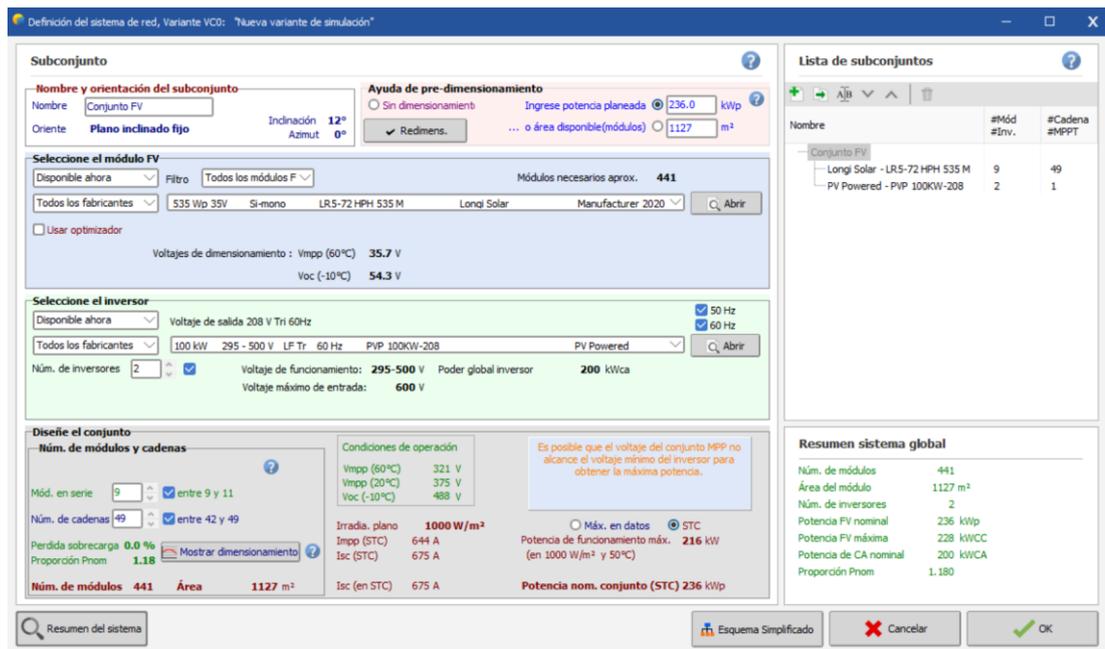
Figura 37. Orientación de los módulos fotovoltaicos



Nota: Definición de la inclinación del módulo fotovoltaico en función a la trayectoria del sol Fuente: Autor

El sistema propuesto tiene una inclinación de 12° orientados de Este a oeste, siendo el este la trayectoria de partida del recorrido solar en horario diurno y el oeste la trayectoria de retorno en horario vespertino, el centro comercial al no tener edificios cercanos a este con alturas que superen los 10 metros, este no contara con incidencia de sobra. Sin embargo, al no ser un sistema ideal, contra con una pérdida del 0.3 % con respecto al óptimo en función de la captación de la radiación solar.

Figura 38. Interfaz de selección de equipos para sistema fotovoltaico



Nota: Selección del sistema por potencia planteada o área del generador fotovoltaico en metro cuadrado  
Fuente: Autor

La figura 38. Muestra un resumen del sistema indicando que para una capacidad de 236 kW, se necesitan 441 módulos de 535W y 3 inversores de 100KW.

El sistema compila la información del conjunto fotovoltaico y muestra un análisis anual de la energía producida por el sistema, como lo detalla la figura 39.

Figura 39. Balances de producción de energía generador solar

Nueva variante de simulación								
Balances y resultados principales								
	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	°C	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	proporción
Enero	184.1	61.07	24.62	166.8	162.5	34025	32753	0.833
Febrero	160.4	60.48	24.95	151.7	148.5	30925	29743	0.831
Marzo	188.2	66.03	24.87	186.2	182.9	37586	36167	0.823
Abril	185.1	55.20	25.08	192.5	189.6	38794	37332	0.822
Mayo	177.9	51.77	25.13	192.3	189.4	38951	37473	0.826
Junio	147.9	51.60	24.72	162.9	160.3	33578	32318	0.841
Julio	135.2	57.35	24.56	146.2	143.8	30199	29031	0.841
Agosto	140.1	62.62	24.38	146.9	144.6	30358	29177	0.842
Septiembre	152.4	66.00	24.26	153.6	150.9	31505	30262	0.835
Octubre	157.8	70.06	24.08	152.2	149.0	31195	29938	0.834
Noviembre	170.4	61.80	23.69	156.6	152.7	32124	30862	0.835
Diciembre	184.1	59.21	24.19	165.2	160.9	33726	32423	0.832
Año	1983.7	723.19	24.54	1973.0	1935.1	402966	387481	0.832

Nota: Resultados generales de la producción y perdidas del generador fotovoltaico Fuente: Autor

La figura 39. Muestra la producción de energía anual proyectada por el sistema fotovoltaico, teniendo está una capacidad de 402966 KWh, un rendimiento del 83.20% y manejando una temperatura promedio de operación de 24.54 °C.

El sistema muestra un detalle de las horas sol pico en que el sistema obtendrá el mayor aprovechamiento energético, como se muestra en la figura 40.

Figura 40. Periodo horario con mayor captación solar

Nueva variante de simulación																								
Sumas mensuales por hora para E_Grid [MWh]																								
	0H	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	11H	12H	13H	14H	15H	16H	17H	18H	19H	20H	21H	22H	23H
Enero	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	4	5	4	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	4	4	4	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4	5	5	5	4	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	0	0	0	1	3	4	5	5	5	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	1	3	4	5	5	5	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	4	4	4	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	4	4	4	3	3	2	1	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	4	4	4	3	3	2	1	0	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	4	4	4	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	4	4	4	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	4	4	4	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	4	5	4	4	3	2	0	0	0	0	0	0	0
Año	0	0	0	0	0	0	0	11	26	39	48	52	53	50	45	35	22	8	0	0	0	0	0	0

Nota: Periodos con mayor índice de producción por horas de captación de irradiancia solar global Fuente: Autor

La figura 40 muestra que, en un periodo de 24 horas al día, en la provincia de Santa Elena, y la posición geo referenciada del proyecto, en horarios de 11:00 a 14:00, el sistema tiene mayor captación de radiación solar global. Siendo los meses con mayor irradiación enero, febrero, marzo y abril.

## Capítulo V: ANÁLISIS ECONÓMICO

### 5.1. Generalidades del análisis económico

Este capítulo analiza la relación costo-beneficio del proyecto desde una perspectiva tanto técnica como económica, mediante un análisis de variables que considera las ventajas propuestas en comparación con los costos del proyecto, con el objetivo de determinar si el proyecto es rentable. Para ello, es necesario conocer el costo de implementación del proyecto, así como los costos indirectos en caso de que existan.

### 5.2. Presupuesto Eléctrico

El presupuesto forma parte de un análisis técnico económico, en función del monto total y los beneficios del proyecto. Los proyectos de carácter renovable son catalogados como proyectos con retorno de inversión mediante la reducción del valor de la planilla de energía emitida por las empresas distribuidoras y otras exoneraciones con beneficios económicos que suman al proyecto.

El presupuesto muestra el suministro, instalación y mantenimiento de un sistema solar fotovoltaico interconectado a la red y a su vez la construcción de un galpón en el área de parqueo para soportar el conjunto fotovoltaico, como se ve reflejado en la tabla 6.

Tabla 6. Presupuesto referencial sistema fotovoltaico de 236kW

ÍTE M	DESCRIPCIÓN	UNIDA D	CANTIDA D	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Panel solar Monocristalino 535W	U.	552	\$ 251,55	\$ 138.855,60
2	Inversor solar industrial 100 kWh Input 1000 Vdc Output 440 V	U.	3	\$ 9.301,50	\$ 27.904,50
3	Soportería incluye: - Riel aluminio 336 u. - Conector Riel, 288 u. - Anclaje tipo teja 1008 u. - Grapa Final 96 u. - Grapa media 288 u. - Grapa puesta tierra 24 u. - Otros	GLB.	1	\$ 28.113,70	\$ 28.113,70
4	Conectores MC4 Par Macho/hembra	U.	30	\$ 6,44	\$ 193,05
5	Acometida DC 2#10 desde Panel hasta inversor	M	240	\$ 4,68	\$ 1.123,20

6	Elementos de sujeción acometida	U	2	\$ 16,38	\$ 16,38
7	Acometida AC 3x(#1/0+N#2+T#4) AWG desde Inversor hasta Transformador	M	10	\$ 117,80	\$ 1.177,96
8	Transformador Seco 350KVA 440 V/220V trifásico.	U	1	\$ 16.660,00	\$ 16.660,00
7	Acometida AC 2X(3#300MCM+N#300MCM ) +T#300MCM AWG desde Transformador hasta TDP	M	10	\$ 284,31	\$ 2.843,10
8	Mano de obra incluye: - Andamio - Montaje de Paneles y soporteria - Montaje de inversor - Instalación de acometidas	U	1	\$ 31.500,00	\$ 31.500,00
9	Diseño eléctrico y gestión con CNEL EP incluye: - Memoria Técnica - Diagrama unifilar - Diseño eléctrico - Producción del sistema - Estudio de sistema puesta a tierra	U	1	\$ 1.050,00	\$ 1.050,00
10	Informe técnico estructural	u	1	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00
<b>SUBTOTAL:</b>					<b>\$ 251.437,48</b>
<b>IVA 15%:</b>					<b>\$ 13.796,83</b>
<b>TOTAL:</b>					<b>\$265.234,31</b>

*Nota: el presupuesto contempla indirectos Fuente: Autor, 2023*

La tabla 6, realizo un detalle del presupuesto eléctrico, donde los rubros más altos fueron el suministro de paneles fotovoltaicos con 138.855.60 dólares, el rubro mano de obra con 31.500.00 dólares, informe técnico estructural 2.000 dólares y se considera un rubro de diseño, puesto que la empresa distribuidora primero debe aprobar el diseño eléctrico para la entrega de un permiso como Cliente de generador de autoconsumo, por tanto, este tendrá un monto de 1050 dólares, y finalmente el presupuesto referencial queda con un valor de 265.234,31 dólares, es considerado como un proyecto de largo plazo por el monto económico y el tipo de sistema.

### **5.3. Tiempo de ejecución**

El proyecto, por su magnitud tiene un tiempo estimado para las fases de suministro, instalación y puesta en marcha de 120 días (4 meses), siendo los primeros 30 días considerados para el suministro de equipos y materiales, logística y gestión administrativa previo a una firma o aprobación del proyecto. Se designarán 50 días en la implantación de soportaría mecánica, 20 días para el montaje y conexión de 552 paneles, los últimos 20 días para la conexión con los inversores, pruebas y puesta en marcha.

