

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

TEMA:

Estudio de factibilidad de un sistema solar fotovoltaico híbrido con autonomía hasta 6 horas para disminuir el consumo eléctrico en horario diurno y respaldar las cargas críticas en una vivienda ubicada en la Urb. El Condado

AUTORES:

Munizaga Cadena, Adriana Isabel

Parrales Panchana, Abel Henry

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

TUTOR:

ING. Bonilla Sánchez Ronnie Alexander, MG.S.

Guayaquil, Ecuador

19 de febrero del 2025



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

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

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **MUNIZAGA CADENA, ADRIANA ISABEL** y **PARRALES PANCHANA, ABEL HENRY** como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico**.

TUTOR (A)

f. _____
Ing. Bonilla Sánchez Ronnie Alexander, MS,c.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____
Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo, Ph.D.

Guayaquil, a los 19 del mes de febrero del año 2025



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACION TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **MUNIZAGA CADENA ADRIANA ISABEL**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO HÍBRIDO CON AUTONOMÍA HASTA 6 HORAS PARA DISMINUIR EL CONSUMO ELÉCTRICO EN HORARIO DIURNO Y RESPALDAR LAS CARGAS CRÍTICAS EN UNA VIVIENDA UBICADA EN LA URB. EL CONDADO** previo a la obtención del título de **INGENIERO ELÉCTRICO**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 19 del mes de febrero del año 2025

EL AUTOR

f. _____

MUNIZAGA CADENA ADRIANA ISABEL



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACION TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **PARRALES PANCHANA ABEL HENRY**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO HÍBRIDO CON AUTONOMÍA HASTA 6 HORAS PARA DISMINUIR EL CONSUMO ELÉCTRICO EN HORARIO DIURNO Y RESPALDAR LAS CARGAS CRÍTICAS EN UNA VIVIENDA UBICADA EN LA URB. EL CONDADO** previo a la obtención del título de **INGENIERO ELÉCTRICO**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 19 del mes de febrero del año 2025

EL AUTOR

f. _____

PARRALES PANCHANA ABEL HENRY



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

AUTORIZACIÓN

Yo, **MUNIZAGA CADENA, ADRIANA ISABEL**

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO HÍBRIDO CON AUTONOMÍA HASTA 6 HORAS PARA DISMINUIR EL CONSUMO ELÉCTRICO EN HORARIO DIURNO Y RESPALDAR LAS CARGAS CRÍTICAS EN UNA VIVIENDA UBICADA EN LA URB. EL CONDADO**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 19 del mes de febrero del año 2025

f. _____
MUNIZAGA CADENA, ADRIANA ISABEL



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACION TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD

AUTORIZACIÓN

Yo, **PARRALES PANCHANA ABEL HENRY**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO HÍBRIDO CON AUTONOMÍA HASTA 6 HORAS PARA DISMINUIR EL CONSUMO ELÉCTRICO EN HORARIO DIURNO Y RESPALDAR LAS CARGAS CRÍTICAS EN UNA VIVIENDA UBICADA EN LA URB. EL CONDADO**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 19 del mes de febrero del año 2025

EL AUTOR:

f. _____

PARRALES PANCHANA ABEL HENRY



UNIVERSIDAD CATÓLICA

DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACION TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo, Ph.D.

DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

Ing. Ubilla González Ricardo Xavier, MSC.

COORDINADOR DEL ÁREA

f. _____

Ing. Meléndez Rangel Jesús Ramón, Ph.D

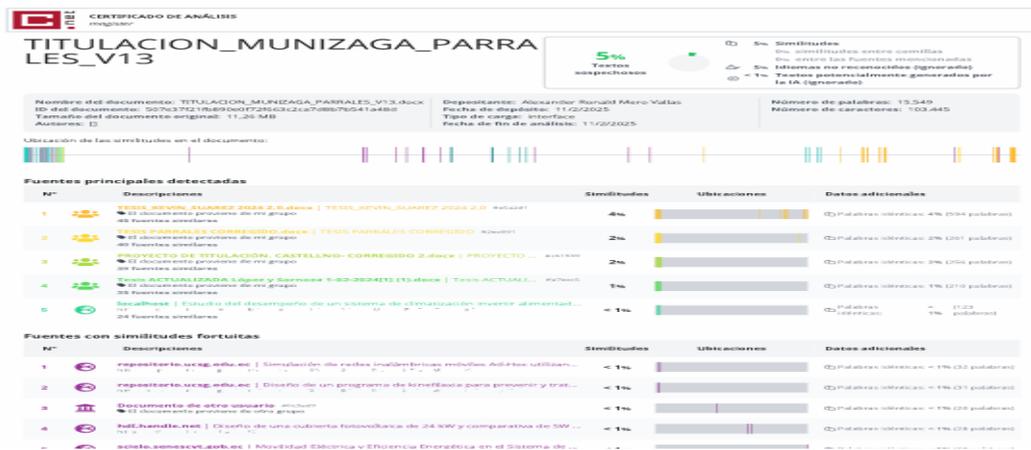
OPONENTE



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

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

REPORTE DE COMPILATOR



Se revisó el Trabajo de Titulación, **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO HÍBRIDO CON AUTONOMÍA HASTA 6 HORAS PARA DISMINUIR EL CONSUMO ELÉCTRICO EN HORARIO DIURNO Y RESPALDAR LAS CARGAS CRÍTICAS EN UNA VIVIENDA UBICADA EN LA URB. EL CONDADO** presentado por los estudiantes MUNIZAGA CADENA, ADRIANA ISABEL y PARRALES PANCHANA, ABEL HENRY, de la carrera de Ingeniería en Electricidad, donde obtuvo del programa COMPILATIO, el valor de 5% de coincidencias, considerando ser aprobada por esta dirección.

de la Carrera de INGENIERÍA ELÉCTRICA, donde obtuvo del programa COMPILATOR, el valor de 5% de coincidencias, considerando ser aprobada por esta Dirección.

f. _____

Ing. Bonilla Sánchez Ronnie Alexander, MS.c.

Revisor - COMPILATOR

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo con un cariño y agradecimiento incondicional a quienes han sido nuestro pilar en este camino académico. A nuestras familias por su apoyo constante, ayuda en tiempos difíciles y palabras de confort en los momentos de mayor desafío. Su confianza en nosotros ha sido la motivación para seguir adelante.

A aquellos que ya no están físicamente con nosotros hoy en día, pero cuya presencia siguiera viva en nuestros corazones. Ellos, que, con su amor, enseñanzas y apoyo incondicional, nos guiaron y dejaron una huella imborrable en nuestra vida.

Finalmente, nos reconocemos a nosotros mismos, por la constancia, el esfuerzo y perseverancia a lo largo de este proceso, representando un logro más y acercándonos un paso más a nuestras metas y oportunidades.

.

AGRADECIMIENTO

Aprovechando este espacio queremos expresar el agradecimiento que de una u otra manera hicieron posible no solo la realización de este trabajo, sino, la a culminar esta etapa académica. A nuestros familiares y amigos, algunos que fueron de apoyo no solo económico sino emocional, inspiración y compañía en este camino de aprendizaje.

ÍNDICE

CAPITULO I:	2
DESCRIPCIÓN GENERAL	2
1.1. Introducción	2
1.2. Antecedentes	3
1.3. Definición del problema	3
1.4. Justificación	3
1.5. Objetivos el problema de investigación	3
1.5.1. Objetivo General	3
1.5.2. Objetivos Específicos	4
1.6. Hipótesis	4
1.7. Metodología y Medios	4
CAPÍTULO II:	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes energéticos en el Ecuador	5
2.2. Energías renovables	5
2.3. Principios subyacentes de las energías renovables	6
2.3.1. Radiación solar	6
2.4. Tipos de energías renovables: Importancia de las energías renovables	10
2.5.1. Fundamentos de los Sistemas Fotovoltaicos	16
2.5.2. Principios básicos de los sistemas solares fotovoltaicos	17

2.5.3.	Estructura de las celdas fotovoltaicas:	17
2.5.4.	Proceso de conversión energética:	17
2.5.5.	Eficiencia y avances tecnológicos:	17
2.6.	Dispositivos Principales de un Módulo Fotovoltaico	18
2.7.	Concepto de Paneles Solares	18
2.7.1.	Tipos de Materiales y tecnología	18
2.7.1.1.	Panel solar monocristalino	18
2.7.2.	Conceptualización, Planificación, Diseño y desensamblaje	20
2.7.2.1.	Orientación y ángulo	20
2.7.3.	Seguridad y perdurabilidad	21
2.8.1.1.	Inversor fotovoltaico centralizados	23
2.8.1.3.	Inversor fotovoltaico microinversor	24
2.8.3.	Dimensionamiento técnico	25
2.9.	Baterías y sistemas de almacenamiento	26
2.9.1.	Tipos de baterías:	26
2.9.1.1.	Batería de plomo ácido	26
2.9.1.2.	Batería de ion - litio	27
2.9.1.3.	Batería de flujo redox	27
2.9.3.	Dimensionamiento	28
2.10.	Ventajas y limitaciones de los sistemas fotovoltaicos	29
2.10.1.	Ventajas	29
2.10.2.	Limitaciones	29
2.11.	Clasificación de los Sistemas Fotovoltaicos	29

2.11.1.	Módulo Fotovoltaico Interconectado a Red (On-Grid)	30
2.11.1.1.	Componentes principales	31
2.11.1.2.	Ventajas del sistema interconectado	33
2.11.1.3.	limitaciones del sistema interconectado	33
2.11.1.4.	Aplicaciones típicas	33
2.11.2.	Sistema Fotovoltaico Aislado (Off-Grid)	33
2.11.2.2.	Ventajas del sistema aislado	35
2.11.2.3.	Limitaciones del sistema aislado	35
2.11.2.4.	Implementaciones comunes	35
2.11.3.	Módulo Fotovoltaico Híbrido	36
2.11.3.1.	Componentes principales	36
2.11.3.2.	Ventajas del sistema híbrido	37
2.11.3.3.	Limitaciones del sistema híbrido	38
2.11.3.4.	Aplicaciones típicas	38
CAPÍTULO III:		39
3. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN		39
3.1. Generalidades		39
3.1.1. Antecedentes del Proyecto		39
3.1.2. Ubicación		39
3.1.3. Irradiación solar global promedio		40
3.1.3. Trayectoria Solar		41
3.1.4. Consumo de energía Anual		41
3.1.5. Diagrama Unifilar		42

CAPÍTULO IV:	44
4. DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	44
4.1. Generalidades	44
4.2. Dimensión del Generador electrico Fotovoltaico	44
4.3. Cálculo de número de paneles fotovoltaicos.....	45
4.4. Cálculo de banco de baterías para almacenar la energía.	45
4.5. Cálculo de potencia del Inversor	46
4.6. Conexiones eléctricas del sistema	47
4.6.1. Detalle de conexiones en corriente continua (DC)	47
4.6.2. Detalle de conexiones en corriente alterna (AC)	49
4.7. Soportería para el sistema fotovoltaico	50
4.7.1. Cálculo del Área del Generador.....	50
4.7.2. Cálculo de la zona de mantenimiento	50
4.7.3. Elementos de fijación y anclaje del sistema	50
4.8. Cálculo de la estructura metálica.....	51
4.9. Aplicación del sistema de puesta a tierra	51
4.10. Aplicación del sistema Software PVsyst.....	52
CAPÍTULO V:	57
5. DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	57
5.1. Análisis económico.....	57
5.2. Prevención y valoración de equipos eléctricos	57
5.3. Tiempo a ejecutar el proyecto	59
5.4. Ventajas Técnicas	59

5.5. Beneficios Económicos	60
5.6. Beneficios Ambientales	60
5.7. Regulación ARCERNNR 08/2024 Normativa para la generación distribuida de autoabastecimiento	61
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	63
Referencias Bibliográficas	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diseño Conceptual del Mecanismo de Optimización.....	7
Figura 2 Componentes y Potencial de la Energía Eólica en Andalucía ...	8
Figura 3. Esquema de funcionamiento de una central hidroeléctrica	8
Figura 4. Estación de Generación Geotérmica.....	9
Figura 5. Diagrama del Proceso de Biomasa	10
Figura 6. Fuentes de Energía Renovables	11
Figura 7. Esquema de Sistema Fotovoltaico	12
Figura 8. Esquema de una Central Solar Térmica	12
Figura 9. Componentes de un Aerogenerador	13
Figura 10. Esquema de Central Hidroeléctrica con Lagos Interconectados	14
Figura 11. Proceso de Generación de Energía a Partir de Biomasa	14
Figura 12. Esquema Elemental de una Central Térmica	15
Figura 13. Esquema Conceptual de una Central Maremotérmica	16
Figura 14. Conexión Mixta de Paneles Solares.....	18
Figura 15. Componentes de un Panel Solar Monocristalino.....	19
Figura 16. Comparativa entre Paneles Solares Monocristalinos y Policristalinos.....	20
Figura 17. Orientación Solar para Paneles Flimplementación de Sistema de Cotovoltaicos	21
Figura 18. Estructura en Capas de un Panel Solar	22
Figura 19. Inversor Fotovoltaico de 500W.....	23
Figura 20. Centro de Conversión y Almacenamiento Solar KSTAR	24

Figura 21. Comparativa: Inversores en Cadena vs Microinversores	24
Figura 22. Sistema Solar con Microinversor	25
Figura 23. Estructura Interna de una Batería de Plomo-Ácido	26
Figura 24. Diagrama de Funcionamiento de una Batería de Plomo-Ácido	27
Figura 25. Esquema de Funcionamiento de una Batería de Ión-Litio	27
Figura 26. Funcionamiento de una Batería de Flujo Redox	28
Figura 27. Conexión de los módulos fotovoltaicos a la Red	31
Figura 28. Instalación de Paneles Solares en Techo	31
Figura 29. Inversor On-Grid para Sistemas Fotovoltaicos	32
Figura 30. Medidor Bidireccional de Energía	32
Figura 31. Diagrama de Módulo Fotovoltaico Aislado (Off-Grid)	34
Figura 32. Dispositivo de Carga Solar	34
Figura 33. Inversor Híbrido para Sistemas Solares	35
Figura 34. Diseño de Sistema Híbrido.....	36
Figura 35. Sistema Híbrido Solar con Inversor Powest	37
Figura 36. Controlador de Carga Solar MPPT.....	37
Figura 37. Ubicación Geográfica de la Urbanización El Condado de Vicolinci	40

ÍNDICE DE TABLA

<i>Tabla 1. Detalle técnico del inversor On Grid de las entradas AC y DC</i>	48
<i>Tabla 2. Detalle técnico de inversor Off Grid de las entradas AC y DC.</i>	48
<i>Tabla 3. Elementos de Soportería.....</i>	51
<i>Tabla 4. Calculo estimado del sistema fotovoltaico.....</i>	57

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Determinación de la capacidad de generador fotovoltaico.	45
Ecuación 2. Número de paneles fotovoltaicos.....	45
Ecuación 3. Potencia de baterías.....	46

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Resolucion N° ARCONEL-042/18 1	64
Anexo 2 Informe PVsyst 1.....	83

RESUMEN

Este trabajo evalúa el diseño y dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico en consta de un sistema on-grid y uno off-grid logrando mejorar eficiencia en el consumo energético en una residencia de la Urbanización El Condado de Vicolinci. Se llevaron a cabo cálculos que constan de su parte teórica y simulaciones en el programa PVsyst concluyendo la cantidad necesaria de: Paneles solares, inversores y baterías, garantizando eficiencia y sostenibilidad. Dichos resultados que arrojados en el sistema on-grid sirven para reducir considerablemente la dependencia de la red eléctrica y el ahorro económico a largo plazo. En cambio, la ventaja del sistema off-grid es su suministro energético autónomo cuando no exista abastecimiento de la red para la vivienda. Juntos ambos inversores nos otorga beneficios incluyendo la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, estabilidad energética, y respaldo energético constante.

Palabras clave: energía solar, inversor, software PVsyst, análisis técnico.

ABSTRACT

sizing of a solar photovoltaic system consisting of an on-grid and an off-grid system to improve efficiency in energy consumption in a residence of the Urbanization El Condado de Vicolinci. By performing theoretical Calculations were carried out consisting of its theoretical part and simulations in the PVsyst program concluding the necessary amount of: Solar panels, inverters and batteries, ensuring efficiency and sustainability. The results obtained in the on-grid system serve to considerably reduce the dependence on the electrical grid and the economic savings in the long term. On the other hand, the advantage of the off-grid system is its autonomous energy supply when there is no grid supply for the house. Overall, the combination of both systems provide benefits including reduction of greenhouse gas emissions, energy stability, and constant energy backup.

Keywords: solar energy, inverter, PVsyst software, technical analysis.

ACRÓNIMOS

Definiciones

Preemsablado: Acometida que sirve de enlace que permite que el servicio llegue hasta la residencia, mediante conductores que se extienden desde un generador o red eléctrica.

Alimentador Secundario: Circuito eléctrico que suministra energía a una carga utilizando una sola fase de corriente alterna.

Albedo: Medida de radiación reflejada por elementos situados en una superficie o cuerpo.

Altura solar: Es uno de los dos ángulos que definen la posición del sol en el cielo en un momento dado, siendo el otro el azimut solar.

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

Consumo energético: Cantidad de energía utilizada por el usuario en un determinado tiempo.

Demanda de energía: Carga necesaria para satisfacer a los residentes.

Eficacia: Rendimiento de un sistema en relación a su producción.

Eficiencia: Capacidad de un sistema optimizando recursos y mejorar en su producción.

Corriente Eléctrica (E): Movimiento de electrones a través de un conductor, asociada al flujo de corriente eléctrica.

Energía sostenible: Tipo de energía que se obtiene de fuentes naturales, no se agotan en el uso y consumo, tienen un menor impacto ambiental.

Horas sol pico (HSP): Indicador que representa una medida de irradiación solar, disponible en un lugar específico en el lapso del día.

Irradiación: Cantidad de energía solar que se puede presentar sobre una superficie mediante un periodo de tiempo.

Irradiación directa: Cantidad de energía solar que viaja de forma directa desde el sol hasta la superficie.

Irradiación difusa: Cantidad de energía solar que llega a la superficie de manera difusa o dispersa, es decir, que desciende a todas las direcciones.

Irradiación global: Este tipo de irradiación representa la adición de la irradiación directa y la irradiación difusa, y que llega a la superficie.

Disposición solar: Es la posición de una superficie con relación a la posición del sol, siendo un factor elemental en el diseño de edificaciones de paneles solares.

Carga en horas pico: es la potencia máxima que se genera por los paneles solares en el transcurso de una hora pico, siendo su unidad Vatios (W)

Carga en horas nominal: es la potencia con la que se opera mediante un equipo a través de un tiempo específico, su unidad es vatios (W)

Reflejo solar: Es la energía que emite el sol de forma de ondas electromagnéticas.

Sistema con módulos fotovoltaicos: Es el conjunto de dispositivos que se forman por elementos múltiples que absorben la radiación solar mediante el efecto fotoeléctrico, de forma que produce energía convertida en corriente alterna.

Sombra: Área sin iluminación causada por el obstáculo de la luz.

SGDA: Sistema que permite generar electricidad autónoma y distribuirla a la red eléctrica.

EneRed: Energía suministrada por la red pública eléctrica.

EINY: Energía eléctrica suministrada por un generador eléctrico renovable.

CreCons: Beneficio acumulado a favor del usuario o consumidor que se consume en el mes siguiente calendario.

GD: Producción de energía distribuida en función al acuerdo OLADE

Voc: Diferencia de potencial de un circuito abierto.

Isc: Movimiento mediante el flujo de electrones de cortocircuito.

PR: Índice de relación entre la generación de energía y la capacidad instalada e función de pérdidas y de producción.

CAPITULO I:

DESCRIPCIÓN GENERAL

1.1.Introducción

Desde la perspectiva general, la generación masiva de electricidad empezó a finales del siglo XIX, donde hubo una extensión de iluminación eléctrica de las casas y las calles. Siendo una ventaja en cuanto a la época de la segunda guerra industrial, sosteniéndose como un motor fundamental (Pozo & Paredes, 2021). La electricidad se crea en centrales capaces de obtener energía eléctrica a partir de energías primarias, las llamadas energías no renovables que provienen de la extracción de petróleo y sus derivados, con el tiempo estos recursos se han vuelto escasos, aumentando sus costos de producción, considerando además que al utilizar los hidrocarburos en el proceso de conversión de energía propicia la contaminación ambiental, considerándose responsables principales del daño de la capa de ozono. Debido a sus desventajas, los recursos no renovables, han dejado ser tema de investigación para los organismos internaciones, y los mismos, comenzando a investigar otras fuentes de energía. (Pine, 2022).

Sin embargo, la escasez progresiva de estos recursos ha incrementado sus costos de producción, además de que su conversión en energía genera contaminación ambiental, contribuyendo significativamente al deterioro de la capa de ozono. Las llamadas energías primarias renovables como, la radiación solar, hace que los sistemas fotovoltaicos sean considerados como unos de los principales sistemas por ser amigables con el medio ambiente, siendo también motivo de críticas dado a los elevados costos de suministro e instalación. Europa y Asia, consideradas como grandes potenciales mundiales, han presentado un mejoramiento en los sistemas fotovoltaicos al establecer otras partículas amorfas en los paneles semiconductores, de esa forma lograr el aumento de una eficiencia hasta del 30% y de esa forma también tener una reducción en los costos de producción.

El presente estudio tiene como enfoque general evaluar la factibilidad de implementar un sistema solar fotovoltaico hibrido en una casa dentro de la zona urbanística El Condado, de la ciudad de Guayaquil. Este tipo de sistema, no solo propicia la disminución del consumo eléctrico en las horas del día, sino también

garantiza el eficiente uso de las cargas críticas ante las interrupciones eventuales que se puedan presentar del suministro eléctrico.

1.2. Antecedentes

Desde el enfoque de antecedentes, como premisas, los sistemas son necesarios dado a la capacidad para generar energía sustentable y sostenible. Este tipo de dispositivos son fundamentales del movimiento hacia la sostenibilidad de energía que parte de las fuentes renovables, sosteniendo una solución viable para hacer frente los desafíos energéticos actuales y futuros.

1.3. Definición del problema

Recientemente el Ecuador acabó de pasar por una crisis energética que se ha caracterizado por apagones, déficit de electricidad y racionamientos de luz. Esta crisis se ha debido a varios factores, como la falta de reservas energéticas, la creciente demanda de electricidad y la sequía de ríos donde se encuentran las hidroeléctricas, ser afectado por la pobreza energética puede tener graves implicaciones en la calidad de vida.

¿De que manera los sistemas fotovoltaicos híbridos puedan abastecer la demanda de energía de las residencias dentro de la Urbanización El Condado y lograr disminuir el valor de la factura de consumo mensual y asegurando un servicio de energía de abastecimiento continuo?

1.4. Justificación

Un sistema fotovoltaico híbrido no solo mitigará costos, sino que también garantizará la continuidad operativa de la demanda de energía en caso de interrupciones del suministro eléctrico. En este estudio se aplicarán conocimientos sobre la viabilidad técnica y económica de los sistemas híbridos, promoviendo un modelo replicable que fortalezca la sostenibilidad energética a nivel residencial, conocimientos que fueron adquiridos en las asignaturas técnicas.

1.5. Objetivos el problema de investigación

1.5.1. Objetivo General

Estudiar la factibilidad de implementar un sistema solar fotovoltaico híbrido con autonomía de hasta 6 horas para disminuir el consumo eléctrico diurno y respaldar cargas críticas en una vivienda de la urbanización El Condado.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Realizar un levantamiento de información para identificar las cargas energéticas y patrones de consumo eléctrico en la vivienda seleccionada.
- Dimensionar y diseñar un sistema solar fotovoltaico híbrido adaptado a las necesidades y condiciones específicas del lugar de instalación.
- Comparar desde un enfoque técnico según norma ARCONEL 005/24, económico y ambiental, las diferentes configuraciones de sistemas fotovoltaicos para determinar la alternativa más viable.

1.6. Hipótesis

El desarrollo de un sistema solar fotovoltaico formado de inversores off-grid y on-grid con una autonomía de duración de hasta 6 horas es una alternativa de solución viable, rentable y protectora del medio ambiente. Su aplicación permite la reducción del consumo eléctrico diurno y no permite las interrupciones de suministro y aquello garantiza el respaldo eficiente de energía.

1.7. Metodología y Medios

Desde el enfoque metodológico, el presente estudio se sostiene desde un estudio descriptivo y aplicado, teniendo un enfoque cualitativo y cuantitativo (mixto) que se aplicó en varias etapas fundamentales en el trabajo de factibilidad. Se llevará a cabo un esquema comparativo de las propuestas que son alternativas desde las perspectivas económicas, técnicas y ambientales. Las combinaciones de éstos métodos facultan un enfoque integral que aborda el análisis descriptivo de los indicadores de necesidad del problema como la propuesta de una solución sostenible y técnica.

CAPÍTULO II:

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes energéticos en el Ecuador

Ecuador, ubicado en la parte Sur de América, entre Colombia y Perú, cuenta aproximadamente con 17 millones de habitantes y una superficie de 256.370,00 km². A lo largo de su desarrollo energético, Ecuador logro diversificar su matriz eléctrica. En 2021 obtuvo una capacidad efectiva de 9.386 MW, de los cuales el 57% proviene de fuentes renovables, representando 5.309 MW. Entre los avances más relevantes en el sector ha sido la implementación de la generación distribuida (GD), modelo que permite a los usuarios producir su propia energía sin depender totalmente de la infraestructura eléctrica tradicional. Este cambio fue impulsado por el Ministerio de Energía y Minas a través de la resolución MEM-2023-0017-AM (Erazo, 2022). Este modelo está basado en el principio de generación local, significando que la energía producida se consume directamente en el punto de demanda, sin necesidad de recorrer largas distancias a través de redes de transmisión y distribución. Con esto, Ecuador no solo optimiza su sistema eléctrico, sino que también promueve un futuro energético más sostenible e independiente (Salazar, 2014).

2.2. Energías renovables

Dentro de las últimas décadas el mundo entero ha experimentado una demanda alta de energía debido al aumento de la población y esto se debe al desarrollo económico que ha incidido de manera significativa. Sin embargo, es preciso acotar que los sistemas tradicionales basados en combustibles fósiles han proporcionado lamentablemente graves problemas ambientales como el cambio climático el agotamiento de los recursos naturales que actualmente son escasos y la contaminación ambiental.

En cuanto aquello se presentan desafíos desde el enfoque de las energías renovables que surgen como una solución sostenible para satisfacer las necesidades en el ámbito energético actual y no comprometer los recursos de futuras generaciones. Este escenario no solamente pretende reducir las emisiones de gases y efecto invernadero, sino que a su vez diversifica las fuentes de energía de esta manera mejora la seguridad energética y fomenta el desarrollo sostenible y económico (IRENA, 2021).

Determinando este enfoque es importante identificar los conceptos en cuanto a lo que refiere energía sostenible y son aquellas que se obtienen de los recursos naturales y que se regeneran de forma continua y no se agotan debido al sol, el viento, el agua, el movimiento la biomasa y el calor interno de la tierra. Esta fuente de energía tiene las características de fortalecer su capacidad para proporcionar energía sostenible y limpia de esta manera se genera un impacto ambiental significativamente menor en comparación con los combustibles fósiles (Gielen, 2019).

