



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIA RENOVABLE Y EFICIENCIA  
ENERGETICA

TEMA:

**Estudio de factibilidad de un sistema solar fotovoltaico híbrido con autonomía para cargas  
críticas en una vivienda ubicada en la urb. La Joya - Zafiro**

AUTOR:

Murillo Castillo Xavier Ignacio

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Grado Académico de

**MAGÍSTER EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIAS RENOVABLES Y EFICIENCIA  
ENERGETICA**

TUTOR:

Ing. Bohorquez Escobar Celso Bayardo PHD

Guayaquil, 20 de marzo del 2024



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIA RENOVABLE Y EFICIENCIA ENERGETICA

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Murillo Castillo Xavier Ignacio** como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de **MAGÍSTER EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGETICA**

**TUTOR**

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

**DIRECTOR DEL PROGRAMA**

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

Guayaquil, 20 de marzo del 2024



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIA RENOVABLE Y EFICIENCIA ENERGETICA

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Murillo Castillo Xavier Ignacio**

**DECLARO QUE:**

El trabajo de titulación **“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO HIBRIDO CON AUTONOMÍA PARA CARGAS CRITICAS EN UNA VIVIENDA UBICADA EN LA URB. LA JOYA - ZAFIRO”**, previa a la obtención del grado Académico de Magíster, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría. En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del trabajo de titulación del Grado Académico en mención.

Guayaquil, 20 de marzo del 2024

MURILLO CASTILLO XAVIER IGNACIO

f. 

Ci: 0912459492



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIA RENOVABLE Y EFICIENCIA ENERGETICA

**AUTORIZACIÓN**

Yo, Murillo Castillo Xavier Ignacio

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del trabajo de titulación de Maestría titulado: **“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO HIBRIDO CON AUTONOMÍA PARA CARGAS CRITICAS EN UNA VIVIENDA UBICADA EN LA URB. LA JOYA - ZAFIRO”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 20 días del mes de marzo del año 2024


MURILLO CASTILLO XAVIER IGNACIO

f. 

Ci: 0912459492



## INFORME DE COMPILATIO

 **CERTIFICADO DE ANÁLISIS**  
magister

### UCSG- XAVIER MURILLO - TESIS-01-02-2023 RB

**3%** Textos sospechosos


**3%** Similitudes  
0% similitudes entre comillas  
< 1% entre las fuentes mencionadas  
< 1% Idioma no reconocido

Nombre del documento: UCSG- XAVIER MURILLO - TESIS-01-02-2023 RB.docx  
ID del documento: 8900d13da494b144897717f4321237f29e19e108  
Tamaño del documento original: 24.33 MB


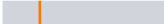

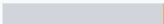


Depositante: Celso Bayardo Bohórquez Escobar  
Fecha de depósito: 8/1/2024  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 8/1/2024

Número de palabras: 14.792  
Número de caracteres: 99.804

Ubicación de las similitudes en el documento:



#### Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 <a href="https://www.eersa.com.ec">www.eersa.com.ec</a> <a href="https://www.eersa.com.ec/site/wp-content/uploads/DOCUMENTOS_PUBLICOS/DESCARGAS/MEM-M...">https://www.eersa.com.ec/site/wp-content/uploads/DOCUMENTOS_PUBLICOS/DESCARGAS/MEM-M...</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (46 palabras)
2	 Documento de otro usuario #76db40 El documento proviene de otro grupo 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (23 palabras)
3	 <a href="https://bibdigital.epn.edu.ec">bibdigital.epn.edu.ec</a>   Repositorio Digital - EPN: Diseño e implementación de un p... <a href="https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17278">https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17278</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (32 palabras)

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO HIBRIDO CON AUTONOMÍA PARA CARGAS CRITICAS EN UNA VIVIENDA UBICADA EN LA URB. LA JOYA - ZAFIRO**, presentado por el Ing. Murillo Castillo Xavier Ignacio, fue enviado al Sistema Anti plagio Compilatio, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al (3%).

f. 

Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo, Ph.D

### **Dedicatoria**

Dedico esta tesis a mis padres, a mis hijas a mis hermanas y amigos cercanos que estuvieron presente durante mi formación y desarrollo, gracias por sus aportes, su amor y su predisposición incondicional.

## **Agradecimientos**


Agradezco inmensamente a mi amada familia por ser los pilares que me motivaron a superarme como profesional y brindarme las herramientas necesarias para prepararme para la vida. No ha sido sencillo, sin embargo, en lo largo de mi trayecto de vida han sido los ejes que me han ayudado a tener fortaleza y aprender de las experiencias de la vida.




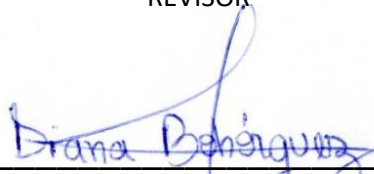
**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIA RENOVABLE Y EFICIENCIA ENERGETICA

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f.   
\_\_\_\_\_  
**Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo M.Sc**  
TUTOR

f.   
\_\_\_\_\_  
**Ing. Mazzini Muñoz Gustavo Miguel, Mgs**  
REVISOR

f.   
\_\_\_\_\_  
**Ing. Bohórquez Heras Diana Carolina, Mgs**  
REVISOR

f.   
\_\_\_\_\_  
**Ing. Bohórquez Escobar Bayardo, PHD**  
DIRECTOR DEL PROGRAMA

# INDICE DE CONTENIDO

<b>CAPITULO 1</b> .....	1
<b>1. ASPECTOS GENERALES</b> .....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Definición del problema.....	2
1.3. Justificación del problema.....	2
1.5. Objetivos.....	2
1.5.1. Objetivo general.....	2
1.5.2. Objetivos específicos.....	3
1.6. Hipótesis.....	3
1.7. Metodología de la investigación.....	3
<b>CAPITULO II</b> .....	4
<b>2. MARCO TEORICO</b> .....	4
2.1. Generación distribuida.....	4
2.1.1. Regulaciones de generación distribuida en ecuador.....	4
2.2. Sistema Fotovoltaico.....	9
2.2.1. Conceptos básicos para la generación fotovoltaica.....	10
2.3. Modulo solar.....	11
2.3.1. Modulo monocristalino.....	12
2.3.2. Modulo policristalino.....	12
2.3.3. Modulo amorfo.....	13
2.4. Tipo de conexiones.....	14
2.4.1. Conexión Serie.....	14
2.4.2. Conexión en paralelo.....	15
2.5. Conectores.....	15
2.6. Inversor solar.....	16
2.6.1. Inversor autónomo.....	16
2.6.2. Inversor interconectado a la red.....	17
2.6.3. Inversor hibrido.....	18
2.7. Batería.....	19
2.7.1. Batería VRLA.....	20
2.7.2. Batería de Ni CD.....	21
2.7.3. Batería de litio.....	22
2.8. Estructura soporte.....	22
2.9. Protecciones DC.....	23

2.10.	Protecciones AC .....	23
2.11.	Sistema Autónomo.....	24
2.12.	Sistema hibrido .....	25
2.13.	Sistema interconectado .....	26
2.14.	Mantenimiento de sistema fotovoltaico .....	27
<b>CAPITULO III.....</b>		<b>29</b>
3.	<b>ANALISIS DE VARIABLES .....</b>	<b>29</b>
3.1.	Antecedentes.....	29
3.2.	Referencia geográfica.....	29
3.3.	Irradiación Global promedio .....	30
3.4.	Recorrido solar.....	30
3.5.	Índice de temperatura.....	31
3.6.	Consumo de energía eléctrica anual .....	32
3.7.	Diagrama unifilar.....	33
<b>CAPITULO IV .....</b>		<b>35</b>
4.	<b>DISEÑO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>35</b>
4.1.	Diseño del sistema fotovoltaico.....	35
4.1.1.	Diseño Teórico .....	35
4.2.	Software PV Syst .....	43
4.3.	Dimensionamiento del sistema .....	44
4.3.1	Selección de ubicación .....	44
<b>CAPITULO V .....</b>		<b>53</b>
5.	<b>ESTUDIO TECNICO ECONOMICO .....</b>	<b>53</b>
5.1.	Evaluación técnica .....	53
5.1.1.	Beneficios técnicos del sistema fotovoltaico.....	53
5.1.2.	Marco legal regulaciones .....	54
5.2.	Evaluación Económica.....	55
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>63</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>63</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>64</b>
<b>Bibliografía.....</b>		<b>66</b>

## FIGURA

Figura 1. Energía solar fotovoltaica .....	9
Figura 2. Componentes de panel solar .....	11
Figura 3. Módulo monocristalino .....	12
Figura 4. Módulo policristalino .....	13
Figura 5. Módulo amorfo .....	13
Figura 6. Conexión en serie .....	14
Figura 7. Conexión paralela .....	15
Figura 8. Par de conector MC4.....	16
Figura 9. Inversor autónomo .....	17
Figura 10. Inversor interconectado a la red .....	18
Figura 11. Inversor híbrido .....	19
Figura 12. Baterías y su topología .....	20
Figura 13. Batería VRLA .....	21
Figura 14. Batería de litio .....	21
Figura 15. Batería de litio .....	22
Figura 16. Protecciones DC panel solar.....	23
Figura 17. Sistema de protección AC .....	24
Figura 18. Sistema autónomo.....	25
Figura 19. Sistema híbrido.....	26
Figura 20. Sistema interconectado .....	27
Figura 21. Mantenimiento preventivo sistema fotovoltaico .....	28
Figura 22. Residencia Zafiro .....	29
Figura 23. Mapa Solar de irradiación global anual en Ecuador .....	30
Figura 24. Mapa de recorrido solar .....	31
Figura 25. Temperatura promedio.....	31
Figura 26. Diagrama unifilar hasta panel de distribución .....	34
Figura 27. Ficha técnica de panel solar JAM 72S20 .....	37
<i>Figura 28. Ficha técnica de inversor GROWATT 5000.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 29. Conexión para módulos fotovoltaicos .....</i>	<i>40</i>
Figura 30. Soporte para arreglo fotovoltaico .....	41
Figura 31. Esquema dinámico Software PV Syst .....	43
Figura 32. Interfaz de variables PV Syst.....	44
Figura 33. Geo referencia de sitio .....	45
Figura 34. Parámetros climáticos.....	46

Figura 35. Orientación del módulo solar .....	47
Figura 36. Elementos del sistema Fotovoltaico.....	48
Figura 37. Producción anual del generador Fotovoltaico .....	49
Figura 38. Rendimiento anual del generador fotovoltaico .....	50
Figura 39. Perdidas de sistema fotovoltaico.....	51
Figura 40. Diagrama unifilar SGDA propuesto .....	52
Figura 41. Emisiones de CO2 ahorradas .....	60
Figura 42. Flujo Neto.....	62

## **TABLAS**

Tabla 1. Consumo eléctrico periodo 2022-2023 .....	32
Tabla 2. Arreglo Fotostático .....	40
Tabla 3. Detalle de cargas para autonomía por banco externo de baterías .....	42
Tabla 4. Tabla de resumen del SGDA.....	52
Tabla 5. Presupuesto eléctrico sistema solar hibrido de 3.2KW.....	56
Tabla 6. Amortización por préstamo Cooperativa Sucre .....	57
Tabla 7. Análisis económico de TIR y VAN.....	60

## **ECUACIONES**

Ecuación 1. Consumo diario .....	35
Ecuación 2. Horas sol pico.....	36
Ecuación 3. Potencia fotovoltaica .....	36
Ecuación 4. Cantidad de paneles fotovoltaicos.....	37
Ecuación 5. Autonomía de banco de batería .....	42
Ecuación 6. Costo Beneficio .....	62

## **ANEXOS**

Anexo 1. Ficha técnica panel solar .....	77
Anexo 2. Ficha técnica inversor Growatt SPF 5000 DVM .....	78
Anexo 3. Pliego Tarifario Cliente en bajo voltaje sin demanda.....	79
Anexo 4. Regulación ARCONEL 03/18 .....	80
Anexo 5. Regulación ARCERNNR 01/21 .....	83
Anexo 6. Regulación ARCERNNR 08/23 .....	90
Anexo 7. Tasa de interés .....	100
Anexo 8. Listado de aparatos y/o equipos eléctricos de la vivienda.....	118



Anexo 9. Detalle la planilla de consumo eléctrico de acuerdo al Pliego  
Tarifario.....119

## Resumen

Las energías renovables son una solución autosostenible para la crisis energética mundial, disminuyendo gradualmente el uso de energía térmica por gas, hidrocarburos y derivados para uso eléctrico y minimizando el impacto ambiental que se produce por efecto combustión. Los sistemas fotovoltaicos son considerados parte de los proyectos de generación distribuida adaptando un nuevo concepto al usuario y generando beneficios por su capacidad de generación inyectada a la red. El proyecto busca demostrar la factibilidad de un proyecto fotovoltaico híbrido para el sector residencial sin demanda horaria ubicado en Guayas. El desarrollo de esta investigación comprende 5 Capítulos, siendo el capítulo I los antecedentes y generalidades que llevaron al desarrollo de esta investigación justificando la importancia de un SGDA y sus beneficios, el capítulo II exploró conceptos importantes de los generadores renovables de acuerdo con las regulaciones ARCENNR vigentes y los conceptos y fundamentos necesarios sobre las tecnologías y aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos. Los capítulos III y IV analizan y dimensionan el sistema fotovoltaico con ayuda del software PVsyst 7.2 en función a la necesidad del usuario, teniendo una producción anual de 3998 kWh/año y un abastecimiento para carga crítica de hasta 4 horas para una demanda de 3 kW. Finalmente, el capítulo V demostró la recuperación de la inversión en el año 12 con un beneficio de 167% y un ahorro anual de 528.83 dólares en un tiempo de 25 años.

**Palabras clave:** Generación distribuida, Energía renovable, Sistema fotovoltaico, Ahorro de energía, Banco de batería.

## **Abstract**

Renewable energies are a self-sustainable solution to the global energy crisis, gradually decreasing the use of thermal energy from gas, hydrocarbons and derivatives for electrical use and minimizing the environmental impact that occurs due to combustion. Photovoltaic systems are considered part of distributed generation projects, adapting a new concept to the user and generating benefits from their generation capacity injected into the grid. The project seeks to demonstrate the feasibility of a hybrid photovoltaic project for the residential sector without hourly demand located in Guayas. The development of this research comprises 5 Chapters, chapter I being the background and generalities that led to the development of this research justifying the importance of an SGDA and its benefits, chapter II explores important concepts of renewable generators in accordance with ARCENNR regulations. current and the necessary concepts and foundations on the technologies and applications of photovoltaic systems. Chapters III and IV analyze and size the photovoltaic system with the help of the PVsyst 7.2 software based on the user's needs, having an annual production of 3998 kWh/year and a supply for critical load of up to 4 hours for a demand of 3 kW. Finally, chapter V demonstrated the recovery of the investment in year 12 with a profit of 167% and an annual savings of \$528.83 over a period of 25 years.

**Key Works:** Distributed generation, Renewable energy, Photovoltaic system, Energy saving, Battery bank

## **CAPITULO 1**

### **1. ASPECTOS GENERALES**

#### **1.1. Introducción**

Debido a la fuerte crisis energética que atraviesa Ecuador desde mediados del 2023 por daños severos y falta de mantenimiento a centrales hidroeléctricas, la red eléctrica nacional no cuenta con la capacidad suficiente para abastecer al anillo interconectado del país. Desde el periodo 2022 el 70% de generación corresponden a Hidroeléctricas, con una capacidad instalada de 4.5GW (CENACE, 2022). El 30% restante corresponde a generación térmica y otras energías de carácter renovables.

Debido a la falta de capacidad de generación, los organismos nacionales como MERN (Ministerio de Energía y Minas) propuso poner en marcha algunas centrales hidroeléctricas, limitar el despacho de energía eléctrica por sector y zona horaria, negociar la importación de energía con países vecinos. Debido al fenómeno del niño, la falta de lluvias en las cuencas y el mantenimiento a representado un 66% de capacidad de generación en 2023. la limitación de electricidad afecta la productividad y la economía del ecuador por lo cual los proyectos de generación distribuida (GD) han demostrado desde el 2012 ser aporte para mejorar la estabilidad de la red, desde el punto de vista, técnico, económico, social y ambiental.

La GD con proyectos de energía renovables ha revolucionado el concepto energético, logrando reformas en la matriz energética de muchos países, por ser considerado energías implícitamente inagotables e inyectar energía a la red eléctrica nacional.

El proyecto de investigación busca implementar un sistema fotovoltaico híbrido para disminuir el consumo eléctrico, abastecer de energía eléctrica por medio de

banco de baterías en un periodo de 2 horas y aprovechar los beneficios de un cliente prosumidor de acuerdo a la resolución ARCERNR 13/21.

## **1.2. Definición del problema**

Ecuador cuenta con grandes centrales hidroeléctricas para la generación de electricidad, no obstante estos proyectos millonarios solo representan un 70% de la capacidad necesaria para abastecer al pueblo ecuatoriano. La falta de mantenimiento a nuestras centrales y elevación de temperaturas, han ocasionado una reducción a la capacidad de generación que representa menos del 60% de energía en Ecuador. Ante dicha situación, se han programado cortes de energía en horarios diurnos.

¿Cómo afecta la falta de generación eléctrica a las residencias de la urbanización la joya de la provincia del Guayas?

## **1.3. Justificación del problema**

La investigación es necesaria porque permite estudiar el comportamiento del consumo eléctrico de la vivienda.

Esta investigación permitirá usar nuestros conocimientos para implementar un sistema fotovoltaico y estudiar su comportamiento.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

Disminuir el consumo eléctrico facturado por la Distribuidora en horario diurno por medio de un generador fotovoltaico híbrido para la residencia Zafiro.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Estudiar el consumo eléctrico y variables meteorológicas de la residencia Zafiro.
- Dimensionar y diseñar un sistema fotovoltaico mediante software PVsyst
- Realizar un estudio técnico económico para evaluar el costo beneficio del proyecto de generación fotovoltaico híbrido de la residencia zafiro.

### **1.6. Hipótesis**

Los sistemas fotovoltaicos híbridos a la red ayudan a disminuir el consumo eléctrico en horario diurno generando beneficios energéticos al usuario.

### **1.7. Metodología de la investigación**

La presente investigación utiliza los métodos cualitativo y cuantitativo, dentro de la fase de recopilación de información se utiliza el tipo hipotético deductivo y el análisis exploratorio para la recolección de datos para verificación de dicha información con respecto a los objetivos, para la fase de diseño y viabilidad del proyecto se realizara el método experimental, ya que se manipularan ciertas variables en función de las necesidades de la residencia y beneficios que este pueda obtener dentro del desarrollo de sus objetivos.

## **CAPITULO II**

### **2. MARCO TEORICO**

#### **2.1. Generación distribuida**

La generación distribuida no cuenta con una definición concreta sin embargo se interpreta como el conjunto de sistemas de micro generación instalada cerca del sitio de consumo, siendo el excedente de energía suministrada a la red. Diferentes organismos internacionales como OLADE, CIER definen a la generación distribuida como sistemas de generación interconectados a la red. Este tipo de generación no es despachada de forma centralizada y su capacidad de generación no supera 1MW (Guillen & Alonzo, 2020).

La generación distribuida (GD) busca llevar a los sistemas con micro y pequeña generación más cerca de las instalaciones eléctricas del consumidor (Rodriguez, Vazquez, Saltos, & Ramos, 2017). dentro de su definición acopla algunos criterios para clasificar un tipo de generador según: su tipo de conexión a la red, tecnología, modo de operación, ubicación, potencia instalada, objetivo, impacto ambiental, etc.

La generación distribuida está relacionada con las energías renovables siendo esta su principal motor la inyección de energía al consumidor.

Grandes potencias a nivel de Latinoamérica como Brasil han potenciado su matriz energética con sistemas de micro generación con aplicación fotovoltaica comenzando desde el periodo 2012 para uso residencial, tras la instalación se apreció una disminución del 60% del consumo eléctrico reflejado en la factura y mejoras en la calidad de la red por la inyección del generador, desde el punto de vista técnico – económico han permitido que en el periodo 2017 el crecimiento de la potencia instalada sea de 32% con 400GW (Carvalho & Delgado, 2017).

##### **2.1.1. Regulaciones de generación distribuida en ecuador**

Ecuador es conocido por ser un país pequeño, sin embargo, ha sido uno de los países distribuidores combustibles fósiles a nivel internacional. Ecuador ha sido un país cultural y naturalmente comprometido con el cambio sostenible de energías participando en varias cumbres mundial con el objetivo de garantizar la utilización de dichas energías. Por lo cual empezó a crear centrales hidroeléctricas y eólicas para mejorar su capacidad de generación. Ecuador cuenta con organismos públicos y privados para la generación de energía eléctrica.

Ecuador dada su ubicación en la mitad del mundo ha aprovechado sus recursos naturales para potenciar las centrales de generación distribuida para en 2030 reducir la dependencia de centrales termoeléctricas y disminuir el costo de energía distribuida del pliego tarifario. Actualmente el país cuenta con regulaciones que dan seguimiento y control de energías y recursos naturales no renovables. (Fernando Durán, 2019.) Sin embargo, el país cuenta con varias centrales de generación distribuidas colocadas estratégicamente en espacios naturales del país aprovechando cada instancia de estos recursos.

CONELEC 003/08.- Distribución de la energía El CENACE (operador nacional de electricidad) para mejorar la calidad del servicio constituyó entidades que estarían a cargo de procesos de transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica. Estableciendo a dichas entidades son responsables de las operaciones de despacho y transporte de energía, mientras entregue energía eléctrica sin perturbaciones que puedan afectar las instalaciones del consumidor o acarrear algún riesgo humano. La regulación está dirigida a 3 pasos de la transmisión que buscan una red más eficiente sin generar problemas al consumidor, en todas las etapas que comprende el transporte de energía con la finalidad de entregar la mayor calidad de



energía disminuyendo las fallas que se puedan generar (Chica, 2023). A continuación se detallan las etapas:

- Sistemas de transmisión con niveles de tensión hasta 230 kV.
- Estaciones de transformación y regularización de tensión por distancia
- Instalaciones de distribuidoras o empresas consideraras como grandes consumidores.

ARCONEL 003/18.- Micro generación: En el 2018, se instauro el concepto de energías renovables como sistemas de generación distribuida, con la regulación N° 03/18 y resolución N° 42/18 Demostró que los proyectos de generación con fuentes renovables son consideradas limpias y amigables al medio ambiente el uso de tecnologías que favorecen la conversión de recursos naturales inagotables, Esta sección es considerada como energía alternativa por su forma de generación y su bajo impacto al daño ambiental. La resolución hace énfasis a la micro generación fotovoltaica interconectada a la red de un consumidor. Describe el termino micro generación al donde estandariza su capacidad como menor a 100 kW de potencia, esta puede ser utilizada para comercialización domiciliaria, comercial e industrial. Incluso en proyectos de media y baja tensión mediante bahías o subestaciones; la resolución dispone a estos sistemas aptos para un sincronismo con la red eléctrica existente que llega al consumidor por tanto solo exige que conserve los criterios de generador, conexión, disposiciones para interconectar el sistema con la red eléctrica nacional, también este apartado comprende la medición y facturación neta y. Este tipo de sistema contará con un medidor bidireccional, este se encargará de medir la energía inyectada, para la facturación mensual esta realizará un cálculo el cual resta la energía consumida por la red menos la energía inyectada por los paneles. Si la

resultante es negativa la empresa distribuidora evaluará la energía mensual consumida en función al tipo de tarifa que establezca el pliego tarifario (Chica, 2023).