### **5.4. Beneficios Técnicos**

- Energía obtenida por la radiación solar global.
- No contamina el medio ambiente.
- Ahorro energético.
- Estructuras de aluminio flexibles y anticorrosivas.
- Vida útil de 25 años.

#### **5.4.1. Regulación ARCERNNR 08/2023 Normativa para la generación distribuida de autoabastecimiento**

La resolución ARCERNNR 08/2023 es una actualización de la regulación ARCERNNR 01/21. Esta nueva normativa amplía el límite de capacidad instalada para la microgeneración, estableciendo un máximo de hasta 2 MW. Además, define los procedimientos para la instalación de un Sistema de Generación Distribuida de Autoabastecimiento (SGDA) y aborda la facturación neta según el comportamiento del cliente, tanto para aquellos con generación en el mismo predio como para los que la tienen en un predio diferente, pero pertenecen al mismo usuario.

## **CONCLUSIONES**

El centro comercial Terminal Terrestre Sumpa de la provincia de Santa Elena, con un área de 3309,23 m<sup>2</sup>, cuenta con el espacio físico suficiente para la implementación de un sistema fotovoltaico de 236 kW.

El diseño Fotovoltaico propuesto fue de 236 kW, compuesto con 552 paneles fotovoltaicos, 3 inversores de 100KW en paralelismo, que operaran a un 78,68% de su capacidad nominal y un transformador reductor de 350KVA 440/220 V - 3F cuya acometida en baja tensión se acoplara al sistema eléctrico del predio.

El proyecto tiene una inversión inicial de 265.234.48 dólares; sin embargo, este proyecto por su tecnología es considerado como un proyecto de inversión a largo plazo, mediante la disminución de la planilla de consumo eléctrico.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar un estudio energético del Centro Comercial Terminal Terrestre Sumpa con el objeto de adaptar nuevas tecnologías que brinden el máximo confort minimizando el consumo.

Se sugiere llevar a cabo un estudio del nivel de impacto ambiental para evaluar de manera cuantificable la cantidad de impactos concurrentes en relación con el tiempo de desarrollo del proyecto y las medidas correctivas necesarias.

Se recomienda realizar un estudio sobre los beneficios potenciales de la implementación de hidrógeno verde en conjunto con el sistema fotovoltaico propuesto, tanto como fuente de energía térmica como para almacenamiento de energía.

## Bibliografía

- Angulo, A., & Chamba, M. (2024). *Análisis de la Penetración de Energías Renovables en la confiabilidad de los sistemas eléctricos utilizando simulación de Montecarlo*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Balarezo, A. (2001). *Diseño y construcción de un inversor bifásico con IGBTs*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.
- Cervantes, J. (2002). *Protección de sistemas Electricos*. Mexico: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Córdova, I. (2019). *Microgeneración fotovoltaica con el software PVSYST en el centro poblado San Marcos – Lambayeque*. Peru: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Criollo, F. (2022). *Estudio de factibilidad del diseño de un sistema generación de energía fotovoltaica para bombeo de agua Isla de Muisne, de la provincia de Esmeraldas*. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Criollo, X., & Quezada, C. (2011). *Diseño de una mini central de energía hidroeléctrica en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Cuenca*. Cuenca: Universidad Politecnica Salesiana.
- CSB. (2014). *Baterías de alta autonomía*. China: CSB Energy Technology Co., Ltd.
- DEHN. (2012). *Tomas de tierra de profundidad*. Alemania.
- Dután, G. (2019). *Impacto sobre las protecciones eléctricas al instalar sistemas solares fotovoltaicos en una red de distribución con nivel de potencia de 0.460 kWh*. Cuenca: Universidad Católica de Cuenca.
- Erazo, O. (2022). *Proyecto para la instalación y equipamiento eléctrico fotovoltaico para el suministro de energía solar para 26 viviendas en el recinto Estero de Dama Alto de la provincia de los Ríos*. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Fernández, M., & León, K. (2021). *Diseño de un sistema fotovoltaico e interconectado a la red para la reducción del costo de energía eléctrica de la empresa Motorex S.A. – 2021*. Peru: Universidad Nacional de Callao.

- Franco, J. (2014). *Propuesta para el mejoramiento de un sistema puesta a tierra del centro de computo Banco Internacional de la ciudad de Guayaquil*. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Frias, T. (2012). *COLECTOR TÉRMICO FOTOVOLTAICO INTERCONECTADO A LA RED*. Mexico: Universidad Tecnológica de Tula-Tepeji.
- Hernandez, L. (1987). *Estudio de una central geotérmica*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.
- Herrera, G. (2023). *Diseño de un sistema fotovoltaico aislado para mejorar el suministro eléctrico de la institución educativa Señor Cautivo del centro poblado Angash, Jaén, 2022*. Peru: Universidad Cesa Vallejo.
- IEEE. (2000). *Sistema puesta a tierra*. Instituto de Ingenieros Electricos y Electronicos.
- Izaguirre, C. (2015). *ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA CON MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA EN UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA*. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Jimenez, X. (2008). *SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS: FUNDAMENTOS, TECNOLOGÍAS Y APLICACIONES*. España: Editor Antonio Madrid Vicente.
- Larrea, M. (2015). *Modelo de gestión para seleccionar las tecnologías de energías renovables apropiadas para el archipiélago Galápagos en la isla Santa Cruz*. San Cristóbal: Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Lavende, L. (2008). *Diseño y contruccion de un sistema de enfriamiento para activacion de baterias utilizadas en submarinos de la armada nacional del ecuador*. Guayaquil: Universidad Superior Politecnica del Litoral.
- Lema, E. (2018). *Diseño del sistema de generación eléctrica conectado a la red utilizando paneles fotovoltaicos para el autoconsumo del complejo deportivo PLATAFORMA DEPORTIVA ubicada en el cantón Latacunga Provincia de Cotopaxi*. Ambato: Universidad Tecnica de Cotopaxi.
- Lopez, G., & Guananga, M. (2017). *Diseño y construcción de un sistema fotovoltaico de baja potencia en el sector Rio Blanco perteneciente a la comunidad Yatzaputzan*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.

- Mayorga, A., & Cristobal, A. (s.d.). *Diseño de un aerogenerador de baja potencia en la comunidad de Río Blanco, provincia de Tungurahua.*
- Muñoz, J., & Torres, M. (2022). *Factibilidad tecnico-economica de un sistema solar fotovoltaico of grid para el suministro electrico residencial en el sector la virginia de la ciudad de quevedo.* Quevedo: Universidad Estatal de Quevedo.
- Navas, L. (2009). *Fundamentos de energía solar fotovoltaica para los grados de titulaciones científico-técnicas.* España: Universidad Europea Miguel de Cervantes.
- Peña, D. (2020). *UBICACIÓN ÓPTIMA DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN.* Quevedo: Universidad Estatal de Quevedo.
- Pilco, B., & Caiza, A. (2022). *Evaluación de la red electrica subterranea en media y baja tension del sistema de transformación para el alumbrado publico de la "urbanización Consorcio Habitacional Colinas del Sur" localizado en el cantón Salcedo.* Ambato: Universidad Tecnica de Cotopaxi.
- Pilco, F. (2018). *Análisis y modelado de baterías de Ion Litio para vehículos eléctricos.* Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Pine, W. (2022). *Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de Refinería La Libertad, en la provincia de Santa Elena.* Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Pozo, M., & Paredes, L. (s.d.). Movilidad Eléctrica y Eficiencia Energética en el Sistema de Transporte Público del Ecuador, un Mecanismo para Reducir Emisiones de CO<sub>2</sub>. *Revista Técnica energía*, 1-9.
- Quisppe, L. (2024). Análisis comparativo de las tecnologías de inversores On Grid utilizados en sistemas conectados a la Red. *Tesla*, 1-12.
- Ramirez, F. (2023). *Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red en una vivienda-taller de carpintería ubicada en la ciudad de Loja.* Loja: Universidad Nacional de Loja.
- Rodriguez, J., & Mogrovejo, W. (2020). *Almacenamiento de energía mediante baterías para aliviar la curva de demanda del alimentador 0524.* Cuenca: Universidad de Cuenca.

- Rodriguez, R., & Chimbo, M. (2017). *Aprovechamiento de la energía undimotriz en el Ecuador*. Guayaquil: Universidad Politecnica Salesiana.
- Rosero, J., & Sotomayor, J. (2021). *Análisis y diseño de un sistema fotovoltaico aislado para alimentacion automatica AQ1 SYSTEM en la industria de cultivo acuícola*. Guayaquil: Universidad Politecnica Salesiana.
- Rossi, D. (2021). *Estudio comparativo entre baterías Gel y LFP, proyecto fotovoltaica off grid - distrito Napo 2020*. Napo: Universidad San Pedro.
- Sacon, M., & Vera, C. (2023). *SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AISLADO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN LA COMUNIDAD RURAL MOCOCHAL, CALCETA*. Manabi: Escuela Superior Politecnica Agropecuaria de Manabi Manuel Felix Lopez.
- Salazar, G. (2014). Análisis de la Evolución de la Demanda Eléctrica en el Ecuador Considerando el Ingreso de Proyectos de Eficiencia Energética. *Revista Politecnica*, 1-10.
- Salcedo Carlos, H. V. (2011). *Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en el Departamento de Turismo del Ilustre Municipio de Baños de Agua Santa*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Suquillo, I., & Oña, C. (2020). *Simulación de un sistema de generación fotovoltaico aislado para zonas rurales del Ecuador*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.

# ANEXOS

Anexo 1. Regulación ARCONEL 03/18

Resolución No. ARCONEL-042/18

AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ELECTRICIDAD



## CAPÍTULO II – CONDICIONES GENERALES PARA LA PARTICIPACIÓN DE CONSUMIDORES CON $\mu$ SFV

Los consumidores interesados en instalar un SFV, deberán observar las disposiciones relacionadas con el proceso de conexión y autorización de operación, tratamiento comercial, mecanismo de liquidación de la energía, entre otros, que se describen en esta Regulación.