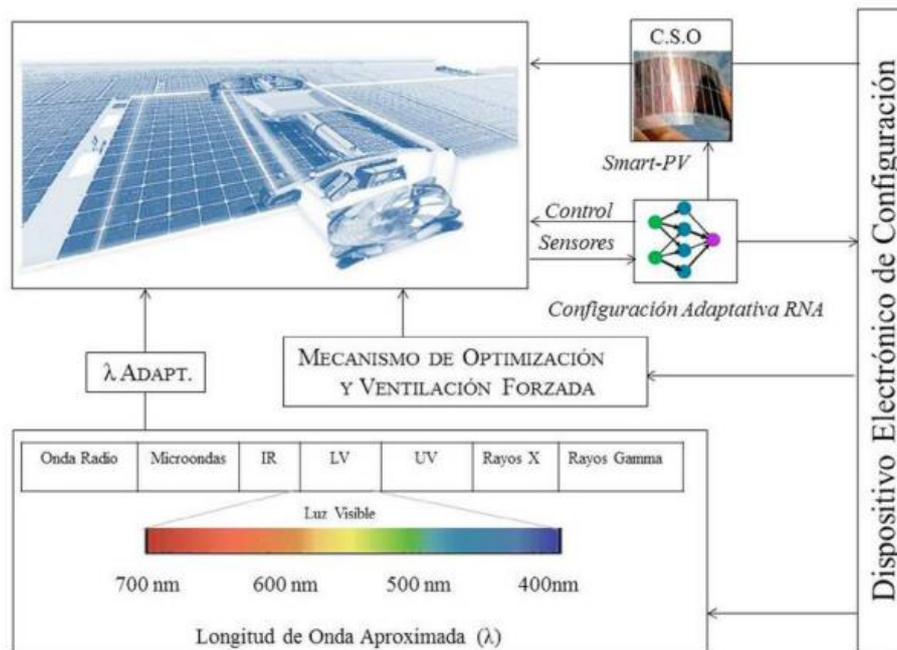
2.3. Principios subyacentes de las energías renovables

Las energías renovables se distinguen por sus principios físicos subyacentes. A diferencia de las energías no renovables basadas en combustibles fósiles, las energías renovables utilizan recursos inagotables como lo son: La radiación solar, el viento, el agua en movimiento, el calor del subsuelo y la biomasa. Dichos principios se fundamentan en leyes físicas que permiten la transformación de diferentes formas de energía en electricidad o calor utilizable

2.3.1. Radiación solar

Al referir a la radiación solar, se puede indicar que es considerada una fuente de energía de clase renovable, siendo las más utilizadas en el mundo debido a su abundancia y disponibilidad. Se basa en la conversión de la energía contenida en los fotones en electricidad mediante el efecto fotoeléctrico, utilizado en sistemas fotovoltaicos, o en la captación térmica para alimentar procesos termodinámicos en plantas de concentración solar. (Systems, 2023).

Figura 1 Diseño Conceptual del Mecanismo de Optimización



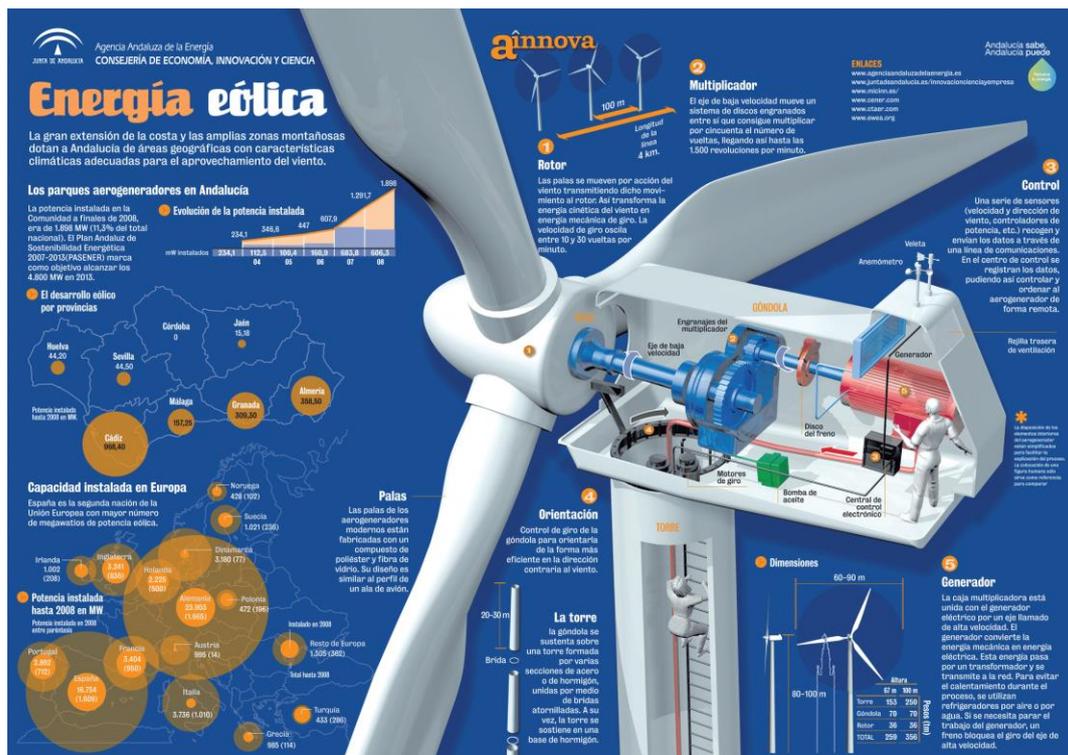
Nota. marco estructural configurable con acopladores geométricos y composición con ponderación selectiva. Fuente. Sandoval-Ruiz, C. E. (2020). Arreglos fotovoltaicos inteligentes con modelo LFSR-reconfigurable. *Ingeniería. Revista de la Universidad de Costa Rica*, 30(2), 32-61.

2.3.2. Movimiento del aire (eólica)

Desde el enfoque del movimiento del aire llamado también eólica esta se basa en la conversión de la energía cinética del viento en electricidad mediante aerogeneradores estos dispositivos diseñados permiten la captura de la fuerza del viento con sus aspas y que giran alrededor de un eje central conectado a un generador eléctrico. (Serna, 2024)

En cuanto a la velocidad del viento y eficiencia de la turbina estos son factores fundamentales en la cantidad de energía producida de esta manera se convierte en una fuente renovable que no emite gases contaminantes y que aporta a la reducción de la huella del carbono y de esta manera se reduce la contaminación ambiental. (Castro, 2021)

Figura 2 Componentes y Potencial de la Energía Eólica en Andalucía

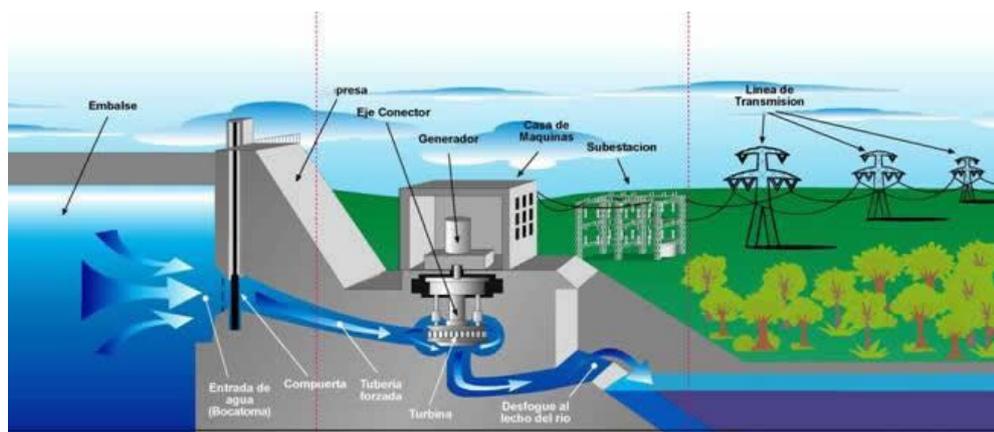


Nota. Recuperado de <https://ovacen.com/portfolio/infografia-energia-eolica/>

2.3.3. Energía hidráulica

La energía hidráulica se basa en el aprovechamiento del flujo de agua para activar turbinas hidráulicas de esta manera se sostiene bajo el principio de conservación de la energía mecánica y que propicia la circulación de agua que impulsa las turbinas conectadas a generadores eléctricos lo que propicia la eficiencia en cuanto a la altura de caída del agua y el caudal disponible. (Chungara, 2022)

Figura 3. Esquema de funcionamiento de una central hidroeléctrica

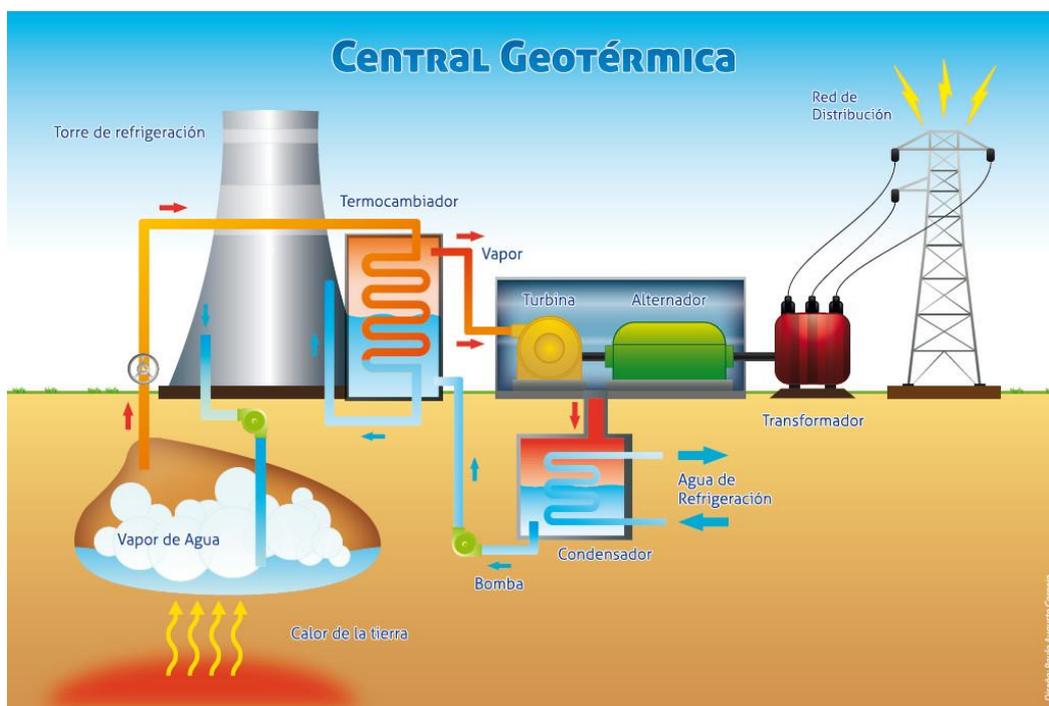


Nota. Diagrama esquemático del funcionamiento de la central hidroeléctrica con sus partes. Fuente. MAMANI CHUNGARA, J. D. (2022). PLAN DE ASIGNATURA Y PLAN DE SECUENCIA DIDACTICA DE HIDRAULICA I.

2.3.4. Energía geotérmica

La energía geotérmica consiste en la extracción del calor interno de la tierra mediante ciclos Rankine o binarios para la generación eléctrica o calor directo. En cuanto al sistema de ciclo ranking el vapor que se origina mueve directamente las turbinas mientras que en los ciclos binarios existe un fluido secundario con menor punto de ebullición y que esta a su vez se vaporiza para accionar la turbina. Desde el enfoque de impacto ambiental es menor en comparación con los combustibles fósiles dado a que requiere una gestión adecuada para evitar la sobreexplotación de los reservorios geotérmicos. (García Gutiérrez, 2022)

Figura 4. Estación de Generación Geotérmica



Nota. La

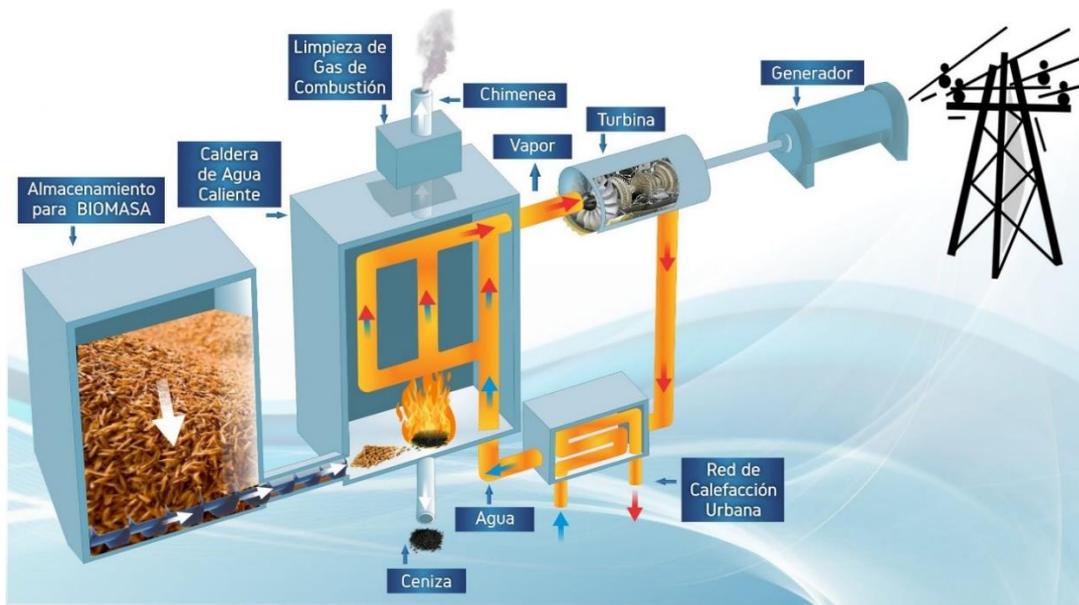
siguiente grafica muestra el proceso del vapor que se condensa, considerado como ciclo repetitivo, el excedente de calor se disipa a una torre de refrigeración. Fuente. Geotermia Vertical. (2015).

2.3.5. Energía de biomasa:

En cuanto a la energía biomasa, es la conversión de la materia orgánica en procesos químicos, biológicos y térmicos, en este caso podría ser la combustión, la gasificación o la digestión anaeróbica. (Pacheco González, 2023)

Se identifica como una fuente renovable dada a que aplica residuos agrícolas, industriales, urbanos y forestales, de tal forma que contribuye a la gestión sostenible y sustentable de los desechos y la reducción de emisiones contaminantes.

Figura 5. Diagrama del Proceso de Biomasa



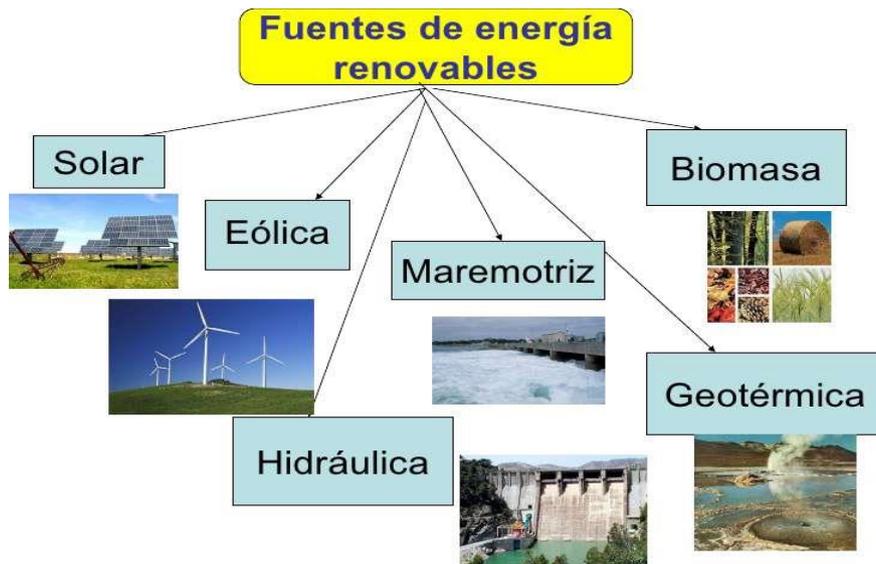
Nota. Proceso desde la materia prima para generar biomasa hasta el suministro hacia la red eléctrica. Información basada en <https://www.fisica-Química/Adela/central-de-biomasa/532.aspx>

En cuanto al enfoque termodinámico, estas fuentes renovables transforman la energía primaria en energía útil con diferentes eficiencias, uno de ellos, como ejemplo son los sistemas fotovoltaicos actuales y modernos alcanzan una eficacia de conversión hasta un 22%, mientras que las turbinas eólicas modernas operan cerca del 50% (Hassan, 2022).

2.4. Tipos de energías renovables: Importancia de las energías renovables.

En cuanto los tipos de energía renovables existen diferentes tipos de energía que, aunque se los mencionan es importante que se defina su conversión final y esto es energía eléctrica. El desarrollo de estas energías renovables permite mitigar el impacto ambiental del sector eléctrico, mejorar la eficiencia energética y fomentar la independencia energética de los países, especialmente, aquellos que depende de combustibles fósiles.

Figura 6. Fuentes de Energía Renovables

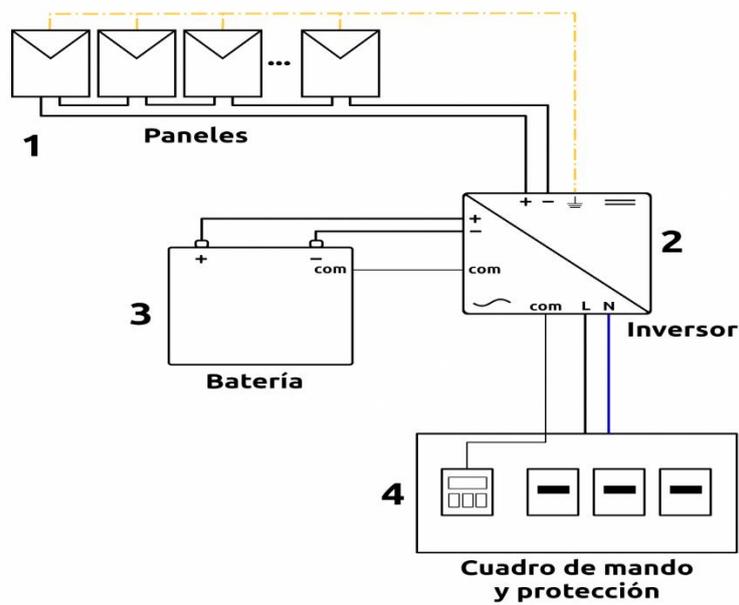


Nota. Representación gráfica de tipos de energía renovable: solar, eólica, maremotriz, hidráulica, biomasa y geotérmica. Fuente. Posso, F., Acevedo, J., & Hernández, J. (2014). El impacto económico de las energías renovables. *Aibi revista de investigación, administración e ingeniería*, 2(2), 22-26.

2.4.1. Energía Solar Fotovoltaica:

Desde el escenario de la energía solar fotovoltaica, basado en el efecto fotoeléctrico, que refiere a que la energía de los fotones es absorbida por celdas de material semiconductor, de tal forma que libera electrones y genera corriente continua. En este proceso, se optimiza a través de las tecnologías como las células de perovskita y los sistemas de seguimiento solar. El almacenamiento con baterías de ion-litio y la implementación de redes inteligentes facultan una gestión más eficaz. (Coronado Arvayo, 2024)

Figura 7. Esquema de Sistema Fotovoltaico

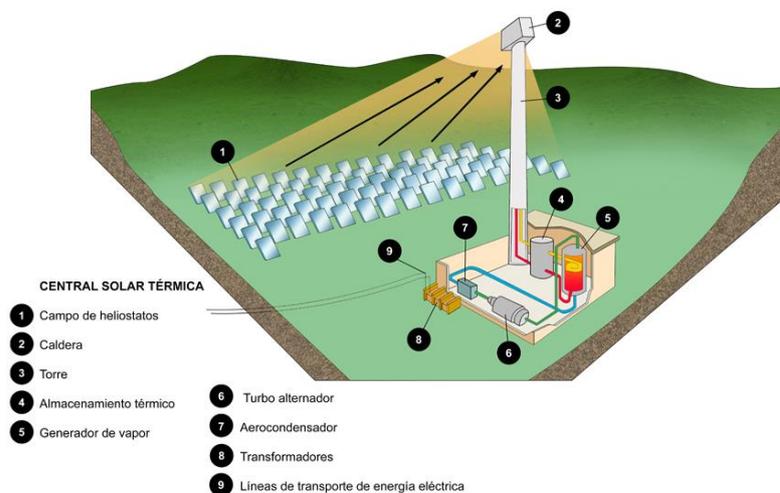


Nota. Diagrama básico de conexión de paneles solares, inversor, batería y cuadro de mando para generación autónoma de energía. Fuente. Ruzafa Otón, L. (2009).

2.4.2. Energía Térmica:

Captación de calor solar mediante colectores para generar energía mecánica en ciclos térmicos (Rankine o Brayton).

Figura 8. Esquema de una Central Solar Térmica

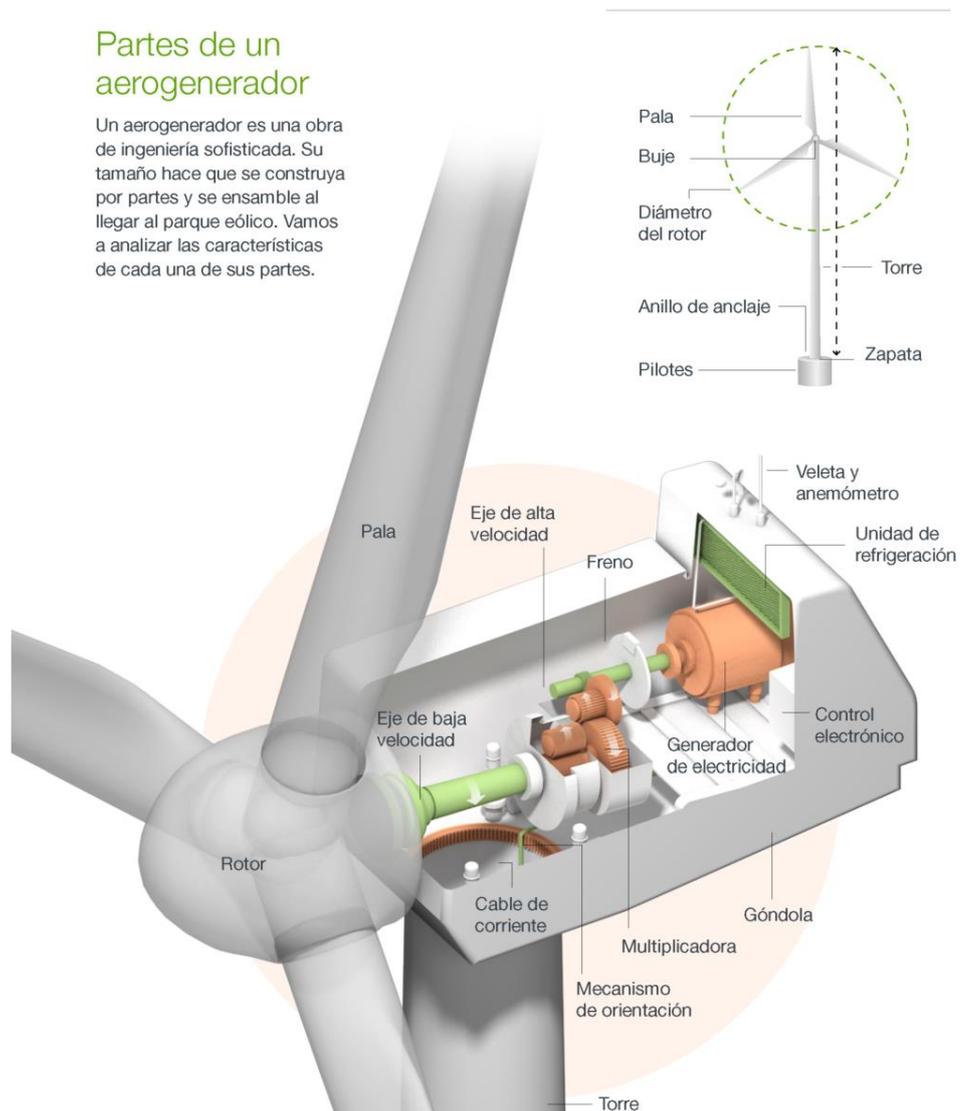


Nota. Representación de componentes clave: heliostatos, caldera, torre, almacenamiento térmico, generador y líneas de energía. Fuente. Méndez Vergara, F. (2007). *Control del sistema de combustión para una termoelectrica convencional* (Doctoral dissertation).

2.4.3. Energía Eólica:

Aprovecha la energía cinética del viento a través de aerogeneradores, que transforman esta energía en rotacional mediante rotores con perfiles aerodinámicos optimizados (Gielen, 2019).

Figura 9. Componentes de un Aerogenerador

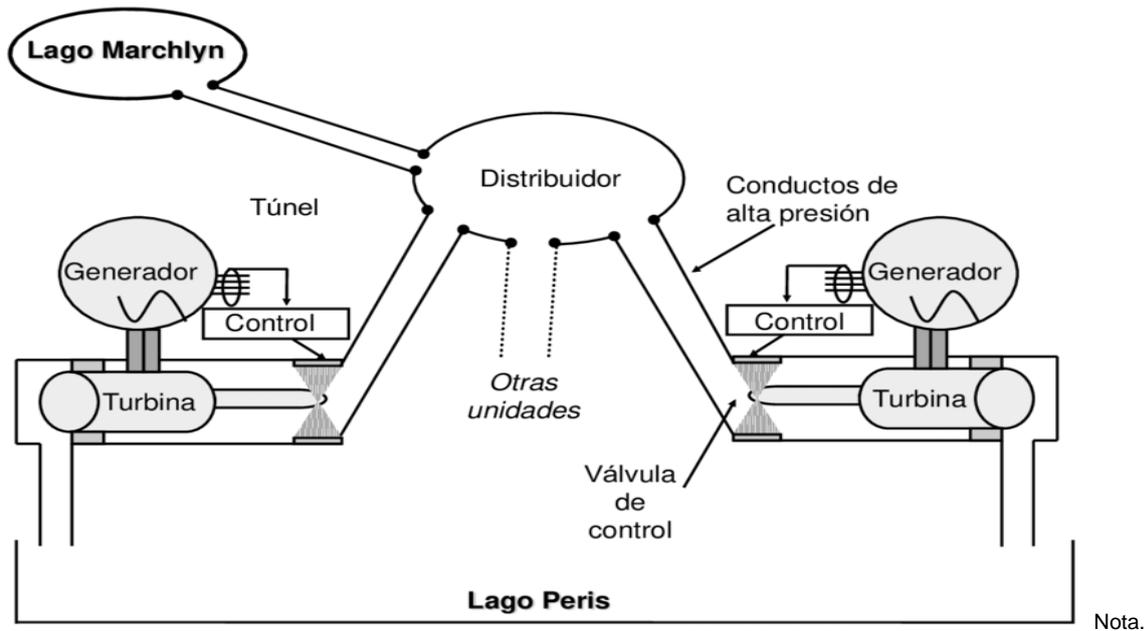


Nota. Diagrama detallado de las partes de un aerogenerador: rotor, torre, góndola, generador, multiplicadora y mecanismos.
 Fuente. Flores Guerrero, A. J. (2020). *Diseño de controles basados en modos deslizantes para un sistema de conversión de energía eólica* (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).

2.4.4. Energía Hidráulica:

Se basa en la energía potencial gravitatoria del agua acumulada en embalses o en el flujo de corrientes naturales. Utiliza turbinas como las de tipo Pelton, Kaplan o Francis, según las características del flujo (IEA, 2022).

Figura 10. Esquema de Central Hidroeléctrica con Lagos Interconectados



Nota.

Diagrama de funcionamiento entre el Lago Marchlyn y Lago Peris, destacando turbinas, generadores y conductos de presión. Fuente: Pereira, C., & Humberto, J. (2018). Análisis y posible implementación de una micro turbina hidráulica en la localidad de La Aguada, comuna de Yumbel.