ACERNNR-013/2021 decretada por MEN (Ministerio de Energía y Minas) dando cumplimiento al artículo uno del Decreto Ejecutivo N° 238, emitió el pasado mes de junio, ACUERDO Nro. MEM-MEM-2022-0024-AAM acerca de políticas públicas del sector eléctrico ecuatoriano. El documento presenta alternativas para crecimiento sostenido del sector que coadyuve al desarrollo social, productivo y económico del país. Fomentando nuevas directrices dentro del sector eléctrico ecuatoriano impulsarán los objetivos y metas que fueron impuestas en el Plan Nacional de Desarrollo mediante la participación de las energías renovables y la eficiencia energética adaptadas a los proyectos de generación, reingeniería, mejoramiento de infraestructuras, medio ambiente (Bonilla R. , 2022). A continuación, se detallan los enfoques que busca esta resolución:

- Seguridad y Calidad para el Abastecimiento de Energía Eléctrica.
- Demanda y Consumo de Energía Eléctrica.
- Eficiencia Energética.
- Ambiental y Social.
- Institución (Ministerio de Energía y Minas, 2022)

## **Energía Renovables**

Son conocidas como las energías limpias que utilizando los recursos naturales como fuente o medio de conversión a otras energías necesarias para el ser humano. Estas fuentes de energía se consideran virtualmente inagotables debido a que se regeneran por medios naturales y su existencia depende principalmente del sol (González, 2009),

también disminuyen la contaminación al medio ambiente debido en parte a su recurso, se cree que a mayor capacidad de generación con energías renovables menor será la emisión de toneladas de CO<sub>2</sub> al año.

A continuación, se detalla algunos de los sistemas de generación con energías renovables:

1. Solar fotovoltaica.
2. Solar térmica
3. Eólica
4. hidráulica
5. Geotérmica
6. Mareomotriz
7. Biomasa
8. Undimotriz

Su principio proviene del sol. Una fuente ilimitada, la masiva energía que emite el sol viaja por el espacio en forma de onda lo que origina el movimiento de los planetas. El efecto de onda que incide en la corteza terrestre origina los cambios climáticos, el desarrollo de la vida, también esta energía puede ser convertida en energía aprovechable como energía térmica y energía eléctrica.

La energía solar fotovoltaica ha tenido una representación marginal por lo que se le ha considerado como sistemas emergentes. En el periodo del 2010 hubo una mayor demanda de esta tecnología debido las tendencias de fuentes energéticas renovables orientadas al ahorro energético y el cuidado del medio ambiente.

El tema ambiental a tomando gran relevancia debido al calentamiento global en las últimas décadas por emisiones de gases de efecto invernadero. LAC en el periodo

2016 produjo un 5% mientras que grandes potencias como China con un 10.6 Kilo Toneladas de CO2 que equivale al 30.2%, seguido de Estados Unidos con 5.1 Kilo Toneladas con 13.5% y finalmente La unión europea con 3.4 Kilo Toneladas con 8% (Statista, 2022). La generación distribuida pretende disminuir el uso de las plantas termoeléctricas y aumentar su capacidad de generación en fuentes renovables(BID, 2020).

## 2.2. Sistema Fotovoltaico

Los sistemas fotovoltaicos con un conjunto de elementos y componentes que convierten la luz en electricidad, por medio de los paneles solares absorben la radiación global y mediante las placas semiconductoras y un proceso fotoeléctrica convierten dicha radiación en energía eléctrica DC, esta energía es convertida para generar energía AC con la que se alimentan las cargas como lo muestra la figura 1.

Figura 1. Energía solar fotovoltaica



Nota: sistema solar fotovoltaico donde por medio del efecto fotoeléctrica las placas solares absorben la radiación del sol y la convierten mediante una serie de procesos en energía eléctrica AC. Fuente: Caicedo; 2018

### **2.2.1. Conceptos básicos para la generación fotovoltaica**

Los sistemas fotovoltaicos son de fácil instalación, sin embargo, es indispensable un correcto dimensionamiento del sistema para para un suministro de energía capaz de cubrir a la carga ante periodos con mayor o menor radiación solar. A continuación, se detallan algunos conceptos.

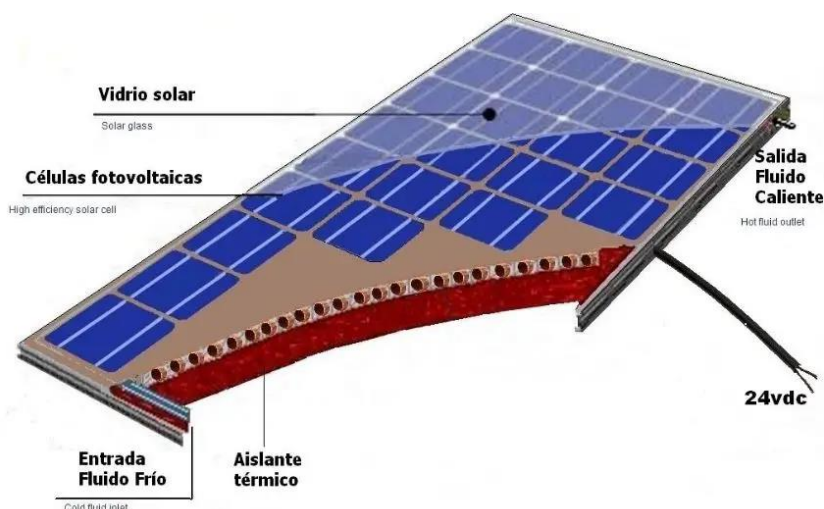
1. Radiación solar: es conocida como el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol también llamada radiación global la cual es el complemento de la radiación directa aquella que incide sin obstáculo al módulo y la radiación difusa, aquella reflejada por las nubes y la reflejante impacta sobre el módulo.
2. Horas sol pico: son las horas solares en la que la irradiación alcanza su máximo punto, es decir el periodo de tiempo donde la generación alcanza su punto máximo.
3. Sombras: es la sombra generada por una superficie de terreno que incide de manera directa o indirecta con los módulos solares, es necesario en el caso de una inclinación una distancia de separación entre módulos calculada según el recorrido del sol.
4. Área o superficie de instalación: se considera al área de montaje de los módulos fotovoltaicos, el número de paneles dependerá del área y la distancia de seguridad.
5. Conexiones eléctricas: según la configuración del inversor, es la configuración de los arreglos necesarios para garantizar el voltaje y corriente de entrada del inversor. Las conexiones para un arreglo más comunes son serie y paralelo.

6. Distancias de seguridad: se conoce a la distancia de separación entre fila de módulos solares en la que el operador puede caminar y contar con el espacio suficiente para realizar una maniobra de mantenimiento, montaje o desmontaje.
7. Protecciones: son el conjunto de elementos que se encargan de proteger cada etapa del proceso de conversión de energía asegurando la vida útil del sistema y mantenimiento mediante corte y desconexión de los componentes.

### 2.3. Modulo solar

Son placas semiconductoras de silicio que absorben radiación solar mediante el efecto fotoeléctrico. Por su composición de semiconductor conduce en un solo sentido, siendo la sumatoria de las células en serie el voltaje final del módulo solar como lo muestra la figura 2.

Figura 2. Componentes de panel solar

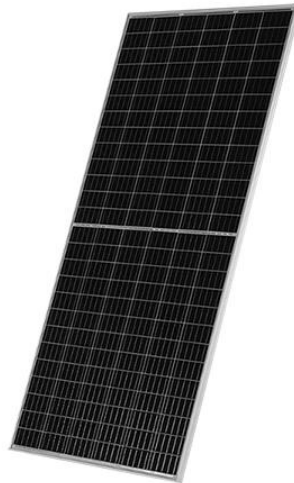


Nota: componentes internos que comprenden el módulo solar. Fuente: Geosolar, 2008

### 2.3.1. Módulo monocristalino

Sus placas de silicio cristalizadas están conformadas por 4 electrones, se caracteriza por tener placas en forma hexagonal de coloración azul asemejado a un semi cuadrado. El rendimiento del módulo oscila entre 24 y 30%. La figura 3. Muestra la estructura de un panel fotovoltaico monocristalino de 460 W.

*Figura 3. Módulo monocristalino*



*Nota: Panel monocristalino compuesto de 72 células con un voltaje de salida de 42V. Fuente: Intelbras, 2008*

### 2.3.2. Módulo policristalino

Dentro de sus placas de silicio en de microcristales con tonalidad azul, se diferencia por tener una textura granulada con cortes cuadrados. El rendimiento del módulo oscila entre el 19 y 20%. La figura 4. Muestra la estructura de un panel fotovoltaico policristalino de 350 W.

Figura 4. Módulo policristalino



*Nota: Panel monocristalino se caracteriza por su coloración azul marino. Fuente: Jandei, 2008*

### **2.3.3. Módulo amorfo**

Se diferencia por tener una estructura no cristalina teniendo una tonalidad café oscura, no existe uniformidad entre sus células. Sin embargo, poseen un alto grado de captación de irradiación. El rendimiento de este módulo oscila entre el 12% y 14%. La figura 5. Muestra la estructura de un panel fotovoltaico amorfo de 120 W.

Figura 5. Módulo amorfo



*Nota: Panel amorfo caracterizado por tener laminas finas. Fuente: Archiexpo, 2012*



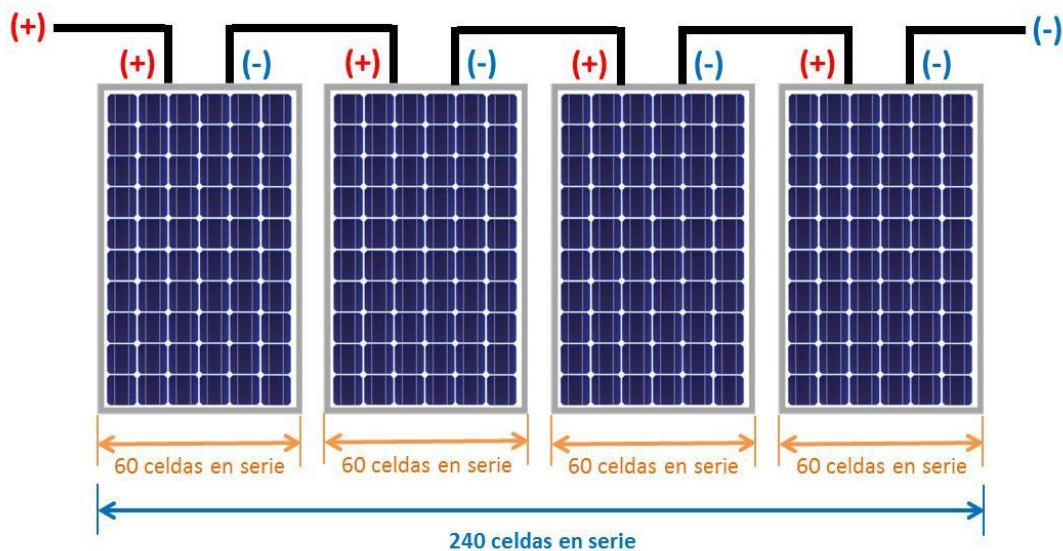
## 2.4. Tipo de conexiones

Los arreglos fotovoltaicos se organizan de acuerdo con las condiciones de entrada del inversor, la agrupación de paneles debe cumplir el voltaje de operación y la corriente de trabajo de la entrada mppt. los arreglos fotovoltaicos cuentan con los siguientes tipos de conexiones:

### 2.4.1. Conexión Serie

Los módulos fotovoltaicos se agrupan en una fila, es decir el inicio de un panel está conectado con el final de otro, actúa como un circuito serie resistivo, donde la corriente es la misma para toda la agrupación y su voltaje será igual a la sumatoria de los módulos como lo muestra la figura 6.

Figura 6. Conexión en serie

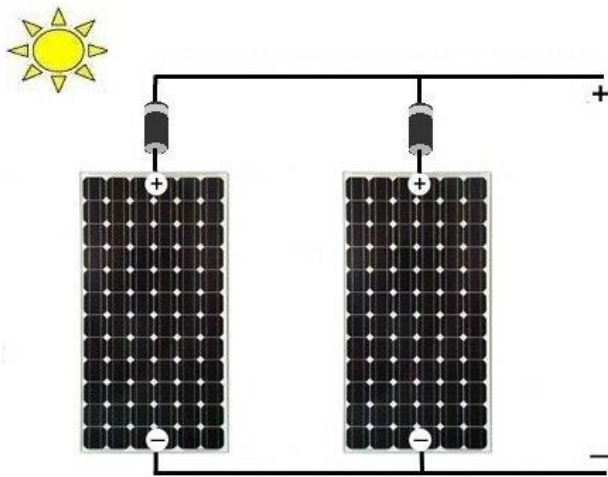


*Nota: el arreglo fotovoltaico en serie es la sumatoria de voltaje de cada panel, la corriente del circuito es la misma para todos sus módulos. Fuente: Guangdong, 2013*

## 2.4.2. Conexión en paralelo

Los módulos fotovoltaicos conectan sus terminales positivos en un mismo nodo y sus terminales negativos en un nodo común, como un circuito en paralelo el voltaje en paralelo a la fuente es el mismo para todos sus paneles y la corriente de la agrupación será igual a la sumatoria de la corriente de  $n$  módulos como lo muestra la figura 7.

Figura 7. Conexión paralela



*Nota: el arreglo fotovoltaico en paralelo, la sumatoria de corriente de cada panel es la corriente total del arreglo, el voltaje en todos sus módulos es el mismo. Fuente: MPPT Solar, 2014*

## 2.5. Conectores

Los conectores son elementos de unidireccional que permiten realizar acoples en los arreglos fotovoltaicos, estos componentes son conocidos como MC4 normalmente fabricados para aplicaciones fotovoltaicas estandarizados para soportar elevadas temperaturas de trabajo a intemperie y proteger al conductor de humedad debido a que internamente cuenta con un recubrimiento de silicón frío que no permite el paso de fluidos. La figura 8. Muestra el par de conectores MC4.

Los conectores MC4 según su tipo se clasifican en conectores Macho considerado para la entrada positiva y hembra para la entrada negativa.

Figura 8. Par de conector MC4



*Nota: los conectores fotovoltaicos se utilizan para configurar los arreglos fotovoltaicos según su conexión sea serie, paralelo o mixta. Fuente: CCEEA, 2012*

## **2.6. Inversor solar**

Es un equipo con tecnología electrónica que convierte una señal DC en una señal AC mediante los procesos de conmutación de pulso controlado y la etapa de filtrado con la finalidad de generar una onda senoidal casi perfecta, los inversores se clasifican según las siguientes características:

- a) Aplicación: Conectado a la red, autónomo, híbrido
- b) Tipo de sistema: Monofásico o trifásico
- c) Frecuencia: 50Hz o 60 Hz

### **2.6.1. Inversor autónomo**

Es el encargado de transformar la energía DC de un banco de baterías y/o conjunto fotovoltaico en energía AC. El inversor autónomo se caracteriza por generar

energía AC en horario diurno por medio gracias a la captación de radiación en los módulos solares y en la noche gracias a la energía almacenada DC que fue suministrada desde los paneles a las baterías y esta energía entregada al inversor pasa por un regulador controlador, que se encarga que los valores DC a la salida del banco externo sean constantes. La autonomía en horas depende del dimensionamiento del banco de baterías y la carga consumida en horario nocturno.

Este sistema es utilizado para predios con difícil acceso a la red eléctrica o por situaciones geográficas donde no hay la posibilidad de una interconexión con un nodo de la red eléctrica. Esta tecnología al no inyectar energía a la red no es considerado como un GD. La figura 9. Muestra cómo actúa un sistema autónomo.

Figura 9. Inversor autónomo



*Nota: Fases de un sistema solar autónomo teniendo a los módulos fotovoltaicos como fuente primaria y como fuente de respaldo al banco de baterías, la dependencia de este sistema está en función de la captación solar de los módulos solares. Fuente: Solera, 2012*

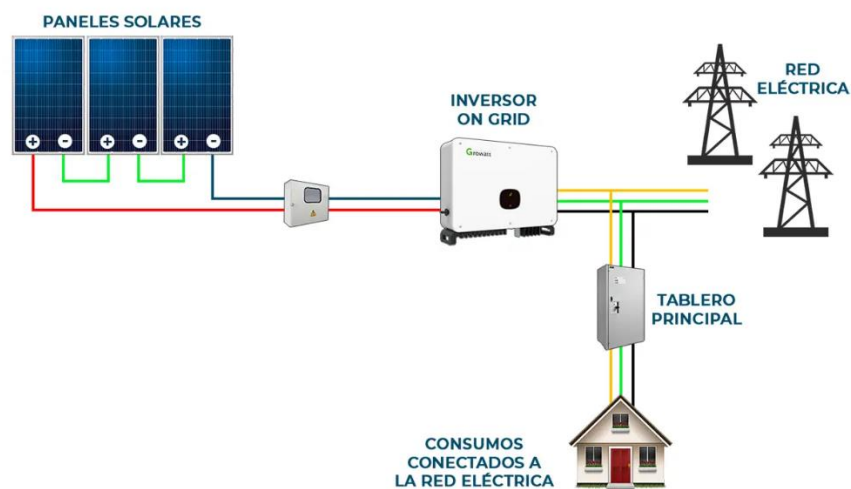
## 2.6.2. Inversor interconectado a la red

Es aquel que trabaja con la energía del sol y lo entrega a la carga, convierte la energía DC entregada por el conjunto fotovoltaico en energía AC la cual es conectada

directamente a la carga. Su concepto de interconectado a la red parte de que la GD y la red eléctrica están conectadas a una misma carga.

Este tipo de tecnología cuenta con los beneficios técnico – económico ya que la energía inyectada a la carga en caso de tener excedentes la diferencia de energía será entregada y comercializada a la red volviendo al usuario un cliente prosumidor. La figura 10. Muestra cómo actúa un sistema interconectado a la red.

Figura 10. Inversor interconectado a la red



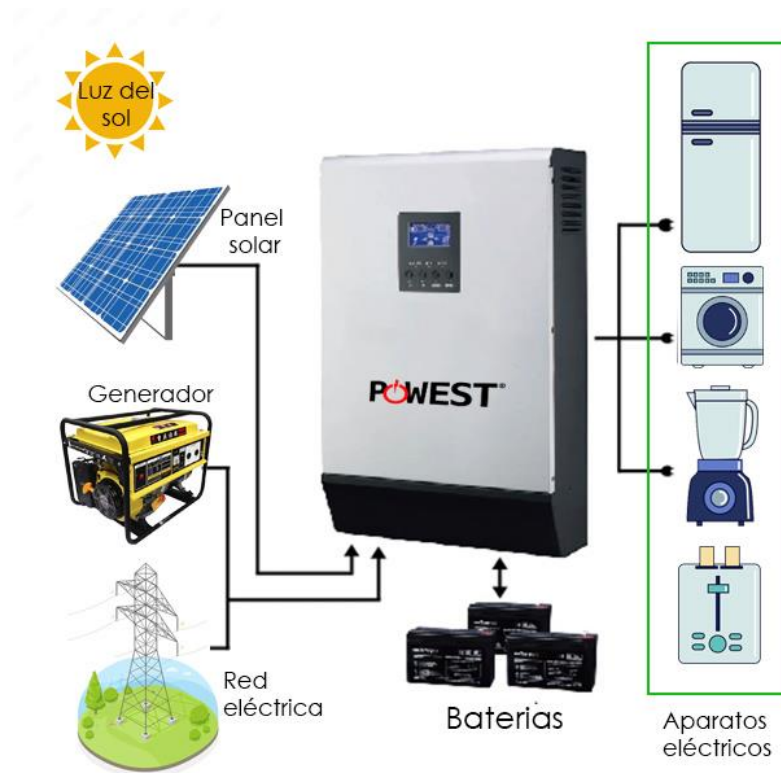
*Nota: El inversor interconectado cuenta con 2 fases para la generación de energía AC a la carga las cuales son los módulos fotovoltaicos y el inversor. Sin embargo, tiene protecciones en la entrada y salida del inversor para maniobras de mantenimiento y protección. Fuente: Giler, 2014*

### 2.6.3. Inversor híbrido

El concepto híbrido aboga por las dos aplicaciones Autónoma e interconectada a la red. Se caracteriza por funcionar en horario diurno como un sistema interconectado y en horario nocturno conectado a la red o puede hacer uso de una reserva limitada de energía entregada por un banco externo. Sin embargo, esta energía dentro del inversor es considerada para cargas críticas teniendo una potencia de salida diferente a la potencia en condiciones normales.

Este inversor por su tecnología híbrida goza de los beneficios de un sistema interconectado pese a tener un banco de baterías, debido a que cumple con el concepto de un SGDA (Sistema de generación distribuida de autoabastecimiento). La figura 11 muestra el comportamiento de un inversor híbrido.

Figura 11. Inversor híbrido



*Nota: El inversor híbrido cuenta con dos subsistemas. El primero como un interconectado es decir genera energía por medio del conjunto fotovoltaico alimentar a la carga, y cuenta con la energía de la red eléctrica para respaldar en periodos donde no haya generación fotovoltaica, El segundo con un banco externo que entrega una energía limitada a la carga que es considerada como crítica, su energía de salida es menor a la energía en operación normal (conjunto fotovoltaico). Fuente: Powest, 2017*

## 2.7. Batería

Las baterías son consideradas como elementos que acumulan una gran cantidad de energía por medio de un proceso químico oxidativo donde un material se oxida mientras el otro retiene los electrones, el flujo de electrones circula por las

entradas o bornes de la batería cuando entre ella cuenta con una impedancia o un circuito cerrado, es considerado como una fuente de energía DC.

Figura 12. Baterías y su topología



Nota: clasificación de baterías según su aplicación, autónoma y ciclada. Fuente: Tritec, 2009

### 2.7.1. Batería VRLA

Batería compuesta por plomo – ácido en la que el electrolito se a inmobilizado para recombinar el hidrogeno y el oxígeno. La batería es sellada y cuenta con válvulas de liberación de presión evitando el escape de gases. En una batería VRLA, el oxígeno producido en el positivo migra al negativo donde se reduce para reformar el agua (Microtex, 2010). La figura 13. Muestra la forma física de la batería sellada VRLA.



Figura 13. Batería VRLA



Nota: representación de una batería VRLA sellada de 12V 140AH. Fuente: Microtex, 2010

### 2.7.2. Batería de Ni CD

Es una batería recargable de uso industrial para aplicaciones más robustas cuenta con los componentes de níquel – cadmios dopados en el interior y otros elementos semiconductores que cumplen la función de ánodo y cátodo para la circulación del flujo de electrones al cerrar el circuito con una impedancia (Z). Por su tecnología soportan alta temperaturas y medio ciclado (Direct Inustry, 2014). La figura 14. Muestra la forma física de la batería sellada Níquel Cadmio.

Figura 14. Batería de litio



Nota: representación de una batería VRLA sellada de 12V 140AH. Fuente: Direct industry, 2014



### 2.7.3. Batería de litio

También conocidas como ion de litio (Li On) compuestas de un electrodo (negativo) y un ánodo donde circula el flujo de electrones hacia un cátodo, cuando se conecta la batería se forma un circuito cerrado que permite la circulación del flujo de electrones. Estas baterías por su composición con litio soportan altas temperaturas, tienen una vida útil mayor a la tecnología VRLA (8 a 12 años) (EATON, 2015). La figura 15. Muestra la forma física de la batería sellada litio.

Figura 15. Batería de litio



Nota: Batería de litio para UPS tipo rack de 3KVA. Fuente: EATON, 2015

### 2.8. Estructura soporte

Consiste en un conjunto de estructuras y conectores que aseguran la correcta fijación de los módulos, la soportaría consisten en la ubicación de los módulos fotovoltaicos con respecto a una superficie sea plana o inclinada.