### 12 TRATAMIENTO COMERCIAL DE LA ENERGÍA PRODUCIDA POR SISTEMAS FOTOVOLTAICOS $\mu$ SFV DE BAJA CAPACIDAD

La energía producida por el consumidor con  $\mu$ SFV estará destinada únicamente al autoconsumo de la vivienda y/o edificación donde va a instalarse. En caso de que eventualmente se produzcan excedentes de energía, éstos podrán ser entregados a la red de baja o media tensión de la empresa de distribución, según corresponda, y su liquidación se realizará a través de un mecanismo de balance mensual neto de energía, conforme al siguiente esquema:

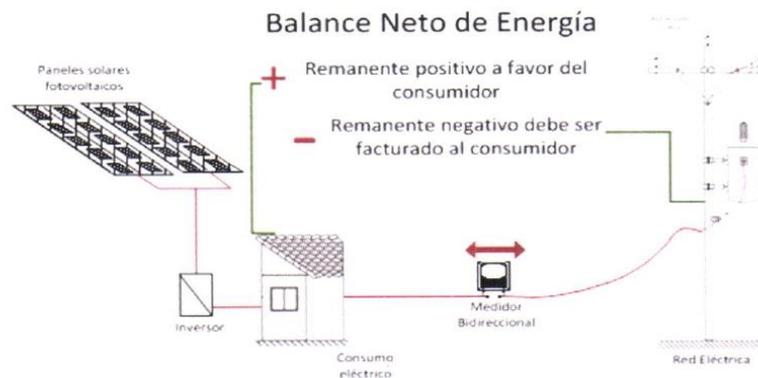


Figura 2. Balance Neto

La empresa de distribución realizará mensualmente el balance económico de la energía entregada y consumida para la facturación al consumidor, para lo cual tomará en consideración el registro de los flujos de energía inyectada y consumida del equipo de medición.

La aplicación de las condiciones establecidas en la presente Regulación será posible para un (1) solo  $\mu$ SFV por inmueble.

#### 12.1 LIQUIDACIÓN DE LA ENERGÍA ENTREGADA A LA RED DE LA EMPRESA DE DISTRIBUCIÓN

La empresa de distribución deberá realizar el balance neto mensual de la energía entregada y consumida por el consumidor con  $\mu$ SFV dentro de los diez (10) primeros

Sesión de Directorio de 22 de octubre de 2018  
Página 11 de 41



## CAPÍTULO II – CONDICIONES GENERALES PARA LA PARTICIPACIÓN DE CONSUMIDORES CON $\mu$ SFV

Los consumidores interesados en instalar un SFV, deberán observar las disposiciones relacionadas con el proceso de conexión y autorización de operación, tratamiento comercial, mecanismo de liquidación de la energía, entre otros, que se describen en esta Regulación.

### 12 TRATAMIENTO COMERCIAL DE LA ENERGÍA PRODUCIDA POR SISTEMAS FOTOVOLTAICOS $\mu$ SFV DE BAJA CAPACIDAD

La energía producida por el consumidor con  $\mu$ SFV estará destinada únicamente al autoconsumo de la vivienda y/o edificación donde va a instalarse. En caso de que eventualmente se produzcan excedentes de energía, éstos podrán ser entregados a la red de baja o media tensión de la empresa de distribución, según corresponda, y su liquidación se realizará a través de un mecanismo de balance mensual neto de energía, conforme al siguiente esquema:

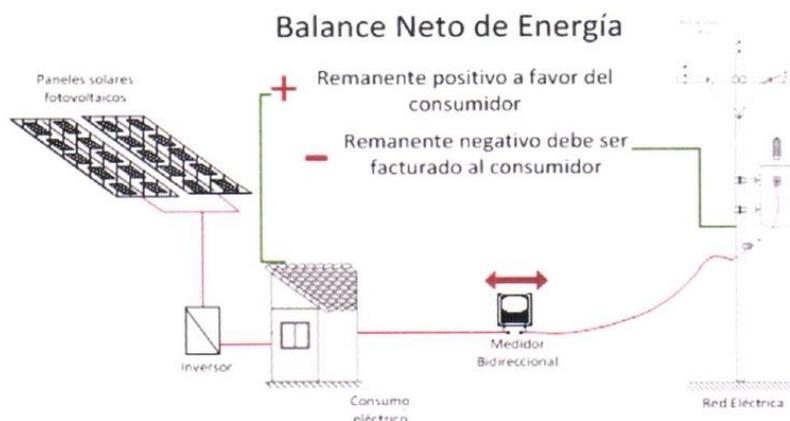


Figura 2. Balance Neto

La empresa de distribución realizará mensualmente el balance económico de la energía entregada y consumida para la facturación al consumidor, para lo cual tomará en consideración el registro de los flujos de energía inyectada y consumida del equipo de medición.

La aplicación de las condiciones establecidas en la presente Regulación será posible para un (1) solo  $\mu$ SFV por inmueble.

#### 12.1 LIQUIDACIÓN DE LA ENERGÍA ENTREGADA A LA RED DE LA EMPRESA DE DISTRIBUCIÓN

La empresa de distribución deberá realizar el balance neto mensual de la energía entregada y consumida por el consumidor con  $\mu$ SFV dentro de los diez (10) primeros





días laborables del mes siguiente de la operación del  $\mu$ SFV, en base al reporte de la energía consumida y entregada que registre el equipo de medición, según la siguiente expresión:

$$\Delta E = (\text{Energía consumida de la red} - \text{Energía inyectada en la red})$$

$\Delta E$ : Resultado del balance neto  $< 0$ ; remanente negativo

$\Delta E$ : Resultado del balance neto  $> 0$ ; remanente positivo

En el caso en que el resultado del balance mensual neto de energía, exista un remanente negativo a facturar al consumidor, la empresa de distribución valorará la energía consumida a la tarifa correspondiente del pliego tarifario aprobado por ARCONEL y será facturada al consumidor con  $\mu$ SFV, conforme lo establece el contrato de suministro.

El remanente negativo a facturar al consumidor no estará sujeto al subsidio de la tarifa dignidad ni subsidio cruzado.

Por el contrario, en el caso eventual en que el resultado del balance mensual neto de energía, exista un remanente positivo de energía entregada a la red a favor del consumidor con  $\mu$ SFV, esta energía se considerará como crédito de energía a favor del consumidor que se pasa al siguiente mes y así sucesivamente, hasta un periodo máximo de reseteo.

El periodo para resetear el crédito energético es de dos años a partir de la fecha de la autorización de operación del  $\mu$ SFV, luego de lo cual empieza nuevamente un similar mecanismo desde cero, hasta que exista una causal de desconexión del  $\mu$ SFV o se cumpla el plazo de operación.

Para cualquiera de los dos casos la facturación por parte de la empresa distribuidora debe considerar:

- Los consumidores con  $\mu$ SFV conectados en baja o media tensión que cuenten con tarifa con demanda o demanda horaria, cancelarán los cargos por potencia establecidos en el pliego tarifario, conforme a la categoría establecida por la distribuidora, para ello la distribuidora deberá asumir que el consumidor no cuenta con un  $\mu$ SFV, es decir que para la determinación de cálculos para estos cargos, se asumirá que el consumidor no está generando para su abastecimiento con el  $\mu$ SFV.
- Los consumidores con  $\mu$ SFV deberán cancelar mensualmente el cargo de comercialización
- El consumidor con  $\mu$ SFV está en la obligación de cancelar la tarifa de servicio de alumbrado público general en función de su consumo mensual total
- El consumidor con  $\mu$ SFV deberá cancelar los rubros de basura y bomberos, en función de las ordenanzas emitidas para el efecto.



## Artículo 9 PROCEDIMIENTO PARA OBTENER LA FACTIBILIDAD DE CONEXIÓN

### 9.1 Solicitud de factibilidad de conexión de una SGDA

El trámite de solicitudes de factibilidad de conexión, para proyectos de generación distribuida que vayan a ser desarrollados por los proponentes, se sujetará a las siguientes disposiciones:

- a) El Proponente solicitará la factibilidad de conexión a la Distribuidora respectiva, presentando la información establecida en el formulario del ANEXO 1.
- b) En este formulario se consignan los datos generales del Proponente, del SGDA y se identifica el punto de la red eléctrica donde se prevé conectar la SGDA.
- c) En el formulario la Distribuidora hará constar la fecha de recepción del mismo, y asignará a la solicitud un Código Único de Trámite, con el cual el Proponente podrá realizar las consultas y seguimiento sobre el estado de avance de su solicitud.

### 9.2 Factibilidad de conexión para SGDA Categoría 1

Para solicitudes de factibilidad de conexión de SGDA de potencias nominales señaladas en la Tabla N.1, que requieran conectarse en sincronismo con la red de distribución, la Distribuidora, a partir de la recepción del formulario ANEXO 1, procederá conforme a lo siguiente:

Tabla No. 1 Potencias nominales de las SGDA Categoría 1.

Voltaje de conexión	Potencia Nominal
Bajo	≤ a 10 kW monofásica
	≤ a 20 kW bifásica
	≤ a 30 kW trifásica

- a) Luego de recibida la solicitud de parte del Proponente, la Distribuidora dispondrá de un término de cinco (5) días para aceptar a trámite la solicitud, en caso de que esta requiera información adicional notificará al Proponente por escrito, el cual tendrá un término de cinco (5) días para completar la información, en caso de no hacerlo se dará por terminado el trámite.
- b) Una vez aceptada a trámite la solicitud, la Distribuidora, dentro de un término de quince (15) días adicionales, realizará los análisis técnicos respectivos de tal forma que la operación de la futura SGDA no afecte a la calidad del servicio eléctrico y otorgará la factibilidad de conexión del proyecto al Proponente.
- c) En la factibilidad de conexión, se establecerá el esquema de conexión y las condiciones de operación que deberá cumplir la SGDA en régimen de operación normal y de falla de la red de distribución.

Los costos que impliquen las adecuaciones y/o modificaciones de la red de distribución estrictamente necesarias para la conexión de la SGDA, serán asumidos por el Proponente del proyecto.

Sesión Electrónica de Directorio de 05 de abril de 2021

8

- Dimensionamiento del SGDA;
  - Especificaciones del equipamiento del SGDA;
  - Diagrama unifilar de la instalación;
5. Diseño de las obras y/o adecuaciones a la red de distribución que se deberán implementar para poder conectar la SGDA al sistema de distribución;
  6. Esquema de conexión, seccionamiento y protecciones
  7. Cronograma de ejecución del proyecto del SGDA;
  8. Autorización del uso del agua emitido por la autoridad competente en los casos que aplique;
  9. Estar al día en los pagos a la Distribuidora del SPEE y SAPG de todos los suministros de energía eléctrica a nombre del consumidor;
- b) La Distribuidora, en un término de treinta (30) días contados a partir de la entrega de todos los documentos descritos en el literal a), verificará que los mismos estén completos. En caso de que los requisitos entregados no estén completos, informará al Proponente sobre las aclaraciones, alcances o ajustes que se requieran realizar a tales documentos. En caso de que la Distribuidora no emita observaciones continuará con las siguientes etapas para la emisión del Certificado de Calificación.
- c) Las aclaraciones, alcances o ajustes requeridos por la Distribuidora, referidos en el literal b), serán atendidos por el Proponente dentro de un término de quince (15) días contados a partir de su notificación; de no existir respuesta del Proponente dentro del señalado término, la Distribuidora dará por terminado el trámite y le comunicará oficialmente al Proponente.
- d) Una vez entregados los documentos a satisfacción de la Distribuidora, ésta, dentro de un término adicional de quince (15) días, elaborará el informe de aprobación y emitirá el Certificado de Calificación respectivo, de acuerdo al formato establecido en el ANEXO 2.
- e) El plazo de vigencia del Certificado de Calificación será igual al tiempo de vida útil de la SGDA, dependiendo de la tecnología de generación, de acuerdo a lo establecido en la Tabla N.2.
- f) Seis meses previos a la terminación del plazo de vigencia del Certificado de Calificación, el consumidor podrá actualizar la documentación indicada en el artículo 10, para renovar el Certificado de Calificación de su SGDA.