2.4.5. Energía de Biomasa:

Utiliza residuos orgánicos como materia prima para producir energía mediante combustión directa, digestión anaeróbica (biogás) o procesos termoquímicos como la pirólisis y gasificación. (Cerdá, 2012)

Figura 11. Proceso de Generación de Energía a Partir de Biomasa



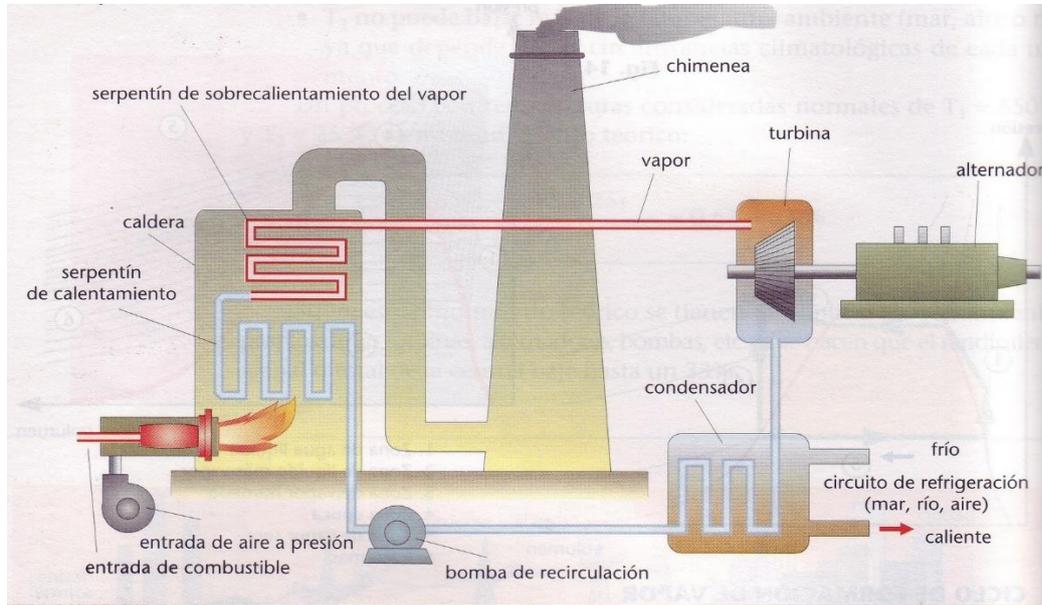
Nota.

Diagrama detallado del ciclo energético desde el cultivo de madera hasta la generación y transporte de electricidad. Fuente: Cerdá, E. (2012). Energía generada del proceso de biomasa.

2.4.6. Energía Geotérmica:

Extrae el calor interno de la Tierra para alimentar turbinas en plantas de ciclo binario o para calefacción directa mediante bombas de calor geotérmicas (IRENA, 2021).

Figura 12. Esquema Elemental de una Central Térmica

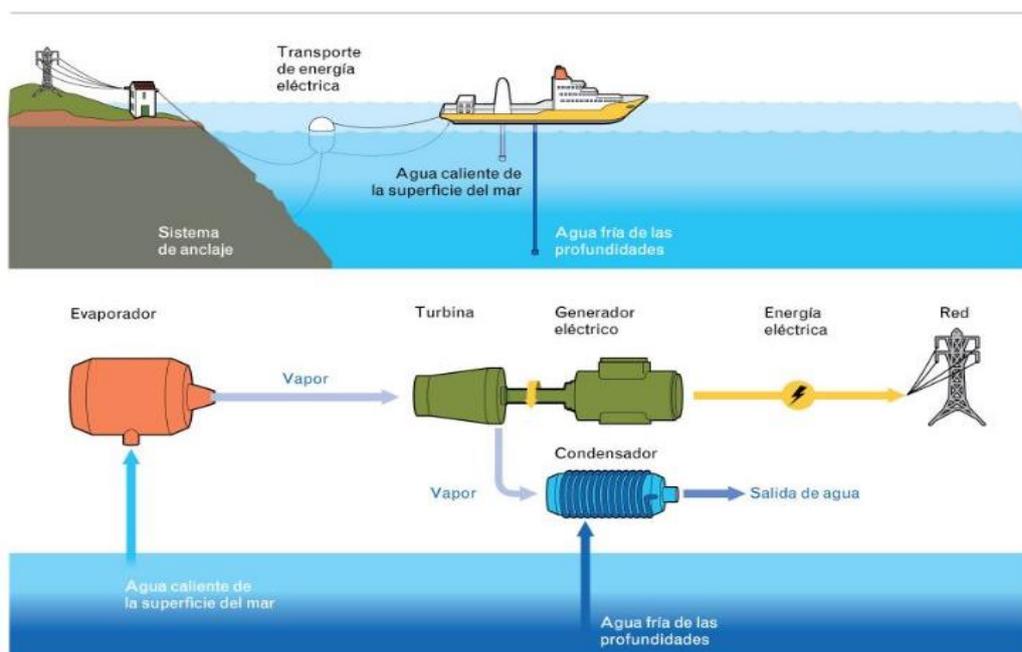


Nota. Diagrama básico del funcionamiento de una central térmica, mostrando caldera, turbina, alternador y sistema de refrigeración. Fuente. Soto Adrados, C. (2014). Estudio y optimización sobre los costes de operación de una central de energía térmica.

2.4.7. Energía Marina:

En relación a la energía marina está incluye tecnologías como las turbinas mareomotrices y los generadores de energías de olas lo que permite la conversión del movimiento de agua en electricidad Y desde ese enfoque se establecen los sistemas electromagnéticos. (Martell, 2017)

Figura 13. Esquema Conceptual de una Central Maremotérmica



Nota. Fuente.

Duarte Martell, R. R. (2017). Propuesta de estudio de factibilidad de inversión de central maremotérmica con incremento de la diferencia de temperatura.

2.5. Sistema solar fotovoltaico.

En relación con los sistemas fotovoltaicos esto representa una solución tecnológica avanzada dado a que transforma la luz solar en electricidad a través del efecto fotovoltaico. Es importante resaltar que a través de materiales semiconductores como el silicio estos pueden destacar la capacidad de adaptarse a diferentes demandas energéticas y que su diseño modular eficiente también infunde el respeto por el medio ambiente los que convierte en una alternativa de manera efectiva para el impulso del uso de la energía renovable desempeñando un papel importante contra la erradicación del cambio climático de acuerdo con su impacto. (Chinchilla Ríos, 2022)

2.5.1. Fundamentos de los Sistemas Fotovoltaicos.

En relación con los fundamentos de los sistemas fotovoltaicos esto representa una de las tecnologías más eficientes y avanzadas para la generación de energía eléctrica dado a que se puede aprovechar en lo que respecta a la radiación solar. Enfocado al beneficio de estos principios físicos y químicos precisos estos sistemas han evolucionado de manera sustancial estableciendo configuraciones eficientes y adaptables a diversas necesidades desde el escenario energético. (Mesa, 2024)

2.5.2. Principios básicos de los sistemas solares fotovoltaicos.

En cuanto a los principios básicos de los sistemas solares fotovoltaicos esto se basa en el efecto fotoeléctrico que fue descubierto por Albert Einstein en el año 1905 y que sirvió para condecorarlo al premio Nobel en el año de 1921.

En ese escenario este fenómeno ocurre cuando los materiales como el silicio absorben fotones de la radiación solar y liberan electrones generando así una corriente eléctrica continua (DC). (Nobel, 1921)

2.5.3. Estructura de las celdas fotovoltaicas:

En referencia la estructura de las celdas fotos voltaicas estas están compuestas por materiales semiconductores como el silicio monocristalino o policristalino que poseen un campo eléctrico interno que propicia la separación de los electrones excitados lo cual permite la generación de electricidad.

Consecuente a ello y en relación a la configuración de capa estas celdas incluyen una capa negativa tipo n y una capa positiva tipo p que crea una unión p-n cuando la luz solar influye sobre la celda los electrones libres de la capa n se mueven hacia la capa p generando la corriente eléctrica. (Hilario Antonio, 2021)

2.5.4. Proceso de conversión energética:

En cuánto el proceso de conversión energética estos botones de la luz solar inciden sobre la celda y de esta manera existen los electrones en el material semiconductor. En referencia a la generación de corriente el campo eléctrico interno separa los electrones y huecos de esta forma se genera una corriente eléctrica que se recoge mediante contactos metálicos en la celda. (MATO, 2023)

2.5.5. Eficiencia y avances tecnológicos:

En el contexto de la eficiencia y los avances tecnológicos las celdas solares modernas tienen una eficiencia de conversión que oscila entre el 20 y 22% en condiciones comerciales

Aunque en los laboratorios las celdas experimentales como las de perovskita han alcanzado eficiencias superiores al 40% (Hassan, 2022).

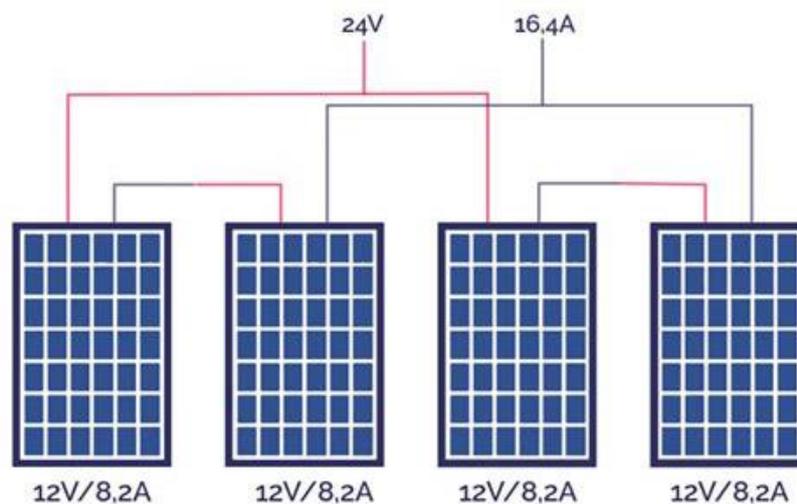
2.6. Dispositivos Principales de un Módulo Fotovoltaico

En relación a los componentes fundamentales de un sistema fotovoltaico, uno de ellos es, la transformación de la energía solar en electricidad utilizable donde cada componente tiene un papel específico y está elaborado para maximizar la eficiencia durabilidad y adaptabilidad del sistema según las necesidades del usuario.

2.7. Concepto de Paneles Solares

En el contexto de los paneles solares, se consideran como el componente fundamental de un sistema con módulos fotovoltaico. Están formados por celdas fotovoltaicas que convierten la radiación solar en corriente eléctrica mediante el efecto fotoeléctrico. Se clasifican en monocristalinos, policristalinos y de película delgada, con eficiencias y costos variables. Cuando su tecnología es utilizada en edificaciones y redes inteligentes logrando optimizar el autoconsumo y sostenibilidad energética. (CONTRERAS, 2022)

Figura 14. Conexión Mixta de Paneles Solares



Nota. Diagrama de conexión mixta de paneles solares para lograr 24V y 16.4A, combinando series y paralelos. Fuente. Arenas Gómez, S., & Moncada Mesa, A. (2024). Implementación de un módulo de simulación de sistemas serie paralelo de paneles solares y baterías para el cálculo y análisis de variables eléctricas.

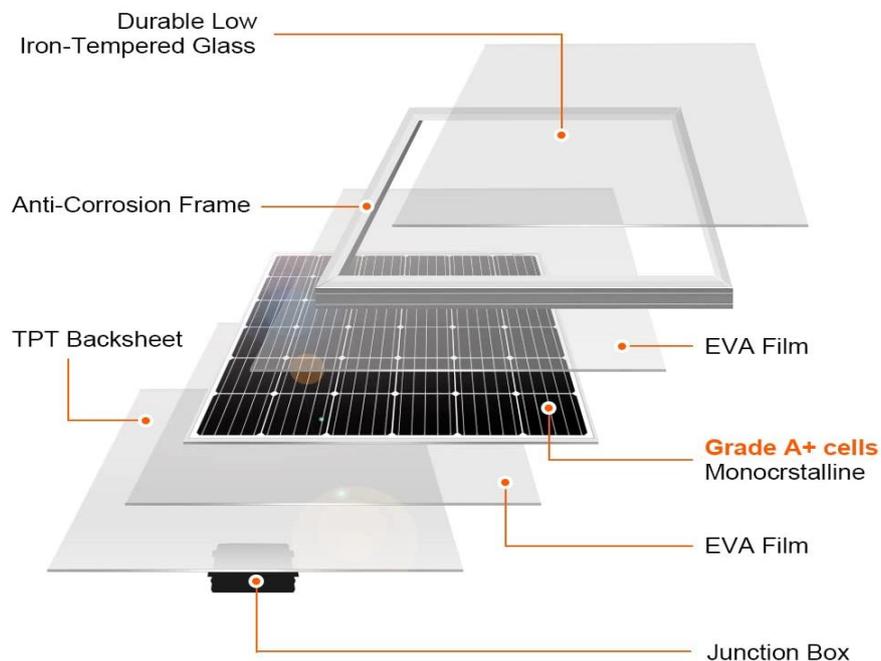
2.7.1. Tipos de Materiales y tecnología

2.7.1.1. Panel solar monocristalino

Fabricados con una sola estructura cristalina de silicio. Ofrecen alta eficiencia (20-22 %) y durabilidad, siendo ideales para espacios limitados (Hassan, 2022). Este

diseño optimiza la captación para la radiación tanto en condiciones de baja luz y temperaturas elevadas, logrando reducir pérdidas energéticas. Sin embargo, el costo es más elevado, rendimiento a largo plazo y tiene menor degradación los hacen ideales para aplicaciones residenciales, comerciales e industriales con espacio limitado. (Solar, 2020)

Figura 15. Componentes de un Panel Solar Monocristalino



Nota. Desglose de las capas de un panel solar, incluyendo vidrio templado, marco anticorrosión, células monocristalinas y caja de conexiones. Fuente. Solar, D. (2020). Paneles solares monocristalinos.

2.7.1.2. Panel solar policristalino

Compuestos por múltiples cristales de silicio. Son menos costosos, pero tienen menor eficiencia (16-18 %). En relación a esto se presenta un menor rendimiento en condiciones de baja y radiación y temperaturas altas dado a su mayor resistencia interna. (Urbano, 2013)

Desde ese contexto sigue siendo una opción fundamental y viable para la ejecución de proyectos de Gran escala con amplio espacio disponible dado a que su vida útil es semejante a la de los paneles monocristalinos, aunque con una ligera degradación más acelerada.

Figura 16. Comparativa entre Paneles Solares Monocristalinos y Policristalinos



Nota.

Fuente. Barbosa Urbano, J. (2013). Estudio comparativo entre variables fotovoltaicas de dos sistemas de paneles solares (monocristalino y policristalino) en Bogotá.

2.7.1.3. Panel solar de capa fina

Utilizan materiales como telurio de cadmio o silicio amorfo. Son más económicos y flexibles, pero con eficiencias de 12-16 %. Si lo comparamos con los paneles cristalinos. El panel solar de capa fina destaca cuando las aplicaciones del peso y la estética son factores clave, como fachadas arquitectónicas y dispositivos portátiles.

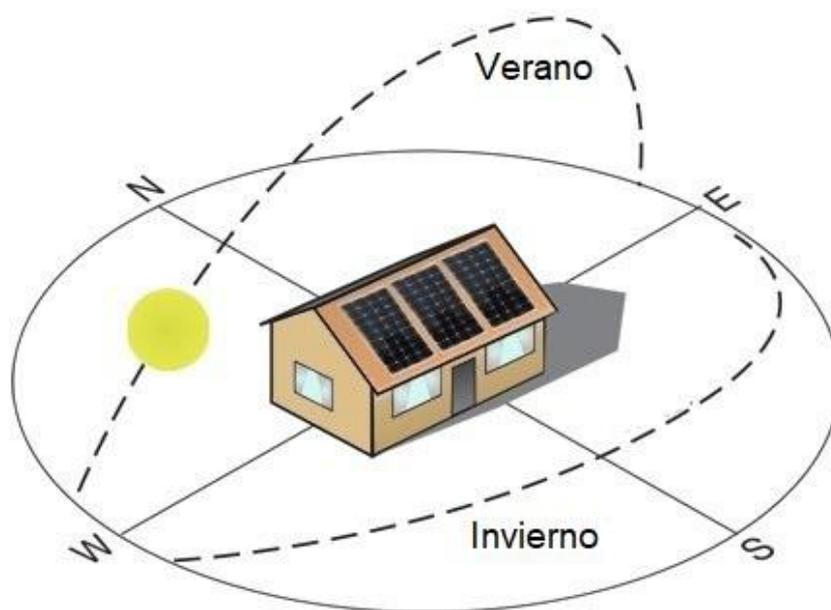
2.7.2. Conceptualización, Planificación, Diseño y desensamblaje

2.7.2.1. Orientación y angulo

En relación al diseño y desmontaje en cuanto a la orientación e inclinación estos paneles deben instalarse con la orientación óptima de esta manera maximizar la captación de radiación solares según la latitud local

Es pertinente acotar que en el hemisferio norte se recomienda una orientación al sur mientras que en el hemisferio contrario es decir Sur se debe dar una orientación al norte siendo ideal esta inclinación dado a que varía según la ubicación y la estación del año de esta forma se optimizan mediante estructuras ajustables o sistemas de seguimiento solares que fortalecen al rendimiento energético durante el día. (Velis, 2024)

Figura 17. Orientación Solar para Paneles FImplementación de Sistema de Cotovoltaicos



Nota.

Esquema que muestra la trayectoria solar en verano e invierno para optimizar la orientación de los paneles solares. Fuente: ALAVE VELIS, W. I. L. D. E. R. (2024). *Implementación de Sistema de Control de Orientación de Paneles Solares Fotovoltaicos* (Doctoral dissertation).

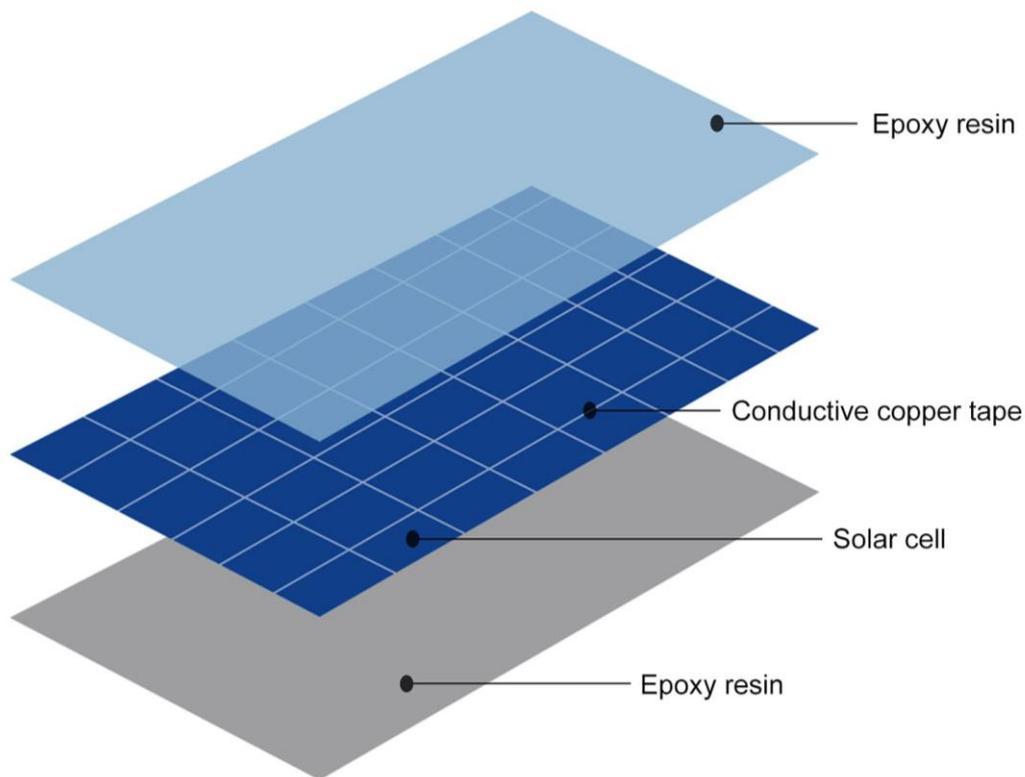
2.7.2.2. Procedimientos de rastreo solar

Algunas instalaciones utilizan sistemas que ajustan la posición de los paneles para seguir el sol durante el día, incrementando la eficiencia hasta un 25 %. Existen seguidores de un eje, que se mueven en una sola dirección (este-oeste o norte-sur), y de dos ejes, que optimizan la inclinación y orientación en todo momento.

2.7.3. Seguridad y perdurabilidad

Los paneles modernos incluyen recubrimientos antirreflejantes y protectores contra condiciones climáticas adversas, como granizo y viento. También cuentan con vidrios templados de alta resistencia y marcos de aluminio anodizado para evitar la corrosión. Su durabilidad promedio es de 25 a 30 años, con una degradación anual inferior al 0.5 %, garantizando un rendimiento eficiente a largo plazo. (Gonzales, 2020)

Figura 18. Estructura en Capas de un Panel Solar



Nota.

Diagrama de capas de un panel solar: resina epóxica, cinta conductora de cobre y célula solar para protección y conducción. Fuente. Álvarez González, F. A. (2020). Diseño e implementación de un sistema de detección de sombras y polvo en paneles solares usando tratamiento de imagen por medio de redes convolucionales.

2.8. Inversor fotovoltaico

Cuando se refiere a las instalaciones con módulos fotovoltaicas en lo primero que se debe considerar es que en los paneles solares y que estas son suficiente para generar la energía que se necesita en el sistema, pero no es así. Una de las consideraciones clave al momento de realizar este tipo de instalaciones es tener claro cuando se refiere a las instalaciones fotos voltaicas en lo primero que se debe considerar es que tipo de inversor solar se aplicará dado a que es uno de los elementos fundamentales en la instalación de autoconsumo eléctrico y del cual no se tiene un conocimiento oportuno. se debe considerar es que tipo de inversor solar se aplicará dado a que es uno de los elementos fundamentales en la instalación de autoconsumo eléctrico y del cual no se tiene un conocimiento oportuno. Un inversor es aquel dispositivo encargado de recibir y transformar la energía que generan los módulos fotovoltaicos de corriente continua (DC) a corriente alterna (AC) compatible con los electrodomésticos y la red eléctrica. (Almedia, 2020)

Para este estudio se considerará el Inversor solar de híbrido este tipo de equipos conjuga lo mejor de los sistemas Off Grid, esto debido a que el sistema será conectado a la red eléctrica, además se indica que se cuenta con baterías en caso de que se genere alguna desconexión eléctrica, de esta manera se podrá disminuir las posibilidades de quedar sin servicio eléctrico.

Figura 19. Inversor Fotovoltaico de 500W



Nota.

Dispositivo que convierte corriente continua (24V) en corriente alterna (230V, 50Hz) para sistemas fotovoltaicos con potencia máxima de 500W. Fuente. de Almeida, A., Moura, P., & Quaresma, N. (2020). Energy-efficient off-grid systems. *Energy Efficiency*, 13(2), 349-376.

2.8.1. Tipos de inversores:

2.8.1.1. Inversor fotovoltaico centralizados

Manejan la energía de varios paneles en grandes instalaciones. Suelen ser más económicos por watt, pero menos flexibles en términos de diseño. Dicha energía de varios paneles en grandes instalaciones, se convierten de corriente continua (CC) a corriente alterna (CA) para su uso en la red eléctrica. Sin embargo, presentan menor flexibilidad en el diseño y, si fallan, pueden afectar toda la instalación.

Figura 20. Centro de Conversión y Almacenamiento Solar KSTAR

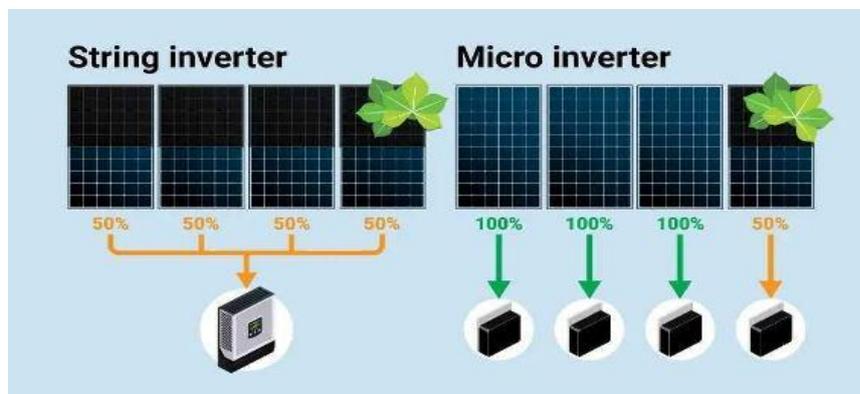


Nota. Unidad modular que integra inversores, transformadores y sistemas de control para gestión de energía en plantas solares fotovoltaicas. Fuente. de Almeida, A., Moura, P., & Quaresma, N. (2020). Energy-efficient off-grid systems. *Energy Efficiency*, 13(2), 349-376.

2.8.1.2. Inversor fotovoltaico de cadena (string)

Conectan grupos de paneles en serie logrando su conversión de la corriente continua (CC) en corriente alterna (CA) para su inyección a la red de distribución. Son adecuados para sistemas medianos y permiten una configuración más adaptable. Permiten la conexión de múltiples cadenas, pero su rendimiento puede verse afectado si un panel recibe sombra o sufre una disminución en la eficiencia. Su eficiencia alcanza aproximadamente el 96-98 %. (Cuesta, 2024)

Figura 21. Comparativa: Inversores en Cadena vs Microinversores



Nota. . Fuente. Cuesta Clemente, J. (2024). Comparativa de suministro energético a una vivienda unifamiliar mediante energía eólica y energía fotovoltaica.

2.8.1.3. Inversor fotovoltaico microinversor

Convierte la energía de cada panel individualmente y este optimiza el rendimiento del sistema, mejorando la eficiencia en condiciones de sombreado

parcial. Al operar de manera independiente, evita que una disminución en la producción de un panel afecte a los demás. Aunque su costo inicial es mayor, mejora la eficiencia y facilita el monitoreo de cada módulo.

Figura 22. Sistema Solar con Microinversor



Nota. Fuente. Álvarez González, F. A. (2020). Diseño e implementación de un sistema de detección de sombras y polvo en paneles solares usando tratamiento de imagen por medio de redes convolucionales.

2.8.2. Funciones avanzadas:

En el contexto de las funciones avanzadas esta se da bajo la optimización de energía en donde los inversores modernos ajustan la conversión según las condiciones de entrada para maximizar la eficiencia de tal modo que también permita verificar en tiempo real la producción de energía y determinar los fallos que se propician dentro del sistema para hacer un monitoreo eficiente del mismo.

2.8.3. Dimensionamiento técnico

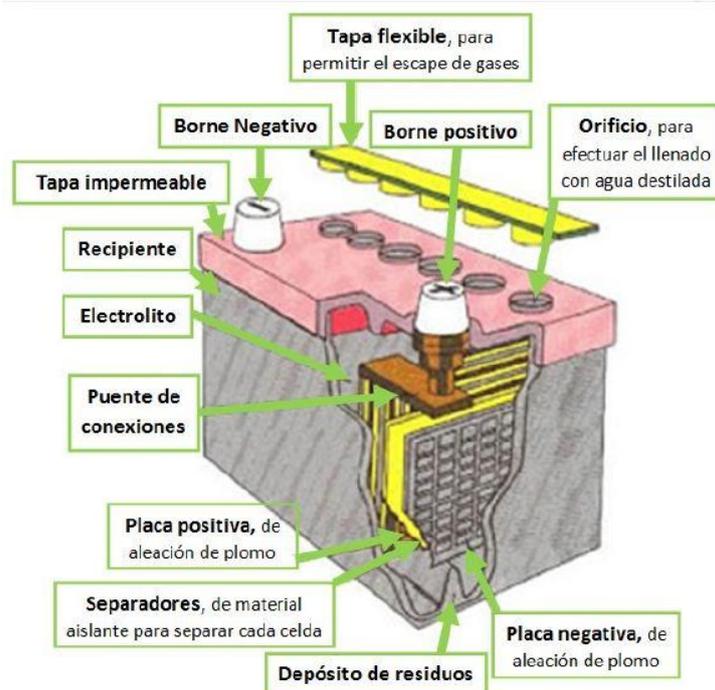
El inversor desde el dimensionamiento técnico debe estar relacionado en cuanto al manejo de la potencia máxima generada por los paneles y de esta forma evitar las sobrecargas.

Es importante considerar la capacidad que se selecciona considerando la potencial nominal del campo fotovoltaico y que el voltaje de operación en la pérdida del sistema sea uno de los factores que propicien a que se mejore de manera adecuada al inversor siendo los factores de temperatura y radiación y caídas de tensión que influyen en la calidad de la inversora adecuado.

2.9. Baterías y sistemas de almacenamiento

Las baterías son esenciales en sistemas autónomos o híbridos, ya que almacenan el excedente de energía generado durante el día para su uso en la noche o durante periodos de baja radiación solar. Existen diversas tecnologías, como baterías de ion-litio, plomo-ácido y flujo redox, cada una con ventajas en capacidad, eficiencia y vida útil.