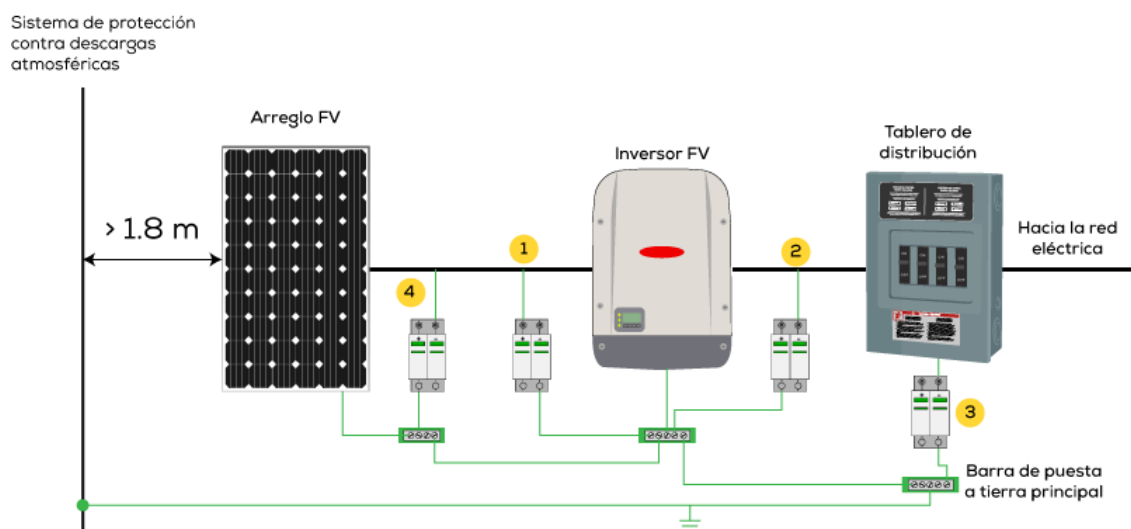
La estructura de soporte comprende un riel de aluminio, conectores tipo L para anclar el panel con respecto a una teja.

## 2.9. Protecciones DC

Las protecciones DC son aquellas que protegen la entrada del inversor de sobre voltajes o sobre corrientes causadas por la captación solar, irradiación captada por un módulo fotovoltaico no siempre es constante por que fluctúa la corriente del arreglo con valores superiores a las condiciones de operación por entrada del inversor.

Las protecciones DC para asegurar una conducción segura hacia la entrada del inversor es la agrupación de un breaker DC termomagnético, un supresor tipo II + tipo III, una llave de seccionamiento DC. La figura 16. Muestra el esquema de protecciones que debe tener un sistema fotovoltaico.

Figura 16. Protecciones DC panel solar



Nota: Ubicación de protecciones DC con puesta tierra panel solar para protección de la entrada DC del inversor.

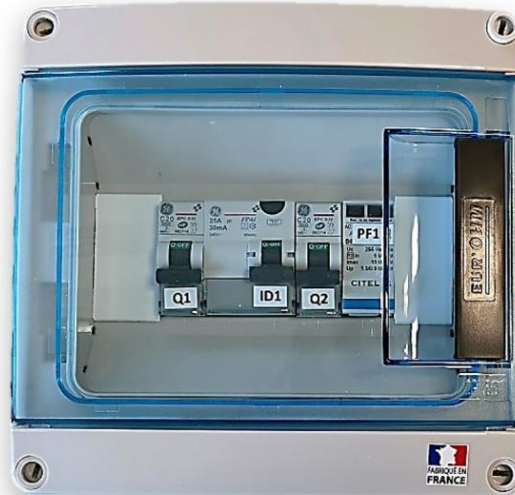
Fuente: CCEEA, 2013

## 2.10. Protecciones AC

Sistema de protección ubicado en la salida del inversor y entrada de la carga, se considera como protección adicional por temas de maniobra de mantenimiento, Sistema de protección contra rayos y puesta tierra, la protección AC comprende un interruptor termomagnético y un interruptor diferencial con el fin de garantizar la salida del inversor y proteger al usuario de riesgo eléctrico por mala operación o mal

funcionamiento. La figura 17. Muestra las protecciones DC como medida complementaria a la salida del inversor y entrada a la carga.

Figura 17. Sistema de protección AC



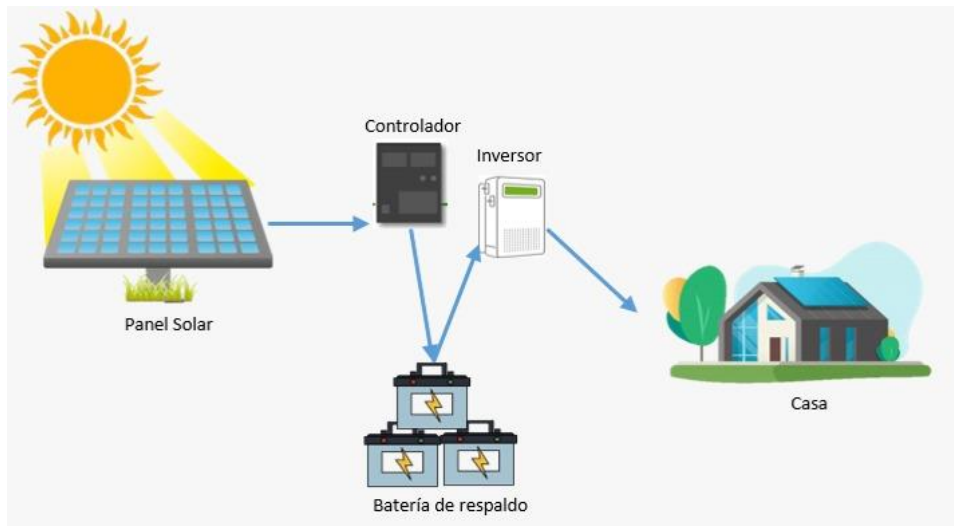
*Nota: sistema de protección AC en la salida del inversor, es un tablero externo que genera una protección adicional antes de ingresar a la carga. Fuente: CCEEA, 2012*

## 2.11. Sistema Autónomo

El sistema autónomo se caracteriza por tener un sistema de baterías que es cargada por medio de los paneles solares, y luego pasan por una etapa de control y supervisión de voltaje DC el cual ingresa hacia el inversor y este convierte la energía DC en AC. El sistema funciona en horario diurno con panel solar y nocturno con baterías, el sistema debe ser dimensionado para abastecer la demanda horaria en el periodo nocturno como lo muestra la figura 18.

Este sistema no forma parte de la generación distribuida, sin embargo, es considerada como un subsistema de la energía solar fotovoltaica orientada para usuarios con difícil acceso a la red eléctrica.

Figura 18. Sistema autónomo



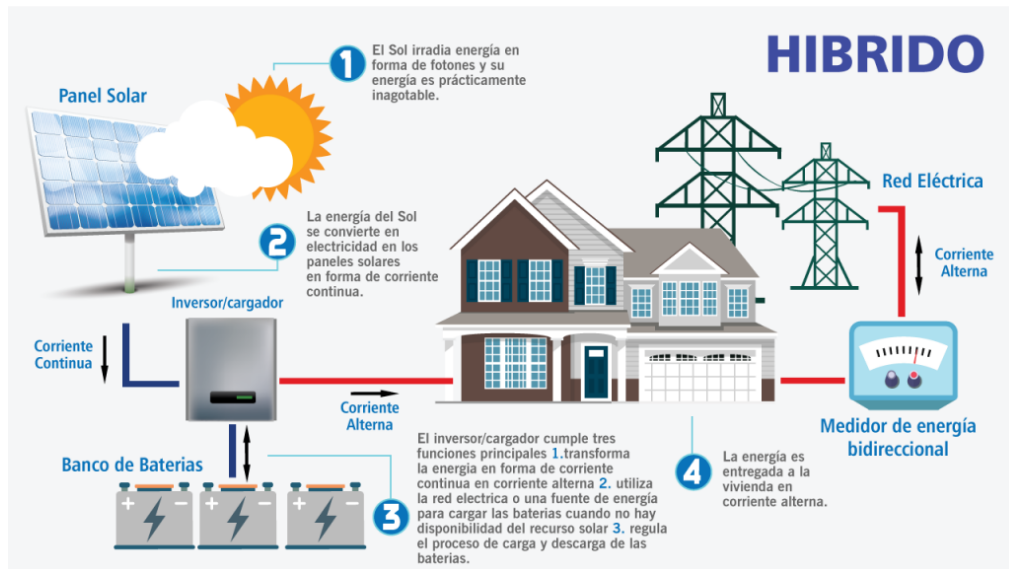
*Nota: el sistema autónomo absorbe la radiación con el conjunto de paneles solares mientras que las baterías se cargan y cuando el sol se oculta las baterías alimentan a la carga. Fuente: Casa Solar, 2011*

## 2.12. Sistema híbrido

El sistema híbrido es una interconexión de un sistema interconectado y un sistema de respaldo DC como fuentes de entrada. Este sistema se diferencia de un sistema aislado en que está interconectado a la red eléctrica, es decir, en periodos matutinos y vespertinos la energía la suministra la generación solar; cuando se oculta el sol puede entrar el banco de baterías como medida complementaria para cargas específicas o críticas, la capacidad de generación de respaldo se verá limitada en la potencia del bus DC del banco de baterías, es decir, el inversor cuenta con una potencia de salida específica sin embargo la potencia total del banco es la que determina la autonomía del sistema la cual debe ser menor o igual a la indicada por el equipo como lo muestra la figura 19.

Los sistemas híbridos también son considerados dentro de la generación distribuida como fuentes de generación debido a que su comportamiento es similar al sistema interconectado.

Figura 19. Sistema híbrido



Nota: el sistema híbrido funciona como un sistema interconectado, pero se diferencia en tener un banco de baterías que permite alimentar a la red en horario nocturno en un periodo limitado o usado como emergencia para cargas críticas. Fuente: Ingesor, 2016

### 2.13. Sistema interconectado

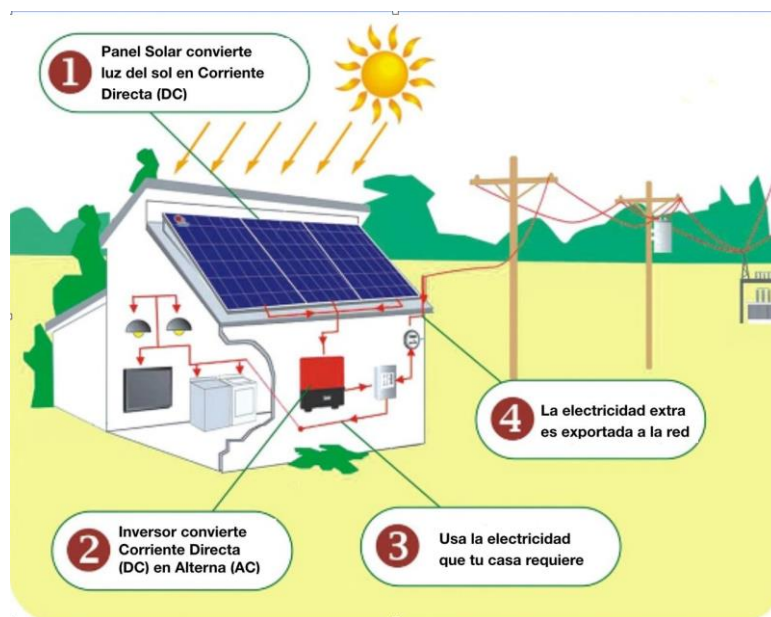
El sistema interconectado es aquel que suministra energía eléctrica directo a la carga, su principio se basa en la absorción de radiación electromagnética por los módulos fotovoltaicos, la energía DC es enviada a la entrada del inversor, este cuenta con una electrónica de potencia que convierte la señal DC en señal AC dando como producto final una onda casi perfecta. Este sistema no cuenta con un respaldo inyecta su energía a la carga y esta es medible mediante un medidor bidireccional, el cual funciona de la siguiente manera: mide la energía consumida por la red eléctrica y mide la energía inyectada a la carga, este medidor conocido como smart meter es capaz de sacar la diferencia de consumo horario de ambos generadores como lo muestra la figura 20.

Los sistemas interconectados forman parte de la generación distribuida ya que la energía generada es entregada directamente a la carga, el excedente de energía es enviado a la red eléctrica y es facturada como crédito.

Los sistemas fotovoltaicos interconectados tienen algunos beneficios los cuales son:

- Ahorro energético
- Sistema auto sostenible
- Fácil mantenimiento
- Fácil instalación

Figura 20. Sistema interconectado



*Nota: el sistema interconectado genera energía eléctrica en horarios de 6:00 hasta las 18:00pm. El sistema consta de módulos solares e inversor, la medición lo realiza un medidor bidireccional. Fuente: Intertec Solar; 2017*

## 2.14. Mantenimiento de sistema fotovoltaico

El mantenimiento es una parte fundamental para preservar la autonomía de los equipos, en los sistemas fotovoltaicos se estima un tiempo de vida útil de 25 años para paneles solares, 12 años para inversor, 10 años para baterías y 25 años para

accesorios y otros. El mantenimiento de un sistema solar consiste en las siguientes etapas.

- limpieza de módulos solares dejando libre de porosidades el material cristalino.
- limpieza de tablero DC/AC consiste en peinar los conductores, ajustar, atornillar, etiquetar.
- Calibración parámetros de salida de inversor.
- Mediciones AC/DC.

La figura 21. Muestra la forma correcta de limpieza de los módulos solares sin afectar el cristalino.

*Figura 21. Mantenimiento preventivo sistema fotovoltaico*



*Nota: mantenimiento preventivo de módulos solares soportados sobre suelo. Fuente: Tecno Sun; 2019*



## CAPITULO III

### 3. ANALISIS DE VARIABLES

#### 3.1. Antecedentes

La residencia Zafiro, es una vivienda familiar de 2 pisos, donde las horas de consumo son entre las 7 a 10am, 2 a 3pm y 6pm hasta las 10pm, teniendo un total de 8 horas promedio, la vivienda consume mensualmente 300 kWh. Sin embargo, la residencia pretende aumentar su carga en un 15% con equipos de climatización.

#### 3.2. Referencia geográfica

La residencia se encuentra ubicada en la ciudad de Guayaquil, en el kilómetro 12 Vía Daule, Urbanización la Joya Etapa Zafiro con coordenadas UTM 17M620697m Este y 9774079 m Sur. Como se detalla en la figura 22.

Figura 22. Residencia Zafiro



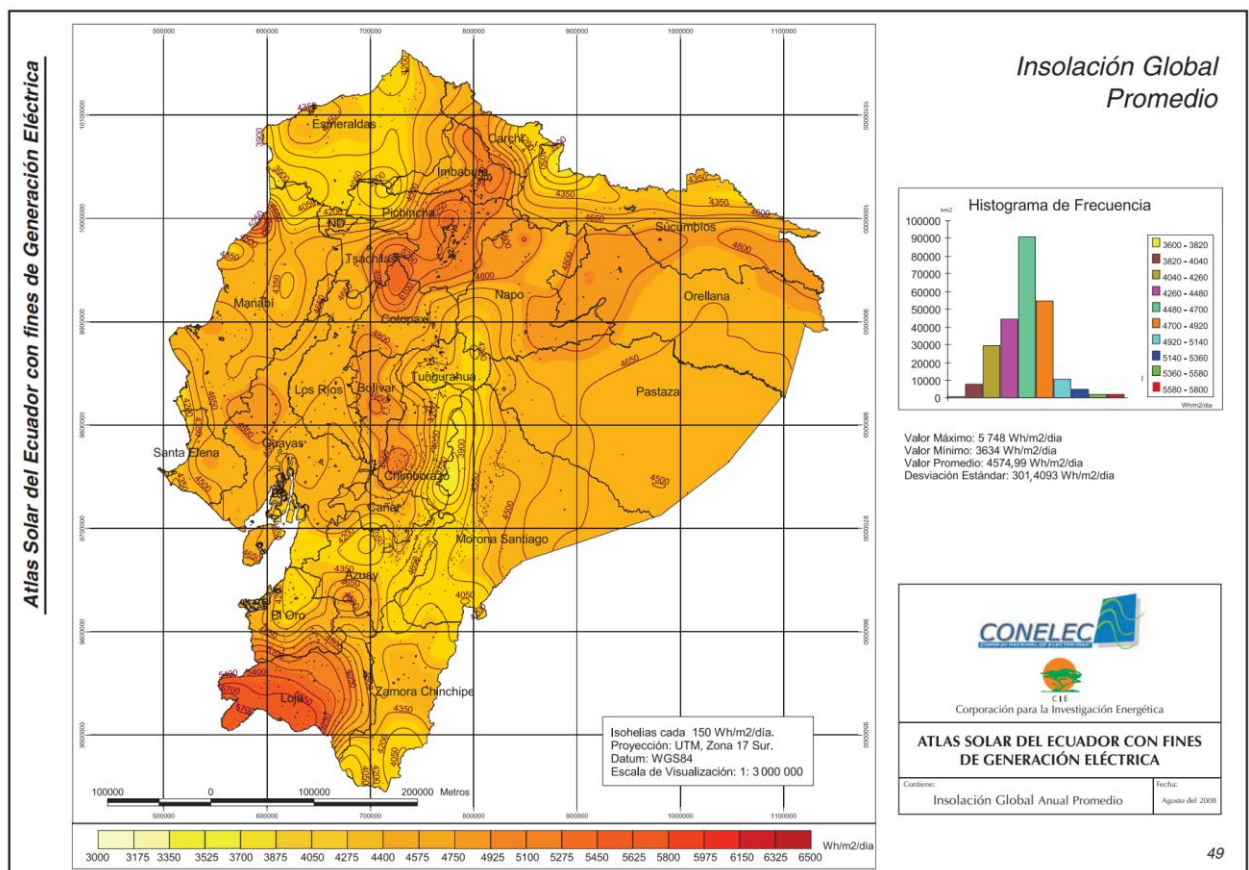
Nota: Ubicación en coordenadas UTM . Fuente: Google Earth; 2023



### 3.3. Irradiación Global promedio

La residencia Joya Zafiro, se encuentra ubicado en Guayas, cantón Daule presenta una irradiación global promedio de 4.8 kWh/m<sup>2</sup>/día como detalla la figura 23. Publicada por el Atlas Solar en el año 2008, la irradiación global es la cantidad de ondas electromagnéticas que inciden una superficie plata en un periodo de tiempo determinado.

Figura 23. Mapa Solar de irradiación global anual en Ecuador



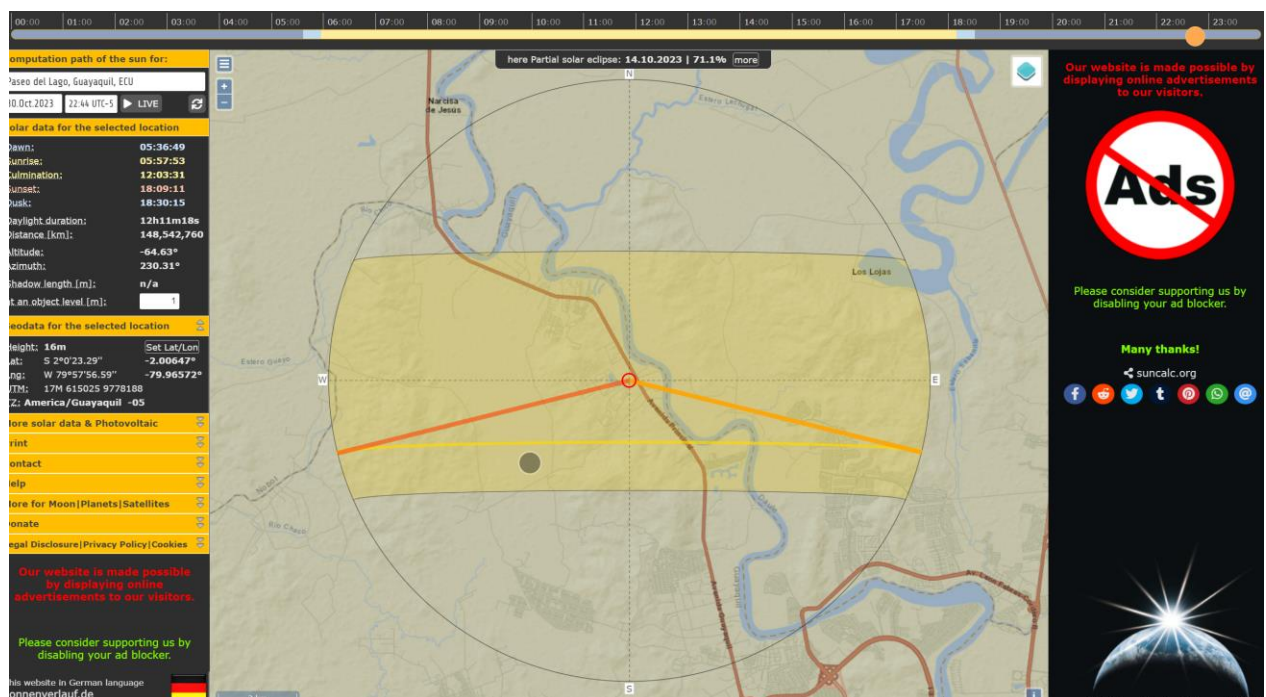
Nota: Detalle de niveles de radiación según provincia Fuente: Atlas solar, 2012

### 3.4. Recorrido solar

Para el cálculo de orientación del sol se tomó como referencia el software SunCalc donde georreferencia el punto de instalación y muestra la trayectoria solar como sobra en caso de que esta cuente con superficies irregulares. La figura 24. Indica el curso que tiene el sol con respecto al sitio, se evidencia que en horarios

diurnos de 5 y 57 sale el sol en posición este, su hora sol pico a las 12 pm donde se aprovecha la radiación en intervalos de 2 a 4 horas y el sol se oculta a las 18:09pm. No muestra un porcentaje de sombreado ya que la instalación será a nivel de tejado, donde cada conjunto residencial cuenta con una franja de separación y uniformidad en la construcción, por tanto, no cuenta con elementos alternos que puedan generar sombra dentro del sitio.

Figura 24. Mapa de recorrido solar



Nota: recorrido solar provincia Fuente: Suncalc, 2022

### 3.5. Índice de temperatura

Por las coordenadas geográficas, La urbanización la joya presenta una temperatura promedio de 25°C. Los datos obtenidos fueron por la página de la NASA, que evidencia temperaturas en oscilan entre los 23 a 33°C según los datos en el periodo 2021 como lo muestra figura 25.