Tabla No. 2 Vidas útiles aplicables a cada tecnología de generación eléctrica.

<b>Tecnología</b>	<b>Vida Útil (años)</b>
Fotovoltaica	25
Eólica	25
Biomasa	20
Biogás	20
Hidráulica	30

concepto del análisis de la factibilidad de conexión, conexión a la red de distribución, peajes y por el otorgamiento del Certificado de Calificación.

## **CAPÍTULO V OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

### **Artículo 16 REQUISITOS OPERATIVOS**

Las SGDA's serán autodespachadas y cumplirán las disposiciones operativas dispuestas por la Distribuidora.

El cumplimiento de los parámetros de calidad de producto del SGDA es de responsabilidad del consumidor propietario del SGDA y el control de dicho cumplimiento estará exclusivamente a cargo de la Distribuidora.

En caso de que la Distribuidora detectare que un SGDA está incumpliendo los parámetros de calidad de producto definidos por esta, o su operación está afectado a la red, de distribución, dispondrá al consumidor la suspensión de la operación de la SGDA, hasta que dichos parámetros se encuentren dentro de los límites permitidos, debiendo notificar a la Distribuidora las acciones correctivas realizadas.

Para la puesta en servicio de la SGDA, operación normal, respuesta a condiciones anormales de operación, requisitos para la calidad de producto, condiciones de operación en isla, monitoreo y control, se podrá tomar como referencia la norma IEEE Std. 1547 en lo que sea aplicable.

El propietario de la SGDA, es el responsable de la operación segura y confiable de la SGDA y de los equipos del campo de conexión, de tal forma que las maniobras de conexión y su operación no afecten la calidad del servicio eléctrico y la seguridad de la operación del sistema de distribución.

El propietario de la SGDA es adicionalmente responsable de daños derivados de la operación de la SGDA que afecten a la seguridad de personas y a bienes de terceros.

### **Artículo 17 GESTIÓN DE MANTENIMIENTOS Y REVERSIÓN DE BIENES.**

Es responsabilidad del consumidor: planificar, financiar y ejecutar los mantenimientos de las SGDA's, equipos e instalaciones asociadas, en coordinación con la Distribuidora.

Los activos de las SGDA de propiedad de consumidores no serán revertidos al Estado ecuatoriano al terminar el plazo de vigencia del Certificado de Calificación, se procederá con su desconexión.

## **CAPÍTULO VI BALANCE DE ENERGÍA, MEDICIÓN y FACTURACIÓN**

### **Artículo 18 BALANCE DE ENERGIA**

La energía producida por un SGDA tendrá como objetivo principal el autoabastecimiento de la demanda de energía eléctrica asociada a una cuenta contrato del consumidor. Si por

Sesión Electrónica de Directorio de 05 de abril de 2021

14

condiciones operativas de la SGDA o por variación del consumo se presentaren eventuales excedentes de energía, estos se inyectarán a la red de distribución y su tratamiento por parte de la Distribuidora se sujetará a las siguientes disposiciones.

### 18.1 Consumidores con tarifa residencial y general sin demanda

Para un consumidor que tenga asignada una tarifa sin demanda de acuerdo al pliego tarifario del SPEE vigente, se considerará lo siguiente:

La Distribuidora mediante el sistema de medición respectivo, determinará el balance de energía neto mensualmente, entre la energía consumida desde la red de distribución y la energía inyectada por el SGDA y calculará la energía neta  $ENET_i$ :

$$ENET_i = ERED_i - EINY_i \quad (1)$$

Donde:

$ENET_i$	Energía neta en el periodo mensual de consumo $i$ (kWh)
$ERED_i$	Energía consumida desde la red de distribución en el periodo mensual de consumo $i$ (kWh)
$EINY_i$	Energía inyectada por la SGDA en el periodo mensual de consumo $i$ (kWh)

a) Si  $ENET_i \leq 0$ , la Distribuidora facturará al consumidor por concepto de energía consumida, con valor cero;  $EF = 0$ , además:

$$CEM_i = |ENET_i| \quad (2)$$

Donde:

$CEM_i$	Crédito de Energía a favor del consumidor obtenido en el mes $i$ (kWh)
---------	--

b) Si  $ENET_i > 0$ , en este caso el  $CEM_i = 0$ , por no haber un saldo a favor del consumidor en el mes  $i$ .

La Distribuidora verificará si el consumidor dispone de un saldo total acumulado de energía a su favor en el mes anterior  $SEA_{(i-1)}$ ; si es así, se debitará parte o la totalidad del  $SEA_{(i-1)}$ , para cubrir el  $|ENET_i|$  del mes  $i$ .

$SEA_{i-1}$	Saldo total acumulado de energía disponible del consumidor en el mes anterior $(i-1)$ (kWh). $SEA_0 = 0$
$EF_i$	Energía Facturable correspondiente al mes $i$

Si con el  $SEA_{(i-1)}$  disponible se logra cubrir la totalidad del  $|ENET_i|$ , en el mes de consumo  $i$ , la energía facturable en el mes  $i$  será cero;  $EF=0$ , caso contrario se le facturará el saldo de energía restante aplicando la tarifa correspondiente del Pliego Tarifario del SPEE.

Se actualizará el  $SEA_i$  mensualmente sobre la base de los créditos generados y valores devengados para cubrir el  $|ENET_i|$ , para considerarlo en el cálculo de la energía facturable del mes siguiente.

A partir del inicio de la operación de la SGDA, cada 24 meses el SEA se reseteará a cero, sin que la Distribuidora tenga derecho otorgar una compensación económica por dicha energía.

El consumidor que cuente con una SGDA cancelará mensualmente el cargo de comercialización, sobre la base de lo establecido en el pliego tarifario vigente.

La factura mensual que emita la Distribuidora deberá adjuntar una tabla en la que conste los siguientes valores:  $ERED_i$ ,  $EINY_i$ ,  $ENET_i$ ,  $CEM_i$  y  $SEA_i$  correspondientes a los doce periodos de consumo anteriores, tomando como referencia el ANEXO 4 de esta Regulación.

### 18.2 Consumidores con tarifa general con demanda

Para un consumidor que tenga asignada una tarifa con demanda de acuerdo al pliego tarifario del SPEE vigente, se considerará lo siguiente:

El cálculo de la energía facturable mensual se realizará en conformidad a lo establecido en el artículo 18.1.

Además, independiente del valor mensual por energía que le sea facturado al consumidor, la Distribuidora le facturará mensualmente el cargo por demanda y el cargo de comercialización, sobre la base de lo establecido en el pliego tarifario del SPEE vigente.

A partir del inicio de operación del SGDA, la demanda facturable mensual corresponderá a la demanda máxima registrada en el mes de consumo por el respectivo medidor de demanda y corresponderá a aquella que fue requerida por el consumidor de la red de distribución.

### 18.3 Consumidores con tarifa general con demanda horaria

Para un consumidor que tenga asignada una tarifa con demanda horaria, de acuerdo al pliego tarifario del SPEE vigente, se considerará lo siguiente:

La Distribuidora mediante el sistema de medición respectivo, determinará el balance neto de energía mensualmente, entre la energía mensual consumida desde la red de distribución y la energía inyectada por el SGDA, en cada uno de los periodos de demanda horaria aplicables al consumidor, según el pliego tarifario del SPEE vigente.

Sobre la base de la energía consumida de la red e inyectada por el SGDA en el mes  $i$ , en cada periodo de demanda, la Distribuidora calculará la Energía Equivalente Inyectada por el SGDA ( $EEINY_i$ ) y la Energía Equivalente Consumida de la red por el consumidor ( $EERED_i$ ) aplicando las siguientes fórmulas:

Sesión Electrónica de Directorio de 05 de abril de 2021

16

$$EEINY_i = \sum_{k=1}^n (EINY_k \times T_k) / Tm_i \quad (3)$$

$$EERED_i = \sum_{k=1}^n (ERED_k \times T_k) / Tm_i \quad (4)$$

$$ENETE_i = EERED_i - EEINY_i \quad (5)$$

Donde:

$EEINY_i$	Energía Equivalente Inyectada por el SGDA en el mes $i$ (kWh)
$EERED_i$	Energía Equivalente Consumida de la red en el mes $i$ (kWh)
$Tm_i$	Mayor de los cargos tarifarios horarios de los periodos de demanda aplicables al consumidor en el mes $i$ (USD/kWh)
$T_k$	Cargo tarifario por energía del periodo de demanda $k$ (USD/kWh)
$EINY_k$	Energía inyectada por el SGDA en el mes en análisis, en los periodos de demanda en que aplica el cargo tarifario por energía $T_k$ (kWh)
$ERED_k$	Energía consumida de la red en el mes en análisis, en los periodos de demanda en que aplica el cargo tarifario por energía $T_k$ (kWh)
$n$	Número de cargos tarifarios por energía aplicables a la tarifa a la que corresponde el consumidor
$ENETE_i$	Energía neta equivalente en el periodo mensual de consumo $i$ (kWh)

a) Si  $ENETE_i \leq 0$ , la Distribuidora facturará por concepto de energía consumida, con valor cero; EF=0, además:

$$CEEM_i = |ENETE_i| \quad (6)$$

Donde:

$CEEM_i$	Crédito de Energía Equivalente a favor del consumidor obtenido en el mes $i$ (kWh)
----------	--

b) Si  $ENETE_i > 0$ , en este caso el  $SEEM_i = 0$ , por no haber un saldo a favor del consumidor en el mes  $i$ .

La Distribuidora verificará si el consumidor dispone de un saldo total acumulado de energía equivalente a su favor en el mes anterior  $SEEA_{(i-1)}$ ; si es así, se debitará parte o la totalidad del  $SEEA_{(i-1)}$ , para cubrir el  $|ENETE_i|$  del mes  $i$ .

$SEEA_{i-1}$	Saldo total acumulado de energía equivalente disponible del consumidor en el mes anterior ( $i-1$ ) (kWh). Para el primer mes: ( $n=1, SEEA_0=0$ )
$EF_i$	Energía Facturable correspondiente al mes $i$

Si con el  $SEEA_{i-1}$  disponible se logra cubrir la totalidad del  $|ENETE_i|$ , en el mes de consumo  $i$ , la energía facturable en el mes  $i$  será cero;  $EF=0$ . Caso contrario se le facturará el saldo de energía restante aplicando el mayor de los cargos tarifarios (Tm).

Se actualizará el  $SEEA$ , mensualmente sobre la base de los créditos generados y valores devengados para cubrir el  $|ENETE_i|$ , para considerarlo en el cálculo de la energía facturable del mes siguiente.