Figura 23. Estructura Interna de una Batería de Plomo-Ácido



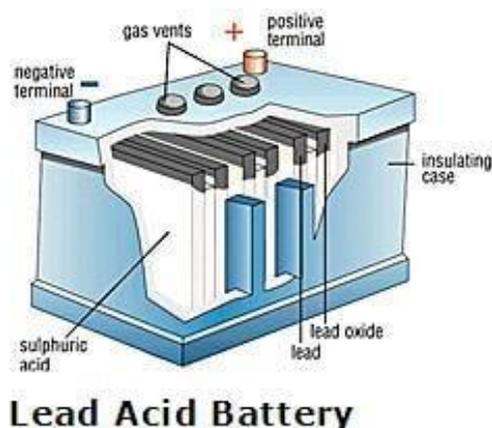
Nota. Diagrama detallado de componentes clave de una batería: placas, electrolito, bornes, separadores y depósito de residuos.
Fuente. Caballero Amores, Á. (2008). *Síntesis y caracterización de materiales nanométricos para su aplicación en baterías recargables de ión litio y plomo-ácido*. Universidad de Córdoba, Servicio de Publicaciones.

2.9.1. Tipos de baterías:

2.9.1.1. Batería de plomo ácido

Económicas y duraderas, pero con ciclos de vida más cortos y menor densidad energética. No obstante, dichas baterías presentan una menor densidad energética y ciclos de vida más cortos si las comparamos con tecnologías más avanzadas. Estas se clasifican en dos tipos principales: inundadas, requiriendo mantenimiento periódico, y selladas (pueden ser de AGM y gel), que son libres de mantenimiento. Son ideales para aplicaciones donde el costo inicial es un factor clave y el espacio no es una limitante. (amores, 2008)

Figura 24. Diagrama de Funcionamiento de una Batería de Plomo-Ácido

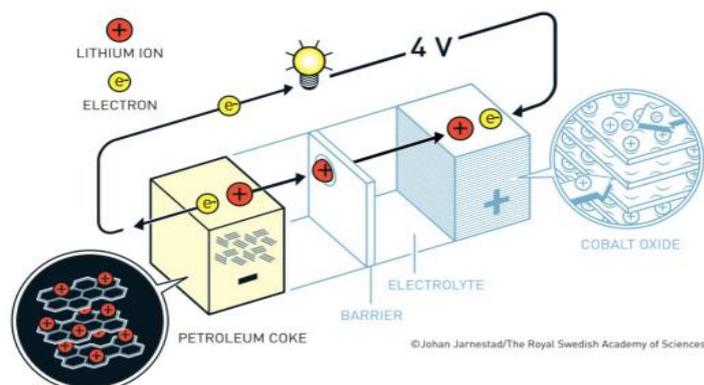


Nota. Representación de los componentes principales: terminales, óxido de plomo, ácido sulfúrico, ventilación de gases y carcasa aislante. Fuente. Caballero Amores, Á. (2008). *Síntesis y caracterización de materiales nanométricos para su aplicación en baterías recargables de ión litio y plomo-ácido*. Universidad de Córdoba, Servicio de Publicaciones.

2.9.1.2. Batería de ion - litio

Alta eficiencia en descarga y carga (90 %), mayor consistencia de energía y períodos larga vida útil, pero con mayor costo inicial. Son más compactas y ligeras en comparación con las de plomo-ácido, lo que facilita su integración en sistemas solares residenciales e industriales.

Figura 25. Esquema de Funcionamiento de una Batería de Ión-Litio



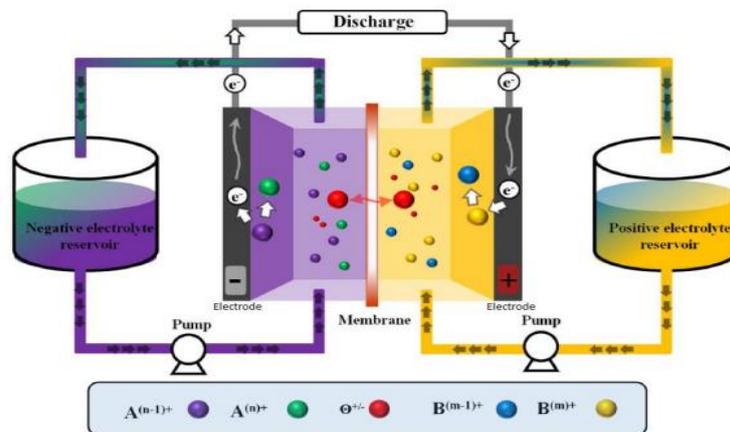
Nota. Diagrama que muestra el flujo de iones de litio y electrones entre ánodo, cátodo y electrolito para generar energía. Fuente. Caballero Amores, Á. (2008). *Síntesis y caracterización de materiales nanométricos para su aplicación en baterías recargables de ión litio y plomo-ácido*. Universidad de Córdoba, Servicio de Publicaciones.

2.9.1.3. Batería de flujo redox

La batería de flujo redox es adecuada para las aplicaciones de Gran escala dado que tiene la capacidad de almacenamiento flexible y durabilidad superior. Su

funcionamiento se realiza mediante la circulación de electrolitos líquidos mediante las celdas electroquímicas lo que faculta un almacenamiento energético escalable y una descarga prolongada sin degradación importante. Este tipo de batería se destaca por los sistemas de almacenamiento estacionarios y redes eléctricas inteligentes para mejorar la eficiencia del proceso. (Moreno, 2020)

Figura 26. Funcionamiento de una Batería de Flujo Redox



Nota. Fuente. Moreno Yerro, M. (2020). *Modelado, dimensionamiento y aplicación de una batería de flujo redox de vanadio* (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).

2.9.2. Controladores de carga

Los controladores de carga gestionan propiamente dicho la carga y descarga de las baterías de esta manera proteges las sobrecargas profundas que pueden dañar.

Es preciso acotar que los controladores de carga regularizan el flujo de electrones entre los módulos fotovoltaicos y la batería de esta forma protegen la sobrecargas Y descargas profundas que pueden reducir su vida útil.

2.9.3. Dimensionamiento

Es crucial calcular la capacidad de almacenamiento en función de la demanda energética del usuario y los periodos de autonomía requeridos. Se debe considerar la demanda energética del usuario, el consumo diario en kWh, los periodos de autonomía requeridos y la profundidad de descarga de la batería. Dicha capacidad de almacenamiento se calcula mediante esta fórmula.

$$C_{batería} = \frac{Energía\ diaria \times Días\ de\ autonomía}{Voltaje\ del\ sistema \times Profundidad\ de\ descarga \times Eficiencia\ de\ baterías}$$

2.10. Ventajas y limitaciones de los sistemas fotovoltaicos

2.10.1. Ventajas

- En cuanto a las ventajas que presentan los sistemas fotovoltaicos está que no generan emisiones de gases de efecto invernadero durante su operación lo que contribuye a la descarbonización del sistema energético.
- Otra de las ventajas es que se aproveche una fuente gratuita como la radiación solar y de esta manera disminuye las facturas eléctricas.
- Así mismo en cuanto los sistemas híbridos o autónomos esta reduce la dependencia de la red eléctrica además de que son modulares es decir que se adaptan a las diferentes necesidades y escalas.
- Por último, una de las ventajas principales de los sistemas fotovoltaicos es que requiere solo la limpieza periódica de los paneles y revisión básica de los componentes.

2.10.2. Limitaciones

- En cuanto las limitaciones este tipo de generación depende de la radiación solar lo que puede variar según el clima y la hora del día.
- En consecuencia, la inversión inicial sigue siendo significativa especialmente en los sistemas con baterías de alta capacidad.
- Asimismo, esta genera grandes instalaciones que no necesitan superficies extensas para los paneles.
- Aunque las tecnologías cada vez están mejorando las eficiencias aún son relativamente bajas en contraste con otras fuentes de energía que son superiores en cuanto a la efectividad.
- Por último, la fabricación de los paneles inversores conlleva impactos ambientales relacionados con la extracción de materiales y que esto ayuda a que de manera limitada no se pueda de manera eficiente lograr que no se origine un impacto ambiental.

2.11. Clasificación de los Sistemas Fotovoltaicos

En cuánto es la clasificación de los sistemas fotos voltaicos el diseño implementación de los sistemas dependen de una gran medida de las necesidades específicas de los usuarios y las condiciones que éstas presentan de acuerdo al entorno donde se van a instalar

Es importante acotar que para satisfacer esta demanda los sistemas fotovoltaicos deben estar clasificados en tres categorías principales como son los interconectados los aislados e híbridos cada uno de ellos tiene características únicas que los hacen diferentes pero que en cuanto a sus aplicaciones son relativamente similares

Es importante también acotar que los sistemas interconectados también conocidos como on-grid son la opción más eficiente en áreas urbanas con acceso confiables a la red eléctrica donde su eficiencia y el bajo costo inicial los convierte en una solución alternativa y debidamente atractiva para reducir el consumo de energía de la red y en algunos casos generar ingresos al inyectar excedentes

Es propicio también acotar que los sistemas aislados están diseñados para operar de manera independiente de esta manera proporcionando solución energética autónoma en lugares donde no existe conexión a la red eléctrica y que siendo esto un sistema eficiente combinan lo mejor de ambos mundos de integrar baterías para el almacenamiento y a la red eléctrica como respaldo ofreciendo resiliencia y flexibilidad (IRENA, 2021).

En este capítulo se analizan las características, ventajas, limitaciones y aplicaciones de cada tipo de sistema fotovoltaico, proporcionando una guía clara para su selección e implementación.

2.11.1. Módulo Fotovoltaico Interconectado a Red (On-Grid)

En cuanto al sistema fotovoltaico interconectado a red on-grid es importante acotar que este opera de manera sincronizada con la red de distribución de lo cual permite que la energía que se genera se consuma directamente, al existir excedente se procede automáticamente a inyectar a la red.

Es preciso acotar que estos sistemas no incluyen baterías dado a que la red eléctrica propicia un efecto de respaldo continuo y de esta manera garantiza una efectiva provisión de energía (IRENA, 2021).

Figura 27. Conexión de los módulos fotovoltaicos a la Red



Nota. Estudio del diseño de una instalación fotovoltaica solar flotante y su comparación con una instalación fotovoltaica imprecisa. Fuente. Puebla Diez, M. (2022).

2.11.1.1. Componentes principales

- Paneles solares: Generan corriente continua (DC) a partir de la radiación solar.

Figura 28. Instalación de Paneles Solares en Techo



Nota. Técnicos montando paneles solares en un tejado, optimizando la captación de radiación solar para generar corriente continua (DC). Fuente. de Almeida, A., Moura, P., & Quaresma, N. (2020). Energy-efficient off-grid systems. *Energy Efficiency*, 13(2), 349-376.

- Inversores on-grid: Transforman la corriente continua en corriente alterna (AC) compatible con la red eléctrica.

Figura 29. Inversor On-Grid para Sistemas Fotovoltaicos



Nota. Dispositivo que convierte corriente continua (DC) generada por paneles solares en corriente alterna (AC) compatible con la red eléctrica. Fuente. Puebla Diez, M. (2022). Estudio técnico-económico de una instalación solar fotovoltaica flotante y su comparativa con una instalación fotovoltaica tradicional.

- Medidores bidireccionales: Registran la energía exportada y consumida de la red.

Figura 30. Medidor Bidireccional de Energía



Nota. Dispositivo que registra tanto la energía consumida como la energía exportada a la red en sistemas fotovoltaicos conectados. Fuente. de Almeida, A., Moura, P., & Quaresma, N. (2020). Energy-efficient off-grid systems. *Energy Efficiency*, 13(2), 349-376.

2.11.1.2. Ventajas del sistema interconectado

- Reducción de costos iniciales: Al no requerir baterías, los sistemas on-grid son más económicos que los sistemas híbridos o aislados (Hassan, 2022).
- Eficiencia operativa: Toda la energía generada se utiliza directamente o se exporta a la red, evitando desperdicios.
- Esquemas de compensación: En muchos países, programas como la medición neta (net metering) permiten a los usuarios compensar la energía consumida con la generada, generando ahorros significativos (IRENA, 2021).

2.11.1.3. limitaciones del sistema interconectado

- En el contexto de las limitaciones del sistema interconectado esta durante los cortes de energía el sistema no opera incluso si los paneles están generando energía esto se da debido a las regulaciones de seguridad en la red.
- Así mismo en las regulaciones locales la implementación de este sistema interconectado está sometida a las normativas específicas que pueden incidir en tarifas de conexión o retenciones en la capacidad de generación.

2.11.1.4. Aplicaciones típicas

En cuanto a las aplicaciones típicas los sistemas de los estados son comunes en entornos urbanos y suburbanos con acceso estable a la red eléctrica de esta manera se revelan la simplicidad y el bajo costo inicial que tienen al reducir la dependencia de electricidad convencional

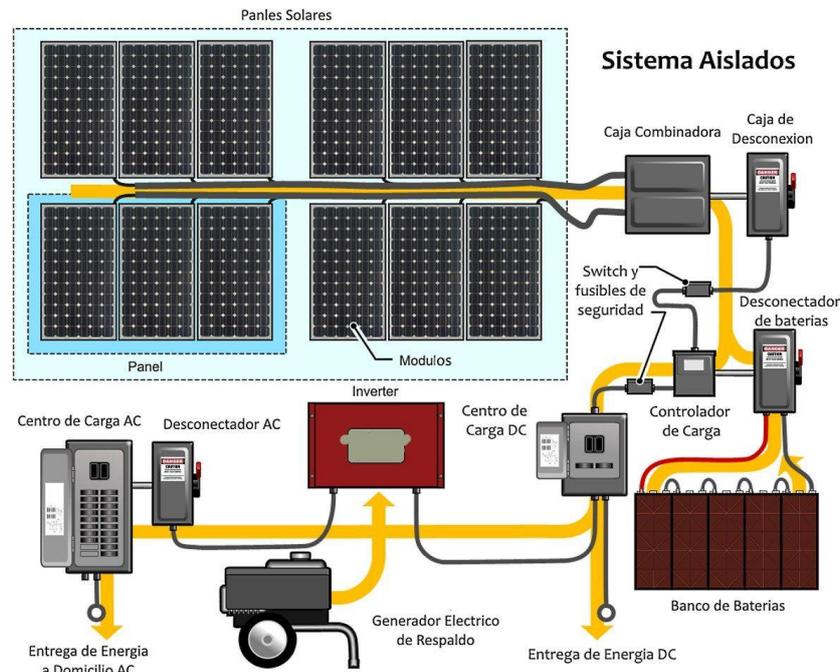
Otra de las aplicaciones típicas son su aplicación en viviendas edificios comerciales e instalaciones industriales de esta manera permiten aprovechar esquema de mediación neta y reducir costos energéticos viables para un mejor sistema. (IRENA, 2021).

2.11.2. Sistema Fotovoltaico Aislado (Off-Grid)

El módulo fotovoltaico aislado Off-Grid está operado fundamentalmente de manera independiente de la red eléctrica dado que utiliza baterías para almacenar la excedente energía que se genera durante el día de esta manera permite su uso en la noche o en periodos de baja radiación solar (Hassan, 2022). Aquello incluye controladores de cargas para gestionar e identificar el flujo de energía y de inversores

de esta manera convertir la corriente continua (DC) en alterna (AC) permitiendo el uso en los dispositivos eléctricos

Figura 31. Diagrama de Módulo Fotovoltaico Aislado (Off-Grid)



Nota. Estudio del diseño de una instalación con módulos fotovoltaicos flotante y su comparación con una instalación tradicional.
Fuente. Puebla Diez, M. (2022).

2.11.2.1. Dispositivos principales

- Módulos solares: Generan energía a partir de la emisión solar.
- Controladores de potencia: Transmiten el flujo de energía hacia las baterías, así se protege al sistema de sobrecargas o descargas.

Figura 32. Dispositivo de Carga Solar



Nota. Diseño de un dispositivo de carga MPPT para sistemas de módulos fotovoltaicos desconectados de la red de distribución.
Fuente. Jaimes Arciniegas, L. A. (2021).

- Baterías: Almacenan la energía generada para su uso posterior.

- Inversores off-grid: Transforman la corriente continua almacenada en las baterías en corriente alterna para alimentar dispositivos eléctricos.

Figura 33. Inversor Híbrido para Sistemas Solares



Nota. Fuente. Ruiz Manzano, D. (2017). Diseño de una cubierta fotovoltaica de 24 kW y comparativa de SW de cálculo.

2.11.2.2. Ventajas del sistema aislado

- En cuánto es la ventaja del sistema aislado en relación a la autonomía energética total este sistema es ideal para las zonas rurales o remotas donde la red eléctrica no está disponible
- En consecuencia, a la independencia de las fluctuaciones de precio de la red esta permite a los usuarios evitar los aumentos en la tarifa eléctrica y a la vez propicia la inestabilidad del suministro.

2.11.2.3. Limitaciones del sistema aislado

- Altos costos iniciales: Las baterías de alta capacidad necesarias para garantizar el suministro continuo incrementan el costo del sistema (Hassan, 2022).
- Dimensionamiento técnico: Si el sistema no está correctamente diseñado, pueden ocurrir fallas en períodos prolongados de baja radiación solar (IEA, 2022).

2.11.2.4. Implementaciones comunes

Se utiliza principalmente en viviendas rurales, infraestructuras críticas como repetidores de telecomunicaciones y estaciones meteorológicas, donde la conexión a la red es imposible o no viable económicamente (IRENA, 2021). Además, lo podemos

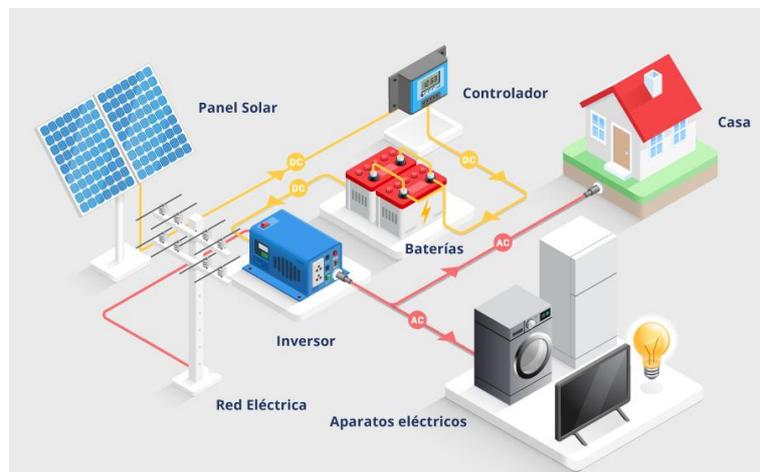
encontrar en centros de salud remotos, proyectos de electrificación en comunidades aisladas y operaciones mineras, asegurando acceso continuo a la energía sin depender de combustibles fósiles, contribuyendo a la sostenibilidad y al desarrollo social y económico.

2.11.3. Módulo Fotovoltaico Híbrido

En el contexto del sistema fotovoltaico híbrido combina las características de los sistemas interconectados y aislados; de forma que integran baterías para el almacenamiento y la red eléctrica como respaldo.

Se resalta que este sistema prioriza el uso de energía solar utilizando baterías para almacenar el excedente y de esta manera recurrir a la red en momentos de alta demanda o baja generación solar (Hassan, 2022).

Figura 34. Diseño de Sistema Híbrido

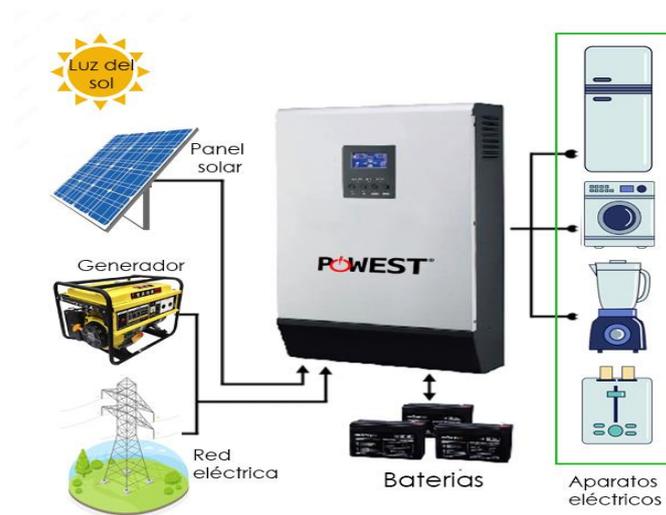


Nota. Diseño creativo del flujo de energía en un sistema híbrido con módulos solares, baterías, controlador, inversor y conexión a la red de distribución. Fuente. Ruiz Manzano, D. (2017). Diseño de una cubierta fotovoltaica de 24 kW y comparativa de SW de cálculo.

2.11.3.1. Componentes principales

En cuanto los componentes principales se encuentran los paneles solares que son los que generan energía durante el día así mismo los inversores híbridos que gestionan la interacción entre la fuente de energía disponible como los paneles las baterías y las redes.

Figura 35. Sistema Híbrido Solar con Inversor Powest



Nota. Diagrama de un sistema híbrido que integra paneles solares, generador, red eléctrica, baterías e inversor para alimentar aparatos eléctricos. Fuente. Ferrari, M. (2010). Comparativa de instalación fotovoltaica con módulos cristalinos o amorfos: estudio de una instalación sobre cubierta industrial. *Era solar: Energías renovables*, (155), 28-30.

Así mismo en relación a las baterías estas almacenan energía para su uso posterior o como respaldo durante los bordes energéticos y a la vez optimiza el uso de la fuente disponible para garantizar la confiabilidad y eficiencia al momento de la suministración de energía.

Figura 36. Controlador de Carga Solar MPPT



Nota. Fuente. Jaimes Arciniegas, L. A. (2021). Diseño de un controlador de carga MPPT para sistemas solares fotovoltaicos desconectados de la red eléctrica.

2.11.3.2. Ventajas del sistema híbrido

- En relación a las ventajas del sistema híbrido esta garantiza un suministro continuo durante cortes eléctricos lo que propicia que sea ideal para las aplicaciones críticas (IRENA, 2021).

- En el contexto a la flexibilidad operativa esta la vez puede ajustarse para priorizar el uso de energía solar o el almacenamiento según las necesidades del usuario.

2.11.3.3. Limitaciones del sistema híbrido

En relación a las limitaciones del sistema híbrido en cuanto a los altos costos iniciales la integración de baterías inversores híbridos incrementa el costo total del sistema y a la vez implica la complejidad técnica dado que requiere un diseño y comunicación adecuada para garantizar el correcto funcionamiento y la compatibilidad entre los componentes (Hassan, 2022).

2.11.3.4. Aplicaciones típicas

En el contexto de las aplicaciones típicas los sistemas híbridos son útiles en las residencias o empresas en áreas en donde existen cortes eléctricos frecuentes, así como los hospitales centros de datos donde la continuidad de suministro es crucial e importante

De esta manera la clasificación de los sistemas fotovoltaicos e interconectado y a la vez aislados e híbridos permiten que los usuarios seleccionen de manera eficiente la solución que mejor se adapta a sus necesidades energéticas específicas siendo una versatilidad clave para la expansión de la energía renovables y la transición hacia un sistema energético resiliente y sostenible (IRENA, 2021).

CAPÍTULO III:

3. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

3.1. Generalidades

3.1.1. Antecedentes del Proyecto

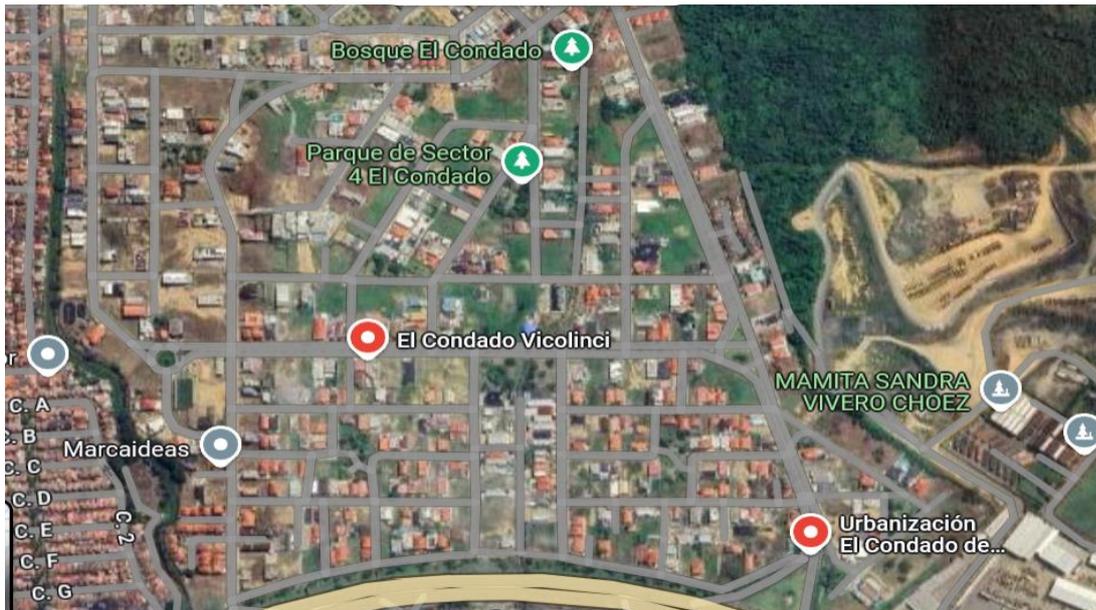
La Urbanización El Condado de Vicolinci – Guayaquil, suele estar equipada con diversas amenidades como piscinas, gimnasios, canchas deportivas y parques infantiles. Estas instalaciones fomentan un estilo de vida activo y saludable, además de facilitar la socialización entre los vecinos, también ofrecen servicios de mantenimiento que se encargan del cuidado de áreas comunes, jardines y otras instalaciones. Esto asegura que el entorno esté siempre limpio y bien mantenido, lo que no solo beneficia la estética del lugar. Considerando el nivel de inseguridad en la provincia las urbanizaciones son las más recomendables para poder habitar sin miedos.

El incremento de residentes en la Urbanización El Condado de Vicolinci ha llevado a un aumento de la demanda actual en cada residencia. Como parte de un proyecto de mejora continua, e ha establecido el estudio como forma de propuesta de para implementar el diseño del sistema fotovoltaico híbrido que se conecta a la red de distribución de CENEL-EP con la finalidad de propiciar la disminución en el consumo eléctrico de tal manera que se evidenciará en la factura mensual de los residentes a beneficios de ellos mismos.

3.1.2. Ubicación

La Urbanización El Condado de Vicolinci, cuenta con una residencia que se encuentra ubicado en la provincia de Guayas, Ecuador. Con una superficie edificada de 189339.5 m² aproximadamente, la superficie construida se localiza en una elevación de 36 m sobre el nivel del mar, con coordenadas cartográficas registradas UTM (Universal Transverse Mercator) WGS 84 (World Geodetic System, 1984). Presenta los siguientes datos: X:621252, Y: 9773772, la figura. 36. Muestra la ubicación geográfica de la urbanización.

Figura 37. Ubicación Geográfica de la Urbanización El Condado de Vicolinci

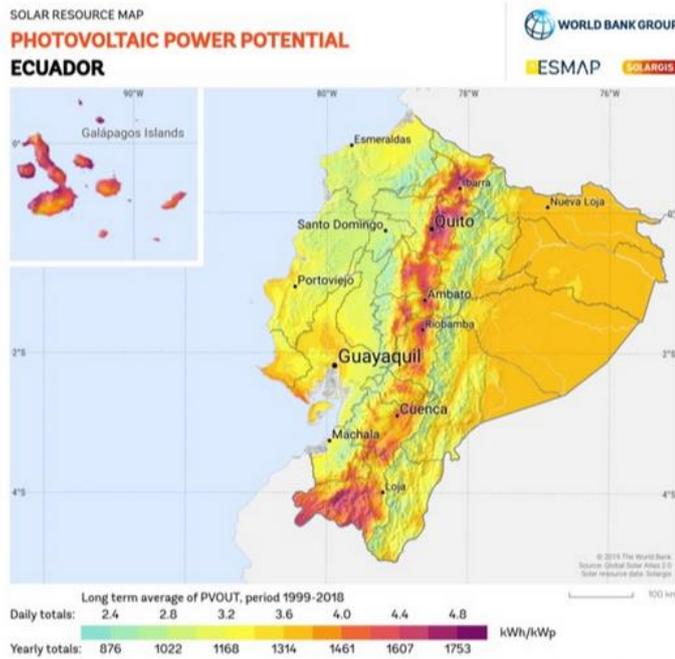


Nota: Urbanización El Condado de Vicolinci - Guayas, Ecuador. Fuente: Google Earth, 2025

3.1.3. Irradiación solar global promedio

La Urbanización El Condado de Vicolinci se encuentra ubicado en la provincia de Guayas, Ecuador, por su locación presenta una irradiación de 4500 W/m²/día, como se detalla en la figura 36.