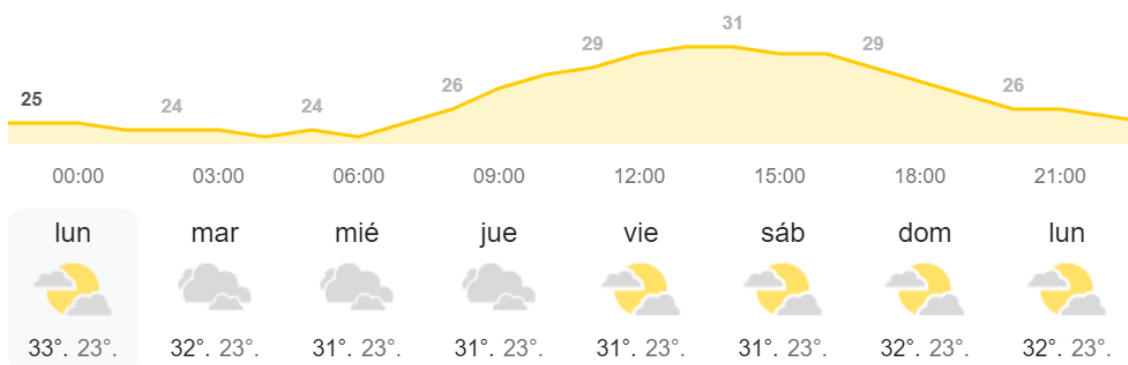
Figura 25. Temperatura promedio

 **25** °C | °F

Prob. de precipitaciones: 6%  
 Humedad: 81%  
 Viento: a 23 km/h

**Clima**  
 lunes, 23:00  
 Despejado con intervalos nublados

Temperatura | Precipitaciones | Viento



Nota: temperatura diaria y promedio de acuerdo a semana, y mes Fuente: Nasa, 2021

### 3.6. Consumo de energía eléctrica anual

La tabla 1 detalla el consumo eléctrico de la residencia la Joya Zafiro desde enero 2022- hasta mayo 2023, con un periodo de 17 meses. La información fue tomada por medio de las facturas digitales emitidas por la Empresa eléctrica, misma que estará adjunta en el capítulo de anexos, donde se puede apreciar que el consumo promedio es de 317.5 kWh.

Tabla 1. Consumo eléctrico periodo 2022-2023

<b>CONSUMO ELECTRICO</b>		
N°	mes	Energía (kWh)
1	Jan-22	320.00

2	Feb-22	382.00
3	Mar-22	328.00
4	Apr-22	386.00
5	May-22	396.00
6	Jun-22	335.00
7	Jul-22	218.00
8	Aug-22	309.00
9	Sep-22	271.00
10	Oct-22	247.00
11	Nov-22	267.00
12	Dec-22	247.00
13	Jan-23	332.00
14	Feb-23	319.00
15	Mar-23	347.00
16	Apr-23	315.00
17	May-23	376.00
<b>PROMEDIO MENSUAL</b>		<b>317.35</b>

*Nota: consumo tomado en los últimos 17 meses Fuente: CNEL EP editado por: Autor, 2023*

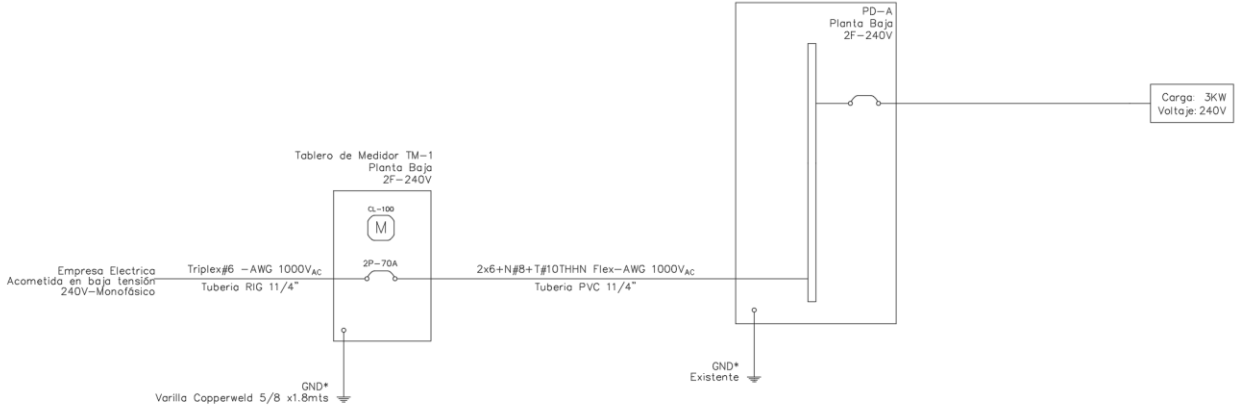
En el Anexo N° 8 se detalla el listado de aparatos y/o equipos eléctricos de la vivienda

En el Anexo N° 9 se detalla la facturación energética con un consumo de 396 kWh mes formulado sobre la base y formulación establecido en el Pliego Tarifario en el cual se incluyen todos los parámetros de la facturación como tasas e impuestos.

### **3.7. Diagrama unifilar**

La figura 26 muestra el diagrama unifilar de la residencia la Joya Zafiro es alimentada por una red área monofásica en baja tensión 240/120V que alimenta un medidor CI-100 con una protección 2P-70A, que alienta un panel de distribución con alimentador 2#6+N#8+T#10 – Cu -Thhn- AWG.

Figura 26. Diagrama unifilar hasta panel de distribución



Nota: Diagrama unifilar representando la carga general y su panel de distribución Fuente: Autor, 2023

## CAPITULO IV

### 4. DISEÑO FOTOVOLTAICO

#### 4.1. Diseño del sistema fotovoltaico

El presente capítulo dimensionara un generador fotovoltaico de acuerdo con la demanda eléctrica mostrada en el capítulo anterior, diagrama unifilar, condiciones meteorológicas y área disponible.

El capítulo contara con un dimensionamiento teórico donde se calcularán la capacidad de los elementos, protecciones y soportes. También contara con un diseño mediante un software fotovoltaico, para aterrizar los criterios de selección.

##### 4.1.1. Diseño Teórico

La residencia ubicada en La urbanización la Joya Etapa Zafiro cuenta con un sistema monofásico en baja tensión a 240/120V con neutro aterrizado, dicha vivienda tiene un consumo promedio de 317 kWh el cual fue evaluado desde enero del 2022 hasta mayo 2023. Como primera parte del diseño teórico, se calculará la potencia Fotovoltaica que necesita dicho generador será un sistema hibrido. Sin embargo, se comporta como un interconectado a la red para abastecer el consumo del predio y adicional cuenta con un banco externo el cual se dimensiona en función de la carga crítica. La ecuación 1. Divide el consumo mensual para 30 días obteniendo de esta manera el consumo diario.

*Ecuación 1. Consumo diario*

$$\text{Consumo Mensual}_{(promedio)} = 317.35kWh$$

$$\text{Consumo diario}_{(promedio)} = \frac{\text{Consumo mensual promedio } kWh}{30días} \quad (1.)$$

$$\text{Consumo diario}_{(promedio)} = 10,58 kWh$$

La ecuación 1. Indica que el consumo diario es 10.58 kWh, para calcular la potencia Fotovoltaica se necesita dividir el consumo en kWh para el número de horas sol pico como se aprecia en la ecuación 3. Sin embargo, las horas sol pico se obtienen dividiendo la irradiación global para su unidad 1 kW/m<sup>2</sup> obteniendo como resultado el número de horas donde índice con mayor radiación el sol explicado en la ecuación 2.

*Ecuación 2. Horas sol pico*

$$\text{Horas solares} = \frac{\text{Radiacion difusa } \left(\frac{kWh}{m^2}\right)}{1 \text{ Kw}/m^2} \quad (2.)$$

$$HSP = \frac{4.12kWh/m^2}{1 \text{ kW}/m^2} = 4.12h$$

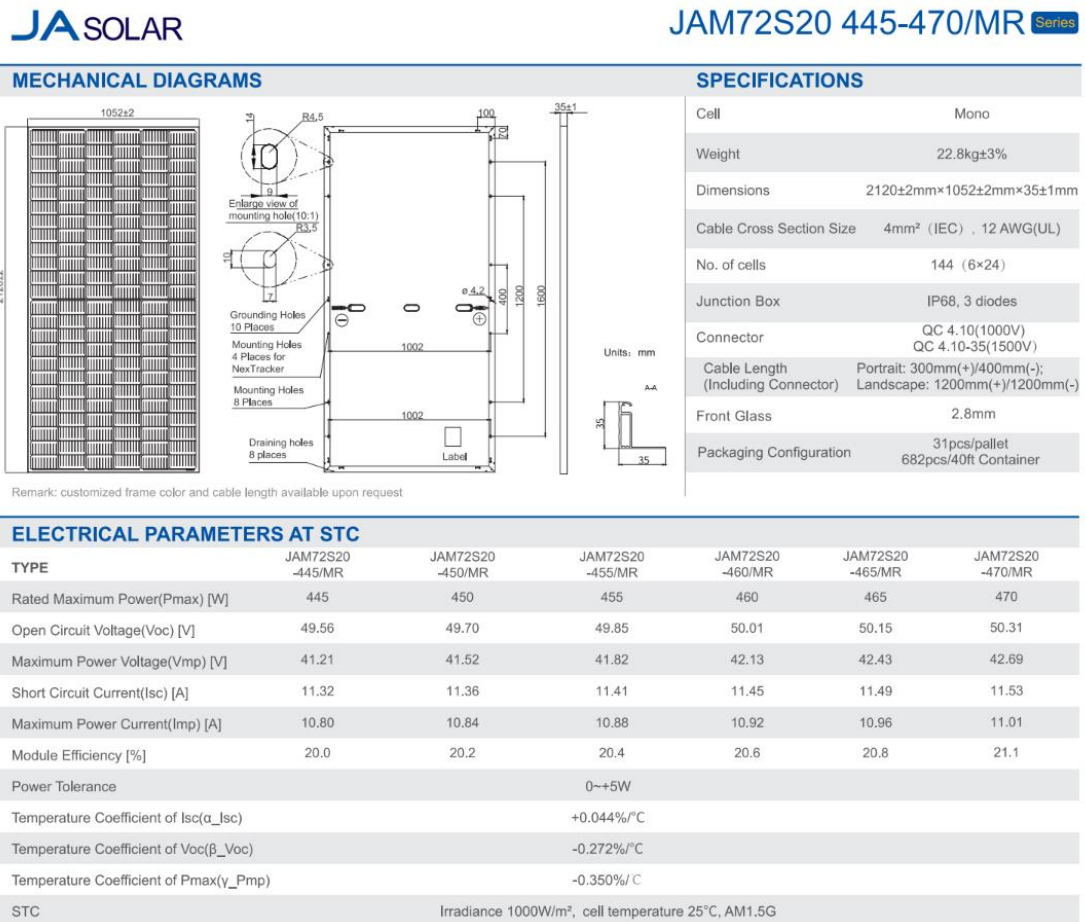
*Ecuación 3. Potencia fotovoltaica*

$$P. FV = \frac{\text{Consumo diario}}{\text{Horas sol pico}} \quad (3.)$$

$$P. FV = \frac{10.58KWh}{4.12h} = 2.56kW$$

La potencia fotovoltaica del generador es de 2.65 kW, sin embargo, se considera un factor de 1.25 como reserva siendo su capacidad de 3.20 kW. El número de paneles fotovoltaicos se calcula, con la potencia unitaria de un módulo. La figura 27. Muestra las características técnicas de panel solar monocristalino a instalar.

Figura 27. Ficha técnica de panel solar JAM 72S20



Nota: detalles técnicos y dimensiones del equipo Fuente: Autor, 2023

## A. Panel Solar

JA72S20-460/MR, módulo solar es tipo monocristalino con una capacidad de 460W, voltaje máximo de operación 42.13V y corriente máxima de 10.92A, ecuación 2.

Ecuación 4. Cantidad de paneles fotovoltaicos

$$\text{Cantidad } P. \text{ Fotovoltaico} = \frac{\text{Potencia Fotovoltaica}}{\text{Potencia de modulo}} \quad (4.)$$

$$\text{Cantidad } P. \text{ Fotovoltaico} = \frac{3200W}{460W} = 8 \text{ unidades}$$



Las dimensiones del módulo fotovoltaico son 2.12m de altura x 1.05m de largo x 0.35m de ancho, con un área de 2.22m<sup>2</sup>. El conjunto fotovoltaico cuenta con un área de 15.58m<sup>2</sup>, sin embargo, falta analizar el área de instalación considerando soportaría y distancia de seguridad.

## **B. Inversor**

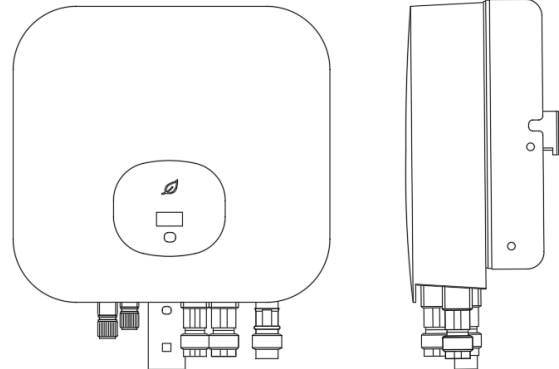
La selección del inversor se calcula con la potencia fotovoltaica, la conversión de energía DC/AC cuenta con pérdidas del 20%, por lo que el inversor se sobredimensiona siendo su capacidad de 3.84 kW. Para este diseño se consideró un inversor Growatt de 5 kW, como lo muestra la figura 28.

Figura 28. Ficha técnica de inversor GROWATT 5000

## INVERSOR GROWATT MIN5000TL-X

### PARAMETROS ELECTRICOS ENTRADA DC

Potencia Pmax:	7000W
Voltaje Vmax:	500V
Voltaje de arranque:	100V
Voltaje MPPT/Vnominal:	80-500V/360V
Corriente MPPT:	13.5A/13.5A
Ics MPPT:	16.0A/16.0A
Numero MPPT/ Cadena MPPT :	2/1



### PARAMETROS ELECTRICOS SALIDA AC

Potencia nominal:	5000W
Potencia Pmax:	5000W
Corriente Imax:	22.7A
Voltaje nominal:	240V F-F
Frecuencia:	60Hz
Factor de potencia:	0.9

### PARAMETROS DE EFICIENCIA

Eficiencia:	98.4%
Eficiencia MPPT:	99.0%

### ESPECIFICACIONES TECNICAS

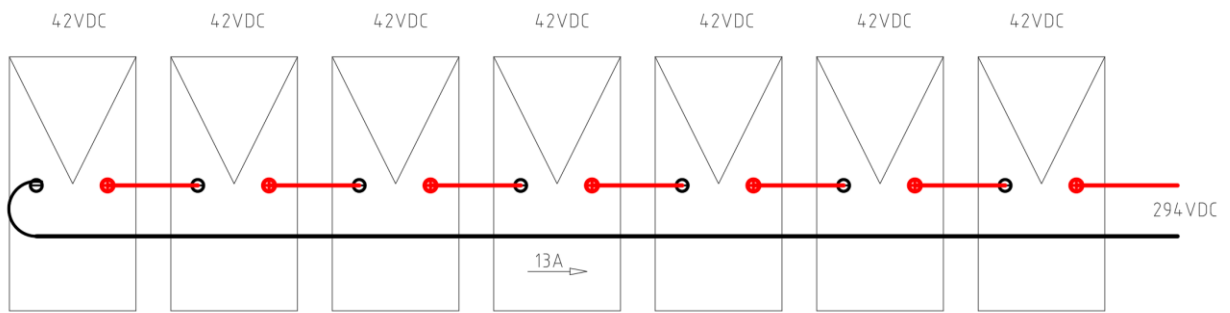
Peso:	10.8kg
Dimensiones:	375x350x160mm

Nota: detalles técnicos y dimensiones del equipo Fuente: Autor, 2023

### C. Conexiones

Las conexiones para el arreglo fotovoltaico van en función de los parámetros de entrada del inversor, en la figura se observa que cuenta con 2 entradas DC, cada entrada necesita un voltaje de 80 a 550 Vol., respectivamente y 13 Amp. para operar como se muestra en la figura 29. y tabla 2.

Figura 29. Conexión para módulos fotovoltaicos



Fuente: Autor, 2023

Tabla 2. Arreglo Fotostático

Arreglo Fotovoltaico						
	Módulos	V. Unitario	V. Unitario	V. Total	Corriente	Potencia
Serie	7	460W	42V	294V	13A	3220W
Paralelo	0	0	0	0	0	0
Total	7	460W	42V	294V	13A	3220W

Fuente: Autor, 2023

#### D. Protecciones

Las protecciones son parte importante dentro de este apartado. La salida DC de los módulos fotovoltaicos conectado al inversor necesita una protección ante corrientes de cortocircuito, al igual que la salida de este equipo.

A continuación, se nombran las protecciones que estarán presentes dentro del sistema:

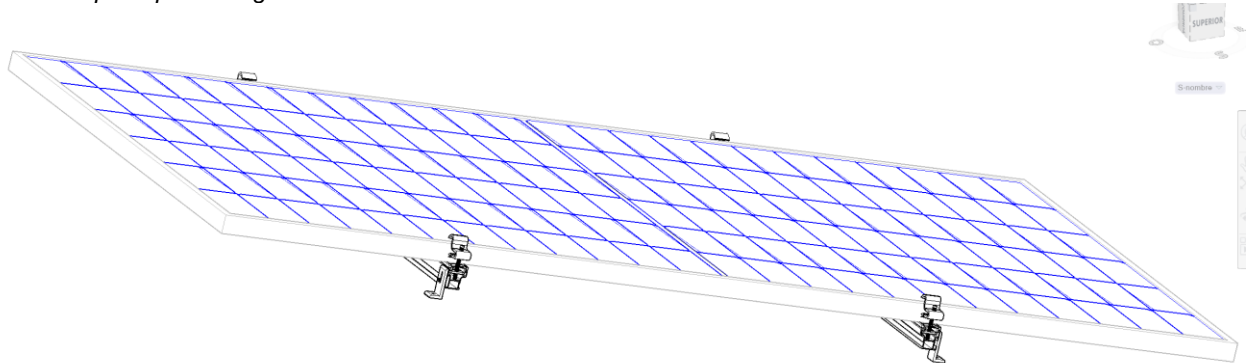
- a) Breaker Riel Din 600VDC1P-20A (Entrada DC)
- b) Breaker Riel Din 600VAC 2P-50A (Salida AC)
- c) Supresor de transiente Tipo II+III (Salida AC)

#### E. Soportaría

La instalación fotovoltaica se instalará en una residencia cuyo techo está compuesto por Teja española. La soportaría será de Aluminio ajustada al ángulo de inclinación que tiene la forma del tejado. La residencia Zafiro cuenta con un ángulo de

inclinación de 15° en orientación este, y 15° en orientación oeste. Como lo muestra la figura 30.

Figura 30. Soporte para arreglo fotovoltaico



Nota: la ilustración muestra cómo se entrelazan las grapas en el módulo solar Fuente: Autor, 2023

La soportaría está compuesta por los siguientes elementos:

- a) Riel Chanel 4.30m
- b) Grapa final
- c) Grapa intermedia
- d) Soporte L
- e) Tornillo autoperforante

## F. Banco de baterías

El banco de baterías se calcula evaluando la carga crítica del sistema, para ello se evaluará la potencia considerada en la carga crítica sin considerar ningún factor de utilización y la energía que este consume. La siguiente tabla muestra las cargas críticas consideradas por el cliente.

Tabla 3. Detalle de cargas para autonomía por banco externo de baterías

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	POTENCIA(W)	VOLTAJE(V)	HORAS(h)	POTENCIA TOTAL(W)	ENERGIA(Wh)
1	FOCOS	6	9	110	4	54	216
2	REFRIGERADOR	1	400	110	10	400	4000
3	AIRE ACONDICIONADO	2	1040	220	4	2080	8320
6	COMPUTADORAS	2	150	110	4	300	1200
TOTAL						2834	13736
RESERVA 25%						3542,5	17170

Nota: el consumo habitual es promedio 4 horas Fuente: Autor, 2023

Se puede observar que la carga crítica es 2834 W sin embargo se añade un factor de seguridad de 25% al cálculo para optimizar el banco de batería en función a su autonomía y ciclos de carga y descarga.

Para efectos de este estudio se pide que la autonomía sea de un periodo de 3 horas. El inversor con una potencia de 5000 W cuenta con un bus DC de 48 V como se muestra en el capítulo de anexos y su potencia de salida para cargas críticas será hasta 5000 W.

La batería por utilizar será de 12V – 100 AH, para poder sacar el número de horas de autonomía del sistema de respaldo de cargas críticas se multiplicará el voltaje por la capacidad dando 1800 Wh, dicho valor corresponde a una unidad. El bus DC necesario para que el inversor opera por baterías es 48 Vol. por tanto, se requiere de 4 baterías en serie obteniendo una capacidad de 19200 Wh. La ecuación 5 muestra detalla las horas de autonomía.

Ecuación 5. Autonomía de banco de batería

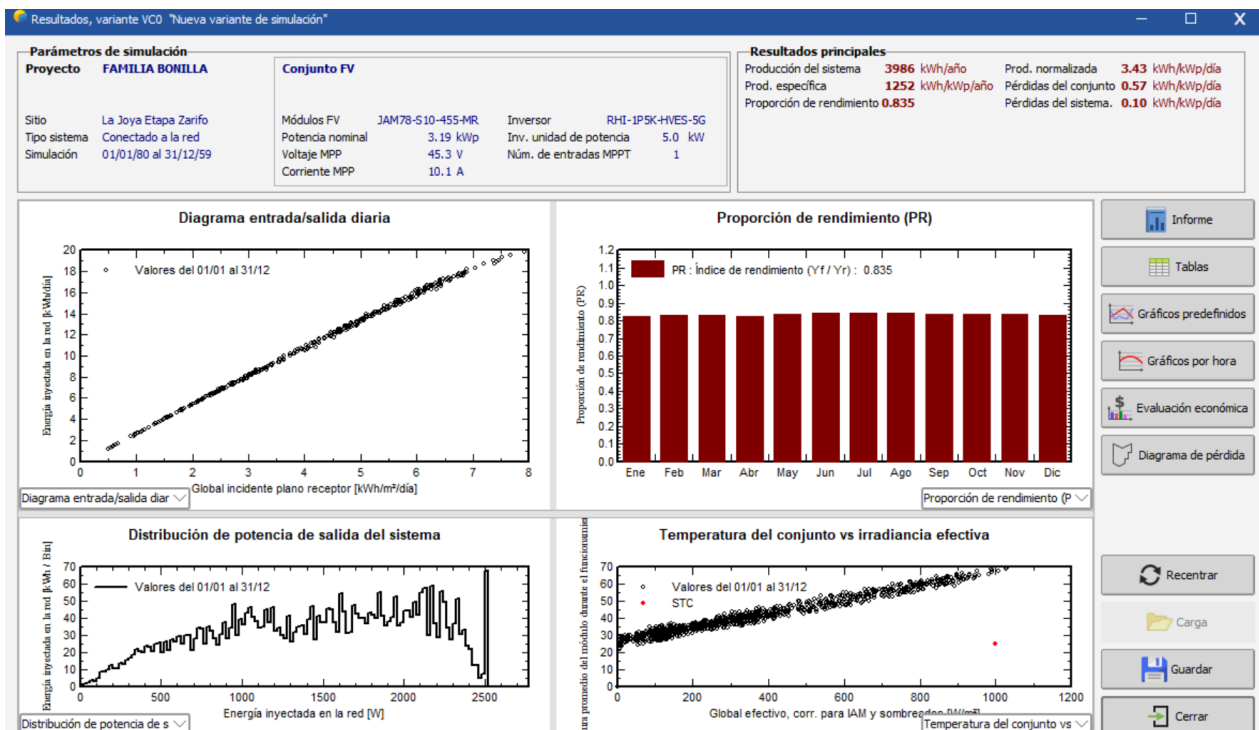
$$\text{Autonomia banco de baterias} = \frac{\text{Energia Banco Baterias}}{\text{Potencia de carga critica}} \times \text{factor de carga y descarga}$$

$$\text{Autonomia banco de baterias} = \frac{19200Wh}{3542.5W} \times 0.8 = 4h \quad (5.)$$

## 4.2. Software PV Syst

PVsyst es un poderoso software diseñado para ingenieros e investigadores que trabajan con sistemas fotovoltaicos permite realizar estudios fotovoltaicos conectados a la red, para aplicaciones específicas y sistemas aislados. El software esta actualizado con múltiples marcas con el fin de ofrecer resultados más precisos a la instalación, el programa cuenta con herramientas de cálculo, bases de datos actualizadas, informes meteorológicos, etc. El producto final que ofrece PV syst es un informe que detalla el generador fotovoltaico, análisis de pérdidas del sistema, condiciones atmosféricas, estudio socio económico, presupuesto eléctrico, superficie disponible, etc. La figura 31 muestra un esquema didáctico de las funciones del software.