A partir del inicio de la operación de la SGDA, cada 24 meses el  $SEEA$  se reseteará a cero, sin que la Distribuidora tenga derecho otorgar una compensación económica por dicha energía.

Además, independiente del valor mensual por energía que le sea facturado al consumidor, la Distribuidora le facturará mensualmente el cargo por demanda y el cargo de comercialización, sobre la base de lo establecido en el pliego tarifario del SPEE vigente.

A partir del inicio de operación del SGDA, la demanda facturable mensual corresponderá a la demanda máxima registrada en el mes de consumo por el respectivo medidor de demanda horaria y corresponderá a aquella que fue requerida por el consumidor de la red de distribución.

La factura mensual que emita la Distribuidora deberá adjuntar una tabla en la que conste los siguientes valores:  $EREED_i$ ,  $EEINY_i$ ,  $ENETE_i$ ,  $CEEM_i$  y  $SEEA_i$ , correspondientes a los doce periodos de consumo anteriores, tomando como referencia el ANEXO 4 de esta Regulación.

#### Artículo 19 MEDICIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Los aspectos relacionados al sistema de medición de energía eléctrica se sujetarán a lo siguiente:

##### 19.1 SGDA ubicado en el mismo inmueble o predio del consumidor

Para los casos en los que la SGDA esté ubicado en el mismo inmueble del consumidor, la Distribuidora instalará en el punto de entrega un medidor bidireccional que permita registrar el consumo neto de energía por parte del consumidor, según lo descrito en el artículo 18 de esta Regulación.

La Distribuidora será la encargada de la adquisición, calibración inicial e instalación del equipo de medición bidireccional. El consumidor deberá cancelar la diferencia del costo del equipo de medición en relación al equipo que la Distribuidora instalaría a un usuario de la misma categoría sin un SGDA.

El valor indicado en el párrafo anterior, será cancelado en la primera planilla de consumo,

Sesión Electrónica de Directorio de 05 de abril de 2021

18

**Expide:**

La Regulación denominada «**Marco normativo de la generación distribuida para el autoabastecimiento de consumidores regulados de energía eléctrica**».

**CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES**

**1. OBJETIVO**

Establecer las disposiciones para la habilitación, instalación, conexión, operación, y mantenimiento de Sistemas de Generación Distribuida para Autoabastecimiento (SGDA) de Consumidores Regulados, y las disposiciones para la medición y facturación de la energía eléctrica de Consumidores Regulados con SGDA.

**2. ALCANCE**

La presente Regulación aborda:

- La caracterización y dimensionamiento de un SGDA de Consumidores Regulados;
- Las modalidades de autoabastecimiento;
- El procedimiento para solicitar y obtener la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento y el Certificado de Habilitación;
- Las condiciones para la instalación, conexión, operación y mantenimiento de un SGDA; y,
- La medición de energía eléctrica y determinación de la energía facturable para Consumidores Regulados con SGDA.

**3. ÁMBITO DE APLICACIÓN**

La presente Regulación es aplicable a Consumidores Regulados con SGDA y a Empresas Distribuidoras.

**4. SIGLAS Y ACRÓNIMOS**

<b>ARCERNNR</b>	Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables
<b>IEEE</b>	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE; por las siglas en inglés de 'Institute of Electrical and Electronics Engineers')
<b>INEN</b>	Servicio Ecuatoriano de Normalización
<b>LOSPEE</b>	Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica
<b>RGLOSPEE</b>	Reglamento General de la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica
<b>RUC</b>	Registro Único de Contribuyentes
<b>SAPG</b>	Servicio de Alumbrado Público General
<b>SBU</b>	Salario Básico Unificado
<b>SGDA</b>	Sistema de Generación Distribuida para Autoabastecimiento
<b>SPEE</b>	Servicio Público de Energía Eléctrica.

Las definiciones que no se encuentran detalladas en el cuerpo de esta regulación deberán ser relacionadas con las que se incluyen en la LOSPEE y el RGLOSPEE.

## **CAPÍTULO II SISTEMAS DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA PARA AUTOABASTECIMIENTO DE CONSUMIDORES REGULADOS**

### **6. CARACTERIZACIÓN**

Un SGDA de Consumidores Regulados es aquel que cumple las siguientes condiciones:

- a) Su Potencia Nominal está limitada según lo establecido en el numeral 9 de la presente Regulación;
- b) Se conecta en sincronía a una red de distribución;
- c) Se encuentra ubicado dentro de la misma Área de Servicio en la que se encuentra sus consumidores;
- d) Permite el aprovechamiento de un recurso energético renovable no convencional que se encuentre disponible en el Área de Servicio de la Distribuidora;
- e) Abastece la demanda de uno o varios Consumidores Regulados, en los términos establecidos en la presente Regulación;
- f) Puede utilizar equipos para el almacenamiento de energía, los cuales deberán cargarse utilizando solamente la energía eléctrica producida por el SGDA;
- g) Es un activo de propiedad de uno o varios Consumidores Regulados, en los términos del numeral 8, destinado para abastecer exclusivamente sus consumos; y,
- h) Causa impactos positivos a la red de distribución a la que se conecta, como: disminución de pérdidas de electricidad, mejora de perfiles de voltajes, disminución de la cargabilidad de equipos y componentes, entre otros beneficios.

### **7. CONEXIÓN**

Un SGDA se conectará a una red de distribución mediante un Campo de Conexión para Autoabastecimiento.

Varios SGDA que abastezcan a Consumidores Regulados de una misma persona jurídica, se podrán conectar a una red de distribución mediante un Campo de Conexión para Autoabastecimiento común de propiedad de la misma persona jurídica. Sin perjuicio de lo señalado, se deberá solicitar la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento y obtener el Certificado de Habilitación para cada SGDA, conforme lo establecido en los numerales 15 y 16 de la presente Regulación.

### **8. PROPIEDAD**

El Consumidor Regulado deberá acreditar que, es dueño del SGDA o que va a adquirir su propiedad en algún momento durante la vigencia del Certificado de Habilitación, mediante el otorgamiento de una declaración juramentada. El Consumidor Regulado deberá acreditar que la transferencia de propiedad tendrá lugar hasta máximo cinco (5) años antes de que finalice la vigencia del Certificado de Habilitación, independientemente de la tecnología que use el SGDA. Sin perjuicio de lo anterior, podrá contratar con terceros facultados para

ejercer tales actividades, el financiamiento, instalación, operación, mantenimiento, gestión, vigilancia, desmantelamiento, del SGDA.

## 9. LÍMITE DE LA POTENCIA NOMINAL

La Potencia Nominal de un SGDA está limitada de la siguiente manera:

- Si no hay inyección de energía eléctrica a una red de distribución, la Potencia Nominal de un SGDA estará limitada por la demanda de potencia máxima registrada del Consumidor Regulado (asociado al SGDA), y por la capacidad de conexión aprobada por la Distribuidora. Para este caso, el Consumidor Regulado deberá implementar equipos de protección y control necesarios para impedir la inyección de energía eléctrica a la red de distribución.
- Si hay inyección de energía eléctrica a una red de distribución, la Potencia Nominal de un SGDA estará limitada a 2 MW.

## 10. VOLTAJES DE CONEXIÓN Y CATEGORÍAS

Los voltajes de conexión y las categorías de SGDA se detallan en la Tabla 1. Las categorías de SGDA se usan en el numeral 15 de la presente Regulación.

<b>Voltaje de conexión</b>	<b>Potencia nominal, <math>P_n</math></b>	<b>Categoría</b>
Bajo voltaje	$P_n \leq 5$ kW, monofásica	Categoría 1
	$P_n \leq 10$ kW, bifásica	
	$P_n \leq 50$ kW, trifásica	
Medio voltaje	$P_n \leq 2$ MW cuando hay inyección de energía eléctrica a una red de distribución	Categoría 2
	$P_n$ menor a la capacidad de conexión aprobada por la Distribuidora cuando no hay inyección de energía eléctrica a una red de distribución	

*Tabla 1. Voltajes de conexión y categorías de SGDA*

Para el caso de conexiones en bajo voltaje, las Distribuidoras podrán permitir SGDA con potencias mayores a las establecidas en la Tabla 1 cuando los estudios técnicos indiquen que no haya afectaciones a la red de distribución.

## 11. DIMENSIONAMIENTO

El dimensionamiento de un SGDA es de exclusiva responsabilidad de los Consumidores Regulados asociados a éste. La Potencia Nominal del SGDA será determinada sobre la base de un estudio técnico, con el fin de cubrir la demanda de energía eléctrica anual de uno o varios Consumidores Regulados. La producción anual de energía del SGDA deberá ser igual o menor que la demanda de energía anual de los Consumidores Regulados.

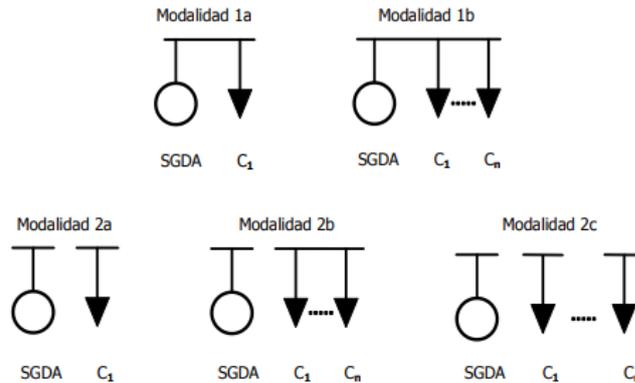
El dimensionamiento de un SGDA debe considerar lo siguiente:

- Para Consumidores Regulados existentes, se podrá utilizar los consumos de energía de los últimos 24 meses, la proyección de demanda de energía durante la vida útil del SGDA, y, de ser el caso, los requerimientos de almacenamiento de energía.

- b) Para nuevos Consumidores Regulados, sin registros históricos de consumo de energía, se podrá utilizar la proyección de demanda de energía durante la vida útil del SGDA, y, de ser el caso, los requerimientos de almacenamiento de energía.

## 12. MODALIDADES DE AUTOABASTECIMIENTO

La Ilustración 1 muestra las modalidades de generación distribuida para autoabastecimiento que se consideran en la presente Regulación. Las modalidades se describen a continuación.



*Ilustración 1. Modalidades de autoabastecimiento. En la modalidad 1a, el SGDA puede o no inyectar excedentes de energía a la red de distribución.*

### 12.1. Modalidad 1a: Autoabastecimiento individual local

El SGDA y el Consumidor Regulado están ubicados en un mismo inmueble. En esta modalidad, el SGDA puede o no inyectar excedentes de energía eléctrica a la red de distribución.

### 12.2. Modalidad 1b: Autoabastecimiento múltiple local

El SGDA y los Consumidores Regulados están ubicados en un mismo inmueble constituido en condominio o declarado bajo el régimen de propiedad horizontal.