Figura 36. Mapa global de irradiación solar en territorio Ecuatoriano

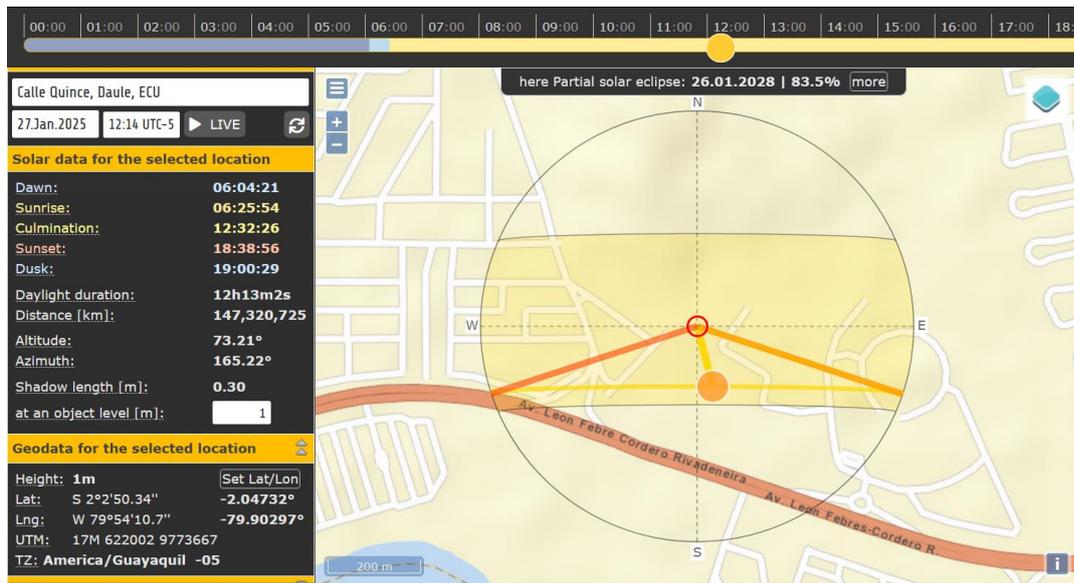


Nota: Se observa los detalles máximos y mínimos de radiación global y promedio según dada provincia y sector geológico. Fuente: solargis.com

3.1.3. Trayectoria Solar

Referente a la trayectoria solar según la ubicación el sol presenta una trayectoria de este a oeste teniendo un total de 12 horas de proyección solar en donde solo 4 horas se consideran como un periodo de mayor radiación solar en horarios que oscila entre las 12 del día hasta las 4 de la tarde sin embargo este recorrido solar cambia su azimut y su ángulo de proyección según los meses del año tal como lo muestra la figura 37.

Figura 37. Movimiento solar aparte



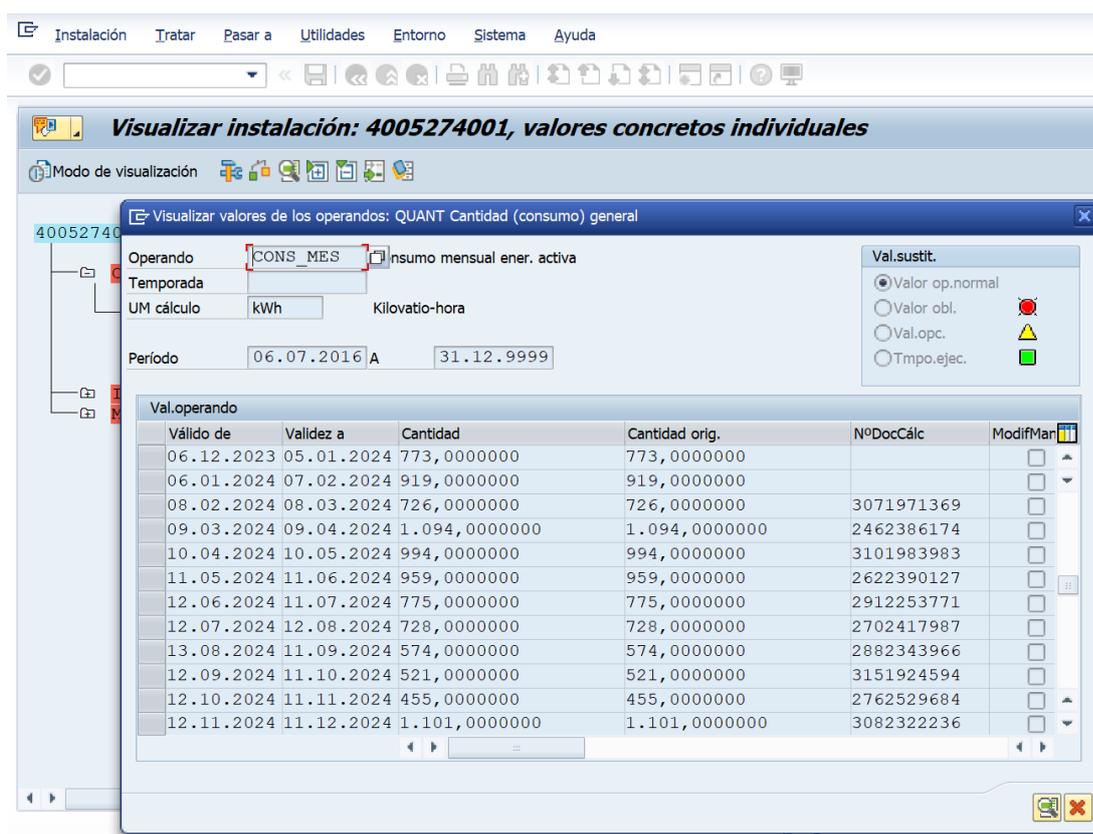
Nota. Se observa en coordenadas exactas la trayectoria del sol a lo largo del día y rotación del sol. Fuente: Suncalc.org

La figura 37, se observa la rotación del según la localidad geográfica exacta, la cual cambia su ángulo en días específicos, viendo que 20 del mes correspondiente a noviembre, el sol, con respecto al sitio, tiene un ángulo de 70° . El 21 de diciembre, un ángulo de 80° y el 21 de enero, teniendo un ángulo de 0° .

3.1.4. Consumo de energía Anual

Tras requerir a la empresa CNEL EP Unidad de Negocio Guayaquil el historial de consumo, se llevó a cabo el estudio del consumo eléctrico en periodo calendario del último año que corresponde desde enero hasta diciembre 2024, con el objetivo de obtener un consumo promedio mensual. Con ello, es factible conocer su demanda, conociendo que La Urbanización El Condado de Vicolinci mantiene un consumo eléctrico continuo de todos los 7 días de la semana por un intervalo de 18 horas diarias.

La figura 38, muestra el histórico de consumo mensual, fuente CNEL EP GYE



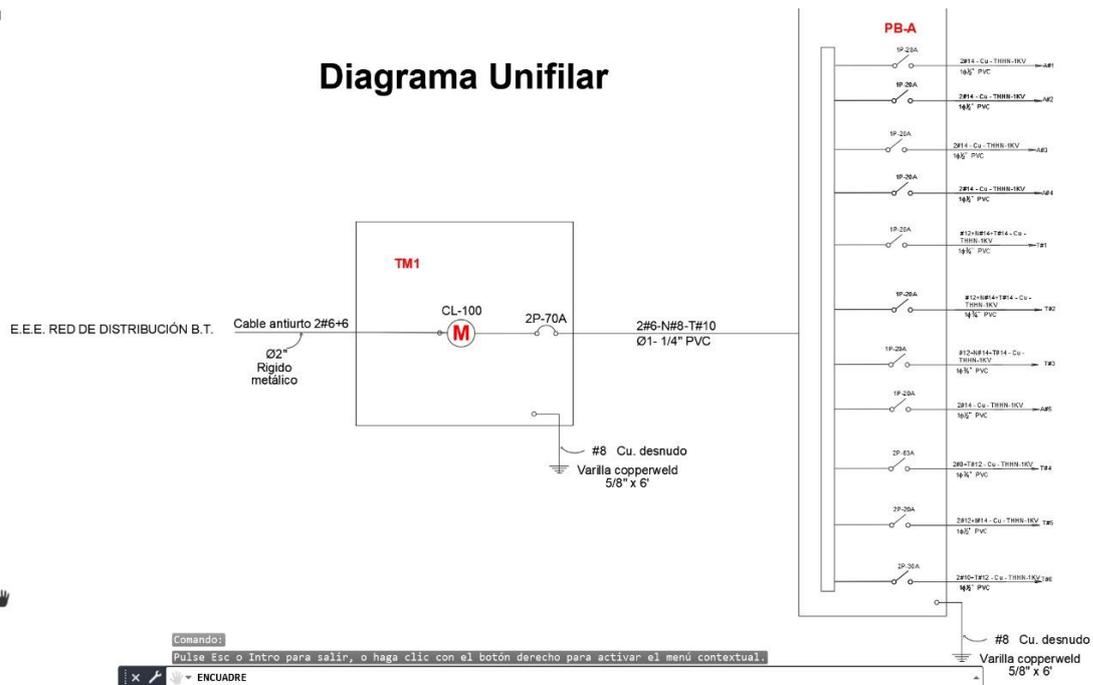
Nota: Histórico consumo mensual año 2024, de residencia dentro la Urbanización El Condado de Vicolinci. Fuente: CNEL EP GYE

En razón la figura 38 se muestra el historial de consumo, se considera el consumo mensual de diciembre 2024 es de 1101 kWh debido al incremento mensual, siendo así que el consumo diario promedio es de 36.70 kWh y su demanda es de 4.58 KW. A demás se puede evidenciar que los meses de mayor consumo son los meses de enero a junio, con un consumo mensual máximo de 910.83 KWh.

3.1.5. Diagrama Unifilar

La figura 39 muestra el diagrama unifilar de una residencia de La Urbanización El Condado de Vicolinci, a continuación se describen los elementos y equipos que pertenecen al sistema eléctrico actual.

Figura 39. Diagrama unifilar previo a inversores



Nota: Diagrama unifilar que abarca el consumo de la vivienda de La Urbanización El Condado de Vicolinci antes de colocar los inversores. Fuente: Autor 2025.

CAPÍTULO IV:

4. DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

4.1. Generalidades

En el presente capítulo se realizará el diseño mecánico y eléctrico de un sistema solar fotovoltaico híbrido que estará conectado a la red para reducir el consumo de electricidad mensual en el sector residencial como lo es la urbanización el condado de Vicolinci ubicado en la provincia del Guayas.

Es importante considerar que para esta realización de esta propuesta se realizarán cálculos teóricos para dimensionar los elementos de alimentación generación protección y soportería incluido la ejecución de un contraste de cálculos mediante el software PVsyst.

Asimismo, el sistema solar fotovoltaico off-grid, este es completamente autónomo y sin conexión a la red eléctrica, el sistema es ideal para viviendas en zonas sin acceso estable a la electricidad. Este sistema está conformado por paneles solares, inversores, controladores de carga y baterías, dimensionados según la carga necesaria para cubrir la demanda energética y asegurar autonomía en periodos de baja radiación. Luego se analiza los factores como almacenamiento energético, pérdidas del sistema y eficiencia de conversión.

A continuación, se muestran los datos de consumo mensual, consumo diario y horas de uso de red que servirán para el cálculo de la potencia del cliente

Consumo mensual de diciembre

1101 kWh

Consumo diario

$(1101 \text{ kWh} / 30 \text{ días}) = \mathbf{36.70 \text{ kWh}}$

Horas de uso de la red 11 Horas

Potencia del cliente

$(36.70 \text{ kWh} / 11 \text{ h}) = \mathbf{3.28 \text{ kW} = 3280 \text{ W}}$

4.2. Dimensión del Generador eléctrico Fotovoltaico

Para la correcta selección del generador, se requiere conocer la capacidad de producción de la residencia. Para ello, hay que considerar la demanda energética diaria fraccionada según las horas de máximo esplendor como se visualiza en la ecuación 1.

Ecuación 1. Determinación de la capacidad de generador fotovoltaico

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

$$\text{Generador Fotovoltaico} = \frac{36.70 \text{ kWh}}{4.22 \text{ h}} = 8.69 \text{ kW}$$

El resultado arroja el cociente del consumo promedio mensual indicado considerado del historial de consumo sobre la irradiación, 4.22 wh/m²; sin embargo, la irradiancia es 1 W/m². Logrando interpretar las horas pico del sol son el cociente entre la irradiación y la irradiancia, y en función de este análisis el generador fotovoltaico necesario tendrá capacidad aproximada de 8.69 kW.

4.3. Cálculo de número de módulos fotovoltaicos

Conociendo la capacidad del generador, el siguiente paso esencial será definir el número de paneles fotovoltaicos dicho cálculo se obtiene en la relación de la multiplicación de la potencia por un factor de seguridad de 1.2, sobredimensionando el sistema de generación. La ecuación 2 muestra el número de módulos necesarios para satisfacer el sistema de consumo energético del usuario.

Ecuación 2. Número de paneles fotovoltaicos

$$\text{Número de Panel Fotovoltaico} = \frac{\text{Consumo Promedio Diario} \times \text{Factor de seguridad}}{\text{Potencia unitaria de un panel}}$$

$$\text{Número de Panel Fotovoltaico} = \frac{8690 \text{ W} \times 1.2}{550 \text{ W}} = 18.96 \text{ Paneles}$$

De acuerdo a la ecuación dos, se detalla el número de módulos fotovoltaicos, los mismos que se obtienen a través del cociente del consumo promedio diario multiplicado por el factor de seguridad sobre la demanda de un módulo fotovoltaico. Aquello, es un total de 19 paneles fotovoltaicos MONOCRISTALINOS de 550 W.

4.4. Cálculo de banco de baterías para almacenar la energía.

Para este estudio se considera la utilización de baterías de 12 voltios y de 100 amperios las cuales almacenarán 1.2 kWh cada una lo que significa que; La energía que se necesita almacenar considerando las pérdidas en el inversor se puede obtener:

Datos

Capacidad de baterías 12 voltios

Corriente de entrada 200 Ah

(12 voltios) (200 Ah) = 2400 Wh

Ecuación 3. Potencia de baterías

Potencia de batería = Potencia x horas de uso adimensional

Potencia de batería = 2400 Wh x 8 h

Potencia de batería = 19200 kW

(19200 Wh) / (3280 W) = 5.85 h = 6 h

Considerando que en nuestro sistema usamos inversores de 6 kW y que en este tipo de sistema se usa baterías de 48 V, se puede determinar lo siguiente:

36.70 kWh / 48 V = 764.58 Ah

Para mejorar la vida útil de las baterías y evitar descargas profundas se recomienda trabajar con un factor de descarga del 50 %

764.58 Ah / 0.5 = 1529.16 Ah

Si se utilizan baterías de 12 V y 200 Ah la cantidad de batería necesaria es:

1529.16 Ah / 200 Ah = 7.64 = 8 baterías

La ecuación 3 describe la capacidad total para el uso de baterías, misma que detalla 19200 kw, para alcanzar 48 Voltios, se obtendrían 8 baterías para el sistema fotovoltaico solar. Es de indicar que es necesario sobredimensionar este banco de baterías con la finalidad de evitar problemas de recarga, adicional de indica que las baterías no deben llegar a la mínima descarga, esto provocaría problemas en los equipos y sistema.

4.5. Cálculo de potencia del Inversor

Dado que el inversor forma parte del grupo de los convertidores de energía, se debe tomar y considerar que esta etapa presenta pérdidas que llegan al máximo de 20%. Por esta razón, es indispensable sobredimensionar el equipo asegurando la generación de energía deseada.

Como parte del análisis, se determinó el uso de los Inversores On Grid y Off Grid asegurando un mecanismo automático de conexión al sistema fotovoltaico y así mantener la estabilidad del uso de energía

Cálculo de potencia inversor On Grid

Datos:

Horas Pico Sol = 4.22 h

Factor de Seguridad = 1.2

Energía Diaria

(1101 kWh / 30 días) = 36.70 kWh

Potencia fotovoltaica

(36.70 kWh) / (4.22 h) = 8.67 kW

La ecuación 4 detalla la capacidad de los inversores a utilizar.

Ecuación 4. Potencia del inversor

Potencia del Inversor = Potencia del generador x 1.2

Potencia del Inversor = 8.67 kW x 1,20 = 10.43 kW

Potencia del Inversor = 10.40 kW

La ecuación 4 detalla la capacidad nominal del inversor conectado a la red tomando en cuenta sus pérdidas por conversión de la energía. El cálculo detalla una potencia de 10.40 kW, por tal motivo, para este sistema se utilizarán 1 inversor de 10 kW.

En razón a la potencia de inversor On Grid 10 kW, se puede considera una potencia de 6 kW para el inversor Off Grid interconectados en paralelo.

4.6. Conexiones eléctricas del sistema

4.6.1. Detalle de conexiones en corriente continua (DC)

Para convertir la corriente continua procedente de los paneles fotovoltaicos en corriente alterna, utilizaremos DOS INVERSORES MONOFÁSICO de la marca SOLIS de 10 kW y uno de 6 kW; con la finalidad de distribuir el campo fotovoltaico en unidades independientes que aseguren un mayor porcentaje de funcionamiento, en caso de averías y/o posibles incidencias en la instalación.

Detalla que este modelo de inversor solar a red 10 KW de potencia nominal de salida, marca SOLIS modelo S5-GR1P10K, conexión a 1 F, 220 V, 3 MPPT,

monitoreo mediante WiFi. También se detallan las características técnicas de los inversores como lo muestra la tabla 1 y tabla 2.

Tabla 1. Detalle técnico del inversor On Grid de las entradas AC y DC

Marca:	Solís
Modelo:	S5-GR1P10K
ENTRADA DC	
Potencia Nominal:	11.5 kW
Máximo voltaje:	600 V
Voltaje de arranque:	120 V
Voltaje nominal:	330 V
Rango de voltaje MPPT:	100/500 V
Número de entradas MPPT:	2
Corriente nominal:	14 A
Corriente Máxima:	22 A
SALIDA AC	
Potencia activa Nominal:	10 kW
Potencia aparente nominal:	10 KVA
Voltaje nominal:	1/N/PE, 220 V
Frecuencia:	60 Hz
Corriente Máxima:	45.5 A

Fuente: SOLIS, 2025 editado por Autor

El Inversor solar de 10 kW SOLIS S5-GR1P10K, tiene una potencia máxima nominal de salida de 10 kW, y es un inversor solar eficiente y de última generación, está diseñado para una conexión a redes eléctricas con servicio monofásico y tensión de 220 V. Sus tres seguidores de punto máximo de potencia MPPT tiene un amplio rango de 100 a 500 VCD, Admite un máximo de potencia de 11.5 kW en el campo generador de los paneles solares y su voltaje máximo de entrada es de 600 VCD. El inversor de 10 kW Solis, es compatible con paneles con corriente a máxima potencia de hasta 14 amperes en cada uno de sus tres MPPT y la corriente máxima de corto circuito es de 22 amperes.

Tabla 2. Detalle técnico de inversor Off Grid de las entradas AC y DC

Marca:	Solís
Modelo:	S3-GR2P05K
ENTRADA DC	
Potencia Nominal:	6 kW
Máximo voltaje:	600 V
Voltaje de arranque:	120 V
Voltaje nominal:	330 V
Rango de voltaje MPPT:	60 V /100V

Número de entradas MPPT:	2/1
Corriente nominal:	16 A
Corriente Máxima:	24 A
SALIDA AC	
Potencia activa Nominal:	6 kW
Potencia aparente nominal:	6 KVA
Voltaje nominal:	220 V /230 V / 240 V
Frecuencia:	60 Hz
Corriente Máxima:	30 A

Fuente: SOLIS, 2025 editado por Autor

El Inversor solar de 6 kW SOLIS S3-GR2P05K, tiene una potencia máxima nominal de salida de 6 KW, y es un inversor solar eficiente y de última generación, está diseñado para una conexión a redes eléctricas con servicio monofásico y tensión de 220 V. Sus tres seguidores de punto máximo de potencia MPPT tiene un amplio rango de 60 a 100 VCD, Admite un máximo de potencia de 6 kW en el campo generador de los paneles solares y su voltaje máximo de entrada es de 600 VCD. El inversor de 6 kW Solís, es compatible con paneles con corriente a máxima potencia de hasta 16 amperes en cada uno de sus tres MPPT y la corriente máxima de corto circuito es de 24 amperes.

4.6.2. Detalle de conexiones en corriente alterna (AC)

La salida del inversor entregará una potencia convertida de 10 kW con un voltaje de 220 V y una corriente hasta 45.5 A, como lo detalla la tabla 1. La capacidad de salida del grupo de inversores en configuración de paralelismo de 10 kW. No obstante, el sistema fotovoltaico es de 8.69 kW, utilizando el 98.01% de su capacidad total.

Respeto al banco de inversores, este, estarán compuestos de 2 inversores monofásico en paralelo. Cada uno tendrá una potencia nominal de 10 kW, con una potencial nominal de 220 VAC y corriente de 8.69 A por fase. Dado que el sistema eléctrico de la residencia de la Urbanización El Condado de Vicolinci trabaja a un voltaje de 240 V monofásico, fue ue necesaria la instalación de un transformador de distribución convencional de 25 KVA con voltajes de 110/240 V monofásico, la protección a la salida del hacia el transformador será de tipo Caja Moldeada Regulable 2P-70 A, con acomodada 1 x (2F#6 + N#8 + T#10)AWG. Para la salida del

transformador, la protección será 2P-100 A, tipo Caja moldeada regulable, y su acometida 2 x (2F#300MCM+N#300MCM) + T#300MCM – AWG.

4.7. Soportería para el sistema fotovoltaico

4.7.1. Cálculo del Área del Generador

Los componentes que serán utilizados para el soporte y montaje del generador fotovoltaico serán dimensionados, considerando el área disponible del proyecto.

La residencia dentro de la Urbanización El Condado de Vicolinci, cuenta con un área de 310 m². Los módulos fotovoltaicos serán instalados sobre el techado, tal como lo expresa la ecuación 5.

Ecuación 5. Área del generador

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

$$Area del generador = 19 \times 2,4 = 45.6 \text{ m}^2$$

De acuerdo con la ecuación 5, el área total donde dispondrá el generador es el resultado del producto del número de paneles fotovoltaicos por el área unitaria de un solo módulo, siendo este 2.4 m². Por tanto, el generador fotovoltaico necesita un área de 45.6 m².

4.7.2. Cálculo de la zona de mantenimiento

La el área útil donde se realiza el mantenimiento es esencial debido a la ejecución maniobras en los módulos, debe asegurarse la distancia adecuada según el metraje cuadrado que necesita el operario para transitar en el sector de módulos del generador.

Ecuación 6. Ecuación de zona de mantenimiento

Area del de mantenimiento = Area de sistema fotovoltaico x 0,10

$$Area de mantenimiento = 45.6 \times 0,1 = 4.6 \text{ m}^2$$

4.7.3. Elementos de fijación y anclaje del sistema

Para establecer la distribución de los elementos de fijación y anclaje es importante determinar la superficie total de los módulos fotovoltaicos y su espacio

destinado al mantenimiento considerando la disposición de los arreglos establecidos por cada sistema inversor tal como lo detalla la tabla 3.

Tabla 3. Elementos de Soportería

SOPORTERIA	ENTRADA MPPT
Riel aluminio 6 metros	10
Anclaje tipo teja	30
Grapa final	20
Grapa media	30
Grapa puesta a tierra	5

Fuente: Autor, 2025.

4.8. Cálculo de la estructura metálica.

Los paneles solares estarán ubicados en una estructura metálica de aluminio. Ante lo indicado es importante conocer el peso del conjunto fotovoltaico como se observa en la siguiente ecuación.

Ecuación 7. Peso del sistema fotovoltaico

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

$Peso\ del\ conjunto\ FV = (19 \times 25\ kg) + (141\ kg) = 616\ kg$

En razón al peso calculado, la instalación de los módulos fotovoltaicos deberá ser fijado en la residencia de la Urbanización El Condado de Vicolinci, consideran el espacio y la radiación solar.

4.9. Aplicación del sistema de puesta a tierra

El sistema fotovoltaico es un punto de referencia que se usa en todos los sistemas eléctricos para saber a través de mediciones que se puede tener una diferencia de potencia de un punto A, a un punto B, además es un sistema de protección para las personas, cuando se tiene una corriente de fuga causada por una falla eléctrica o anomalía en el sistema.

Ante lo expuesto, se ha procedido a la aplicación de la norma NOM-001-SEDE-2018, donde indica que todas las partes metálicas no portadoras de corriente, como los marcos de los módulos, equipo eléctrico, envolventes de conductores del sistema fotovoltaico deben ser puesto a tierra sin importa la tensión para tener referenciado el sistema y al mismo tiempo evita que alguien pueda tener un choque o una descarga eléctricos.

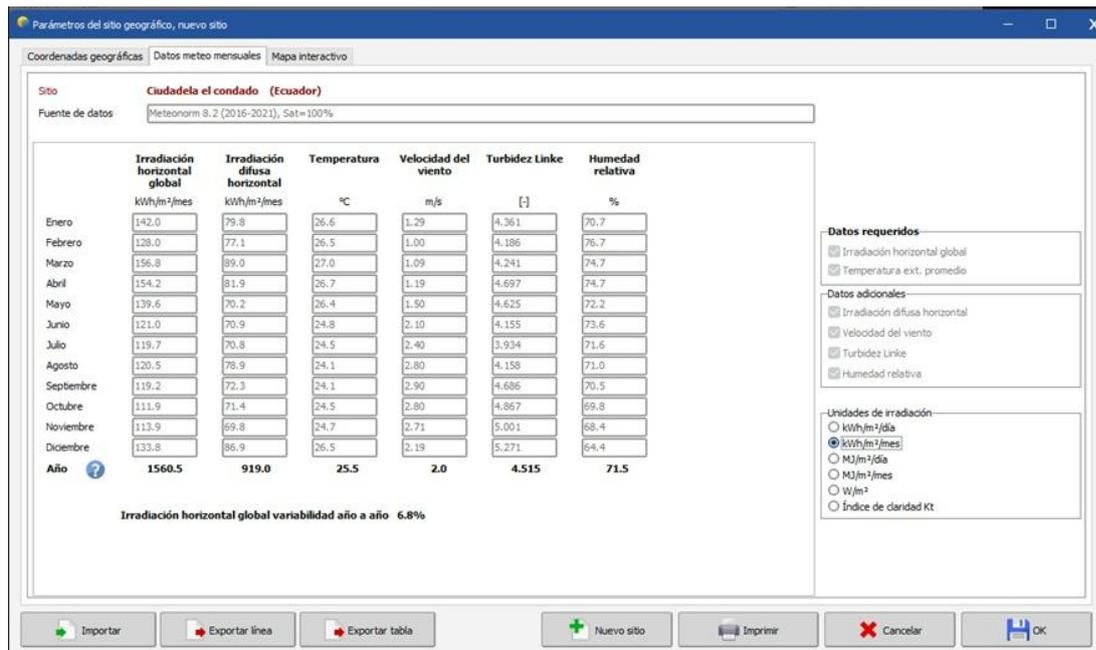
Considerando que el sistema cuenta con un autorizamiento en el chasis del inversor y la interconexión del mismo con la barra de tierra del tablero de distribución principal al determinar que los módulos fotovoltaicos son dispositivos semiconductores captadores de la radiación solar este indirectamente es captadores de descarga atmosféricas. Por tal motivo cada arreglo contará con su respectiva conexión a tierra con cable #10 de cobre que confluyen en una pletina de cobre aislado direccionado a 2 aisladores tipo barra sobrepuesto en el exterior de la vivienda derivando a una tierra independiente compuesta por una configuración pata de gallo compuesta por 4 varillas copperweld

4.10. Aplicación del sistema Software PVsyst.

PVsyst es una herramienta de simulación enfocado orientada para evaluar y diseñar de sistemas de energía solar fotovoltaica. El término "PhotoVoltaic SYSTem" (Córdova, 2019). PVsyst, es un software utilizado en el sector residencial, comercial e industria solar para analizar el rendimiento de instalaciones fotovoltaicas, entre sus funcionalidades incluye determinar estudios de sombreado, estimación aproximada de generación de energía solar, y la mejorar de la configuración del diseño de estaciones fotovoltaicas.