Figura 31. Esquema dinámico Software PV Syst

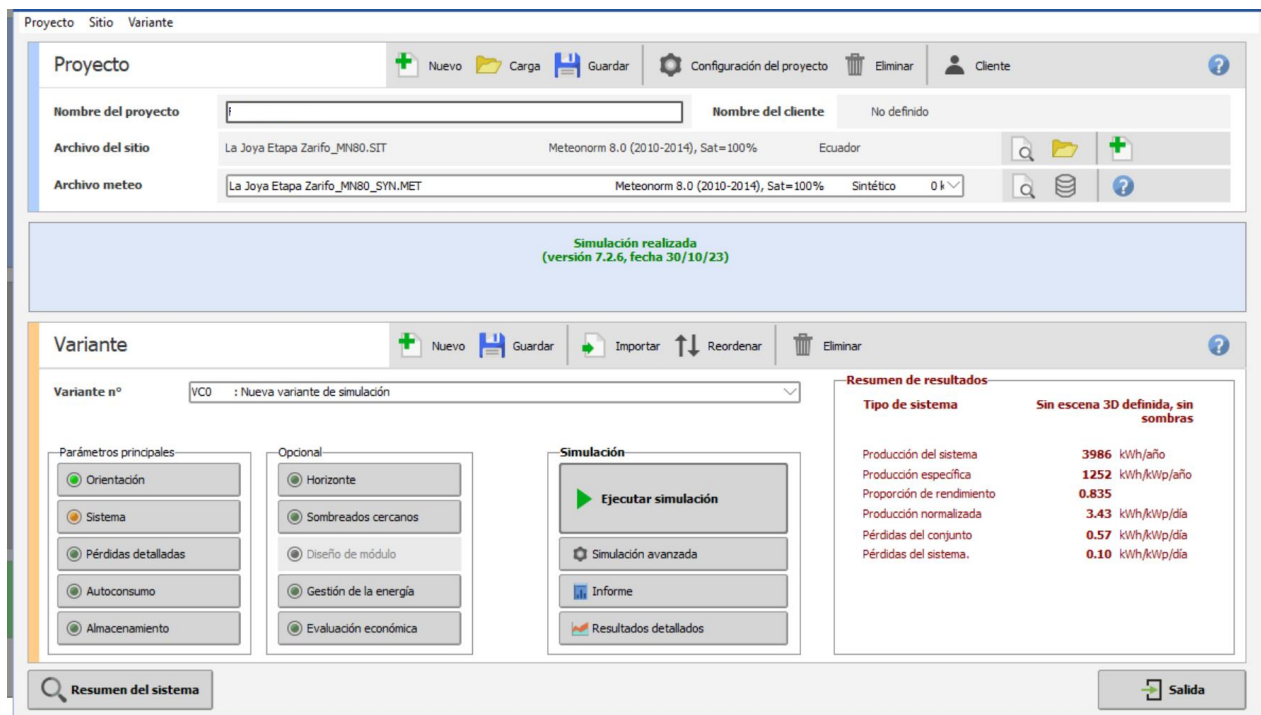


Nota: detalla el porcentaje de producción del generador en función a los meses Fuente: PVsyst, 2023

### 4.3. Dimensionamiento del sistema

PV Syst permite al usuario importar datos, como también buscarlo gracias a sus múltiples herramientas y satélites que facilitan la obtención de variables. El software pedirá que se ingresen detalles básicos para poder acceder a las variables de campo, solicitará al usuario ubicación, nombre del proyecto y detalles de la red. La figura 32. Muestra la interfaz de selección de variables para el dimensionamiento del generador.

Figura 32. Interfaz de variables PV Syst

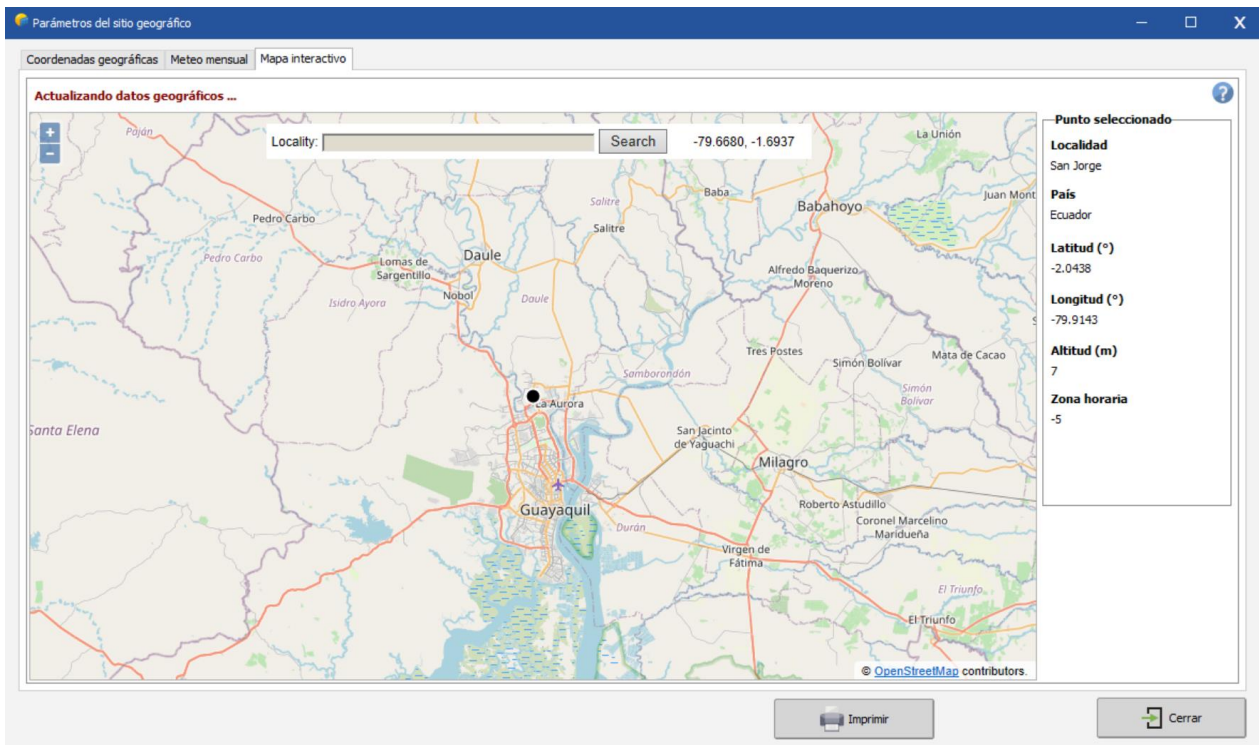


Nota: visualización general del proyecto donde el usuario puede escoger variables para añadir o modificar según las necesidades del proyecto Fuente: PVsyst, 2023

#### 4.3.1 Selección de ubicación

El software solicitará que se georreferencie el sitio de estudio, el software este asociado con GIS lo que hace más fácil, la obtención de datos. La figura 33. Muestra la localidad Ecuador, Latitud -2,04, longitud -79.91, altitud de 7metros y zona horaria -5.

Figura 33. Geo referencia de sitio

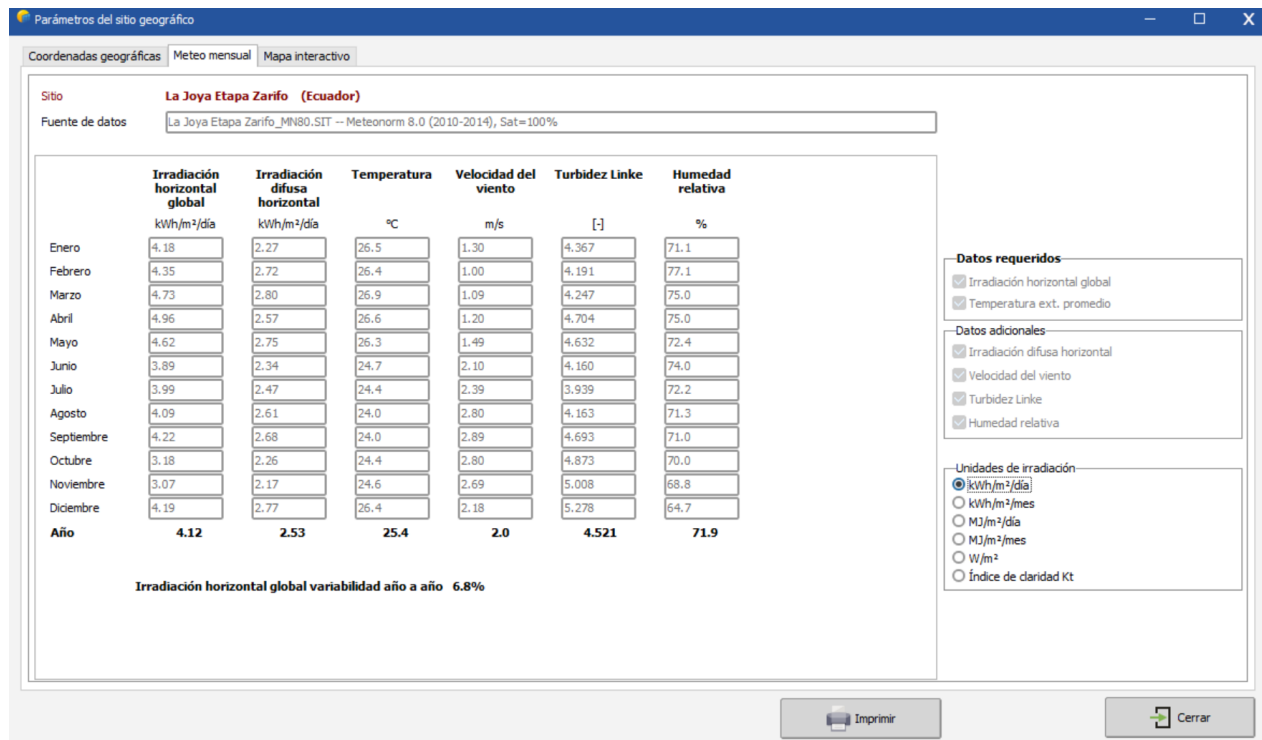


Nota: toma como base un satélite actualizado hasta 2022 Fuente: PVsyst, 2023

El software nos pedirá elegir una base de datos meteorológica, para conocer las condiciones climáticas del sitio. La figura 34 arroja la información obtenida por la base de datos Meteonorm siendo para irradiación global 4.12 kWh/m<sup>2</sup>/día e irradiación promedio difusa 2.53 kWh/m<sup>2</sup>/día, Temperatura promedio de 25.4°C.



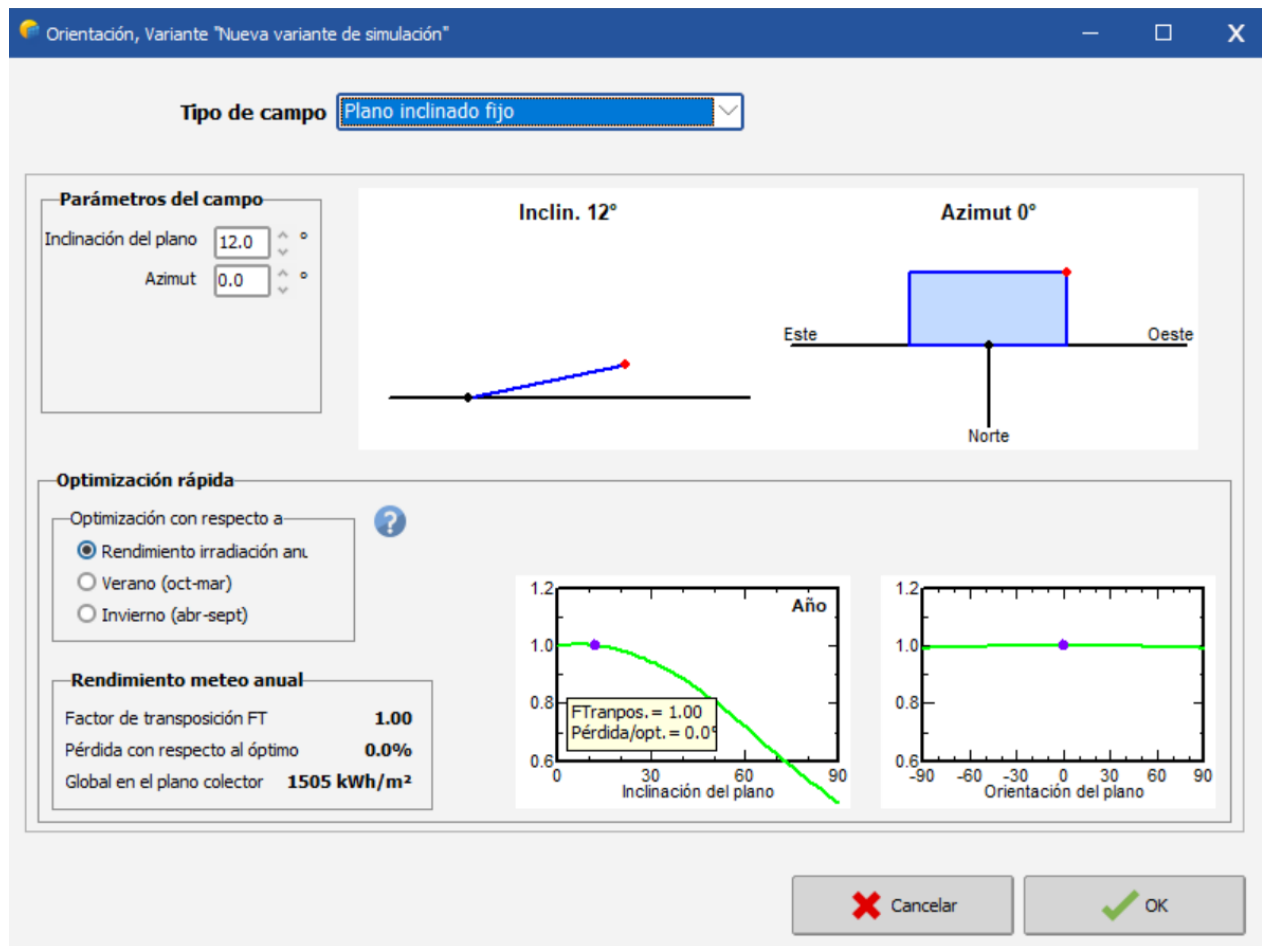
Figura 34. Parámetros climáticos



Nota: gracias la base Meteororm se puede conocer la irradiación global horizontal y la temperatura de trabajo de la instalación según la zona Fuente: PVsyst, 2023

El software solicitara que se indique el ángulo de inclinación de los módulos solares. Teniendo en cuenta que el azimut es 0, el software recomienda que en un ángulo de 12° la perdida por inclinación será de 0% La figura 35 ilustra la inclinación de un módulo y la orientación a oriente, para este apartado el sistema no considera la trayectoria solar en las estaciones de invierno y verano, también se evidencia potencia captada por módulo de 1505 kWh/m<sup>2</sup> . Este apartado no muestra la separación entre módulos ya que considera que la superficie del tejado en un Angulo de 12°.

Figura 35. Orientación del módulo solar

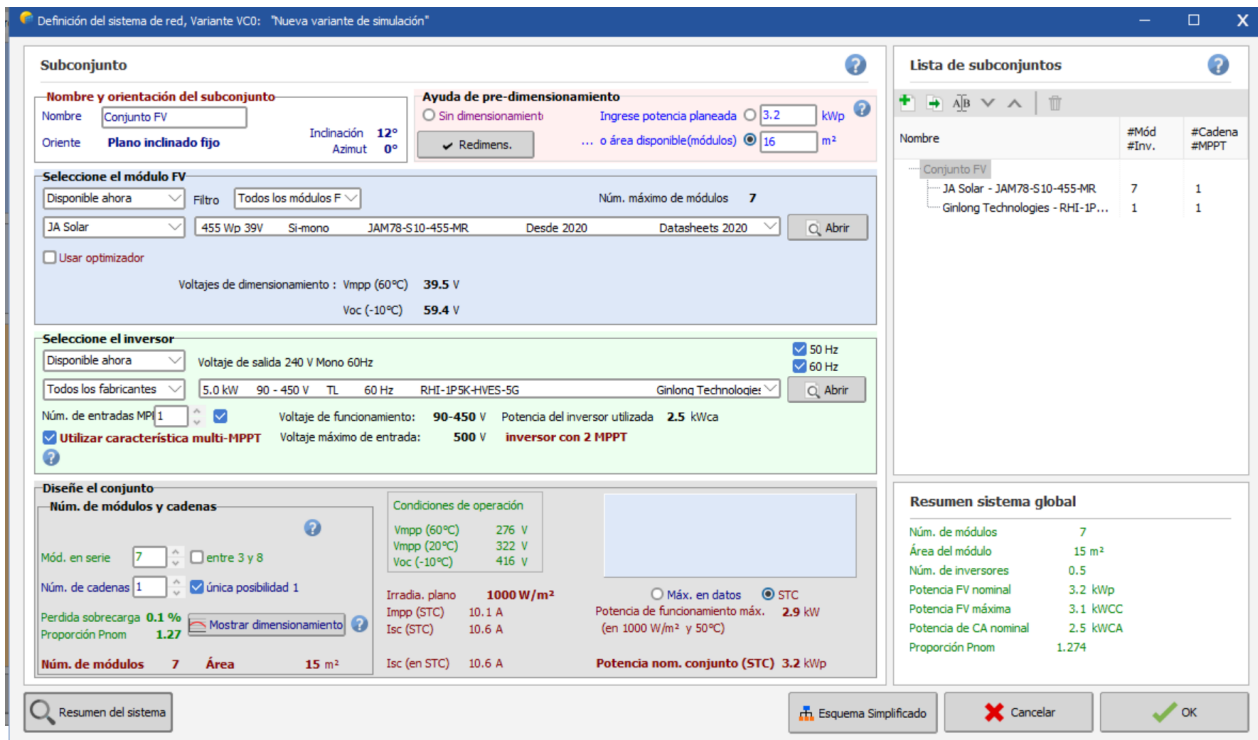


Nota: permite modificar el ángulo en función al azimut Fuente: PVsyst, 2023

El software, nos pedirá que indiquemos la capacidad del sistema fotovoltaico o el área disponible en m<sup>2</sup>, para efecto de este estudio se indica una potencia de 3.2 kW e indica que el área por arreglo sería de 16m<sup>2</sup> como se observa en la figura 36, el sistema solicita que se indique la marca de panel la cual será JA-SOLAR 455W, ya que el modelo comercial no se encuentra disponible en la versión 7.2. El sistema indica que el número de módulos para llegar a dicha potencia es de 7 unidades.

El inversor, se selecciona de acuerdo con el cálculo teórico con capacidad de 5 kW, voltaje de entrada de 90 a 450 VDC, corriente de 10 A y frecuencia de 60Hz, el sistema automáticamente indica que requiere de 7 unidades conectadas en paralelo para que el inversor quede operativo.

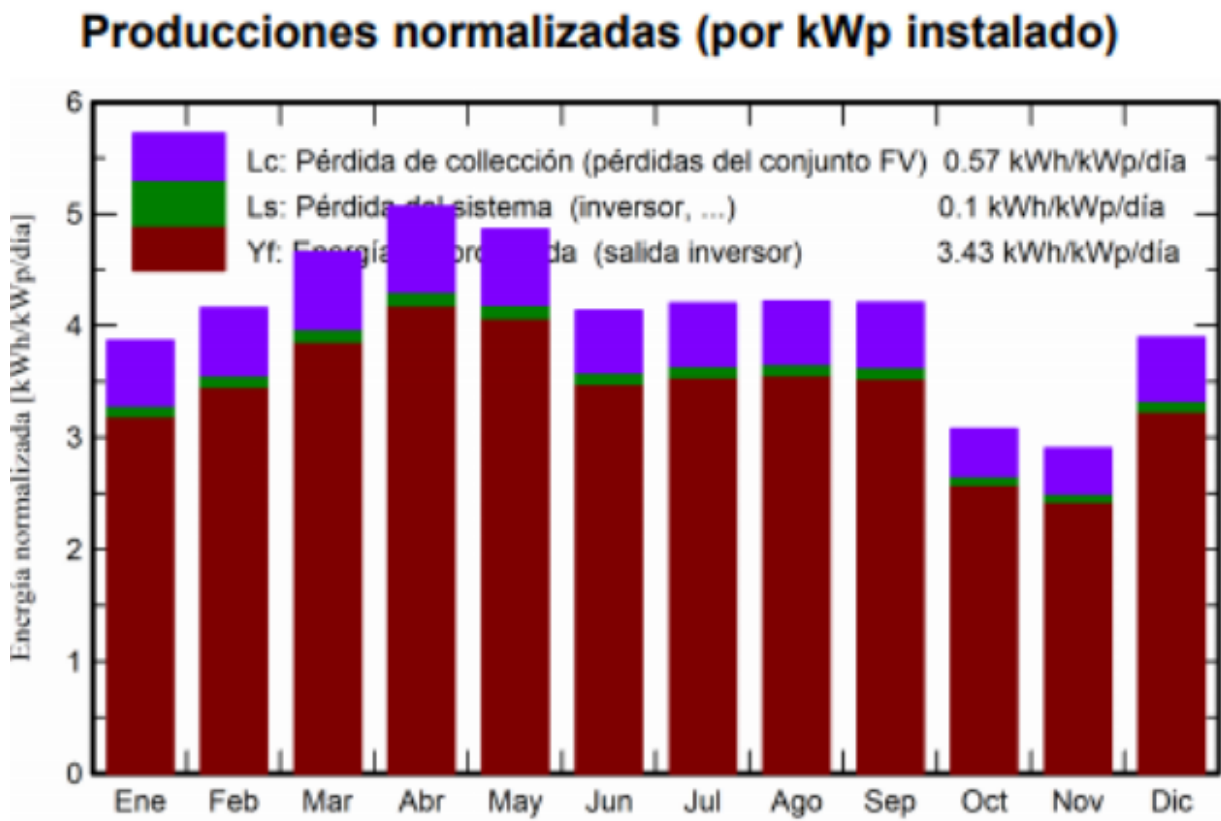
Figura 36. Elementos del sistema Fotovoltaico



Nota: Detalle general de los elementos que sugiere el PVsyst, ya que no existe aún una interfaz para dimensionar un híbrido se tomó un sistema interconectado sin embargo en el cálculo teórico está la adición del banco de batería Fuente: PVsyst, 2023

La figura 37. Ilustra da capacidad de producción anual que el sistema fotovoltaico genera con 3.43 kWh/kW/día, el sistema también considera las pérdidas siendo estas 0.57 kWh/kW/día por absorción de irradiación y 0.10 kWh/kW/día por conversión de energía en el inversor. El sistema cuenta con dos meses en el que su capacidad de producción se reduce a 2.50 kWh/kW/día y tres meses donde su periodo alcanza un máximo de 4.00 kWh/kW/día.