### 12.3. Modalidad 2a: Autoabastecimiento individual remoto

El SGDA y el Consumidor Regulado están ubicados en inmuebles diferentes. El inmueble donde se ubica el Consumidor Regulado no debe estar constituido en condominio o declarado bajo el régimen de propiedad horizontal.

### 12.4. Modalidad 2b: Autoabastecimiento múltiple remoto con consumidores concentrados

El SGDA y los Consumidores Regulados están ubicados en inmuebles diferentes. Los Consumidores Regulados se encuentran concentrados en un mismo inmueble constituido en condominio o declarado bajo el régimen de propiedad horizontal.

### 12.5. Modalidad 2c: Autoabastecimiento múltiple remoto con consumidores dispersos

El SGDA y los Consumidores Regulados asociados al SGDA están ubicados en inmuebles diferentes (los Consumidores Regulados se encuentran dispersos). Los Consumidores Regulados deben pertenecer a la misma persona jurídica.

### **13. RESPONSABILIDADES**

#### **13.1. Responsabilidades para las modalidades 1a y 2a**

Los Consumidores Regulados que se acojan a la presente Regulación son los responsables de lo siguiente:

- Proceso de habilitación del SGDA ante la Distribuidora;
- Indemnizaciones por daños a terceros durante la construcción, instalación, conexión, operación, mantenimiento y desmontaje del SGDA;
- Obtención de todos los permisos necesarios para la construcción, instalación, conexión, operación, mantenimiento y desmontaje del SGDA, y obligaciones derivadas de éstos;
- Operación segura y confiable de todos los equipos, incluidos los equipos del Campo de Conexión para Autoabastecimiento, de tal forma que las maniobras de conexión y su operación no afecten la calidad del servicio eléctrico y la operación de la red de distribución a la que se conecta el SGDA;
- Cumplimiento de los requisitos técnicos operativos establecidos en la presente Regulación;
- Cumplimiento de las obligaciones establecidas en el Contrato de Suministro y en el Contrato de Conexión del SGDA; y,
- Otras derivadas de normativas relacionadas.

#### **13.2. Responsabilidades para las modalidades 1b, 2b, y 2c**

Los Consumidores Regulados que se acojan a la presente Regulación son responsables del cumplimiento de las obligaciones establecidas en los Contratos de Suministro.

Por su parte, el Representante Legal es el responsable de lo siguiente:

- Proceso de habilitación del SGDA ante la Distribuidora;
- Indemnizaciones por daños a terceros durante la construcción, instalación, conexión, operación, mantenimiento y desmontaje del SGDA;
- Obtención de todos los permisos necesarios para la construcción, instalación, conexión, operación, mantenimiento y desmontaje del SGDA, y obligaciones derivadas de éstos;
- Operación segura y confiable de todos los equipos, incluidos los equipos del Campo de Conexión para Autoabastecimiento, de tal forma que las maniobras de conexión y su operación no afecten la calidad del servicio eléctrico y la operación de la red de distribución a la que se conecta el SGDA;
- Cumplimiento de los requisitos técnicos operativos establecidos en la presente Regulación;
- Cumplimiento de las obligaciones establecidas en el Contrato de Conexión del SGDA;
- y,
- Otras derivadas de normativas relacionadas.

### **CAPÍTULO III FACTIBILIDAD DE CONEXIÓN Y CERTIFICADO DE HABILITACIÓN**

#### **14. REPRESENTANTE TÉCNICO**

Los Consumidores Regulados o el Representante Legal interesados en instalar y operar un SGDA, podrán delegar la ejecución de los trámites detallados en el presente Capítulo y en el Capítulo IV a un representante técnico (persona natural o jurídica facultada para el efecto),

mediante el otorgamiento de un documento escrito. El documento deberá ser suscrito por los Consumidores Regulados o el Representante Legal, según corresponda.

## **15. FACTIBILIDAD DE CONEXIÓN**

### **15.1. Solicitud**

El trámite para la solicitud de la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento sea que fuera realizado por los Consumidores Regulados, el Representante Legal o el representante técnico, se sujetará a las siguientes disposiciones.

- a) Se solicitará la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento a la Distribuidora respectiva, presentando la información establecida en el formulario denominado Solicitud de Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento de Consumidores Regulados, ANEXO A de la presente Regulación. En este formulario se consignan los datos generales del solicitante y del SGDA, y se identifica el punto de la red eléctrica donde se prevé conectar el SGDA.
- b) Si la solicitud es presentada por el representante técnico, se deberá adjuntar el documento escrito especificado en el numeral 14 de la presente Regulación.
- c) Se entregará la información descrita en los numerales 15.2 y 15.3 de la presente Regulación, en los casos que aplique.
- d) La Distribuidora hará constar en el formulario la fecha de recepción de éste, y asignará a la solicitud un código de trámite, con el cual el solicitante podrá realizar las consultas y seguimiento sobre el estado de avance de su solicitud.

### **15.2. Requisitos para las modalidades 1b y 2b**

Para las modalidades de autoabastecimiento 1b y 2b, se deberá entregar a la Distribuidora los siguientes requisitos:

- a) Una copia de la designación del Representante Legal, debidamente inscrita conforme a lo establecido en la Ley de Propiedad Horizontal y su reglamento.
- b) Nombre completo o razón social de todos los condóminos, cédula o RUC, domicilio y Cuenta Contrato; y otra información que la Distribuidora crea conveniente.
- c) Autorización emitida por el Representante Legal para la instalación del SGDA (requisito sólo para la modalidad 1b). La autorización deberá ser unánime.
- d) Porcentaje de asignación de la energía eléctrica producida por el SGDA para cada Consumidor Regulado. El porcentaje de asignación debe ser definido por el Representante Legal. Los porcentajes deberán sumar 100% y podrán ser actualizados cada seis meses.

### **15.3. Requisitos para la modalidad 2c**

Para la modalidad de autoabastecimiento 2c, se deberá entregar a la Distribuidora los siguientes requisitos:

- a) Razón social de todos los Consumidores Regulados que se beneficiarán de la producción del SGDA, domicilio, y Cuenta Contrato; y otra información que la Distribuidora crea conveniente. Los Consumidores Regulados asociados al SGDA deberán tener el mismo RUC en su Cuenta Contrato.

<b>Estudio</b>	<b>Categoría 1</b>	<b>Categoría 2</b>
Análisis de desbalance de voltaje.	✓	✓
Análisis de variaciones de voltaje.	✓	✓
Revisión de capacidad de alojamiento.	✓	✓
Análisis de regulación de voltaje en estado estable.	✓	✓
Análisis de calidad del servicio de la energía.	No aplica	✓

*Tabla 2. Estudios para determinar la factibilidad de conexión de un SGDA de Consumidores Regulados*

- f) Dentro del Término de quince (15) días contados a partir de que la Distribuidora informe sobre la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento, el solicitante notificará a la Distribuidora su aceptación o no a las condiciones establecidas en la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento. En caso no aceptar las condiciones establecidas por la Distribuidora, el solicitante podrá plantear su objeción a las mismas de acuerdo con el numeral 15.6 de esta Regulación.
- g) La Distribuidora considerará que los Consumidores Regulados, el Representante Legal o el representante técnico han desistido de continuar el trámite, y lo dará por concluido en los siguientes casos:
- g.1) Cuando no acepten por escrito las condiciones establecidas en la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento y no hayan planteado una objeción ante la ARCERNR.
- g.2) Cuando manifiesten su decisión por escrito de no continuar con el trámite.
- h) La Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento otorgada por la Distribuidora tendrá un plazo de vigencia de seis (6) meses, período en el cual los Consumidores Regulados, el Representante Legal o el representante técnico podrán iniciar el trámite para obtener el Certificado de Habilitación respectivo. En caso de no hacerlo, quedará sin efecto la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento, y de requerirlo, el solicitante podrá iniciar un nuevo trámite.

### **15.5. Trámite para un SGDA de Categoría 2**

Para un SGDA de Categoría 2, la Distribuidora, a partir de la recepción del formulario, procederá conforme a lo siguiente:

- a) La Distribuidora dispondrá de un Término de hasta cinco (5) días para aceptar a trámite la solicitud. En caso de que esta requiera información adicional, la Distribuidora notificará al solicitante por escrito, el cual tendrá un Término de hasta cinco (5) días para completar la información; en caso de no hacerlo, se dará por terminado el trámite.
- b) Una vez aceptada a trámite la solicitud, la Distribuidora dispondrá de un Término de hasta cinco (5) días para entregar la información técnica de su red, necesaria y suficiente, para que el solicitante pueda realizar los estudios detallados en la Tabla 2. La Distribuidora, bajo su responsabilidad, podrá realizar estudios adicionales en caso de ser necesario.
- c) Una vez la Distribuidora haya entregado la información técnica de su red, el solicitante dispondrá de un Término de hasta treinta (30) días para entregar los estudios técnicos completos. La base de información de los estudios deberá ser

- j) La Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento otorgada por la Distribuidora tendrá un plazo de vigencia de seis (6) meses, período en el cual los Consumidores Regulados, el Representante Legal o el representante técnico podrán iniciar el trámite para obtener el Certificado de Habilitación respectivo. En caso de no hacerlo, quedará sin efecto la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento, y de requerirlo, el solicitante podrá iniciar un nuevo trámite.

#### **15.6. Objeciones a condiciones requeridas por la Distribuidora**

Los Consumidores Regulados, el Representante Legal o el representante técnico podrán plantear una objeción ante la ARCERNNR, solicitando se revise lo actuado por la Distribuidora, en los siguientes casos:

- a) Cuando estimen que las obras, instalaciones o equipos que deberán implementar para la conexión del SGDA, de acuerdo con lo establecido por la Distribuidora, van más allá de lo necesario, o son más exigentes que lo requerido para cumplir con la normativa específica;
- b) Cuando consideren que las condiciones de operación del SGDA requeridas por la Distribuidora, son más exigentes que las requeridas para cumplir con la normativa específica;
- c) Cuando estimen que las características de los Sistemas de Medición y sistemas de control en tiempo real (de ser el caso) requeridos por la Distribuidora, son más exigentes que las establecidas en la normativa vigente; y
- d) Por cualquier otra situación que consideren pudieran estar generando algún trato discriminatorio o estuviere transgrediendo lo establecido en la normativa vigente.

La solicitud deberá estar debidamente motivada y acompañada de los documentos, información y análisis técnicos de respaldo.

La ARCERNNR emitirá su pronunciamiento dentro de un Término de treinta (30) días contados a partir de la entrega de la documentación por parte del solicitante. Dentro de este Término, la ARCERNNR podrá solicitar información adicional ya sea a la Distribuidora o al solicitante, a fin de complementar su análisis o verificar la información que considere pertinente.