Con la ubicación y datos del proyecto, el software PVsyst presenta los datos meteorológicos cargados en la base de datos. Para efectos de este estudio se tomó la base de datos de la NASA, como se muestra en la figura 40.

Figura 40. Parámetros meteorológicos

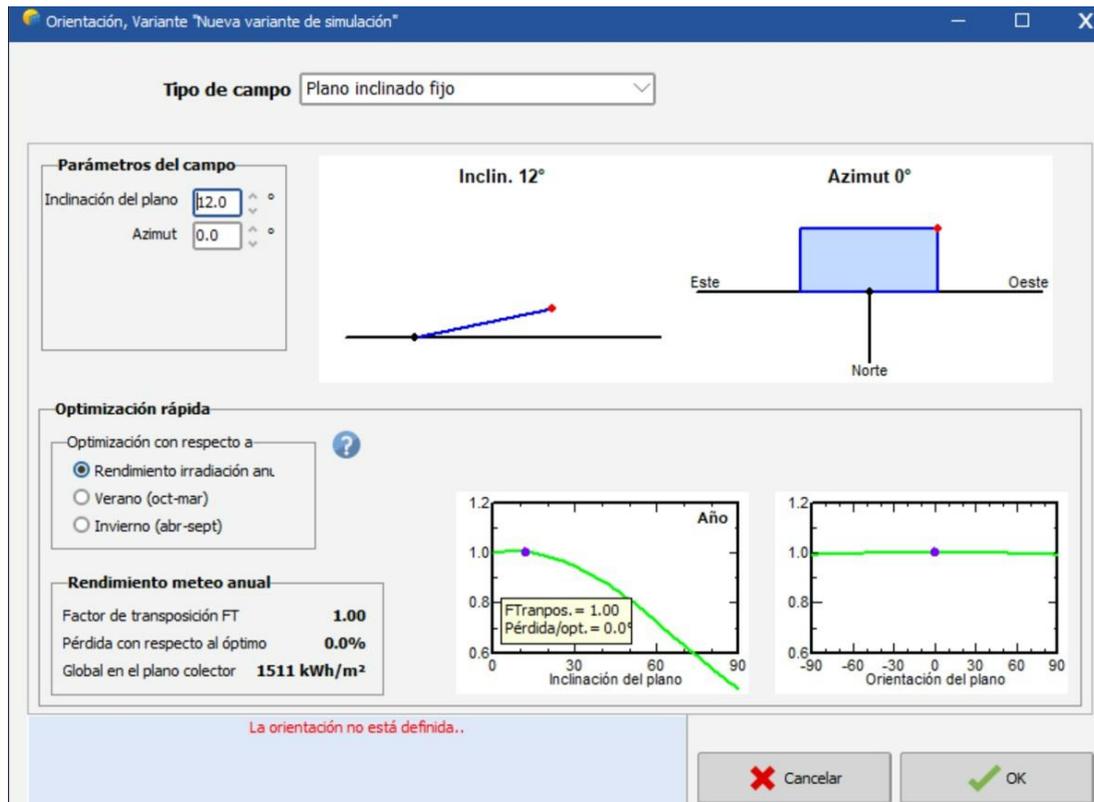


Nota: Información meteorológica mensual de la vivienda a calcular. del proyecto Fuente: Autor

Lo que representa la figura 40 es irradiación solar horizontal promedio del proyecto representa 1560.5 kWh/m²/día, en tanto que la radiación difusa horizontal promedio es de 919.0 kWh/m²/día y la temperatura media de 25.5 °C. Sumado a ello, la siguiente imagen muestra los meses con mayor periodo de radiación global destacando marzo y abril y meses con menor periodo de radiación siendo septiembre, octubre, noviembre y diciembre.

En la siguiente fase, el software PVsyst establecer la inclinación óptima de los módulos fotovoltaicos en relación con la trayectoria solar. Se presentan diversas opciones de inclinación con referencia de Azimut 0°, on alternativas de orientación fija o seguimiento por eje como lo muestra la figura número 41.

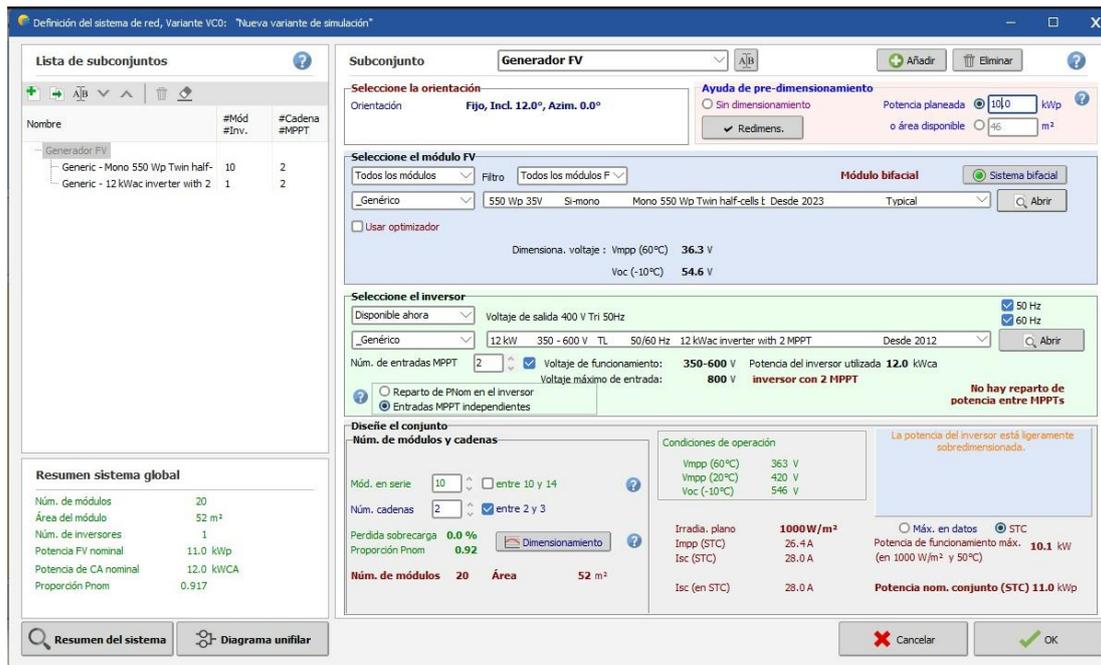
Figura 41. Orientación de los módulos fotovoltaicos



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

Es fundamental considerar que el sistema propuesto contempla una inclinación de 12 grados con una orientación este-oeste donde el este representa el inicio del recorrido solar durante el día y el oeste marca su trayectoria de retorno en la tarde. Dado que la residencia no cuenta con edificaciones cercanas que superen los 10 metros de altura, no habrá incidencia de sombras.

Figura 42. Pantalla de configuración de equipos para sistema fotovoltaico



Nota: Determinación del sistema en función de la potencia proyectada. Fuente: Autor

La figura 42 arroja detalles como la capacidad de 236 kW, se necesitan 19 módulos de 550W y 2 inversores; 1 On Grid de 10 kW y 1 Off Grid de 6 kW

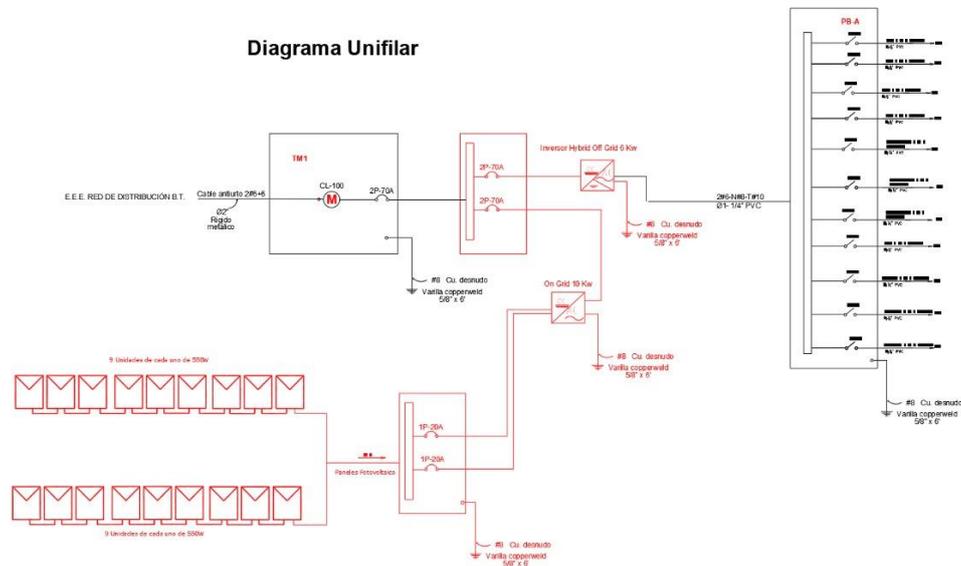
La figura 43, muestra que el sistema eléctrico de una residencia de La Urbanización El Condado de Vicolinci parte de la interconexión Trifásica de voltaje de 13800/7960 voltios, el mismo que se toma desde la red en Media Tensión Área Trifásica Subestación La Rioja que parte desde la estructura en poste existente a repotenciado, el punto de conexión es la geo codificación X= 621252, Y=9773772 recorriendo 1500 metros de línea aérea trifásica principal conductor aluminio 3F#4/0 hasta el poste en el perímetro lineal de la Urbanización.

Como acometidas secundarias existe una extensión de 1400 metros de red trifásica conductor aluminio 3F#4/0 y extensión 2700 metros de red monofásica conductor aluminio 1F#2

La red secundaria es de aluminio pre ensamblado 2X50+50 mm² y desde esta red de baja tensión, se realizan las tomas de energía para cada vivienda, a través de cable de acometida 6X6+6 tipo concéntrico de aluminio, hasta el tablero de medidor a nivel de 240V, por último, la electricidad se distribuye mediante tablero de

distribución principal equipado con una protección de 2P-100A y alimentador 2#6+N#8+T#10, ajustable. Como consecuencia con la solución dada del diagrama que contiene los inversores tanto off y on grid con los cálculos realizados en el capítulo cuarto surge el siguiente diagrama unifilar de la figura 39.

Figura 43. Diagrama unifilar con inversores



Nota: Diagrama con un inversor off grid y un inversor on grid para una vivienda de La Urbanización El Condado de Vicolinci Sumpa. Fuente: Autor 2025.

CAPÍTULO V:

5. DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

5.1. Análisis económico

Desde el enfoque económico el siguiente capítulo analiza la viabilidad en relación al costo beneficio de la implementación de un sistema solar fotovoltaico híbrido en una vivienda ubicada en una urbanización el condado en la ciudad de Guayaquil provincia del Guayas.

Es necesario acotar que se examinan costos asociados a la adquisición operación instalación y mantenimiento del sistema, así como determinar los beneficios económicos como la reducción del consumo eléctrico y el retorno de inversión estimado en aproximadamente 2 años. En cuanto a los costos directos de estos incluyen los paneles solares los inversores baterías estructuras en tanto que los indirectos contemplan ajustes y permisos técnicos. Es pertinente acotar que en relación al beneficio estos abarcan un ahorro significativo en la factura eléctrica dado a que propicia la sostenibilidad ambiental y la independencia energética.

Finalmente es importante resaltar que el proyecto es económicamente viable dado a que compensa la inversión inicial con ahorros a mediano plazo y que contribuye el uso de energías renovables en el Ecuador específicamente en la ciudad de Guayaquil siendo un modelo replicable y que fomenta la sostenibilidad en comunidades residenciales.

5.2. Costo estimado de equipos eléctricos

El presupuesto es un elemento clave para el análisis técnico-costos, calculando los costos directos e indirectos en función a la inversión total del proyecto más sus beneficios. Este proyecto renovable tiene un retorno de inversión garantizado mediante la reducción de costos en la factura eléctrica y otros beneficios económicos derivados de exoneraciones.

El sistema incluye la instalación de un conjunto solar fotovoltaico interconectado y la construcción de un galpón en el área de parqueo, diseñado para soportar la infraestructura. La tabla muestra el desglose de los costos:

Tabla 4. Calculo estimado del sistema fotovoltaico.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	U.	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Panel solar Monocristalino 550W	18	U.	\$ 195,50	\$ 3.519,00
2	Inversor Solar ON GRID 6kWp 48Vdc Output 240/120V	1	U.	\$ 1.150,00	\$ 1.150,00
3	Inversor Solar Híbrido 10KWp 48Vdc Output 240/120V	1	U.	\$ 2.875,00	\$ 2.875,00
4	Soportería incluye: - Riel aluminio 6mts (10 u) - Anclaje tipo teja (30 u) - Grapa final (20 u) - Grapa media (30 u) - Grapa puesta a tierra (5 u)	1	GLB.	\$ 1.184,50	\$ 1.184,50
5	Conectores MC4 Par Macho/hembra	12	U.	\$ 6,33	\$ 75,90
6	Acometida DC 2#10 desde panel hasta inversor	52	m	\$ 4,60	\$ 236,90
7	Tablero DC incluye protecciones 1P-20A	1	U.	\$ 184,00	\$ 184,00
8	Tablero de transferencia TTA 2P-125A	1	U.	\$ 629,05	\$ 629,05
9	Acometida AC 2#8+N#8+T#8 desde inversor ON GRID hasta transferencia TTA	5	m	\$ 7,36	\$ 36,80
10	Acometida AC 2#8+N#8+T#8 desde TTA hasta centro de carga nuevo (protección principal)	5	m	\$ 7,36	\$ 36,80
11	Acometida AC 2#8+N#8+T#8 desde TTA hasta centro de carga existente	5	m	\$ 7,36	\$ 36,80
12	Acometida AC 2#8+N#8+T#8 desde inversor HÍBRIDO hasta centro de carga existente	5	m	\$ 7,36	\$ 36,80
13	Banco de batería incluye: - Baterías 12V - 200AH - Rack para baterías - Cableado 2x 1/0 AWG chicote para batería e interconexión con el inversor híbrido	1	U.	\$ 4.151,50	\$ 4.151,50
14	Mano de obra incluye: - Andamio 3 cuerpos - Montaje de paneles y Soportería - Montaje de inversor - Instalación de acometidas	1	U.	\$ 840,00	\$ 840,00
15	Diseño eléctrico y gestión con CNEL EP incluye: - Memoria técnica - Diagrama unifilar - Diseño eléctrico - Producción del sistema - Estudio de sistema puesta a tierra	1	U.	\$ 210,00	\$ 210,00

SUBTOTAL: \$ 15.203,05

IVA (15%): \$ 1.752,61

TOTAL: \$ 16.955,66

La tabla 4 presenta el detalle del costo referencial eléctrico para el proyecto, observando que los rubros más representativos son de los módulos fotovoltaicos, con

un costo de \$3.519,00, continuado del banco de baterías con \$4.151,50 y la mano de obra, estimada en \$840,00. También, se piensa en un rubro para el estudio de factibilidad eléctrica y la gestión con la empresa distribuidora CNEL EP, con un costo de \$210,00, ya que este diseño debe ser aprobado previamente para la emisión del permiso como cliente generador de autoconsumo.

El presupuesto total del proyecto asciende a \$16.955,66 (incluyendo IVA), lo que lo convierte en una inversión significativa. Sin embargo, es considerado un proyecto de mediano a largo plazo debido a los beneficios económicos derivados de la reducción en las facturas de energía y la sostenibilidad del sistema solar fotovoltaico propuesto.

5.3. Tiempo a ejecutar el proyecto

El proyecto, debido a su magnitud, tiene un periodo apreciado para las fases de suministro, instalación, verificación y puesta en marcha de **7 días**. Los **30** primeros **días** se consignarán al suministro de equipos y materiales, logística y gestión administrativa, previo a la aprobación de la factibilidad del proyecto.

El cronograma establece 1 día para la instalación de la estructura de soporte mecánico, 2 días para el montaje y conexión de los 19 paneles fotovoltaicos y los últimos 1 día final para la conexión de los inversores, la realización de pruebas y puesta en marcha del sistema. Este cronograma asegura la correcta ejecución del proyecto y su pronta operatividad, garantizando el cumplimiento de los objetivos planteados.

5.4. Ventajas Técnicas

- Energía derivada de los rayos solares.
- Evita la contaminación ambiental.
- Se evidenciará el ahorro de energía.
- Se utilizará arreglos de aluminio dúctiles y anticorrosivos.
- Periodo de utilización de 25 años.

5.5. Beneficios Económicos

Se podrá obtener una reducción en la factura eléctrica al 67%, esto debido a que el sistema fotovoltaico contará con Inversor On Grid, equipo que ayuda a reducir el 50%, mientras que el Inversor Off Grid aporta con 17% de reducción al consumo mensual, este porcentaje sería el beneficio más directo y como valor indirecto sería la energía excedente que será inyectada al sistema. Al generar electricidad a partir del sol durante el día, se disminuye la cantidad de energía que se adquiere de la red eléctrica, lo que se traduce en un ahorro mensual en la factura.

Se considera además un ahorro por cada respaldo de cargas críticas, es decir al tener un sistema híbrido con baterías de gel que proporcionan hasta 6 horas de autonomía y que su vida útil es de 15 años, se evitará el costo asociado a cortes y reconexión de energía, como pérdidas de productividad, daños a equipos.

Tabla 5. Valor consumo mensual Dic.

F. Emisión	kWh	V. kWh	V. Fact Total
dic-24	1101	\$ 121.23	\$ 145.30

Nota: Valor descargado del histórico de consumo y facturación de CNEL EP

Si se considera el valor de la factura total de diciembre 2024

$\$ 145.30 \times 12 \text{ meses} = \$ 1743.60.$

Si consideramos el ahorro del 67% del sistema fotovoltaico solar

$\$ 47.95 \times 12 \text{ meses} = \$ 575.39$

Es decir que el usuario tendría un ahorro de \$ 1168.21 anuales aproximado, al tener un presupuesto de \$15203.05, podríamos indicar que la reocupación de la inversión sería a largo plazo en un tiempo de 14 años aproximadamente.

5.6. Beneficios Ambientales

Como es de conocimiento mundial el Ecuador depende en parte de combustible fósiles, al usar estos equipos de sistema fotovoltaica se reducirán la emisión de gases de efecto invernadero, esto pasará por que se disminuirá el consumo de electricidad proveniente de la red.

La generación de electricidad a partir de fuentes no renovables puede tener impactos ambientales significativos, como la contaminación del agua, la alteración de ecosistemas y la generación de residuos peligrosos (en el caso de la energía nuclear). Al considerar la energía renovable solar, disminuye la presión sobre el ecosistema así mejoraremos la calidad de aire.

5.7. Regulación ARCERNNR 08/2024 Normativa para la generación distribuida de autoabastecimiento

La resolución ARCERNNR 08/2024 renueva la normativa sobre generación distribuida de autoabastecimiento, permitiendo sistemas de hasta 2 MW. Se podrá visualizar los procedimientos para la instalación y conexión de un SGDA, concretando lo requisitos mínimos técnicos y administrativos. Además, regula la facturación neta para usuarios con generación en el mismo predio o en otro bajo su titularidad. La normativa optimiza el uso de fuentes renovables, proporcionando mayor flexibilidad en la gestión del excedente energético y promoviendo la eficiencia en el sistema eléctrico nacional.

CONCLUSIONES

Este estudio demuestra una viabilidad técnica de implementar un sistema solar fotovoltaico híbrido en la residencia dentro de la Urbanización El Condado de Vicolinci ubicada en la provincia del Guayas, cuenta con un área de 260 m², cuenta con el espacio físico suficiente en la terraza para la implementación de un sistema fotovoltaico de 9 kW, considerado el dimensionamiento adecuado para satisfacer las necesidades energéticas de la vivienda en base a la carga instalada.

Los resultados obtenidos en el diseño Fotovoltaico propuesto fueron de 9 kW, compuesto con 19 paneles fotovoltaicos, por un inversor On Grid de 10 kW y un inversor Off Grid de 6 kW conectados en paralelismo, que operaran a un 80% de su capacidad nominal. La demanda promedio de la vivienda es de 3.36 kW, se determinó un banco de almacenamiento compuesto por 16 baterías de 12 V y 200 Ah. Logrando una autonomía energética de 6 horas y asegurando un suministro estable y continuo.

La inversión inicial de este proyecto será de \$ 15203.05 (sin IVA), este proyecto al contar con una tecnología avanzada, será considerado como un proyecto de inversión a largo plazo, esto debido a la disminución del 67% de la factura de consumo eléctrico mensual (On Grid 50% y Off Grid 17%) y que dicha inversión se recuperará en 14 años.

RECOMENDACIONES

Fundamentar garantizar la confiabilidad y la longevidad del sistema fotovoltaico híbrido de manera que los mismos dependerán directamente al rendimiento eficiente de sus componentes esenciales que embarcan: baterías paneles solares inversores y el sistema de puesta a tierra lo que se recomienda de manera enfática el establecer un programa integral de mantenimiento preventivo y correctivo

Así mismo este programa incluye impresiones periódicas como propuesta en donde la limpieza de paneles verificación de estado de baterías prueba de funcionamiento inversores sea importante de manera que al momento de existir mantenimiento productivo esta prolonga la vida útil de los equipos que de esta manera se asegura un rendimiento energético constante y confiable maximizando el retorno a la inversión y minimizando Los costos a medio plazo

Finalmente se destaca que en el capítulo 4 se relaciona la combinación de un inversor on-grid y uno off-grid que faculta una mayor autonomía de confiabilidad en el suministro eléctrico de esta manera al funcionar con batería asegura el suministro a cargas durante cortes energía mientras que el inversor ongrid faculta inyectar excedentes a la red y de esta manera reducir la dependencia de la red eléctrica considerando el intercambio automático de ambos sistemas.

Anexos

Anexo 1 Resolución N° ARCONEL-042/18 1

Resolución No. ARCONEL-042/18

AGENCIA DE REGULACIÓN Y
CONTROL DE ELECTRICIDAD



Resolución Nro. ARCONEL-042/18

REGULACIÓN Nro. ARCONEL – 003/18

**EL DIRECTORIO DE LA AGENCIA DE REGULACIÓN
Y CONTROL DE ELECTRICIDAD - ARCONEL**

Considerando:

Que, el artículo 15 de la Constitución de la República preceptúa:

"Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua";

Que, en los considerandos de la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica se establece como prioritario la modernización de las redes eléctricas, tomando en cuenta aspectos regulatorios, redes de transporte y distribución de energía, redes de comunicación, generación distribuida, almacenamiento de energía, medición inteligente, control distribuido, gestión activa de la demanda y oportunidades de brindar nuevos productos y servicios;

Que, el artículo 5, numeral 3 de la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica determina:

"3. Utilizar de forma eficiente la energía eléctrica";

Que, el artículo 26 de la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica señala:

"Art. 26.- Energías renovables no convencionales.- El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable promoverá el uso de tecnologías limpias y energías alternativas, de conformidad con lo señalado en la Constitución que propone desarrollar un sistema eléctrico sostenible, sustentado en el aprovechamiento de los recursos renovables de energía";

Que, los artículos 74 y 75 de la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica establecen que las políticas y normas para la eficiencia energética adoptadas por parte del Ministerio Rector deben promover valores y conductas orientados al empleo racional de los recursos energéticos, priorizando el uso de energías renovables;

Que, el artículo 3, numerales 1, 2, 4 y 5 de la Ley Orgánica de Empresas Públicas disponen:

"Art. 3.- PRINCIPIOS.- Las empresas públicas se rigen por los siguientes principios:

Sesión de Directorio de 22 de octubre de 2018
Página 1 de 41





1. Contribuir en forma sostenida al desarrollo humano y buen vivir de la población ecuatoriana;
2. Promover el desarrollo sustentable, integral, descentralizado y desconcentrado del Estado, y de las actividades económicas asumidas por éste.
- ...4. Propiciar la obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, universalidad, accesibilidad, regularidad, calidad, continuidad, seguridad, precios equitativos y responsabilidad en la prestación de los servicios públicos;
5. Precautelar que los costos socio-ambientales se integren a los costos de producción,...

Que, el Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones, publicado en el Suplemento del Registro Oficial Nro. 351 de 29 de diciembre de 2010, en el libro VI, Sostenibilidad de la Producción y Regulación con su Ecosistema, los artículos 233, 234 y 235 establecen disposiciones para el desarrollo, uso e incentivos para la producción más limpia; además que, en la Disposición Reformatoria Cuarta se determina que se podrá delegar a la iniciativa privada el desarrollo de proyectos de generación cuando sea necesario y adecuado para satisfacer el interés público, colectivo o general;

Que, las políticas del Ministerio Rector establecen que la seguridad energética para el abastecimiento de la electricidad debe considerar la diversificación y participación de las energías renovables no convencionales, a efectos de disminuir la vulnerabilidad y dependencia de generación eléctrica a base de combustibles fósiles;

Que, es necesario construir una matriz diversificada de generación eléctrica, con participación de energías limpias y renovables, orientada hacia una disminución del uso de combustibles contaminantes fósiles utilizados para la generación térmica; y,

En ejercicio de sus atribuciones y deberes, por unanimidad,

Resuelve:

Emitir la presente Regulación denominada **"Microgeneración fotovoltaica para autoabastecimiento de consumidores finales de energía eléctrica"**.

1 OBJETIVO

Establecer las condiciones para el desarrollo, implementación y participación de consumidores que cuenten con sistemas de microgeneración fotovoltaica - μ SFV- hasta 100kW de capacidad nominal instalada, ubicados en techos, superficies de viviendas o en edificaciones para las categorías residencial y general determinados en el pliego tarifario en bajo o medio voltaje.





2 ALCANCE

Esta regulación es aplicable a las empresas distribuidoras y para aquellos usuarios regulados, que decidan, previo al cumplimiento de requisitos, instalar un sistema de microgeneración fotovoltaica μ SFV con una capacidad nominal instalada de hasta 100 kW en medio y/o bajo voltaje, que operen en sincronismo con la red, cuya producción sea autoconsumida en sus propias instalaciones y aporten eventuales excedentes a la red de distribución, en caso de que existan.

Esta regulación determina:

- Las condiciones técnicas y comerciales para la instalación de sistemas fotovoltaicos hasta 100 kW de capacidad nominal instalada;
- Los requisitos y procedimiento para la conexión a las redes de la empresa distribuidora y la autorización de instalación y operación del μ SFV;
- Las condiciones para la medición;
- La operación en sincronismo con la red de distribución; y;
- El tratamiento comercial de la energía producida, de la energía consumida y eventuales excedentes de generación entregados al sistema de distribución.

3 DEFINICIONES

Área de servicio: Es el área geográfica definida en el Título Habilitante de la empresa eléctrica, en la cual ésta prestará el servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica y el servicio de alumbrado público general.

Capacidad Nominal Instalada para Sistemas Fotovoltaicos: Potencia nominal especificada para los inversores, en el lado de corriente alterna

Contrato de suministro: Acuerdo suscrito entre el consumidor y la empresa eléctrica de distribución en el cual se estipulan los derechos y obligaciones de las partes; y, las demás relaciones técnicas legales y comerciales que se deriven de la prestación del servicio eléctrico al consumidor. Para efectos de aplicación de la presente Regulación, el contrato de suministro normado en la regulación correspondiente, la empresa distribuidora deberá ajustarse para incluir a los usuarios con sistemas fotovoltaicos de baja capacidad.

Consumidor con sistema de microgeneración fotovoltaica - μ SFV: Persona natural o jurídica usuaria regulada de una empresa distribuidora y propietaria de las instalaciones fotovoltaicas. Es el responsable técnico de la energía producida el sistema fotovoltaico de baja capacidad y consumida en la instalación donde está ubicado.

Factibilidad de conexión: Documento mediante el cual la empresa distribuidora otorga un punto de conexión a sus redes a un solicitante del servicio eléctrico, previo a un procedimiento que permita evaluar e identificar modificaciones en la red de distribución.