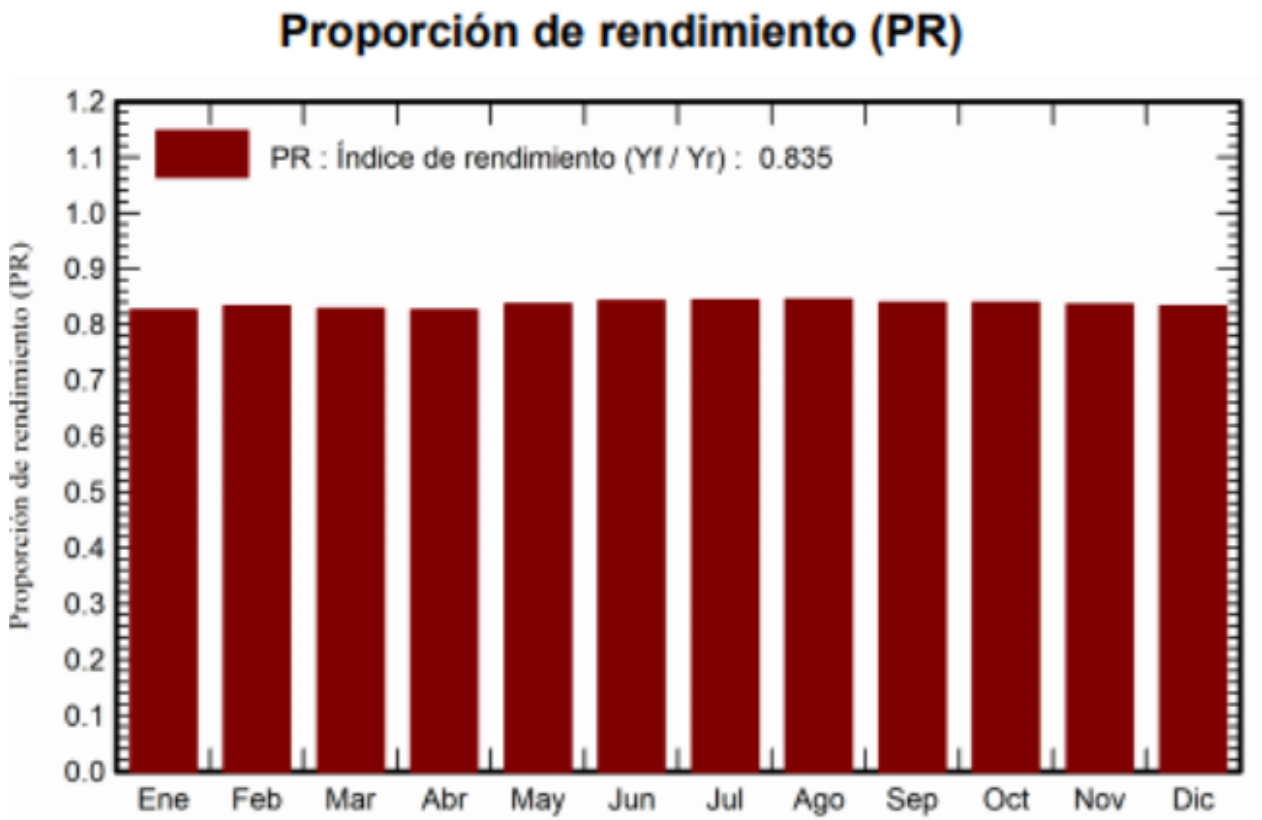
Figura 37. Producción anual del generador Fotovoltaico



Nota: muestra los rendimientos de producción en los 12 meses del año Fuente: PVsyst, 2023

La figura 38. Ilustra el rendimiento anual del sistema siendo este 83.5% lo que indica que la pérdida del sistema es del 16.5%, sin embargo, el generador, lo que quiere decir, que el generador en condiciones normales opera dentro de los parámetros iniciales si alterar su capacidad de generación.

Figura 38. Rendimiento anual del generador fotovoltaico

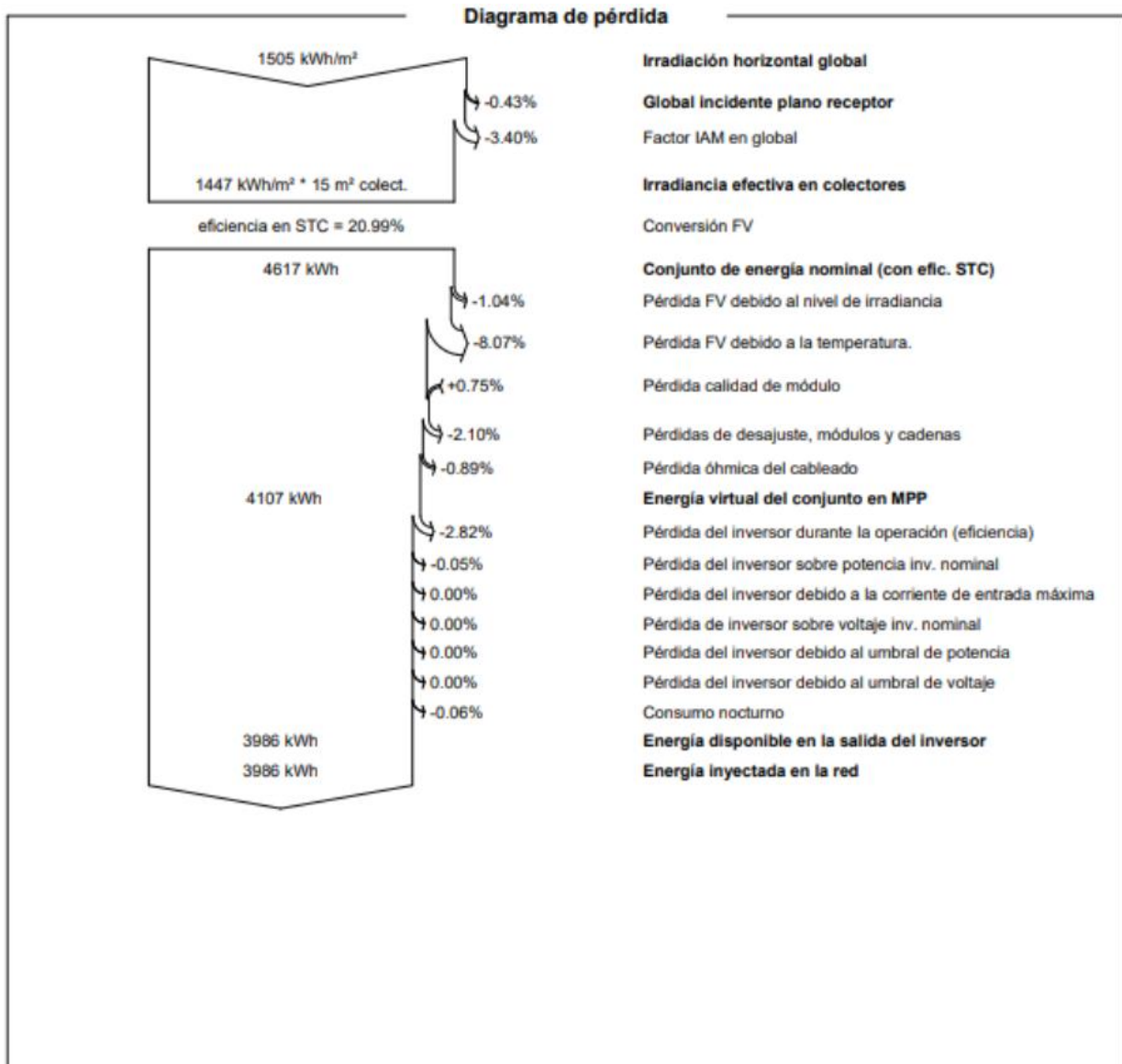


Fuente: PVsyst, 2023

La figura 49. Detalla mediante un diagrama de perdidas las fases del sistema donde no se podrá aprovechar la energía, siendo la pérdida total del sistema un 16.04%, a continuación, se desglosará las pérdidas que genera el sistema:

1. Perdidas por captación de irradiación: 3.83%
2. Perdidas por arreglo fotovoltaico: 12.21%

Figura 39. Pérdidas de sistema fotovoltaico



Fuente: PVsyst, 2023

La tabla 4. Un resumen de las condiciones operativas del generador fotovoltaico, con una temperatura promedio de 25°C, Energía entregada de 360 kWh que representa una producción del 83.5%.

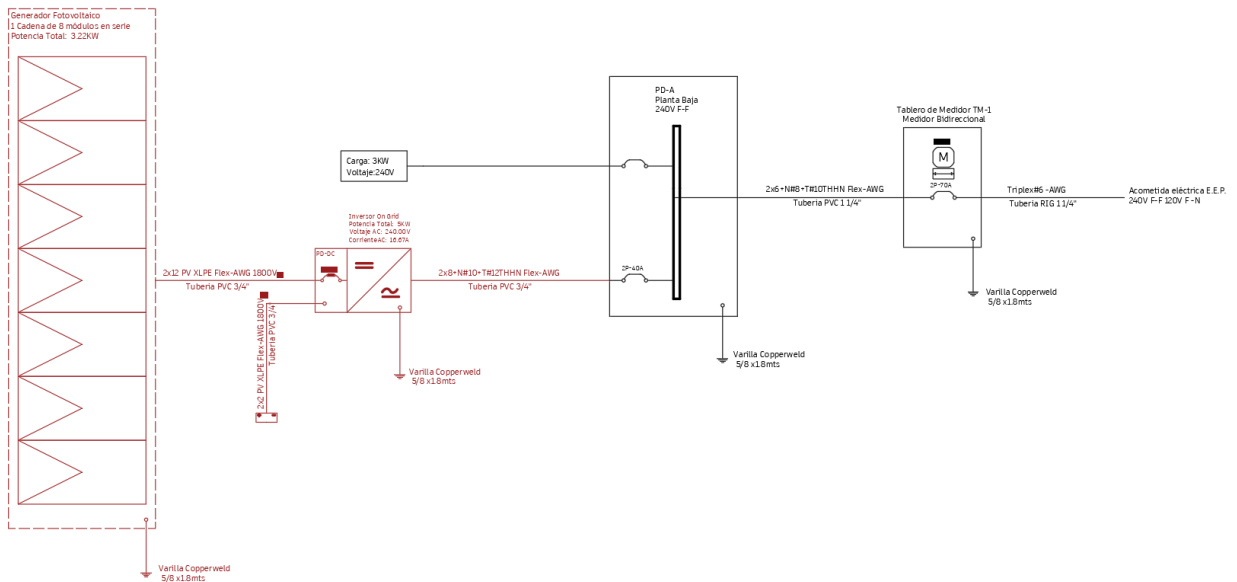
Tabla 4. Tabla de resumen del SGDA

	Radiación global horaria	Radiación difusa horaria	Temperatura	Radiación global efectiva	Radiación global inclinada	Energía de la fuente	Energía entregada a red	Producción
	kWh/m2	kWh/m2	°C	kWh/m2	kWh/m2	kWh	kWh	proporción
Enero	129.6	70.52	26.51	119.9	115	324.8	315.3	0.826
Febrero	121.7	76.20	26.35	116.4	112.2	317.6	308.5	0.833
Marzo	146.6	86.92	26.90	114.1	139.8	392.4	381.3	0.829
Abril	148.7	77.15	26.58	152	147.7	411.5	399.7	0.826
Mayo	143.1	85.12	26.31	150.8	146.4	413.8	402.3	0.837
Junio	116.8	70.72	24.7	124.1	120.3	342.9	333.2	0.843
Julio	123.7	76.74	24.35	130.2	126.2	360.1	350	0.844
Agosto	126.9	80.82	24.01	130.7	126.8	361.9	351.7	0.845
Septiembre	126.6	80.38	24.04	126.3	122	347.5	337.5	0.839
Octubre	98.6	70.02	24.40	95.4	91.6	262.9	254.9	0.839
Noviembre	92.1	65.19	24.58	87.2	83.6	239.6	232	0.836
Diciembre	130.0	85.82	26.43	120.7	115.7	329.3	319.9	0.832
Año	1054.5	925.01	25.43	1498.1	1447.2	4104.05	3986.2	0.835

Nota: detalla la capacidad generada del SGDA Fuente: PVsyst, 2023

La figura 40. Muestra el diagrama unifilar del sistema fotovoltaico propuesto indicando con mayor detalle las acometidas DC y AC, protecciones y sistema de respaldo de energía.

Figura 40. Diagrama unifilar SGDA propuesto



Nota: Diagrama unifilar sistema autónomo Fuente: Autor

## CAPITULO V

### 5. ESTUDIO TECNICO ECONOMICO

#### 5.1. Evaluación técnica

Como parte de la evaluación técnica se evaluará al proyecto de acuerdo a los beneficios que ofrece el sistema y el marco legal que respalda dichos beneficios. Para el sistema fotovoltaico híbrido es considerado como una SGDA de acuerdo con las regulaciones ARCERNNR 01/2021 y 08/2023.

El generador híbrido suministra energía en horario diurno hacia la carga, el excedente de energía el medido y calculado de acuerdo a la regulación vigente para su comercialización mediante la medición y facturación neta donde se clasifica a ENET= como energía neta y esta es la diferencia entre ERED (energía suministrada por la red eléctrica nacional) y EINY( energía suministrada por el generador renovable) siendo  $ENET=ERED-EINY$ , donde si  $ERED \leq 0$  entonces la diferencia de energía inyectada a la red será considerado como valor al usuario y pagada mediante un crédito, por otro lado si  $ERED \geq 0$  el usuario solo pagara la diferencia entre las generadoras y puede hacer uso de un crédito pasado o (SEA) para compensar dicho valor económico (ARCERNNR, 2021).

#### 5.1.1. Beneficios técnicos del sistema fotovoltaico

- Energía obtenida por recursos naturales
- No afecta al medio ambiente
- Ahorro energético
- Sistema de respaldo de energía hasta 4 horas.



- Vida útil de 25 años, es decir Autonomía del sistema hasta 25 años con previo mantenimiento preventivo como lo indica la resolución ARCERNNR-013/2021.

### **5.1.2. Marco legal regulaciones**

#### **ARCONEL 001/18.- Tarifas de servidumbre**

ARCONEL estableció una tarifa eléctrica de acuerdo al tipo de sector, cliente, demanda horaria y horas de consumo eléctrico del usuario. Clasificando al consumidor pequeño, mediano y grande, y estandarizando niveles de tensión siendo voltaje en baja tensión hasta 600V, media tensión desde 13.8 kV y 22 kV, alta tensión desde 69 kV en adelante.

#### **ARCONEL 003/18.- Micro generación fotovoltaica**

la regulación 003/18 fue iniciada en el año 2018 mencionan donde menciona a la generación distribuida mediante la micro generación de paneles solares para interconectarse a la red eléctrica nacional, explican de manera general el concepto de usuario prosumidor, medición neta y clasificación de clientes según su nivel de voltaje y demanda, establece un periodo de vida útil para este tipo de proyecto de 25 años y estandariza una capacidad instalada de hasta 100 kW.

#### **REGULACION ARCERNNR 01/2021 Normativa para la generación distribuida de autoabastecimiento**

La resolución ARCERNNR 013/2021 es una actualización de la regulación ARCONEL 03/18. Modifica el concepto inicial de generación distribuida ampliando la clasificación de generadores renovables, aumenta su capacidad de micro generación

a 1 MW y explica la medición neta para clientes con demanda horaria y sin demanda horaria.

### **REGULACION ARCERNNR 08/2023 Actualización a la normativa para la generación distribuida de autoabastecimiento**

La resolución ARCERNNR 08/2023 es una actualización de la regulación ARCERNNR 01/21. Amplia el rango de capacidad instalada a la micro generación estableciendo un tope de hasta 2 MW, establece los procedimientos para instalas una SGDA (sistema de generación distribuida de autoabastecimiento), habla sobre la facturación neta según el comportamiento de cliente para aquellos con generación en el predio y para aquellos que tengan uno fuera del predio, pero sea parte del mismo usuario.

#### **5.2. Evaluación Económica**

El estudio de factibilidad de un proyecto comprende el análisis entre la inversión inicial dada por el presupuesto y la recuperación de la inversión en función del tiempo (años) los sistemas de generación distribuida de autoabastecimiento son considerados como proyectos recuperación de mediano plazo, dependerá de su aplicación, elementos y financiamiento. La tabla 5. muestra el presupuesto del sistema hibrido propuesto.

Tabla 5. Presupuesto eléctrico sistema solar hibrido de 3.2 kW

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Panel Solar JA460W	u.	8	\$ 193,00	\$ 1.544,00
2	G-15 SPF 5000T DVM Inversor hibrido 10KW	u.	1	\$ 1.766,08	\$ 1.766,08
3	Conector MC4 Macho/ Hembra	u.	4	\$ 9,20	\$ 36,80
4	Batería VRLA 12V 100AH	u.	4	\$ 306,50	\$ 1.226,00
5	Banco de Batería Soporte	u.	1	\$ 148,00	\$ 148,00
6	Acometida arreglo FV incluye: 2#8 AWG Serie por MPPT	Glb.	1	\$ 100,44	\$ 100,44
7	Acometida Banco de Batería 48VDC incluye: 2# 2 AWG	Glb.	1	\$ 55,50	\$ 55,50
8	Acometida INPUT AC incluye: 2#6 + N#8 + T#10 AWG - THHN	Glb.	1	\$ 72,30	\$ 72,30
9	Acometida OUTPUT AC incluye: 2#6 + N#8 + T#10 AWG - THHN	Glb.	1	\$ 72,30	\$ 72,30
10	Tablero DC/AC Protecciones del inversor Adicional* Incluye: Tablero Metálico 1u. Breaker DC Tipo Riel 1u. Breaker AC Tipo Riel 1u. Riel din 1m. Otros accesorios 1 Glb.	Glb.	1	\$ 149,00	\$ 149,00
11	Soporteria incluye: K2-116 RIEL Aluminio 4 u. K2-70L Anclaje en L 12 u. K2-69 Conector Riel 2 u. K2-71 Grapa Final 8 u. K2-104 Grapa media 12 u. K2-72 Grapa PAT 2 u. K2-10 Anclaje Teja Esp. 12 u.	Glb.	1	\$ 646,53	\$ 646,53
				<b>SUBTOTAL:</b>	<b>\$ 5.816,95</b>

Nota: presupuesto por suministro e instalación Fuente: Autor, 2022

El presupuesto del sistema fotovoltaico hibrido por el suministro e instalación comprende un monto de 6651.13 dólares. Al ser un proyecto menor a 10,000.00 dólares es considerado como proyecto de mediano plazo. Se considera un presupuesto por mantenimiento de 150.00 dólares anuales el cual comprende el

mantenimiento preventivo de los módulos, tableros y calibración de los parámetros de salida del inversor.

Para evaluar la factibilidad del proyecto se procederá a comparar el costo del proyecto vs el beneficio en ahorro energético anual y establecer el porcentaje de beneficio.

Se observa el periodo de recuperación de la inversión mediante el uso de las herramientas TIR (tasa interna de retorno) y VAN (valor anual neto), el análisis determinara el ahorro en el plazo de vida útil del proyecto el cual de acuerdo a la regulación ARCERNNR-008/23 donde se indica un periodo de hasta 25 años previo al certificado de SGDA.

El proyecto inicial será financiado mediante un crédito bancario el cual será cubierto en un periodo de 5 años, con una tasa de interés de 9.45%. como lo muestra la tabla 6.

Tabla 6. Amortización por préstamo Cooperativa Sucre

Préstamo bancario				
<b>Inst. Financiera:</b>	COOPERATIVA SUCRE			
<b>Monto:</b>	6600,00			
<b>Tasa:</b>	9,45%	T. Efectiva	9,50%	
<b>Plazo:</b>	5 años			
<b>Gracia:</b>	0 años			
<b>Amortización</b>	30 Días			
<b>Numero de periodos.</b>	60 para amortizar capital			
# De meses	Capital	Interés	Valor Can.	Dividendo
0	6600,00			
1	6490,00	51,98	110	161,98
2	6380,00	51,11	110	161,11
3	6270,00	50,25	110	160,25
4	6160,00	49,38	110	159,38
5	6050,00	48,51	110	158,51
6	5940,00	47,65	110	157,65
7	5830,00	46,78	110	156,78
8	5720,00	45,92	110	155,92
9	5610,00	45,05	110	155,05

10	5500,00	44,18	110	154,18
11	5390,00	43,32	110	153,32
12	5280,00	42,45	110	152,45
13	5170,00	41,58	110	151,58
14	5060,00	40,72	110	150,72
15	4950,00	39,85	110	149,85
16	4840,00	38,99	110	148,99
17	4730,00	38,12	110	148,12
18	4620,00	37,25	110	147,25
19	4510,00	36,39	110	146,39
20	4400,00	35,52	110	145,52
21	4290,00	34,65	110	144,65
22	4180,00	33,79	110	143,79
23	4070,00	32,92	110	142,92
24	3960,00	32,06	110	142,06
25	3850,00	31,19	110	141,19
26	3740,00	30,32	110	140,32
27	3630,00	29,46	110	139,46
28	3520,00	28,59	110	138,59
29	3410,00	27,72	110	137,72
30	3300,00	26,86	110	136,86
31	3190,00	25,99	110	135,99
32	3080,00	25,13	110	135,13
33	2970,00	24,26	110	134,26
34	2860,00	23,39	110	133,39
35	2750,00	22,53	110	132,53
36	2640,00	21,66	110	131,66
37	2530,00	20,79	110	130,79
38	2420,00	19,93	110	129,93
39	2310,00	19,06	110	129,06
40	2200,00	18,2	110	128,2
41	2090,00	17,33	110	127,33
42	1980,00	16,46	110	126,46
43	1870,00	15,6	110	125,6
44	1760,00	14,73	110	124,73
45	1650,00	13,86	110	123,86
46	1540,00	13	110	123
47	1430,00	12,13	110	122,13
48	1320,00	11,27	110	121,27
49	1210,00	10,4	110	120,4
50	1100,00	9,53	110	119,53
51	990,00	8,67	110	118,67
52	880,00	7,8	110	117,8
53	770,00	6,93	110	116,93
54	660,00	6,07	110	116,07
55	550,00	5,2	110	115,2

56	440,00	4,34	110	114,34
57	330,00	3,47	110	113,47
58	220,00	2,6	110	112,6
59	110,00	1,74	110	111,74
60	0,00	0,87	110	110,87

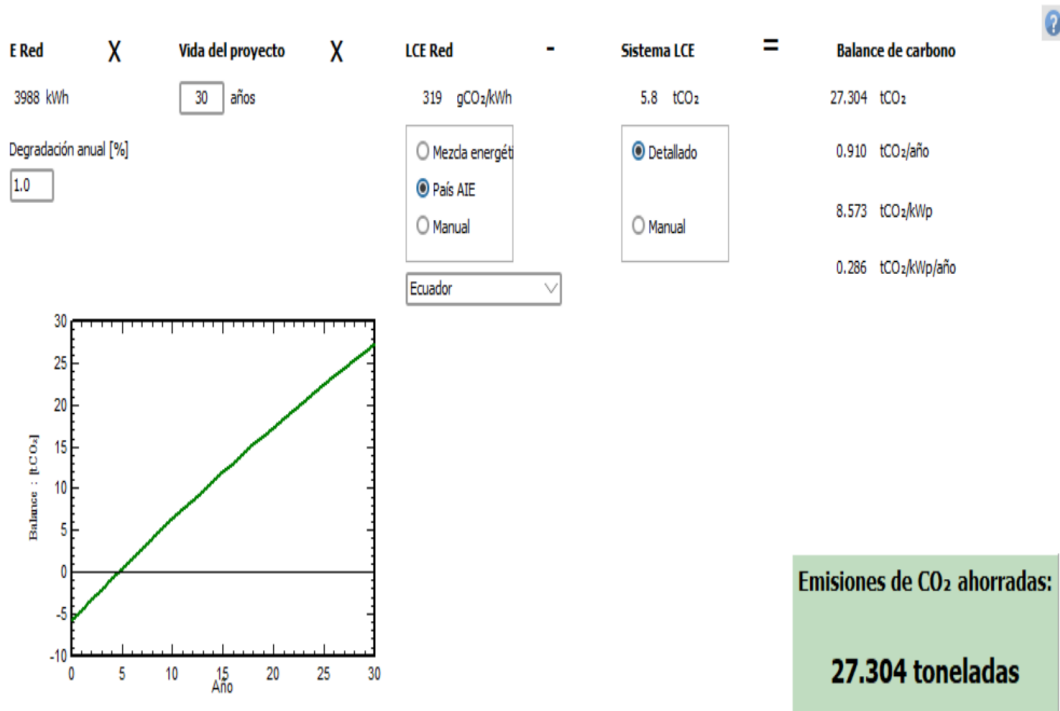
*Nota: préstamo bancario con una tasa de interés de 9.45% Fuente: autor, 2022*

El cliente por su demanda  $\leq 10$  kW es considerado como dentro de la resolución ARCERNNR 008/23 como un SGDA de categoría 1. Para efecto de este estudio se tomará el ahorro energético aprovechable y aplicando el pliego tarifario para cliente residencial sin demanda horaria, la energía inyectada anual de 3988 kWh y la comercialización por kWh de 0,09 dólares da como resultado 390.83 dólares.