#### **16. CERTIFICADO DE HABILITACIÓN**

Los Consumidores Regulados, el Representante Legal o el representante técnico tramitarán, ante la Distribuidora, la obtención del Certificado de Habilitación respectivo, para lo cual se establece el siguiente procedimiento:

- a) Dentro de un plazo de seis (6) meses contados a partir de la notificación de la Factibilidad de Conexión para Autoconsumo, los Consumidores Regulados, el Representante Legal o el representante técnico podrán solicitar a la Distribuidora el inicio del trámite para la emisión del Certificado de Habilitación; en caso de que no lo hagan, la Factibilidad de Conexión para Autoconsumo quedará revocada. Para el efecto, el solicitante deberá presentar a la Distribuidora la siguiente información:
  - a.1) Ubicación del inmueble donde se va a instalar el SGDA;
  - a.2) Documento que acredite la propiedad o posesión legítima del inmueble donde se va a instalar el SGDA; o, en su defecto el contrato de arrendamiento, comodato o

- anticresis notariado del inmueble donde se va a instalar el SGDA; o, autorización del propietario del inmueble para la instalación del SGDA;
- a.3) Memoria técnica del proyecto que incluya:
    - a.3.1) Dimensionamiento del SGDA;
    - a.3.2) Especificaciones del equipamiento del SGDA;
    - a.3.3) Existencia de Consumo de Servicios Auxiliares para Autoabastecimiento;
    - a.3.4) Diagrama unifilar de la instalación;
  - a.4) Diseño de las obras y/o adecuaciones a la red de distribución que se deberán implementar para poder conectar el SGDA;
  - a.5) Esquema de conexión, seccionamiento y protecciones;
  - a.6) Cronograma de ejecución del proyecto;
  - a.7) En los casos que corresponda, la autorización del uso del agua emitido por la autoridad competente;
  - a.8) La autorización ambiental que corresponda, de acuerdo a lo establecido en la normativa ambiental vigente.
- b) La Distribuidora verificará que la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento se encuentre vigente, y que los Consumidores Regulados que se autoabastecerán del SGDA no tengan valores de pago pendientes por el SPEE y el SAPG.
  - c) La Distribuidora, en un Término de hasta treinta (30) días contados a partir de la entrega de todos los documentos descritos en el literal a), verificará que los mismos estén completos. En caso de que los documentos entregados no estén completos, la Distribuidora informará al solicitante sobre las aclaraciones, alcances o ajustes que se requieran realizar a tales documentos. En caso de que la Distribuidora no emita observaciones, ésta continuará con las siguientes etapas para la emisión del Certificado de Habilitación.
  - d) Las aclaraciones, alcances o ajustes requeridos por la Distribuidora, referidos en el literal c), serán atendidos por el solicitante dentro de un Término de hasta quince (15) días contados a partir de su notificación. De no existir respuesta dentro del señalado Término, la Distribuidora dará por terminado el trámite y le comunicará oficialmente al solicitante.
  - e) Una vez entregados los documentos a satisfacción de la Distribuidora, ésta, dentro de un Término adicional de hasta quince (15) días, elaborará el informe de aprobación y emitirá el Certificado de Habilitación respectivo, de acuerdo con el formato establecido en el ANEXO B, a nombre del Consumidor Regulado o el Representante Legal, según corresponda, a partir de lo cual éste podrá iniciar la construcción del SGDA conforme al cronograma entregado.
  - f) El plazo de vigencia del Certificado de Habilitación será igual al tiempo de vida útil del SGDA, dependiendo de la tecnología de generación, de acuerdo con lo establecido en la Tabla 3. La vigencia del Certificado de Habilitación se contará a partir del inicio de operación del SGDA.

- b) Porcentaje de asignación de la energía eléctrica producida por el SGDA para cada Consumidor Regulado. El porcentaje de asignación debe ser definido por el Representante Legal. Los porcentajes deberán sumar 100% y podrán ser actualizados cada seis meses.

#### **15.4. Trámite para un SGDA de Categoría 1**

Para un SGDA de Categoría 1, la Distribuidora, a partir de la recepción del formulario, procederá conforme a lo siguiente:

- a) La Distribuidora dispondrá de un Término de hasta cinco (5) días para aceptar a trámite la solicitud. En caso de que esta requiera información adicional, la Distribuidora notificará al solicitante por escrito, el cual tendrá un Término de hasta cinco (5) días para completar la información; en caso de no hacerlo, se dará por terminado el trámite.
- b) Una vez aceptada a trámite la solicitud, el solicitante dispondrá de un Término de hasta cinco (5) días para entregar la información necesaria para que la Distribuidora realice los análisis técnicos detallados en la Tabla 2. Si el solicitante no entrega la información en el plazo establecido, se dará por terminado el trámite.
- c) La Distribuidora realizará los análisis técnicos detallados en la Tabla 2 en un Término de hasta veinte (20) días contados a partir de la entrega de la información, para verificar que la futura conexión y operación del SGDA no afecten a la calidad del servicio eléctrico y a la correcta operación de la red de distribución. Además, la Distribuidora verificará que el SGDA genere un impacto positivo en cuanto a: disminución de pérdidas de electricidad, mejoramiento de perfiles voltajes, disminución de la cargabilidad de equipos y componentes, entre otros beneficios, en la red de distribución. La Distribuidora revisará también el cumplimiento de las demás disposiciones del numeral 6 de la presente Regulación. La Distribuidora, bajo su responsabilidad, podrá realizar estudios adicionales en caso de ser necesario.
- d) Dentro del Término de 20 días mencionado en el literal c), la Distribuidora otorgará, de ser el caso, la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento al Consumidor Regulado o al Representante Legal, según corresponda.
- e) En la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento, la Distribuidora establecerá el esquema de conexión y las condiciones de operación que deberá cumplir el SGDA, en régimen de operación normal y de falla de la red de distribución.

<b>Estudio</b>	<b>Categoría 1</b>	<b>Categoría 2</b>
Identificación de las instalaciones y equipos cercanos al Punto de Conexión para Autoabastecimiento.	✓	✓
Análisis de flujos de potencia.		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificación de límites operativos en condiciones normales y considerando contingencias.</li> <li>• Evaluación de pérdidas.</li> </ul>	No aplica	✓
Análisis de fallas.		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Niveles de cortocircuito monofásico y trifásico en el Punto de Conexión para Autoabastecimiento y en la red de distribución.</li> <li>• Revisión de los ajustes de protecciones en el Punto de Conexión para Autoabastecimiento y en la red de distribución.</li> </ul>	No aplica	✓

<b>Tecnología</b>	<b>Vida útil (años)</b>
Fotovoltaica	25
Eólica	25
Biomasa	20
Biogás	20
Hidráulica	30

*Tabla 3. Vida útil de tecnologías de generación de energía eléctrica*

## **17. REVOCATORIA DEL CERTIFICADO DE HABILITACIÓN**

La Distribuidora revocará de forma definitiva el Certificado de Habilitación otorgado, y en consecuencia procederá con la desconexión del SGDA por una o varias de las causales que se listan a continuación:

- a) Por decisión propia de los Consumidores Regulados o el Representante Legal;
- b) Por terminación del plazo de vigencia del Certificado de Habilitación;
- c) Por incrementar la Potencia Nominal del SGDA sin autorización de la Distribuidora;
- d) Por incumplir por tres veces, consecutivas o no, los requerimientos de operación, en caso se presente alguna restricción temporal en el segmento de la red de distribución en la cual tiene incidencia el SGDA, o los parámetros de calidad de producto definidos en la regulación respectiva, de acuerdo con el numeral 22 de esta Regulación;
- e) Por no iniciar la operación del SGDA dentro del plazo establecido en el cronograma o ampliación del plazo otorgada por la Distribuidora.

La Distribuidora notificará formalmente a los Consumidores Regulados o al Representante Legal sobre la revocatoria del Certificado de Habilitación y las causales que la motivaron. Luego de lo cual, se suscribirá entre las partes el Contrato de Suministro para las nuevas condiciones, y se procederá a la desconexión del SGDA.

En caso de no estar de acuerdo con la decisión de la Distribuidora, los Consumidores Regulados o el Representante Legal dispondrán de un Término de cinco (5) días contados a partir de la notificación de la Distribuidora para plantear una objeción a la ARCERNNR.

La ARCERNNR emitirá su pronunciamiento, de carácter vinculante, dentro de un Término treinta (30) días contado a partir de la entrega de la documentación respectiva. Dentro de este Término, la ARCERNNR podrá solicitar información adicional a la Distribuidora, a los Consumidores Regulados o al Representante Legal, según corresponda, a fin de realizar los análisis respectivos.

Si los Consumidores Regulados o el Representante Legal incurrieron en las causales señaladas en los literales c) y d) de este apartado, y deseen continuar con la instalación u operación del SGDA, según corresponda, podrán iniciar un nuevo trámite ante la

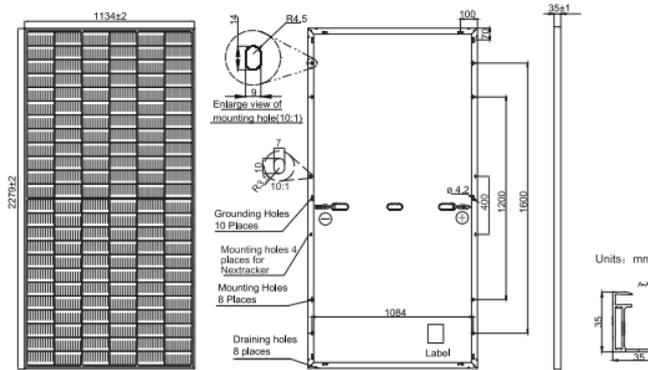
### Anexo 3. Ficha técnica de Inversor Growatt

#### Primary Specification

Datasheet	MAX 100KTL3-X LV	MAX 110KTL3-X LV	MAX 120KTL3-X LV	MAX 125KTL3-X LV
<b>Input data (DC)</b>				
Max. DC voltage			1100V	
Start voltage			195V	
Nominal voltage			600V	
MPP voltage range			180V-1000V	
No. of MPP trackers			10	
No. of PV strings per MPP tracker			2	
Max. input current per MPP tracker			32A	
Max. short-circuit current per MPP tracker			40A	
<b>Output data (AC)</b>				
AC nominal power	100000W	110000W	120000W	125000W
Max. AC apparent power	110000VA	121000VA	132000VA	137500VA
Nominal AC voltage(range*)	230V/400V(340-440VAC)			
AC grid frequency (range*)	50/60 Hz(45--55Hz/55-65 Hz)			
Max. output current	158.8A	174.6A	190.5A	198.5A
Adjustable power factor	0.8leading ...0.8lagging			
THDi	<3%			
AC grid connection type	3W/N/PE			
<b>Efficiency</b>				
Max. efficiency			98.8%	
European efficiency	98.4%	98.5%	98.5%	98.5%
MPPT efficiency			99.9%	
<b>Protection devices</b>				
DC reverse polarity protection			Yes	
DC switch			Yes	
AC/DC surge protection			Type II / Type II	
Insulation resistance monitoring			Yes	
AC short-circuit protection			Yes	
Ground fault monitoring			Yes	
String detection			Yes	
Anti PID function			Opt	
Arc fault detection (AFCI)			Opt	
<b>General data</b>				
Dimensions (W / H / D)			970/640/345mm	
Weight			84kg	
Operating temperature range			-30°C ... +60°C	
Nighttime power consumption			< 1W	
Topology			Transformerless	
Cooling			Smart Cooling	
Protection degree			IP66	
Relative humidity			0--100%	
Altitude			4000m	
DC connection			H4/MC4 (Max.6mm <sup>2</sup> )	
AC connection			OT Terminal (Max. 240mm <sup>2</sup> )	
Display			LED/WIFI+APP	
Interfaces: RS485 / USB /PLC/GPRS/4G/WIFI			Yes/Yes/Optional/Optional/Optional/Optional	
Warranty: 5 years / 10 years			Yes /Optional	
CE,IEC62116, IEC61727, CQC, VDE0126, VFR2019, EN50549-1/2, C10/C11, UNE206007, G99 CEI 0-21/0-16, N4105&N4110, UNE206006,MEA, PEA, KSC8565				

\* The AC voltage range and frequency range may vary depending on specific country grid standard.  
All specifications are subject to change without notice.