Punto de conexión: Es la frontera de conexión entre las instalaciones de propiedad del consumidor con μ SFV y las redes de la empresa distribuidora, la cual separa las responsabilidades en cuanto a la propiedad, la operación y el mantenimiento de los activos.

Punto de medición: es el lugar físico de la red donde se conectan los equipos de medición.

Sistema de medición: Son los componentes necesarios para la medición o registro de energía activa, energía reactiva, demandas máximas y otros parámetros relacionados. Incluyen los equipos de medición (medidores), los transformadores de medición (cuando apliquen), los cables de conexión, los accesorios de sujeción y protección física de los medidores y de los transformadores.

Sistema de microgeneración fotovoltaica μ SFV: Conjunto de equipos, compuesto generalmente por paneles fotovoltaicos, inversores, reguladores de carga y con o sin baterías o sistemas acumuladores, que permiten la captación de la energía solar para su conversión en energía eléctrica. Para efectos de aplicación de esta regulación, se determina que los sistemas fotovoltaicos de baja capacidad podrán tener una capacidad nominal instalada de hasta 100 kW y podrán trabajar en sincronismo con la red de distribución.

CAPÍTULO I – AUTORIZACION PARA LA CONEXIÓN, INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE CONSUMIDORES CON μ SFV

El consumidor que desee instalar un μ SFV, deberá seguir las disposiciones establecidas en la presente Regulación.

La empresa distribuidora será la responsable de tramitar las solicitudes para la conexión, instalación y operación de los consumidores que tengan interés en instalar μ SFV.

4 CARACTERÍSTICAS GENERALES PARA CONSUMIDORES QUE TENGAN INTERÉS EN INSTALAR μ SFV

Para la instalación de un μ SFV que se acoja a la presente regulación, el consumidor deberá considerar para el desarrollo del futuro proyecto lo siguiente:

1. El proyecto debe conectarse con las redes de bajo o medio voltaje de la empresa de distribución, según el siguiente esquema:



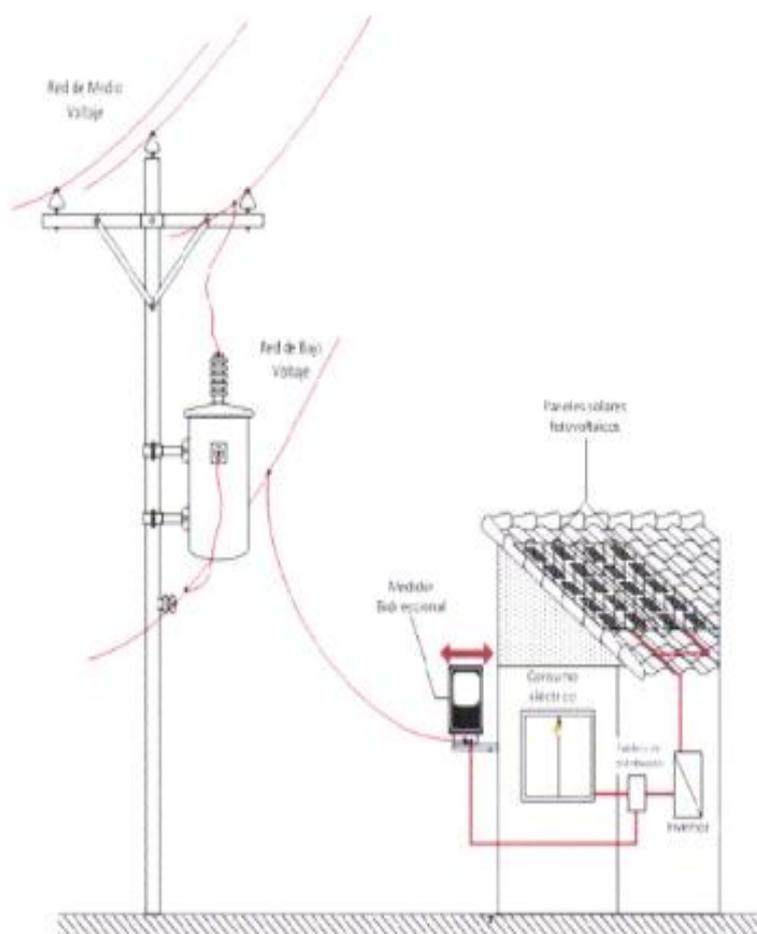


Figura 1. Esquema de instalación del μ SFV

2. El interesado debe ser propietario del inmueble donde se va a instalar el μ SFV.
3. El diseño del μ SFV tiene como objeto reducir el consumo de energía de la red.
4. La instalación del μ SFV está condicionado a la emisión de factibilidad de conexión de la empresa distribuidora.
5. La capacidad nominal instalada del μ SFV no podrá ser mayor a 100 kW.

Una vez que el interesado cumpla con todos los criterios señalados anteriormente, podrá solicitar al distribuidor de su área de servicio, la autorización de conexión del μ SFV), para lo cual deberá observar el procedimiento establecido en la presente regulación, anexando la documentación que avale el cumplimiento de los requisitos solicitados.





5 REQUISITOS PARA TRAMITAR LA AUTORIZACIÓN DE CONEXIÓN, INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE CONSUMIDORES CON SFV

5.1 Factibilidad de conexión

Previo a iniciar el trámite de conexión del μ SFV, el consumidor solicitará a la empresa distribuidora evaluar la factibilidad de conexión a la red de distribución, indicando cual es la capacidad máxima del μ SFV a instalarse.

La empresa distribuidora evaluará la capacidad instalada máxima permitida del μ SFV en el punto de conexión, considerando los siguientes aspectos: Capacidad por corriente de cortocircuito, regulación de voltaje y capacidad de corriente del alimentador de baja y/o media tensión.

La empresa distribuidora, en un plazo máximo de diez (10) días laborables, posteriores a la recepción de la solicitud, realizará los análisis que permitan determinar si es posible la conexión, este documento será remitido al consumidor y tendrá una vigencia de (3) tres meses, a partir de la recepción por parte del interesado, para presentar la solicitud de conexión del μ SFV.

5.2 Requisitos

Los requisitos a presentarse adjunto a la solicitud serán los siguientes:

- Última factura de pago del servicio eléctrico, que demuestre que el consumidor no mantiene deudas pendientes;
- Factibilidad de conexión vigente;
- Memoria técnica – descriptiva del estudio preliminar del proyecto, avalado por un profesional, cuyas competencias estén determinadas en la Ley de ejercicio profesional de la ingeniería y el Reglamento de aplicación a ley, en el cual, se deberán adjuntar en lo que fuera aplicable de acuerdo al dimensionamiento del SFV, los siguientes estudios e información:
 - a) Diagrama unifilar de la instalación,
 - b) Especificaciones generales del equipamiento,
 - c) Esquema de conexión a la red de distribución de medio o bajo voltaje,
 - d) Modo de conexión,
 - e) Estudio del sistema de protecciones y equipo de seccionamiento,
 - f) Aspectos técnicos complementarios respecto a las protecciones, a fin de cumplir con los estándares y requerimiento de la empresa de distribución,
 - g) Número y potencia de los paneles fotovoltaicos,
 - h) Potencia total instalada del sistema fotovoltaico,
 - i) Estimación de la producción energética mensual y anual del proyecto,
 - j) Características de los inversores,
 - k) Potencia de cortocircuito,
 - l) Las características del punto de entrega y medición,





- m) Los niveles de voltaje máximos y mínimos de la red,
- n) Punto propuesto para la conexión,
- o) Cualquier otra información solicitada por la empresa de distribución.

La empresa distribuidora evaluará que información requiere para cada solicitud, y la necesidad de requerir estudios técnicos que sean realizados por un profesional de la ingeniería, estos aspectos serán informados al consumidor interesado en el documento de factibilidad de conexión.

6 DIMENSIONAMIENTO DEL μ SFV

La capacidad nominal máxima instalada del μ SFV, para su diseño será determinada conforme la siguiente expresión:

$$\text{Capacidad nominal instalada} = \frac{\sum_{i=\text{mes } 1}^{\text{mes } 12} E_{\text{mensual}_i} \text{ (kWh)}}{\text{Factor}_{\text{planta de diseño}} * 8760 \text{ (h)}} \text{ (kW)}$$

E mensual: Energía mensual facturada al consumidor, en caso de no contar con este registro, se podrá realizar una proyección en el estudio técnico.

Factor de planta de diseño: será determinado en el estudio técnico.

El factor de planta del μ SFV una vez instalado no podrá ser mayor que el factor de planta determinado en el diseño.

Cualquier variación con los estudios, diseño o con las instalaciones del SFV, deberán ser autorizadas por la empresa distribuidora.

7 PROCEDIMIENTO PARA TRAMITAR LA CONEXIÓN, INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DEL μ SFV

Los consumidores y las empresas de distribución deberán sujetarse al siguiente procedimiento:

1. Una vez que el interesado cuente con la factibilidad de conexión, éste presentará a la empresa distribuidora la solicitud para la conexión del μ SFV adjuntado el formulario, según el modelo que consta en el Anexo 1 y los requisitos establecidos en el numeral 5.2 de esta regulación.
2. Al momento de la presentación de la solicitud de conexión, la empresa de distribución verificará el cumplimiento de requisitos establecidos según el numeral 5.2. En caso la información esté incompleta no se aceptará el trámite. Si la solicitud es aceptada la empresa de distribución entregará un número de trámite al peticionario.





3. La empresa de distribución, en un plazo máximo de diez (10) días laborables, posteriores a la recepción de la solicitud, realizará los análisis que permitan determinar los aspectos técnicos que se requieran para la conexión del consumidor con μ SFV. En caso de que la información presentada requiera de aclaraciones, la empresa distribuidora solicitará al consumidor que en un plazo máximo de ocho (8) días se absuelvan las observaciones realizadas, de no tener respuesta dentro del plazo señalado se dará por terminado el trámite, este particular será comunicado oficialmente al interesado.
4. Si se han cumplido con todos los requisitos establecidos en el numeral 5.2, la empresa de distribución solicitará al consumidor un cronograma de ejecución del proyecto, con las fechas de pruebas y entrada en operación del μ SFV. La fecha de inicio del cronograma se coordinará entre el consumidor y la distribuidora, una vez notificada la autorización de instalación y operación del μ SFV por parte de ARCONEL.
5. El interesado tendrá un plazo máximo de diez (10) días laborables para remitir el cronograma de ejecución o cualquier otra información solicitada por la empresa de distribución. En caso de no presentar la misma dentro del tiempo indicado, la empresa de distribución procederá a cerrar el trámite y este particular será comunicado oficialmente al consumidor.
6. Una vez recibido y avalado el cronograma, la empresa de distribución tendrá el plazo de ocho (8) días para emitir su informe de aprobación del proyecto y emitir al consumidor el documento de conexión del μ SFV.
7. La empresa distribuidora, luego de haber emitido la autorización de conexión del μ SFV, solicitará en un plazo máximo de dos (2) días a la ARCONEL, la autorización para la instalación y operación como consumidor con μ SFV, para lo cual enviará el formulario señalado en el Anexo 3 con una copia del expediente del trámite. La ARCONEL, de no tener objeciones, emitirá dicha autorización y comunicará este particular a la empresa distribuidora y al consumidor en un plazo máximo de ocho (8) días.
8. Con la autorización emitida por la ARCONEL el consumidor deberá iniciar la instalación del μ SFV, cumpliendo con el cronograma que fue presentado y avalado por la empresa distribuidora.
 - a. Luego de superadas las pruebas técnicas que considere la empresa de distribución, previo a la entrada en operación del μ SFV, la empresa de distribución en un plazo máximo de (2) días, procederá a verificar que el SFV cumpla con la norma técnica que se encuentre vigente a la fecha relativa a las especificaciones e instalación de los equipos.
 - b. Dentro del mismo plazo de (2) días, colocar los sellos de seguridad en el sistema de medición que registrará la energía consumida y entregada, en caso de tener excedentes a las redes de distribución.





9 PLAZO DE OPERACIÓN DEL μ SFV

El plazo de operación del μ SFV es de (20) veinte años, contabilizados a partir de la fecha de entrada en operación. Una vez culminado este periodo, el consumidor debe desconectar su μ SFV de la red de la distribuidora, esta condición debe estar establecida en el contrato de suministro.

10 INCREMENTO DE CAPACIDAD DEL μ SFV

Cualquier incremento de la capacidad nominal instalada del μ SFV se tramitará ante la empresa distribuidora como un nuevo proyecto y deberá cumplir las disposiciones establecidas en la normativa vigente a la época de dicha solicitud.

El incremento de capacidad, más la capacidad existente no podrá superar el límite máximo vigente establecido en esta normativa.

11 CAUSALES PARA LA DESCONEXIÓN DEL μ SFV

La empresa podrá dejar sin efecto la conexión previa la operación del μ SFV, en los siguientes casos:

1. Por decisión propia del consumidor;
2. Incumplimiento injustificado de la fecha de pruebas y entrada en operación, determinado en el cronograma.
3. Incumplimiento de las recomendaciones y demás requerimientos técnicos efectuados por la empresa de distribución, antes de la entrada en operación.
4. No permitir efectuar las inspecciones al μ SFV al personal de la empresa de distribución, antes de la entrada en operación.

La empresa distribuidora podrá desconectar el μ SFV en etapa de operación:

1. Por decisión propia del consumidor;
2. Por terminación del plazo de operación establecido en el contrato de suministro;
3. Incumplimiento de las recomendaciones y demás requerimientos técnicos efectuados por la empresa de distribución.
4. No permitir efectuar las inspecciones al sistema de medición al personal de la empresa de distribución.
5. Por realizar cambios significativos al sistema fotovoltaico, como la ampliación de la capacidad nominal instalada inicial del proyecto sin previa autorización de la empresa distribuidora.
6. Manipulación e intervención del sistema de medición, previa comprobación.
7. Cuando el consumidor cambie su condición a usuario no regulado.
8. Comercializar energía a terceros





CAPÍTULO II – CONDICIONES GENERALES PARA LA PARTICIPACIÓN DE CONSUMIDORES CON μ 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 μ SFV DE BAJA CAPACIDAD

La energía producida por el consumidor con μ 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:

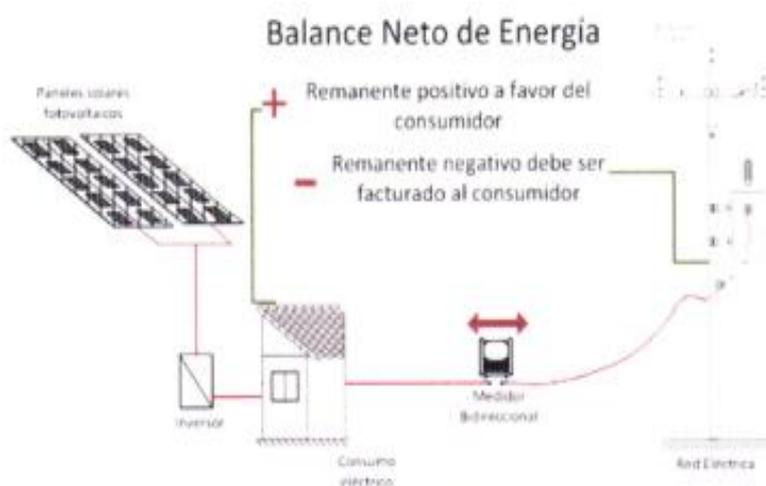


Figura 2. Balance Neto

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 μ 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 μ SFV dentro de los diez (10) primeros días

Sesión de Directorio de 22 de octubre de 2018

Página 11 de 41



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

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

ΔE : Resultado del balance neto < 0; remanente negativo

ΔE : 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 μ 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 μ 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 μ SFV, luego de lo cual empieza nuevamente un similar mecanismo desde cero, hasta que exista una causal de desconexión del μ 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 μ 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 μ 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 μ SFV.
- Los consumidores con μ SFV deberán cancelar mensualmente el cargo de comercialización
- El consumidor con μ 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 μ SFV deberá cancelar los rubros de basura y bomberos en función de las ordenanzas emitidas para el efecto.





- Los excedentes de energía del consumidor con μ SFV, constarán en el detalle adjunto a la factura.

En la factura mensual que emita la empresa de distribución deberá adjuntarse un detalle con el resumen de la energía consumida y generada por el consumidor con μ SFV, el balance neto de energía realizado por la empresa, y el saldo en energía a favor del consumidor en caso de que existiera, tal como consta en el Anexo 6 de esta Regulación.

Si se da de baja el suministro y luego de la liquidación existe un crédito energético a favor del consumidor, éste no recibe ninguna compensación.

12.2 CONSUMIDORES CON μ SFV QUE NO DESEEN CONECTARSE A LA RED

Los consumidores con μ SFV, cuyo funcionamiento sea únicamente para autoconsumo, y que no trabajen en sincronismo con la red de distribución, no estarán sujetos a las condiciones establecidas en la presente Regulación.

CAPÍTULO III – ASPECTOS TÉCNICOS

13 CALIDAD DEL PRODUCTO

Los parámetros técnicos de los consumidores con μ SFV, en el punto de conexión al sistema de distribución, serán los señalados en la Regulación de Distribución.

14 CONDICIONES PARA LA CONEXIÓN DEL CONSUMIDOR CON SFV A LA RED

El consumidor será el responsable de la instalación de todos los equipos de conexión, supervisión, protección y del μ SFV, de acuerdo a las disposiciones y recomendaciones emitidas por parte de la empresa de distribución en su informe técnico de aprobación.

Para la instalación del μ SFV, se deberá observar lo indicado en el Anexo 2 de la presente Regulación, además se observará los procedimientos y requisitos técnicos emitidos por parte de las empresas de distribución para este efecto.

15 SISTEMA DE MEDICIÓN

La empresa distribuidora será la encargada de la adquisición, calibración, instalación e instalación el equipo de medición, el consumidor deberá cancelar el diferencial de costo del equipo de medición en relación con el que la empresa distribuidora instalaría a un usuario de esa categoría sin μ SFV, el pago será saldado en la primera factura de consumo, emitida por la empresa distribuidora. En caso de que se dé de baja el suministro, el medidor pasa a ser propiedad de la empresa distribuidora.





La empresa de distribución instalará el sistema de medición conforme a los parámetros descritos en el Anexo 2 de la presente Regulación en lo que fuera aplicable para cada consumidor y demás condiciones que para el efecto puedan ser requeridas.

El consumidor con μ SFV deberá mantener en correctas condiciones de uso al equipo de medición.

Los aspectos relacionados con el proceso de medición deberán sujetarse a lo establecido en la Regulación de Distribución.

15.1 UBICACIÓN DEL PUNTO DE MEDICIÓN.

El equipo de medición se ubicará conforme a los diseños aprobados por la empresa de distribución, tomando en cuenta que debe existir la facilidad de toma de lecturas mensuales y de actividades de control.

En el caso que por algún evento o condición se requiera cambiar la ubicación de un punto de medición ya instalado, será necesario el conocimiento y aprobación previos de la empresa de distribución.

15.2 PROCEDIMIENTO EN CASO DE FALLAS DE FUNCIONAMIENTO O ERRORES DE MEDICIÓN.

En caso de que los equipos de medición presenten fallas de funcionamiento, que impliquen que se deje de registrar o que se detecten registros erróneos, el consumidor con μ SFV deberá informar de manera inmediata a la empresa de distribución. En el caso de ser la empresa de distribución quien detectare la falla de funcionamiento y/o errores de medición, informará al consumidor acerca de la ocurrencia de este evento.

Identificada la falla, la empresa de distribución, procederá a la intervención sobre los equipos de medición y establecerá la necesidad de realizar una verificación posterior sobre los equipos.

El plazo máximo para solventar estas fallas, en caso de que no se requiera un reemplazo de equipos será de 48 horas. En caso que se requiera la sustitución temporal o definitiva del equipamiento, los plazos máximos para la normalización del punto de medición serán:

Medidor	60 días
Otro equipamiento	10 días

Mientras se reemplazan los equipos defectuosos, para efectos de liquidación y facturación se utilizará el valor equivalente al promedio del registro histórico de consumos y excedentes entregados en los seis meses inmediatamente anteriores.

En el caso de que se hayan superado los plazos antes señalados, la empresa de distribución presentará un informe a la ARCONEL, previo al inicio las acciones establecidas en el contrato de suministro.





16 OBLIGACIONES DEL CONSUMIDOR CON μ SFV

Son obligaciones del consumidor con μ SFV, a más de las establecidas en la Ley y normativa vigente para el efecto, las siguientes:

1. Participar y prestar todas las facilidades para el cumplimiento de los procedimientos de verificación, intervención y sellado de los equipos de medición y del μ SFV.
2. Permitir la verificación planificada o a petición del distribuidor del μ SFV y los equipos de medición, según lo establecido en la presente Regulación.
3. Llevar un programa periódico de mantenimiento del μ SFV y del medidor, según las recomendaciones de los fabricantes.
4. Velar por la integridad de los sellos de seguridad, los parámetros internos de programación del sistema de medición, así como la información residente en éste.
5. Reportar oficialmente a la empresa de distribución cualquier anomalía que observe sobre los equipos de medición en un plazo máximo de 24 horas.
6. Conservar la documentación técnica original del μ SFV y demás información relativa a su participación como consumidor con μ SFV.

17 OBLIGACIONES DE LA EMPRESA DE DISTRIBUCIÓN

Sin perjuicio de lo establecido en la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, su Reglamento y Regulaciones y Título Habilitante, la empresa de distribución, con base en la aplicación de la presente Regulación, tiene las siguientes responsabilidades:

1. Adquirir, calibrar, instalar el sistema de medición.
2. Supervisar el correcto funcionamiento del sistema de medición, según los procedimientos propios de la distribuidora.
3. Realizar la lectura y descarga de los puntos de medición conforme lo establecido en la normativa.
4. Elaborar un plan anual de verificaciones de los equipos de medición.
5. Oficializar los equipos de medición con base a los resultados de los procesos de verificación y/o intervención, definidos en la normativa.
6. Informar al Ministerio Rector y a ARCONEL acerca del incumplimiento de disposiciones contenidas en la presente Regulación por parte del consumidor con μ SFV.





7. Otras señaladas en la presente Regulación.

18 DISPOSICIONES GENERALES

Primera: El proceso de facturación se sujetará a lo establecido en la Regulación de Distribución.

Segunda: Se modifica el Anexo de la Regulación No. 002/18, Modelo de contrato de suministro de energía eléctrica, denominado "MODELO DE CONTRATO DE SUMINISTRO ELÉCTRICO PARA CONSUMIDORES REGULADOS" que incluye a los consumidores regulados con μ SFV, que se adjunta en el Anexo 4, de esta regulación, se mantiene el depósito en garantía del contrato de suministro anterior.

Tercera: Los consumidores con μ SFV cumplirán con lo establecido en la Regulación de Distribución.

Cuarta: Los consumidores que cuenten con antelación con un sistema de medición conforme a lo establecido en la presente regulación y que tengan interés en instalar un μ SFV, no deberán reemplazar dicho sistema.

Quinta: Se modifica el Anexo de la Regulación No. ARCONEL 005/15, Modelo de factura para el pago de los servicios públicos de energía eléctrica y alumbrado público general, reformando el modelo de factura, conforme a lo señalado en el Anexo 6 de la presente regulación.

19 DISPOSICIÓN TRANSITORIA

Primera: Hasta que se emita la regulación sobre generación distribuida, las condiciones establecidas en esta regulación para el desarrollo, implementación y participación de consumidores que cuenten con sistemas fotovoltaicos de hasta 100 kW de capacidad nominal, serán aplicables para consumidores residenciales que tengan interés en instalar sistemas fotovoltaicos de hasta 300 kW de capacidad nominal instalada y de hasta 500 kW de consumidores comerciales o industriales

Certifico que la presente Regulación fue aprobada por el Directorio de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad -ARCONEL-, en sesión del 22 de octubre de 2018, con la Resolución Nro ARCONEL-042/18 debiendo señalar que la aprobación legal y definitiva se formalizará una vez que el Directorio acepte el contenido de la correspondiente acta.

Quito, 06 de noviembre de 2018.


Dra. Panova Díaz Z.
Secretaria General



Sesión de Directorio de 22 de octubre de 2018
Página 16 de 42



ANEXO 1
FORMULARIO DE PRESENTACIÓN DE SOLICITUD A LA DISTRIBUIDORA

(Nombre de la Empresa Eléctrica de Distribución)	
1.- Datos del Titular del Inmueble	
Nombres y Apellidos:	
Cédula de Identidad:	
Provincia:	
Cantón:	
Ciudad:	
Dirección:	
Teléfono de contacto:	
Correo electrónico:	
Cuenta Contrato:	
Croquis de Ubicación:	
2.- Datos Técnicos del μSVF	
Capacidad nominal instalada:	
Número de paneles:	
Potencia de los paneles:	
Tipo de Conexión	Monofásico o Trifásico
μ SVF con o sin sistema de almacenamiento	
Energía anual prevista a ser producida y excedentaria :	
Diagrama Unifilar:	
3.- Datos a ser llenados por la Empresa Distribuidora	
Número de Solicitud	
Fecha de la Solicitud	
Cuenta de Suministro	
Capacidad instalada permitida para la conexión	
Fecha de la Inspección	
Pago última factura servicio eléctrico	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
_____ Representante Empresa	_____ Cliente





ANEXO 2

CONDICIONES TÉCNICAS

El funcionamiento del μ SFV no deberá provocar daños, alteración en los niveles de seguridad de la red, variación en los niveles de voltaje sobre los valores permitidos establecidos en este anexo y demás aspectos relacionados con temas de calidad y condiciones de seguridad establecidos en la normativa vigente.

El μ SFV, no deberá generar condiciones de inseguridad para el personal de mantenimiento y operación de las redes de distribución.

En caso la red primaria de distribución, a la cual se encuentra asociado el μ SFV, se encuentre sin flujo de potencia y energía, ya sea por causas relacionadas con la operación de los sistemas de protecciones de los primarios o secundarios, o por mantenimientos del sistema de distribución, el consumidor deberá desconectarse de la red.

Respecto a los temas relacionados con el funcionamiento en sincronismo a la red de distribución, el consumidor con μ SFV y la empresa de distribución deberán observar los siguientes aspectos:

1. Definición del Punto de Conexión a la Red de la empresa de distribución

Para la definición del punto de conexión del consumidor con μ SFV al sistema de distribución, se recomienda a la empresa de distribución evaluar y tomar en cuenta en lo que fuere aplicable, los siguientes aspectos:

- a) Las condiciones de conexión a la red serán establecidas considerando la potencia de la instalación fotovoltaica, la existencia de cargas sensibles en la zona de conexión (hospitales, etc.), entre otros. Se deberá considerar la capacidad térmica de transporte de la red de bajo y medio voltaje, la potencia de los transformadores de distribución, el balance de la energía en el punto de entrega, capacidad de cortocircuito, regulación de voltaje, entre otros que la empresa de distribución pueda considerar necesarios, analizando en escenarios de mínima y máxima demanda, en horarios diurno y nocturno
- b) No deberá existir intercalado, en el circuito formado desde los bornes del inversor hasta el equipo de medición, ningún equipo distinto al requerido por el sistema fotovoltaico.
- c) Se podrán intercalar instalaciones fotovoltaicas en baja o media tensión en un mismo circuito de bajo voltaje, siempre y cuando la suma de ellos no exceda los 100kW de capacidad nominal instalada. La suma de las potencias de las instalaciones conectadas a una misma red de bajo voltaje, no podrán superar la mitad de la capacidad de transporte de dicha línea en el punto de conexión. La empresa de distribución deberá evitar establecer puntos de conexión directos a los centros de transformación.
- d) El factor de potencia de la energía suministrada a la red de distribución deberá intentar llegar a la unidad. Los consumidores con μ SFV conectados en





sincronismo con la red deberán tomar las medidas necesarias para ello, ante lo cual, se deberá llegar a un acuerdo con la empresa eléctrica de distribución.