No se considerará el ahorro energético del banco externo de batería porque es utilizado para carga crítica en periodos donde se necesite el respaldo de energía.

La reducción de tonelada de CO<sub>2</sub> anual, para el generador híbrido de 3.2 kW la cual es calculado de acuerdo con los materiales y equipos utilizados, siendo las emisiones de CO<sub>2</sub> 27.30 K toneladas de CO<sub>2</sub>, como lo muestra la figura 41.

Figura 41. Emisiones de CO2 ahorradas



Nota: curva de emisiones de CO2 ahorradas por la instalación de un SGDA categoría 1. Fuente: Autor, 2023

Este proyecto contara con una bonificación anual por la no emisión de CO2 misma que se calculara con las toneladas ahorradas por la SGDA teniendo un total de siendo el valor de 6,87\$/ KTon CO2 dando un total de 188.00 dólares.

La tabla 7. Muestra la evaluación de factibilidad mediante TIR y VAN con préstamo bancario donde el retorno se evaluará en función del ahorro, el bono por reducción de tonelada de CO2, mantenimiento y se restada del préstamo bancario.

Tabla 7. Análisis económico de TIR y VAN

Análisis económico							
Número de años	Energía inyectada por año (kWh)	Costo de anual por no pagar a empresa eléctrica	Bono de reducción de CO2	Limpieza y mantenimiento preventivo	Flujo de caja	Saldo adeudado (Banco)	Saldo a favor
0	3988	0	188,00	0	6600		
1	3988	390,83	188,00	50	528,83	-1200	-671,17
2	3988	390,83	188,00	50	528,83	-1200	-1342,34
3	3988	390,83	188,00	50	528,83	-1200	-2013,51
4	3988	390,83	188,00	50	528,83	-1200	-2684,68

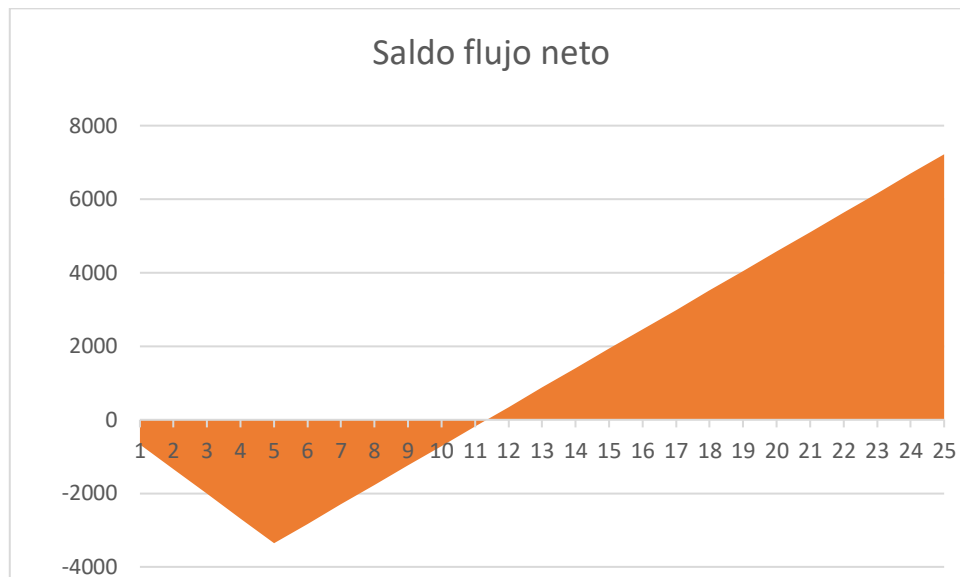
5	3988	390,83	188,00	50	528,83	-1200	-3355,85
6	3988	390,83	188,00	50	528,83		-2827,02
7	3988	390,83	188,00	50	528,83		-2298,19
8	3988	390,83	188,00	50	528,83		-1769,36
9	3988	390,83	188,00	50	528,83		-1240,53
10	3988	390,83	188,00	50	528,83		-711,7
11	3988	390,83	188,00	50	528,83		-182,87
12	3988	390,83	188,00	50	528,83		345,96
13	3988	390,83	188,00	50	528,83		874,79
14	3988	390,83	188,00	50	528,83		1403,62
15	3988	390,83	188,00	50	528,83		1932,45
16	3988	390,83	188,00	50	528,83		2461,28
17	3988	390,83	188,00	50	528,83		2990,11
18	3988	390,83	188,00	50	528,83		3518,94
19	3988	390,83	188,00	50	528,83		4047,77
20	3988	390,83	188,00	50	528,83		4576,6
21	3988	390,83	188,00	50	528,83		5105,43
22	3988	390,83	188,00	50	528,83		5634,26
23	3988	390,83	188,00	50	528,83		6163,09
24	3988	390,83	188,00	50	528,83		6691,92
25	3988	390,83	188,00	50	528,83		7220,75
<b>Tasa interna de inversión</b>							6,99%
<b>Valor anual neto</b>							\$9.739,97

*Nota: el análisis se realizó en un periodo de 25 que es el tiempo de vigencia del SGDA de acuerdo a las regulaciones ARSERNNR 01/21 y 08/23. Fuente: Autor, 2023*

La tabla 7. finaliza con un retorno de la inversión desde el año 12, una tasa interna de la inversión de 6,99% y valor anual neto de 9739,97 dólares. La figura 42 muestra la curva de recuperación de la inversión y el flujo resultante.



Figura 42. Flujo Neto



Nota: en el lapso de 5 años el flujo es negativo debido al préstamo bancario la recuperación de la inversión de aprecia desde el año 12 Fuente: Autor, 2022

La factibilidad se realiza con los datos obtenidos por el VAN y la inversión inicial donde se vera de manera porcentual la factibilidad del proyecto.

Ecuación 6. Costo Beneficio

$$\text{costo} - \text{beneficio} = \frac{\text{Beneficio de la inversion}}{\text{Costo de la inversion}} \quad (6.)$$

$$\text{costo} - \text{beneficio} = \frac{9739.97}{5826.95} = 167\%$$

La ecuación 6. muestra un beneficio de 167%, sin embargo, el proyecto por su monto requirió un préstamo bancario que incidió en que el periodo de recuperación fuera de 12 años.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES.

El capítulo I, plantea la opción de un sistema fotovoltaico híbrido que permita reducir el consumo eléctrico de una vivienda en función de su facturación energética en la planilla, tener disponibilidad de una energía de reserva para respaldar carga crítica y conocer los beneficios técnico-económico que el sistema ofrece de acuerdo con la regulación ARCERNNR 001/2021 y la nueva regulación ARNERNNR 08/23

El capítulo II, detalla el contexto teórico necesario para la comprensión del marco conceptual y legal de la generación distribuida y sistema solar fotovoltaico.

El capítulo III, se realiza un diagnóstico de la energía consumida en la vivienda y las condiciones meteorológicas para validar la factibilidad de un generador fotovoltaico, donde se encontró que la vivienda tiene una demanda de 3.22 kW y un periodo horario con máximo aprovechamiento de radiación solar de 4.12 horas.

El capítulo IV realizó un cálculo teórico donde el generador fotovoltaico tendrá una potencia de 3.2 kW, sin embargo, por su capacidad el software sugiere que el inversor solar sea de 5 kW entregando una potencia nominal de 3.2 a 2.9 kW. de potencia, respectivamente, trabajando el inversor al 64% de su capacidad. El software también indica que el sistema en horario diurno tendrá una producción anual 3.99 MWh/año en horario diurno y el sistema de respaldo por batería entregará una energía anual promedio de 0.345 MWh/año.

El capítulo V evaluó al sistema desde el punto de vista técnico económico, donde en el año 12 se tiene un retorno de la inversión y un flujo positivo,

considerándose un proyecto autosostenible y con un porcentaje de beneficios del 167%. Teniendo resultados de un TIR del 6,99%, y un Van de \$9.739,97.

## **RECOMENDACIONES.**

Para el dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico híbrido se recomienda realizar un buen cálculo del número de paneles para la parte interconectada con la ayuda de un software y para la parte de respaldo mediante un cálculo en función de la carga y las horas de autonomía.

Se recomienda realizar un estudio ambiental para evaluar el impacto ambiental que incide al tener una planta solar, los beneficios económicos de la instalación y la reducción de las emisiones de GEI.

Se recomienda antes de la instalación fotovoltaica sacar la certificación la tener una SGDA, dentro de la regulación ARCERNNR-01/21(derrocada) y regulación ARCERNNR – 008/23 (Nueva) la instalación y conexión de un SGDA sin certificación acarrea a una sanción económica y una multa por parte de la empresa distribuidora la cual notificará al ARCERNNR.

Es necesario realizar un mantenimiento preventivo anual a los módulos fotovoltaicos, conexiones, inversor y sistemas de protección para garantizar su operatividad con una autonomía de hasta 25 años como lo indica la resolución ARCERNNR-013/2021 para el ciclo de vida útil de generadores renovables.

Se recomienda que por parte del estado ecuatoriano deben existir regulaciones, donde a través de liberación de impuestos o subsidios se puedan dar ventaja a las personas, que requieran realizar instalaciones de paneles solares en sus hogares, con la finalidad de poder promover mayor incentivo para que se ejecuten proyectos de energías renovables

Debido al cambio climático a nivel mundial, en la cual las temperaturas ambientes tienen un aumento considerable, se recomienda, además, establecer importantes análisis y cálculos en la selectividad y diseños de paneles solares en función de tener un mejor rendimiento y eficiencia en el uso donde se prevea tener una mejor vida útil, prevención de incendios, menor cambio de accesorios y paneles, menor mantenimiento, evitar puntos calientes, tener una mejor confiabilidad y seguridad del sistema.

## Bibliografía

- Alomoto, O., & Pilco, D. (2017). *Diseño e implementación de un prototipo de inversor trifásico DC – AC acoplado a un panel fotovoltaico, utilizando el algoritmo de seguimiento del punto de máxima potencia mediante un microcontrolador*. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17278>
- Alvarez, G., & Vaca, H. (2014). *Diseño e implementación de microred híbrida a base de energía fotovoltaica y térmica diesel en la empresa Trace Oilfield Services Cia Ltda para reducir la contaminación ambiental*. Ambato: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Ingeniería Electromecánica.
- Álvarez, R. (2015). *Aportes a la conversión DC-AC en sistemas fotovoltaicos: módulos inversores conectados en cascada*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/55712/88031483.2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Andrade, L. (2018). *Implementación de un módulo didáctico de un inversor de onda senoidal para el Laboratorio de Electrónica de Potencia*. Quito.
- Arboleda, J. (2008). *Manual para la evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras*. Colombia.
- ARCERNNR. (2021). *Microgeneración*, 39.
- ARCONEL. (2015). *Estadística anual y multianual del sector eléctrico ecuatoriano*, 300.
- Armijos, K., & Cabrera, J. (2020). *Implementación de un sistema fotovoltaico de 600W para la alimentación del laboratorio de metrología*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana.
- Arroyo, O. (2013). *Estudio de la factibilidad de iluminación con la tecnología led conectado con un panel fotovoltaico*. En O. Arroyo, *Estudio de la factibilidad de iluminación con la tecnología led conectado con un panel fotovoltaico*. Mexico.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2015). *Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica*. Quito: Asamblea Nacional. Obtenido de <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/11/Ley-Org%C3%A1nica-del-Servicio-P%C3%BAblico-de-Energ%C3%ADa-El%C3%A9ctrica.pdf>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2018). *Proyectos de Energía Renovable*. Santiago - Chile: BID.

- Bonilla, E. (2020). *Diseño de una microredes electricas utilizando energia fotovoltaica para el sistema auxiliar de emergencia energetica en edificaciones de actividades comerciales*. Quito: Universidad Catolica Santiago de Guayaquil.
- Bonilla, R. (2022). *Estudio de un sistema de microred fotovoltaica para disminuir el consumo de electricidad diurna en centro de investigación de criadero de larvas en industria de balanceado Durán*. Ecuador: Universidad Catolica Santiago de Guayaquil.
- CAF, B. d. (2013). Energía una visión sobre la potencia fotovoltaica instalada en el mundo. 23.
- Camera, F. (2017). Agencia Internacional de Energía Renovable . *Energía Renovable*, 23 45.
- Caminante, Á. (2013). *Energía Renovable* . PIRHUA.
- Cardozo, D. (2019). Simulación de un Sistema Fotovoltaico Aislado en Matlab/Simulink. *Mundo FESC*, 9(17), 16-22. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7452557>
- Carvalho, M., & Delgado, D. (2017). Potential of photovoltaic solar energy to reduce the carbon footprint of the Brazilian electricity matrix. *LALCA*, 64-85.
- Castillon, D., & Carillo, J. (2021). *Evaluacion del impacto ambiental de la instalacion de un sistema fotovoltaico en la finca del hotel Santa Helena en Restrepo - Meta(Colombia)*. Colombia: Universidad Libre - Facultad de ingenieria ambiental.
- CELEC EP. (2021). *Plan maestro de electricidad MERNNR-VEER-2021-0008-AM*, 16.
- CFN. (2022). *Índices y tablas de amortización para préstamos* . Quito.
- Chavez, I. (2012). Diseño de sistemas fotovoltaicos autonomos. En I. Chavez, *Diseño de sistemas fotovoltaicos autonomos* (pág. 6).
- Cherres, D., Pozo, M., & Gallardo, C. (2020). Análisis del Seguimiento del Punto de Máxima Potencia Global (GMPPT) con Perfiles de Sombras para una Granja Fotovoltaica. *Ideas*, 1(2), 75-90. Obtenido de <http://revistasoj.s.utn.edu.ec/index.php/ideas/article/view/353/288>
- Chica, A. (2023). *Diseño de una micro red fotovoltaica de autoconsumo para un sistema sostenible acuapónico*. Ecuador: Universidad Catolica Santiago de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/21461>
- Climate.ORG. (2022). *Diagrama de temperatura duran*. Obtenido de <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-del-guayas/duran-2960/>
- CONELEC. (2014). *Atlas solar del ecuador con fines de generación energetica*. Quito.

- Corporación Eléctrica del Ecuador. (2016). *Proyecto TermoPichincha*. Quito: CEE. Obtenido de <https://www.celec.gob.ec/termopichincha/index.php/retos-empresariales/proyectos-de-generacion-no-convencional/energia-fotovoltaica>
- Corporación Eléctrica Nacional del Ecuador. (2021). La energía es una alternativa. *CENACE*, 23. Obtenido de <http://www.cenace.gob.ec/misionvisionvalores/>
- Corporación Nacional de Electricidad. (2013). *Plan maestro de electricidad*. Quito : CONELEC.
- Cortés, C., Gómez-Gómez, G., Betancur, F., Carvajal, S., & Guerrero, N. (2002). Análisis experimental del desempeño de un sistema solar fotovoltaico con inversor centralizado y con microinversores: caso de estudio Manizales. *Tecnológicas*, 23(47), 1-21. Obtenido de <https://revistas.itm.edu.co/index.php/tecnologicas/article/view/1403/1412>
- Creus, A. (2014). *Energías Renovables* (2 ed.). Bogotá: Da la U.
- Dehn. (2010). Manual de protección contra rayos y descargas atmosféricas.
- Delgado, C. (2009). Desarrollo de una cultura de calidad . SL, Barcelona - España.
- Deming, E. (1989). *Administración de Calidad Total*. México: Norma.
- Direct Industry. (2014). *Baterías Ni Cd*. Obtenido de <https://www.directindustry.es/prod/saft/product-19840-1600226.html>
- Dominguez, A. (2020). Microgeneración para viviendas menores a 10KW. En *Microgeneración para viviendas menores a 10KW* (pág. 25). Guayaquil.
- Domínguez, D., & Salvatierra, B. (2016). *Análisis de calidad de energía eléctrica en sistemas fotovoltaicos conectados a la red*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12710/1/UPS-CT006582.pdf>
- DURAN, G. (2015). *Plan de desarrollo geografía urbana*. Duran.
- EATON. (2015). *Batería de litio para UPS*. Obtenido de <https://www.eaton.com/ar/es-mx/products/backup-power-ups-surge-it-power-distribution/backup-power-ups/lithium-ion-batteries-.html>
- EIA. (2014). Key World Energy Statistics. *International Energy Agency*.
- Energía Solar. (2016). *La electricidad*. Obtenido de La energía renovable: [energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/2006/01/el-regulador-de-carga.html](http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/2006/01/el-regulador-de-carga.html)
- energy, G. r. (2015). *renewable energy in total final energy consumption* , 204.

- Enerpoint. (2013). *La energía revovable*. Obtenido de Energía point:  
[www.enerpoint.es/photovoltaic\\_system.php](http://www.enerpoint.es/photovoltaic_system.php)
- EP, G. d.-S. (2016). *Narvaez, Cristhian; Pezantes, Cristhian*. Cuenca.
- Escamilla, j., & Tovar, D. (2011). *Sistema fotovoltaico de 8kW interconectado a la red*. Colombia.
- Escoda, S. (2017). *Libro Blanco de la Energía Renovable*. Barcelona : La moderna.
- Evans, J. (2008). *La Administración y el Control de Calidad*. Barcelona : Phillips.
- Fabio, A. (2016). *Diseño e instalacion solar fotovoltaica con capacidad para 3 kilovatios*. Bogota.
- Fernández, L. G., & Cervantes, A. (2017). *Proyecto de diseño e implementación de un sistema fotovoltaico de interconexión a la red eléctrica en la Universidad Tecnológica de Altamira*. Altamira: Centro de Investigación en Materiales Avanzados SC. Obtenido de <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/1927/1/TESIS%20MER.pdf>
- Fotersa. (2014). *Estudio de impacto ambiental granja solar fotovoltaico del pacifico I*. Honduras: Universidad Catolica de honduras.
- Franco, K. (2017). *Analisis comparativo de radiacion solar vs actividad solar en quito y su efecto sobre la salud 2007-2016*. Quito.
- Frias, T. (2012). *Colector solar termico interconectado a la red*. Mexico.
- Fuentes, G. (2020). *La seguridad energetica durante la producción de energia baja en carbono*. Mexico.
- Galan, F. (2005). *Deteccion de planetas extrasolares con un interferometro desplazamiento rotacional*. Mexico.
- Gonzales, J. (2009). *Energias renovables*. En J. Gonzales, *Energias renovables* (págs. 4-7). Barcelona: Reverte.
- Gonzalez, I., & Lanuza, A. (2017). *Propuesta para un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego por goteo en la finca Concepcion comarca Ato viejo San Nicolas*. Nicaragua: Universidad Nacional Autonoma de Nicaragua Managua.
- Guillen, R., & Alonzo, A. (2020). *Anallisis del marco legal de la generación distribuida en America Latina y Nicaragua para la incorporacion de aparatos de medición inteligente*. *Nexo*, 19.
- Hidalgo, A. (2015). *Diseño de un sistema de energía fotovoltaica para la facultad de ciencias ambientales de la universidad internacional SEK*. 22-24.



- Ibanez, A. (2015). *Energías renovables en el sistema marítimo portuario aprovechamiento energético en los molinos de marea*. España.
- Instituto de Investigación Geológica y Energético. (2015). *Las fuentes renovables*. Quito: INER.  
Obtenido de <https://www.geoenergia.gob.ec/>
- Izquierdo, F. (1990). Atlas solar del Ecuador con fines de generación energética. En f. Izquierdo, *Atlas solar del Ecuador con fines de generación energética* (pág. 5). Quito.
- López de Lacalle, A., & Bayod, Á. (2018). *Estimación de la vida útil de baterías en sistemas fotovoltaicos. Influencia de la gestión energética del sistema*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza. Obtenido de <https://zaguan.unizar.es/record/69841/files/TAZ-TFG-2018-066.pdf>
- Lopez, A. (2015). Diseño de un sistema fotovoltaico conectado a la red en una vivienda de Salamanca. Pagina 32 - 101.
- Lopez, N. (2014). *Procesos terminamicos y degradacion de la biomasa de origen vegetal*. Cuba.
- MAATE. (2012). *Guía para el cálculo de efectos de invernadero*. Quito.
- Martín, L., Serra, F., & Magaldi, G. (2020). *Control de un Sistema de Energía Solar Para la Alimentación de Cargas Aisladas*. Cuernavaca: Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (México). Obtenido de [http://b-dig.iie.org.mx/BibDig2/P16-0417/papers/IEEE\\_ARGENCON\\_2016\\_paper\\_72.pdf](http://b-dig.iie.org.mx/BibDig2/P16-0417/papers/IEEE_ARGENCON_2016_paper_72.pdf)
- Martínez, J. J., Rangel, S., Gutiérrez, F., & Orozco, H. (2019). Propuesta de un sistema de control para un convertidor bidireccional CD-CA empleado para transferir energía entre un sistema fotovoltaico y la red eléctrica de corriente alterna. *Pistas Educativas*, 1(134), 1190-1203.  
Obtenido de <http://www.itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/2046/1687>
- Merino, L. (2007). *Energías Renovables para Todos*. España: Fundación de Energía de la Comunidad de Madrid.
- Microtex. (2010). *¿Qué es una batería VRLA?* Obtenido de <https://microtexindia.com/es/que-es-una-bateria-vrla/>
- Mogrovejo, W., & Sarmiento, J. (2017). Consumo de la energía solar fotovoltaica. 19-234.
- Navarro, S., Gonzalez, J., & Lopez, C. (2019). *Implementación de un sistema fotovoltaico para la alimentación de un edificio de usos múltiples*. Mexico.