**MECHANICAL DIAGRAMS**



Remark: customized frame color and cable length available upon request

**SPECIFICATIONS**

Cell	Mono
Weight	28.6kg±3%
Dimensions	2279±2mm×1134±2mm×35±1mm
Cable Cross Section Size	4mm <sup>2</sup> (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	144(6×24)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	Genuine MC4-EVO2 QC 4.10-35/45
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 300mm(+)/400mm(-); Landscape: 1300mm(+)/1300mm(-)
Country of Manufacturer	China/Vietnam

**ELECTRICAL PARAMETERS AT STC**

TYPE	JAM72S30 -525/MR/1500V	JAM72S30 -530/MR/1500V	JAM72S30 -535/MR/1500V	JAM72S30 -540/MR/1500V	JAM72S30 -545/MR/1500V	JAM72S30 -550/MR/1500V
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	525	530	535	540	545	550
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	49,15	49,30	49,45	49,60	49,75	49,90
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	41,15	41,31	41,47	41,64	41,80	41,96
Short Circuit Current(Isc) [A]	13,65	13,72	13,79	13,86	13,93	14,00
Maximum Power Current(Imp) [A]	12,76	12,83	12,90	12,97	13,04	13,11
Module Efficiency [%]	20,3	20,5	20,7	20,9	21,1	21,3
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α <sub>Isc</sub> )	+0,045%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(β <sub>Voc</sub> )	-0,275%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ <sub>Pmp</sub> )	-0,350%/°C					

STC Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, cell temperature 25°C, AM1.5G  
 Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.  
 Measurement tolerance at STC: Pmax ±3%, Voc ±3% and Isc ±4%.

**ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT**

TYPE	JAM72S30-525 /MR/1500V	JAM72S30-530 /MR/1500V	JAM72S30-535 /MR/1500V	JAM72S30-540 /MR/1500V	JAM72S30-545 /MR/1500V	JAM72S30-550 /MR/1500V
Rated Max Power(Pmax) [W]	397	401	405	408	412	416
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	46,05	46,18	46,31	46,43	46,55	46,68
Max Power Voltage(Vmp) [V]	38,36	38,57	38,78	38,99	39,20	39,43
Short Circuit Current(Isc) [A]	10,97	11,01	11,05	11,09	11,13	11,17
Max Power Current(Imp) [A]	10,35	10,39	10,43	10,47	10,51	10,55

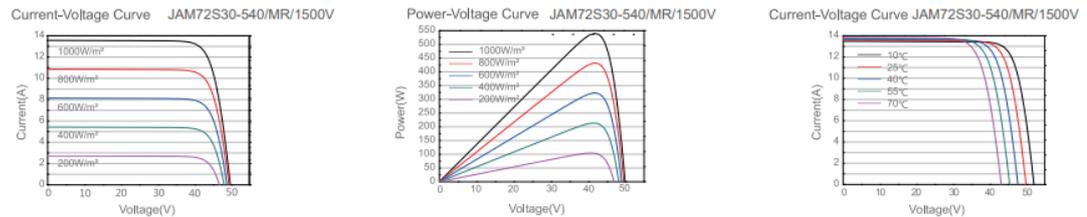
NOCT Irradiance 800W/m<sup>2</sup>, ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G

\*For NexTracker installations, Maximum Static Load, Front is 2000Pa while Maximum Static Load, Back is 2000Pa.

**OPERATING CONDITIONS**

Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
Operating Temperature	-40 C ~ +85 C
Maximum Series Fuse Rating	25A
Maximum Static Load, Front*	3600Pa, 1.5
Maximum Static Load, Back*	1600Pa, 1.5
NOCT	45±2 C
Safety Class	Class II
Fire Performance	UL Type 1

**CHARACTERISTICS**



Premium Cells, Premium Modules

Version No. : Global\_EN\_20210607A



## **INFORME TÉCNICO ESTRUCTURAL**

### **Evaluación de estructural de la losa del centro comercial SUMPA (terminal terrestre)**

Fecha: 9 de septiembre de 2024

Ingeniera Responsable: Dayanara Tigrero

Dirección técnica y administración de obras. Elaboración de estudios y proyectos, construcción, diseños y fiscalización

#### **Objetivo del Informe:**

El objetivo de este informe es evaluar la capacidad de carga de la losa existente del centro comercial SUMPA (terminal terrestre) y recomendar los refuerzos necesarios para soportar la instalación de 552 paneles solares.

#### **Alcance del Trabajo:**

El trabajo incluye una inspección visual, análisis de cargas y recomendaciones de refuerzo.

#### **Descripción de la Estructura**

Ubicación: Santa Elena vía ballenita

Dimensiones de la Losa: Área total: 1900 m<sup>2</sup>.

Grosor: 30cm.

Materiales: Concreto reforzado con acero.

#### **Análisis de Cargas**

Carga Muerta (Peso Propio): Peso de los paneles solares: 30kg por panel \*552 paneles = 16,560 kg.

Peso de las estructuras de montaje y otros equipos: Aproximadamente 2,000 kg.

Peso total de la carga muerta: 18,560 kg.

Carga Viva: Peso de las personas y equipos adicionales: Aproximadamente 500 kg.



### Evaluación Estructural

**Método de Análisis:** Se realizó un análisis estático y dinámico utilizando software de modelado estructural.

### Resultados:

Los cálculos detallados de la capacidad de carga y la distribución de esfuerzos en la losa indican que la losa actual puede soportar las cargas adicionales.

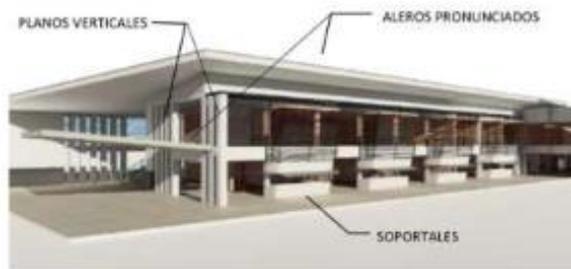
### Recomendaciones

Evalúa la cantidad de radiación solar que recibe el techo para determinar la eficiencia potencial de los paneles. Asegúrate de que no haya sombras significativas que puedan reducir la eficiencia de los paneles. Utiliza estructuras de montaje diseñadas para una fijación segura y que maximicen la exposición al sol.

### Conclusiones

La losa actual puede soportar las cargas adicionales.

### Anexos



DAYANARA PAULETTA  
TIGRERO ROSALES

INGENIERA: DAYANARA TIGRERO



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Suárez Sánchez Kevin** con C.C: # 0928210368, autor/a del trabajo de titulación: **DISEÑO DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED PARA DISMINUIR EL CONSUMO ENERGÉTICO EN UN CENTRO COMERCIAL PENÍNSULA SANTA ELENA**, previo a la obtención del título de **Ingeniero eléctrico** 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, **6 de septiembre de 2024**

f. 

**SUÁREZ SÁNCHEZ, KEVIN ENRIQUE**

**C.C: 0928210368**



<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 SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED PARA DISMINUIR EL CONSUMO ENERGÉTICO EN UN CENTRO COMERCIAL PENÍNSULA SANTA ELENA</b>		
<b>AUTOR(ES)</b>	SUÁREZ SÁNCHEZ, KEVIN		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	BONILLA SÁNCHEZ RONNIE ALEXANDER		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería en Electricidad		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero en electricidad		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	6 de septiembre de 2024	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	<b>92</b>
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Redes inteligentes, Eficiencia energética, Instalaciones eléctricas		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Generación distribuida, energías renovables, sistema fotovoltaico, conversión de la energía, eficiencia energética, Consumo eléctrico.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT</b> (150-250 palabras):			
<p>Las energías renovables son una solución autosostenible frente a la crisis energética global, permitiendo reducir gradualmente la dependencia de la energía térmica convencional para la producción de electricidad y minimizando el impacto ambiental causado por la combustión. Los sistemas fotovoltaicos forman parte de los proyectos de generación distribuida, introduciendo un nuevo concepto al usuario y proporcionando beneficios gracias a su capacidad de generación que se inyecta en la red eléctrica. El Centro Comercial Terminal Terrestre Sumpa cuenta con un área 3309,23 m<sup>2</sup> lo que hace viable la adaptación un sistema renovable, con una demanda promedio de 110KW, se propuso un sistema fotovoltaico interconectado a la red para disminuir la planilla de consumo eléctrico. El sistema propuesto fue de 236.04KW compuesta por 552 paneles solares monocristalinos de 535W, 3 inversores industriales de 100KW conectados en paralelo con una capacidad de 78,68%, el cual fue conectado al tablero de distribución principal del predio y el presupuesto referencial del proyecto fue de 230,834.48 dólares, mismo que por los beneficios del sistema tiene un retorno de inversión en un periodo de 7 años.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO AUTOR/ES:</b>	<b>CON</b>	<b>Teléfono:</b> +593-992964684	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:kevin.suarez@cu.ucsg.edu.ec">kevin.suarez@cu.ucsg.edu.ec</a>
<b>CONTACTO INSTITUCIÓN (COORDINADOR PROCESO UTE):</b>	<b>CON LA DEL</b>	<b>Nombre: Ubilla González, Ricardo Xavier</b>	
		<b>Teléfono:</b> +593999528515	
		<b>E-mail:</b> <a href="mailto:ricardo.ubilla@cu.ucsg.edu.ec">ricardo.ubilla@cu.ucsg.edu.ec</a>	
<b>SECCIÓN 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>			