2. Requerimientos Técnicos para la Conexión con el Sistema de Distribución

- a) El consumidor con μ SFV deberá operar en el rango de voltaje entre un 90% y 110% del voltaje nominal de la red. En caso de operar fuera de este rango, se deberá calibrar las protecciones considerando un tiempo máximo para el despeje de 1 segundo.
- b) La puesta en paralelo con el sistema no deberá generar variaciones en el voltaje de la red superiores a $\pm 5\%$.
- c) La variación máxima de la frecuencia permitida en la operación en sincronismo con la red será de $\pm 0,5\text{Hz}$.
- d) Se deberán observar todos los conceptos relacionados con la calidad del servicio. Los consumidores con μ SFV deberán contar con el equipamiento necesario para efectuar maniobras de reconexión a la red de distribución sin que se produzcan daños ni sobre voltajes sobre los niveles indicados en el literal b). Igualmente, los equipos instalados deberán cumplir los límites de emisión de perturbaciones indicados en la normativa nacional.

3. Condiciones de puesta a tierra del μ SFV.

Todos los elementos metálicos relacionados con la instalación del μ SFV, tanto de la sección de corriente continua, como de la de corriente alterna, deberán estar conectadas a un único sistema de puesta a tierra; el cual, deberá ser independiente de la empresa de distribución.

Deberá efectuarse una separación galvánica entre la red de distribución de bajo voltaje y las instalaciones del sistema fotovoltaico, por medio de un transformador de aislamiento o cualquier otro medio que cumpla las mismas funciones.

4. Sistema de Protecciones

- a) El sistema de protecciones deberá garantizar la desconexión en caso de fallas, ya sean por causas internas del sistema o de la red de distribución.





- b) La instalación deberá contar con los siguientes interruptores:
1. Un interruptor termomagnético, el cual deberá tener la capacidad de operar también en forma manual, para la apertura y cierre del circuito. Éste deberá ser accesible al personal de la empresa de distribución en cualquier momento que sea requerido, a fin de efectuar una desconexión manual si es del caso. Para el dimensionamiento de este interruptor se deberá considerar las corrientes de cortocircuito determinadas por la empresa de distribución en el punto de conexión.
 2. Un Interruptor automático diferencial, el cual tiene como principal finalidad la protección de las personas, en caso exista, derivación de algún elemento o fuga de corriente en el lado de corriente continua de la instalación.
 3. Un Interruptor automático de la interconexión, para la desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de tensión o por problemas de frecuencia de la red, junto a un relé de enclavamiento.
- c) Protección para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (calibrado para 59 y 61 Hz, respectivamente) y de máximo y mínimo voltaje (+10% y -10% respecto al voltaje nominal respectivamente).

5. Sistema de Medición

Los consumidores con μ SFV deberán instalar un sistema de medición que tenga la capacidad de medir el flujo en ambos sentidos.

A continuación se sugieren especificaciones con las que deberán contar los equipos de medición, para consumidores con μ SFV, sin perjuicio de requerimientos que establezca la empresa distribuidora de acuerdo a sus requerimientos y tipo de consumidor.

- Medidor de energía activa/reactiva.
- Corriente máxima de trabajo (Clase en amperios), según normas IEC o equivalentes.
- Frecuencia de trabajo: 60 Hz.
- Precisión para energía activa y reactiva: 0,5% o mejor.
- Capacidad de almacenamiento de la información en períodos de al menos 15 minutos.
- Borneras de prueba de corrientes cortocircuitables y potencial, instaladas antes de los medidores, con los seguros correspondientes.
- Sistema de registro en memoria no volátil con una capacidad de almacenamiento de la información de 45 días corridos, para un período de integración de 15 minutos.
- Fuente auxiliar de energía (batería).
- Referencia de tiempo con reloj de cuarzo (no dependiente de la frecuencia de la red) y sincronizable localmente.
- Disponer de los protocolos certificados de ensayos en fábrica o en sitio.





PVsyst V8.0.6

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: ciudadela el condado

Variant: Nueva variante de simulación

No 3D scene defined, no shadings

System power: 11.00 kWp

San Jorge - Ecuador

| Autor(a)



Project: ciudadela el condado
 Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V6.0.6
 VCO, Simulation date:
 06/02/25 20:23
 with V6.0.6

Project summary

Geographical Site	Situation	Project settings
San Jorge	Latitude -2.05 °S	Albedo 0.20
Ecuador	Longitude -79.91 °W	
	Altitude 14 m	
	Time zone UTC-5	
Weather data		
San Jorge		
Meteonorm 6.2 (2016-2021), Sat=100% - Sintético		

System summary

Grid-Connected System	No 3D scene defined, no shadings		
Orientation #1	Near Shadings	User's needs	
Fixed plane	no Shadings	Unlimited load (grid)	
Tilt/Azimuth	12 / 0 °		
System information			
PV Array		Inverters	
Nb. of modules	20 units	Nb. of units	1 unit
Pnom total	11.00 kWp	Pnom total	12.00 kWac
		Pnom ratio	0.917

Results summary

Produced Energy	14416 kWh/year	Specific production	1311 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	84.43 %
-----------------	----------------	---------------------	-------------------	----------------	---------

Table of contents

<u>Project and results summary</u>	<u>2</u>
<u>General parameters, PV Array Characteristics, System losses</u>	<u>3</u>
<u>Main results</u>	<u>4</u>
<u>Loss diagram</u>	<u>5</u>
<u>Predef. graphs</u>	<u>6</u>
<u>Single-line diagram</u>	<u>7</u>



Project: ciudadela el condado
 Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V8.0.6
 VC0, Simulation date:
 08/02/25 20:23
 with V8.0.6

General parameters

Grid-Connected System	No 3D scene defined, no shadings	
Orientation #1	Sheds configuration	Models used
Fixed plane	No 3D scene defined	Transposition Perez
Tilt/Azimuth 12 / 0 °		Diffuse Perez, Meteonorm
		Circumsolar separate
Horizon	Near Shadings	User's needs
Free Horizon	no Shadings	Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

PV module		Inverter	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	Mono 550 Wp Twin half-cells bifacial	Model	12 kWac Inverter with 2 MPPT
	(Original PVsyst database)		(Original PVsyst database)
Unit Nom. Power	550 Wp	Unit Nom. Power	12.0 kWac
Number of PV modules	20 units	Number of inverters	2 * MPPT 50% 1 unit
Nominal (STC)	11.00 kWp	Total power	12.0 kWac
Modules	2 string x 10 In series	Operating voltage	350-600 V
At operating cond. (50°C)		Pnom ratio (DC:AC)	0.92
Pmpp	10.09 kWp	No power sharing between MPPTs	
U mpp	376 V		
I mpp	27 A		
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	11 kWp	Total power	12 kWac
Total	20 modules	Number of inverters	1 unit
Module area	51.7 m²	Pnom ratio	0.92
Cell area	47.7 m²		

Array losses

Thermal Loss factor		DC wiring losses		Module Quality Loss				
Module temperature according to irradiance		Global array res.	232 mΩ	Loss Fraction	-0.4 %			
Uc (const)	20.0 W/m²K	Loss Fraction	1.5 % at STC					
Uv (wind)	0.0 W/m²K/m/s							
Module mismatch losses								
Loss Fraction	2.0 % at MPP							
IAM loss factor								
Incidence effect (IAM): Fresnel, AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.963	0.892	0.814	0.679	0.438	0.000



PVsyst V6.0.6
 VCO, Simulation date:
 06/02/25 20:23
 with V6.0.6

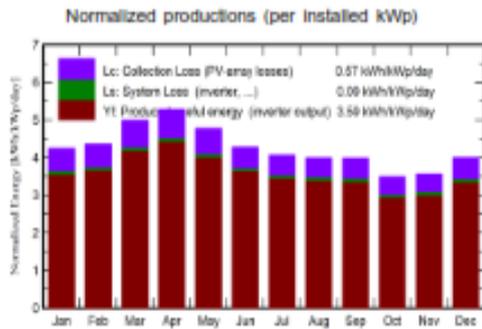
Main results

System Production
 Produced Energy

14415 kWh/year

Specific production
 Perf. Ratio PR

1311 kWh/kWp/year
 84.43 %

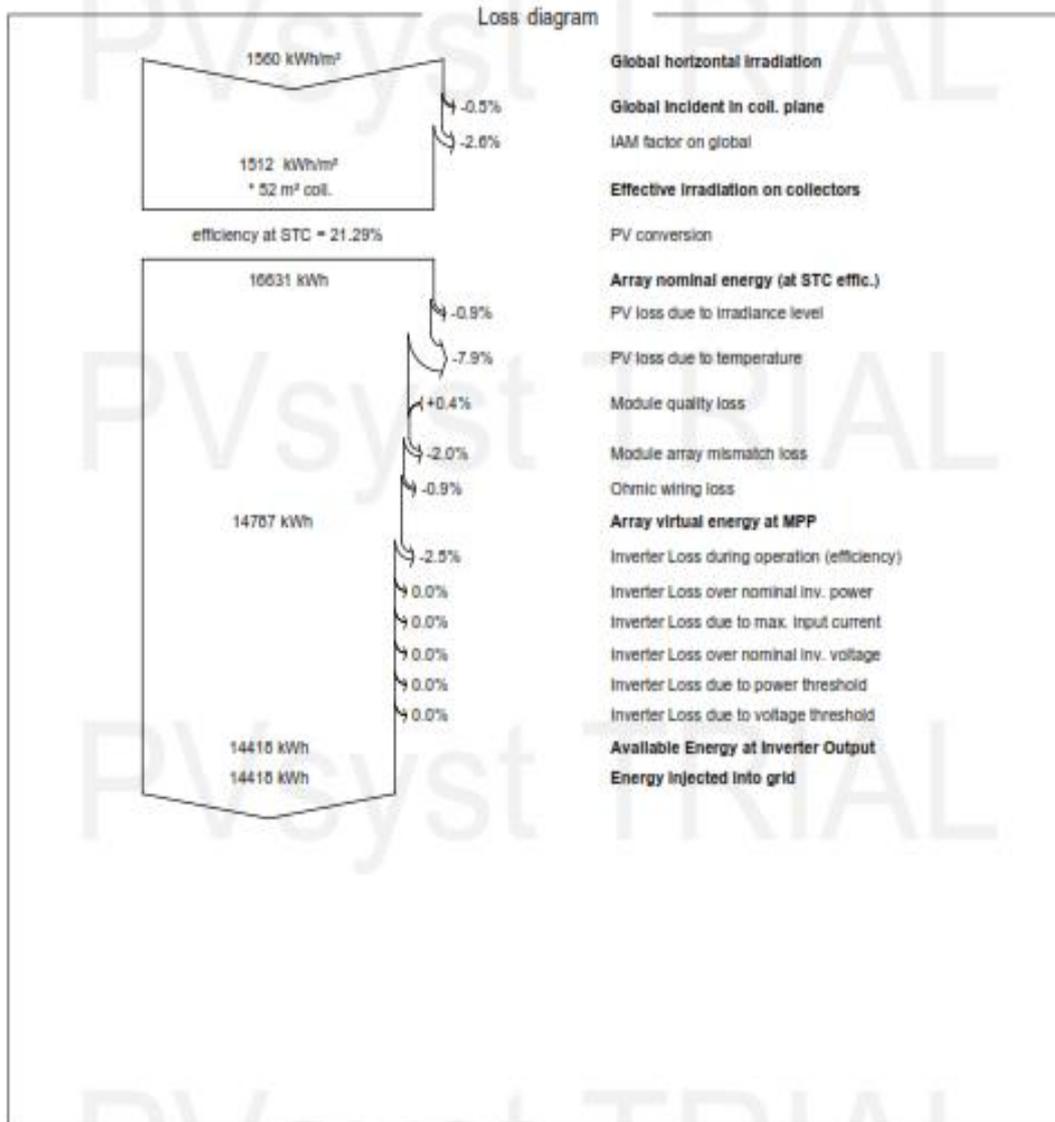


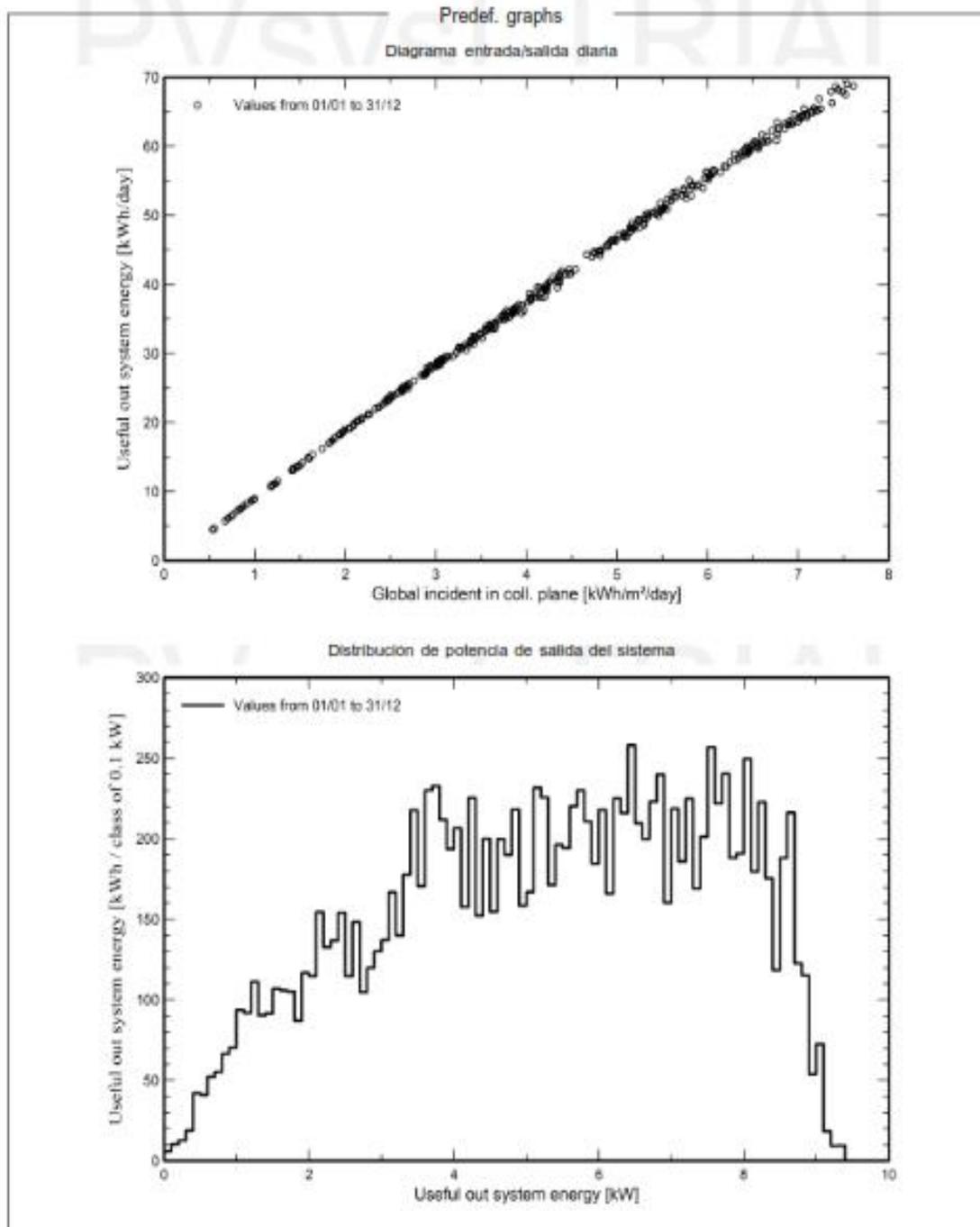
Balances and main results

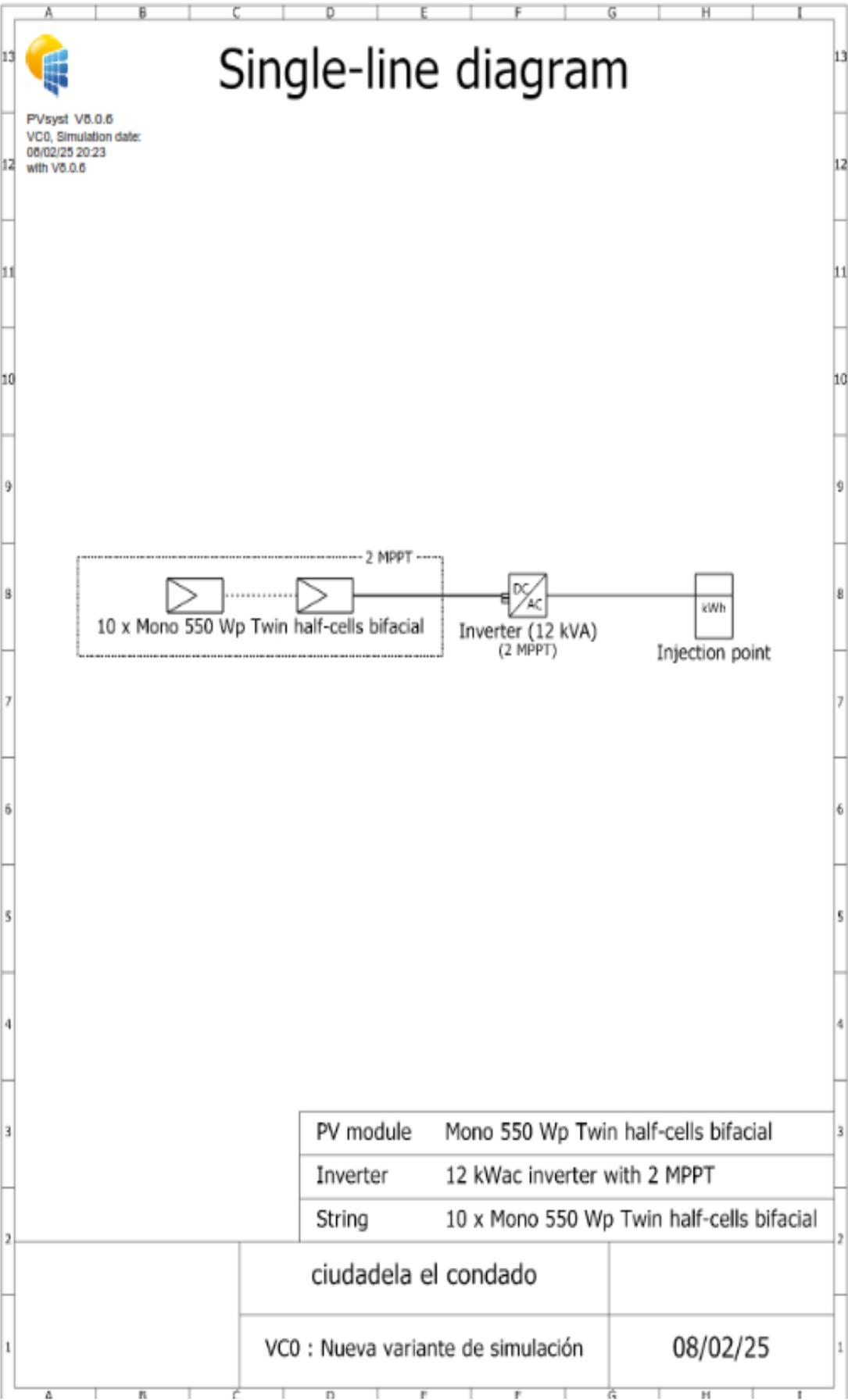
	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR ratio
January	142.0	79.80	26.61	131.5	127.7	1248	1217	0.839
February	128.0	77.09	26.46	121.9	118.4	1158	1130	0.843
March	156.8	88.98	27.01	155.0	151.2	1483	1429	0.839
April	154.2	81.94	26.68	155.5	155.1	1499	1464	0.840
May	139.6	70.18	26.41	148.1	144.8	1405	1370	0.841
June	121.0	70.87	24.80	128.8	125.5	1234	1203	0.851
July	119.7	70.78	24.46	126.2	123.2	1211	1181	0.851
August	120.5	78.85	24.13	123.7	120.7	1191	1161	0.853
September	119.2	72.34	24.13	119.5	116.4	1143	1113	0.846
October	111.9	71.44	24.49	108.4	105.3	1035	1006	0.844
November	113.9	69.79	24.68	107.0	103.7	1022	994	0.845
December	133.8	86.90	26.54	123.9	119.8	1177	1148	0.842
Year	1560.4	918.96	25.53	1552.5	1511.7	14786	14415	0.844

Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		







Referencias Bibliográficas

- Almedia, A. (2020). *Energy efficiend off grid systems*.
- amores, C. (2008). *Sintesis y caracterizacion de materiales nanometricos para su aplicacion en baterias recargables de ion litio y plomo acido*. universidad de cordoba.
- Castro, K. T. (2021). *Microgeneracon de energia eolica en u entorno oscoso en Costa Rica: estudio de caso*.
- Cerda. (2012). *energia obtenida a partir de biomasa*. Cuadernos económicos de ICE, (83).
- Chinchilla Ríos, S. E. (2022). *Propuesta de sostenibilidad para la utilización de energía fotovoltaica en zonas residenciales de Bogotá. Un estudio de caso para el Conjunto Residencial Ciudad Tintal 2 Etapa 2*.
- Chungara, M. (2022). *Plan de asignatura y plan de secuencia didactica de hidraulica I*.
- CONTRERAS, I. S. (2022). *Validación Experimental y en Tiempo Real de un Sistema de Conversión de Energía Fotovoltaica Interconectado a una Red Desbalanceada (Doctoral dissertation. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO*.
- Córdova, I. (2019). *Microgeneración fotovoltaica con el software PVSYST en el centro poblado San Marcos – Lambayeque*. Peru: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Coronado Arvayo, L. &. (2024). *Coronado Arvayo, L., & Galeana Pizaña, J. M. (2024). Una aproximación geoespacial para la estimación de la generación de energía fotovoltaica en Sonora*. Investigaciones geográficas, (113).
- Cuesta, C. (2024). *Comparariva de suministro energetico a una vivienda unifamiliar mediante energia eolica y fotovoltaica*.
- Erazo, O. (2022). *Proyecto para la instalación y equipamiento eléctrico fotovoltaico para el suministro de energía solar para 26 viviendas en el recinto Estero de*

Dama Alto de la provincia de los Ríos. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

García Gutiérrez, S. (2022). *Análisis de la viabilidad de instalación de una central geotérmica para el aprovechamiento eléctrico de los recursos geotérmicos en la isla de La Palma*. Análisis de la viabilidad de instalación de una central geotérmica para el aprovechamiento eléctrico. Universitat Politècnica de València.

Gielen, D. B. (2019). The role of renewable energy in the global energy transformation. *Energy Strategy Reviews*, 38-50.

Gonzales, A. (2020). *Diseño e implementación de un sistema de detección de sombras y polvo en paneles solares usando tratamiento de imagen por medio de redes convolucionales.*

Hassan, Q. T.-M. (2022). A review of green hydrogen production based on solar energy; techniques and methods. *Environmental and Health Sciences*, 134-150.

Hilario Antonio, M. P. (2021). *Análisis de sistema de energía eléctrica utilizando celdas fotovoltaicas en las zonas rurales de la región Junín.*

IEA, A. I. (2022). *World Energy Outlook 2022.* París, Francia: IEA.

IRENA, A. I. (2021). *Estadísticas de Capacidad Renovable 2021.* Abu Dabi, Emiratos Árabes Unidos: IRENA.

Martell, D. (2017). *Propuesta de estudio de factibilidad de inversión de central mareomotriz con incremento de la diferencia de temperatura.*

MATO, F. A. (2023). *Sistema divisor espectral para el aprovechamiento máximo de la energía en la conversión fotovoltaica.*

Mesa, A. G. (2024). *Implementación de un módulo de simulación de sistemas serie paralelo de paneles solares y batería para el cálculo y análisis de variables eléctricas.*

- Moreno, Y. (2020). *Modelado, dimensionamiento y aplicacion de una bateria de flujo redox de vanadio*. Universidad politecnica de Catalunya.
- Nobel, C. d. (1921). *Nobel Prize Organization*. Fonte: Nobel Prize Organization: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1921/summary/>
- Pacheco González, S. (2023). *Estudio energético ambiental y económico de la influencia del sistema de condensación en la operación de la central eléctrica de biomasa de Logrosán*.
- Pine, W. (2022). *Estudio de la calidad de energía eléctrica en el sistema eléctrico de la planta Cautivo de Refinería La Libertad, en la provincia de Santa Elena*. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Pozo, M., & Paredes, L. (2021). Movilidad Eléctrica y Eficiencia Energética en el Sistema de Transporte Público del Ecuador un Mecanismo para Reducir Emisiones de CO2. *Revista Técnica energía*, 1-9.
- Salazar, G. (2014). Análisis de la Evolución de la Demanda Eléctrica en el Ecuador Considerando el Ingreso de Proyectos de Eficiencia Energética. *Revista Politécnica*, 1-10.
- Serna, A. (2024). *La captura del viento: Energía eólica y la política de la renta de Istmo de Tehuantepec, Mexico*. The Journal of Latin American and Caribbean Anthropology.
- Solar, D. (2020). *Paneles solares monocristalinos*.
- Systems, F. I. (2023). *Solar Photovoltaics: Report on Global Market Trends and Technologies 2023*. Friburgo, Alemania: Fraunhofer ISE.
- Urbano, B. (2013). *Estudio comparativo entre variables fotovoltaicas de dos sistemas de paneles solares (monocristalino y policristalino) en Bogotá*.
- Velis, A. (2024). *Implementación de sistema de control de orientación de Paneles Solares Fotovoltaicos*.



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **MUNIZAGA CADENA ADRIANA ISABEL**, con C.C: # **0931374615** autor del trabajo de titulación: **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO HÍBRIDO CON AUTONOMÍA HASTA 6 HORAS PARA DISMINUIR EL CONSUMO ELÉCTRICO EN HORARIO DIURNO Y RESPALDAR LAS CARGAS CRÍTICAS EN UNA VIVIENDA UBICADA EN LA URB. EL CONDADO** previo a la obtención del título de **INGENIERO ELÉCTRICO** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

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

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

Guayaquil, **19 de febrero de 2025**

f. _____

Nombre: **MUNIZAGA CADENA ADRIANA ISABEL**

C.C: 0931374615



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **PARRALES PANCHANA ABEL HENRY**, con C.C: # **0921372165** autor del trabajo de titulación: **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO HÍBRIDO CON AUTONOMÍA HASTA 6 HORAS PARA DISMINUIR EL CONSUMO ELÉCTRICO EN HORARIO DIURNO Y RESPALDAR LAS CARGAS CRÍTICAS EN UNA VIVIENDA UBICADA EN LA URB. EL CONDADO** previo a la obtención del título de **INGENIERO ELÉCTRICO** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

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

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

Guayaquil, **19 de febrero de 2025**

f. _____

Nombre: **PARRALES PANCHANA ABEL HENRY**

C.C: 0921372165

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TEMA Y SUBTEMA:	"Estudio de factibilidad de un sistema solar fotovoltaico híbrido con autonomía hasta 6 horas para disminuir el consumo eléctrico en horario diurno y respaldar las cargas críticas en una vivienda ubicada en la Urb. El Condado"		
AUTOR(ES)	MUNIZAGA CADENA ADRIANA ISABEL, PARRALES PANCHANA ABEL HENRY		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	ING. BONILLA SÁNCHEZ RONNIE ALEXANDER, MG.S.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Electricidad		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Eléctrico		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	19 de enero de 2025	No. DE PÁGINAS:	92
ÁREAS TEMÁTICAS:	Eficiencia Energética – Energía Renovable		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Energía solar, inversor, software PVsyst, análisis técnico		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>Este trabajo evalúa el diseño y dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico en consta de un sistema on-grid y uno off-grid logrando mejorar eficiencia en el consumo energético en una residencia de la Urbanización El Condado de Vicolinci. Se llevaron a cabo cálculos que constan de su parte teórica y simulaciones en el programa PVsyst concluyendo la cantidad necesaria de: Paneles solares, inversores y baterías, garantizando eficiencia y sostenibilidad. Dichos resultados que arrojados en el sistema on-grid sirven para reducir considerablemente la dependencia de la red eléctrica y el ahorro económico a largo plazo. En cambio, la ventaja del sistema off-grid es su suministro energético autónomo cuando no exista abastecimiento de la red para la vivienda. Juntos ambos inversores nos otorga beneficios incluyendo la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, estabilidad energética, y respaldo energético constante.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0991147747 0984322809	E-mail: abel.parrales@cu.ucsg.edu.ec adriana.munizaga@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Ubilla González Ricardo Xavier		
	Teléfono: 0999528515		
	E-mail: mailto:ricardo.ubilla@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			