- Ocampo, F., & Suarez, W. (2017). *Diseño y simulacion de la operacion y control de los convertidores estaticos de una microred fotovoltaica (micro smart grid) aplicado a un sistema de alumbrado publico a partir de fuentes de energias renovables*. Quito: Escuela Politecnica Nacional. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
- Perpiñan, O. (2013). Energía solar fotovoltaica. En O. Perpiñan, *Energía solar fotovoltaica* (págs. 1-2).
- Pesantes, D., & Montesdeoca, J. (2017). *Analisis del indice de seguridad energetica de generacion electrica del ecuador empleando metodologia de dinamica de sistema*. Cuenca.
- Quispe, E. (2022). *Diseño de un sistema para calentamiento de agua aplicando energia geotermica de baja entalpia para la hosteria Agoyan ubicada en baños de agua santa, provincia de tunguragua*. Ambato.
- Riso, X., & Suarez, K. (2016). *Diseño de una sistema solar autonomo para una vivienda de 3KW*. Lima.
- Rodriguez, K. (2011). *Analisis de desempeño entre una bateria plomo acido y una bateria AGM*. Mexico.
- Rodriguez, M., Vazquez, A., Saltos, W., & Ramos, J. (2017). El Potencial Solar y la Generación Distribuida en la Provincia de Manabí en el Ecuador. *RIEMAT*, 12-15.
- Romero, V. (2020). *Sistema fotovoltaico autonomo para mayor disponibilidad de energia electrica en Senati*. Peru.
- Salazar, A., Pichardo, A., & Pichardo, U. (2016). La energía solar, una alternativa para la generación de energía renovable. *Revista de Investigación y Desarrollo (ECORFAN)*, 2(5), 11-20. Obtenido de [https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Investigacion\\_y\\_Desarrollo/vol2num5/Revista\\_de\\_Investigaci%3b3n\\_y\\_Desarrollo\\_V2\\_N5\\_2.pdf](https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Investigacion_y_Desarrollo/vol2num5/Revista_de_Investigaci%3b3n_y_Desarrollo_V2_N5_2.pdf)
- Sanchez, M. (2011). Energía solar fotovoltaica. En M. Sanchez, *Energía solar fotovoltaica* (pág. 311).
- Sánchez, S. (2004). *Energías Renovables: Conceptos y Aplicaciones*. Quito: AH/Editoria.
- Santamarta, J. (2004). Las energías renovables son el futuro. En j. Santamarta, *Las energías renovables son el futuro* (págs. 34-35). World Watch.
- Sarmiento, D., & Valarezo, J. (2014). *Influencia de la operación del parque eolico Villonaco en la calidad de energia electrica de la empresa electrica regional del sur*. Guayaquil.
- SMA. (2018). *Tecnologias de inversor solar*. España.

Ticona, A. (2019). *Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico para el hospital de la localidad de Coripata provincia Nor Yungas*. Bolivia: Universidad Mayor San Andres.

Zondag, & H.A. (2002). *The thermal and electrical yield of a PV-thermal collector*. Netherland: Elseiver.

## Glosario

### Definiciones:

**Acometida:** número de conductores de sale de un generador o red eléctrica hacia el usuario.

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

**Albedo:** radiación que refleja sobre elementos ubicados en una superficie plana.

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

**Azimut:** Angulo de orientación que refleja la superficie terrestre.

**Consumo de energía:** cantidad de energía consumida por el usuario en un periodo de tiempo.

**Demanda de energía:** cantidad de energía necesaria para abastecer a la carga del usuario.

**Eficacia:** % de rendimiento de un sistema en función a la producción.

**Eficiencia:** sistema capas de optimizar los recursos incidiendo en la mejora de su producción.

**Energía (E):** Trabajo necesario por generar un movimiento en un periodo de tiempo. Su unidad es Julio (J).

**Energía renovable:** Energía emanada por fuentes naturales consideradas virtualmente inagotables. Su unidad el Julio (J).

**Horas sol pico (HSP):** periodo de máximo aprovechamiento de energía por radiación solar. Su unidad horas (h).

**Irradiación (H):** radiación que golpea sobre una superficie plana en un periodo horario. Su unidad es ( $Jh/m^2$  o  $Wh/m^2$ ).

**Irradiación (I):** radiación que golpea sobre una superficie plana. Su unidad es ( $W/m^2$ ).

**Irradiación directa:** cantidad de radiación que incide sobre una superficie plana sin tener pérdidas por nubosidad o refracción con el entorno.

**Irradiación difusa:** radiación resultante, después de ser reflejada por nubes o partículas, dicha resultante incidiendo sobre una superficie plana.

**Irradiancia global:** comprende el conjunto de radiaciones desde el punto de partida hasta la interacción con el objeto en una superficie plana, siendo la sumatoria las radiaciones, directa y difusa.

**Orientación solar:** recorrido que tiene el sol comenzando de este a oeste.

**Potencia pico:** Potencia máxima generada por paneles solares en una hora pico. Su unidad es Vatio (W).

**Potencia nominal:** potencia que el equipo trabaja en un tiempo determinado. Su unidad es Vatio (W).

**Radiación solar:** es la energía emitida por el sol en forma de onda electromagnética.

**Sistema fotovoltaico:** conjunto de elementos que absorben la irradiación y por proceso fotoeléctrico generan energía que es convertida en energía eléctrica AC.

**Sombra:** Espacio donde genera un área oscura y no incide luz.

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

**ERED:** energía de la red eléctrica.

**ENET:** energía total Neta.

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

**SEA:** Crédito a favor del consumidor usado el siguiente mes.

**GD:** Generación distribuida.

**Voc:** Voltaje de circuito abierto.

**Isc:** corriente de cortocircuito.

**PR:** Rendimiento de producción.

## ***ANEXOS***





Anexo 2. Ficha técnica inversor Growatt SPF 5000 DVM

Datasheet	SPF 4000T DVM	SPF 5000T DVM	SPF 6000T DVM	SPF 8000T DVM	SPF 10000T DVM	SPF 12000T DVM
Battery Voltage	48VDC					
Battery Type	Lithium/Lead-acid					
<b>INVERTER OUTPUT</b>						
Rated Power	4KW	5KW	6KW	8KW	10KW	12KW
Surge Rating	12KW	15KW	18KW	24KW	30KW	36KW
Waveform	Pure sine wave/ same as input (bypass mode)					
Nominal Output Voltage RMS	104-110-115-120/208-220-230-240VAC(optional)					
Output Frequency	50Hz/60Hz +/-0.3 Hz					
Inverter Efficiency(Peak)	>85%					
Transfer Time	10ms(max)					
<b>SOLAR CHARGER</b>						
Maximum PV Charge Current	80A			120A		
Maximum PV Array Power	5000W			7000W		
Number of independent MPP trackers/ strings per MPP tracker	1/1			2/1		
MPPT Range @ Operating Voltage(VDC)	60~145VDC			60~145VDC		
Maximum PV Array Open Circuit Voltage	150VDC			150VDC		
Maximum Efficiency	>98%			>98%		
<b>AC INPUT</b>						
Voltage	240VAC					
Selectable Voltage Range	184~272VAC(UPS);154~272VAC(APL)					
Frequency Range	50Hz/60Hz (Auto sensing)					
Max. Charging Current	40A	50A	60A	70A	80A	100A
<b>MECHANICAL SPECIFICATIONS</b>						
Protection Degree	IP20					
Dimensions (W/H/D)	360/540/218mm	360/540/218mm	360/540/218mm	380/650/225mm	380/650/225mm	380/650/225mm
Weight	42kg	47kg	52kg	64kg	66kg	75kg
<b>OPERATING ENVIRONMENT</b>						
Operation Temperature Range	0°C to 45°C					

Anexo 3. Pliego Tarifario Cliente en bajo voltaje sin demanda

CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS				CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS			
JUNIO - NOVIEMBRE				DICIEMBRE - MAYO			
RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)	RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)
RESIDENCIAL				RESIDENCIAL			
NIVEL VOLTAJE		BAJO Y MEDIO VOLTAJE		NIVEL VOLTAJE		BAJO Y MEDIO VOLTAJE	
1-50		0,091	1,414	1-50		0,091	1,414
51-100		0,093		51-100		0,093	
101-150		0,095		101-150		0,095	
151-200		0,097		151-200		0,097	
201-250		0,099		201-250		0,099	
251-300		0,101		251-300		0,101	
301-350		0,103		301-350		0,103	
351-500		0,105		351-500		0,105	
501-700		0,1285		501-700		0,1050	
701-1000		0,1450		701-1000		0,1109	
1001-1500		0,1709		1001-1500		0,1709	
1501-2500		0,2752		1501-2500		0,2752	
2501-3500		0,4360		2501-3500		0,4360	
Superior		0,6812		Superior		0,6812	

ENERO - DICIEMBRE				
RESIDENCIAL TEMPORAL			1,414	
		0,1285		
GENERAL				
NIVEL VOLTAJE		BAJO VOLTAJE SIN DEMANDA		
COMERCIAL				
1-300		0,092	1,414	
Superior		0,103		
E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS, SERVICIO COMUNITARIO				
1-300		0,082		
Superior		0,093		
BOMBEO AGUA				
1-300		0,072		
Superior		0,083		
BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE				
1-300		0,058		
Superior		0,066		
INDUSTRIAL ARTESANAL				
1-300		0,073		
Superior		0,089		
ASISTENCIA SOCIAL, BENEFICIO PÚBLICO Y CULTO RELIGIOSO				
1 - 100		0,034		
101-200		0,036		
201-300		0,038		
Superior		0,063		
NIVEL VOLTAJE		BAJO VOLTAJE CON DEMANDA		
COMERCIALES				
	4,790	0,090	1,414	
INDUSTRIALES				
	4,790	0,080		
ENTIDADES OFICIALES, ESCENARIOS DEPORTIVOS				
SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES				
	4,790	0,080		
BOMBEO AGUA				
	4,790	0,070		

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:

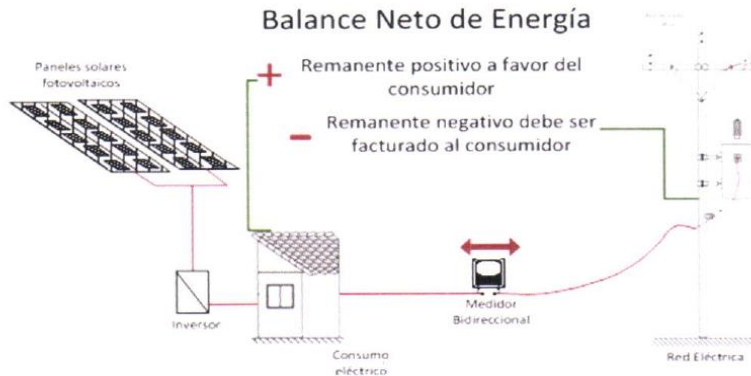


Figura 2. Balance Neto

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 días



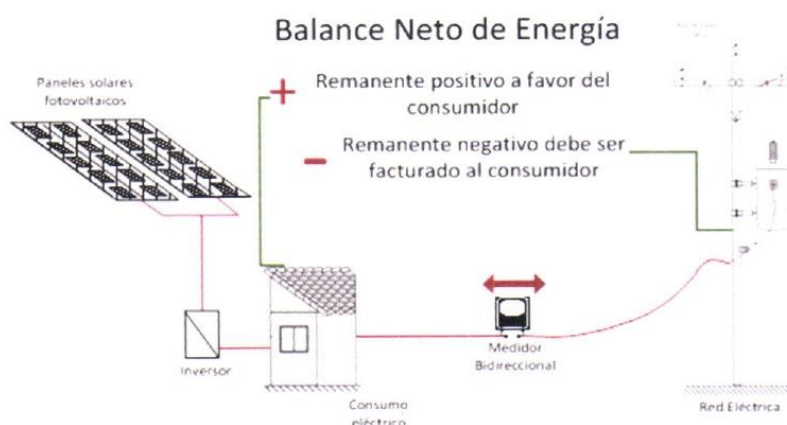


## CAPÍTULO II – CONDICIONES GENERALES PARA LA PARTICIPACIÓN DE CONSUMIDORES CON $\mu$ SFV

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:



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 bombas, 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:

- El Proponente solicitará la factibilidad de conexión a la Distribuidora respectiva, presentando la información establecida en el formulario del ANEXO 1.
- 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.
- 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.

<b>Voltaje de conexión</b>	<b>Potencia Nominal</b>
Bajo	≤ a 10 kW monofásica
	≤ a 20 kW bifásica
	≤ a 30 kW trifásica

- 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.
- 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.
- 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

Sesión Electrónica de Directorio de 05 de abril de 2021

11



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 $i$

Sesión Electrónica de Directorio de 05 de abril de 2021

15

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 ( $ERED_i$ ) 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  $i$ .

Sesión Electrónica de Directorio de 05 de abril de 2021

17

$SEEA_{i-1}$	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 ( $T_m$ ).

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 SPPE 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.

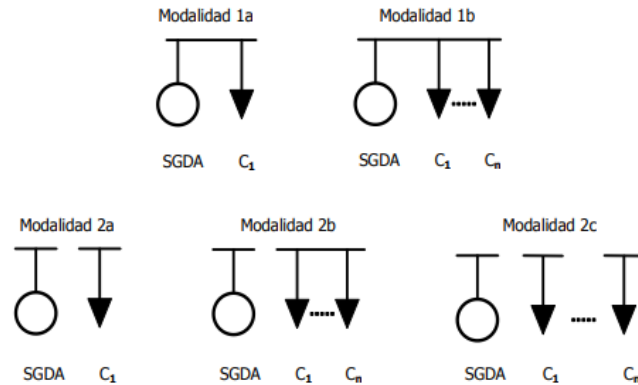
El dimensionamiento de un SGDA debe considerar lo siguiente:

- 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

# Tasas de Interés

Enero 2022

## 1. TASAS DE INTERÉS ACTIVAS EFECTIVAS VIGENTES PARA EL SECTOR FINANCIERO PRIVADO, PÚBLICO Y, POPULAR Y SOLIDARIO

Tasas Referenciales		Tasas Máximas*	
Tasa Activa Efectiva Referencial para el segmento	% anual	Tasa Activa Efectiva Máxima para el segmento:	% anual
Productivo Corporativo	7.39	Productivo Corporativo	8.86
Productivo Empresarial	9.30	Productivo Empresarial	9.89
Productivo PYMES	10.23	Productivo PYMES	11.26
Consumo	16.16	Consumo	16.77
Educativo	8.64	Educativo	9.50
Educativo Social	5.49	Educativo Social	7.50
Vivienda de Interés Público	4.97	Vivienda de Interés Público	4.99
Vivienda de Interés Social	4.98	Vivienda de Interés Social	4.99
Inmobiliario	9.79	Inmobiliario	10.40
Microcrédito Minorista	19.92	Microcrédito Minorista	28.23
Microcrédito de Acumulación Simple	20.51	Microcrédito de Acumulación Simple	24.89
Microcrédito de Acumulación Ampliada	20.17	Microcrédito de Acumulación Ampliada	22.05
Inversión Pública	8.28	Inversión Pública	9.33

De acuerdo a la Resolución 603-2020-F, de la Junta de Política y Regulación Monetaria y Financiera.  
De acuerdo a la Resolución JPRF-F-2021-004, de la Junta de Política y Regulación Financiera

## 2. TASAS DE INTERÉS PASIVAS EFECTIVAS PROMEDIO POR INSTRUMENTO

Tasas Referenciales	% anual	Tasas Referenciales	% anual
Depósitos a plazo	5.57	Depósitos de Ahorro	0.98
Depósitos monetarios	0.59	Depósitos de Tarjetahabientes	1.31
Operaciones de Reporto	1.50		

## 3. TASAS DE INTERÉS PASIVAS EFECTIVAS REFERENCIALES POR PLAZO

Tasas Referenciales	% anual	Tasas Referenciales	% anual
Plazo 30-60	4.04	Plazo 121-180	5.11
Plazo 61-90	4.36	Plazo 181-360	5.84
Plazo 91-120	5.05	Plazo 361 y más	7.74

## 4. TASAS DE INTERÉS PASIVAS EFECTIVAS MÁXIMAS PARA LAS INVERSIONES DEL SECTOR PÚBLICO

(según regulación No. 133-2015-M)

## 5. TASA BÁSICA DEL BANCO CENTRAL DEL ECUADOR

## 6. OTRAS TASAS REFERENCIALES

Tasa Pasiva Referencial	5.57	Tasa Legal	7.39
Tasa Activa Referencial	7.39	Tasa Máxima Convencional	8.86

Anexo 8. Listado de aparatos y/o equipos eléctricos de la vivienda



APARATOS / ELECTRODOMÉSTICOS	Nº APARATOS	POTENCIA		TOTAL kW	USO DÍA HORAS	CONSUMO		
		VATIOS	kW			kWh DÍA	kWh MES	
ACONDICIONADOR DE AIRE 12.000 BTU	1	1135	1,14	1,14	5	5,68	100	
BOMBA DE AGUA 1/2HP(20 minutos al día)	1	373	0,37	0,37	0,33	0,12	4	
COMPUTADORA	2	300	0,30	0,60	3,8	2,28	68	
EQUIPO DE SONIDO	1	100	0,10	0,10	2,3	0,23	7	
FOCO AHORRADOR DE 25 WATT	15	25	0,03	0,38	6	2,25	68	
HORNO MICRO ONDA (uso 15 minutos diarios)	1	1200	1,20	1,20	0,25	0,30	9	
LAVADORA DE ROPA (8 horas semanal)	1	550	0,55	0,55	1,3	0,72	21	
LICUADORA (10 minutos diarios de uso)	1	400	0,40	0,40	0,17	0,07	2	
OLLA ARROCERA	1	800	0,80	0,80	0,6	0,48	14	
PLANCHA ( 15 minutos diarios de uso)	1	1000	1,00	1,00	0,25	0,25	8	
REFRIGERADORA MODERNA	1	200	0,20	0,20	12	2,40	72	
TELEVISOR GANDE (24-29 pulg.)	1	150	0,15	0,15	5	0,75	23	
<b>T O T A L</b>							<b>396</b>	

*Anexo 9. Facturación energética con un consumo de 396 kWh mes formulado sobre la base y formulación establecido en el Pliego*

FACTURACIÓN (kWh-mes) DE ACUERDO A PLIEGO TARIFARIO							
CUENTA:			cliente		Tarifa:		Residencial
CONSUMO			PERIODO		CONSUMO	PERIODO	
kWh			JUN - NOV.	DIC - MAY		JUN - NOV.	DIC - MAY
DESDE	HASTA	DIFERENCIA	\$\$	\$\$	kWh	\$\$	\$\$
0	50	50	0,091	0,091	50	\$ 4,55	\$ 4,55
51	100	50	0,093	0,093	50	\$ 4,65	\$ 4,65
101	150	50	0,095	0,095	50	\$ 4,75	\$ 4,75
151	200	50	0,097	0,097	50	\$ 4,85	\$ 4,85
201	250	50	0,099	0,099	50	\$ 4,95	\$ 4,95
251	300	50	0,101	0,101	50	\$ 5,05	\$ 5,05
301	350	50	0,103	0,103	50	\$ 5,15	\$ 5,15
351	500	150	0,105	0,105	46	\$ 4,83	\$ 4,83
501	700	200	0,1285	0,105		\$ 0,00	\$ 0,00
701	1000	300	0,1450	0,1450		\$ 0,00	\$ 0,00
1001	1500	500	0,1709	0,1709		\$ 0,00	\$ 0,00
1501	2500	1000	0,2752	0,2752		\$ 0,00	\$ 0,00
2501	3500	1000	0,4360	0,4360		\$ 0,00	\$ 0,00
>	3500		0,6812	0,6812		\$ 0,00	\$ 0,00
TOTAL SIN IMPUESTOS					396	\$ 38,78	\$ 38,78

Servicio Eléctrico y Alumbrado Público	
Fecha hasta: dd/mes/año	
Tipo de Tarifa Arconel (ARCERNNR)	BT Residencial
Consumo kWh-mes.	396
Valor Consumo kWh-mes (pliego 2022)	\$ 38,78
Comercialización	\$ 1,41
Subsidio Cruzado Solidario	\$ 4,02
<b>Sub total Servicio Eléctrico (SE)</b>	<b>\$ 44,21</b>
Servicio Alumbrado Público General	\$ 2,37
Subtotal Servicio Alumbrado Público (APG)	\$ 2,37
<b>Base I.V.A. 0%</b>	<b>\$ 46,59</b>
I.V.A. 0%	\$ 46,59
<b>Total SE y APG</b>	<b>\$ 46,59</b>
CÁLCULO DEL ALUMBRADO PÚBLICO	
Consumo kWh-mes (pliego 2013)	\$ 32,48
Comercialización (2013)	\$ 1,414
Importe	\$ 33,892
<b>Servicio Alumbrado Público (AP)</b>	<b>\$ 2,37</b>

Valor pendiente (saldo)	\$ 0,00
Planes de Financiamiento	\$ 0,00
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO	\$ 46,59
Contribución Bomberos	\$ 2,13
<b>Tasa de Recolección de basura</b>	<b>\$ 5,02</b>
<b>VALOR A PAGAR</b>	<b>\$ 53,74</b>

Nota. - TASA DE RECOLECCION DE BASURA. - Según la segunda reforma a la tasa de recolección de basura y desechos sólidos, publicada en el Segundo Suplemento del Registro Oficial No. 407 del miércoles 31 de diciembre de 2014 (desde los 301 kWh mes le corresponde el 12,5 % del importe, y se lo fórmula para que el municipio la facture en las planillas de agua).

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Xavier Ignacio Murillo Castillo**, con C.C: # **0912459492** autor del trabajo de titulación: **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO HIBRIDO CON AUTONOMÍA PARA CARGAS CRITICAS EN UNA VIVIENDA UBICADA EN LA URB. LA JOYA - ZAFIRO** previo a la obtención del título de **Magister en Electricidad** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

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

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

Guayaquil, 20 de marzo de 2024

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

Nombre: **Xavier Ignacio Murillo Castillo**

C.C: **0912459492**

**REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Estudio de factibilidad de un sistema solar fotovoltaico híbrido con autonomía para cargas críticas en una vivienda ubicada en la urb. La Joya - Zafiro		
<b>AUTOR(ES)</b>	Ing. Xavier Ignacio Murillo Castillo		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	MSc. Celso Bayardo Bohorquez Escobar, Mgs. Diana Bohórquez Heras, Msc. Gustavo Mazzini.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Sistema de Posgrado		
<b>CARRERA:</b>	Maestría en Electricidad		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Magister en Electricidad		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	<b>20 de marzo del 2024</b>	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	<b>102</b>
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Generación distribuida, Energía renovable, Sistema fotovoltaico, Ahorro de energía, Banco de batería.		
<b>PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:</b>	Distributed generation, Renewable energy, Photovoltaic system, Energy saving, Battery bank.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>	<p>Las energías renovables son una solución autosostenible para la crisis energética mundial, disminuyendo gradualmente el uso de energía térmica por gas, hidrocarburos y derivados para uso eléctrico y minimizando el impacto ambiental que se produce por efecto combustión. Los sistemas fotovoltaicos son considerados parte de los proyectos de generación distribuida adaptando un nuevo concepto al usuario y generando beneficios por su capacidad de generación inyectada a la red. El proyecto busca demostrar la factibilidad de un proyecto fotovoltaico híbrido para el sector residencial sin demanda horaria ubicado en Guayas. El desarrollo de esta investigación comprende 5 Capítulos, siendo el capítulo I los antecedentes y generalidades que llevaron al desarrollo de esta investigación justificando la importancia de un SGDA y sus beneficios, el capítulo II exploró conceptos importantes de los generadores renovables de acuerdo con las regulaciones ARCENNR vigentes y los conceptos y fundamentos necesarios sobre las tecnologías y aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos. Los capítulos III y IV analizan y dimensionan el sistema fotovoltaico con ayuda del software PVsyst 7.2 en función a la necesidad del usuario, teniendo una producción anual de 3998 kWh/año y un abastecimiento para carga crítica de hasta 4 horas para una demanda de 3 kW. Finalmente, el capítulo V demostró la recuperación de la inversión en el año 12 con un beneficio de 167% y un ahorro anual de 528.83 dólares en un tiempo de 25 años.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-991408391	<b>E-mail:</b> xavier.murillo@cu.ucsg.edu.ec	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre:</b> Ph.D . Celso Bayardo Bohórquez Escobar		
	<b>Teléfono:</b> +593-995147293		
	<b>E-mail:</b> celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec		
<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>			