



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE ELECTRICIDAD

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“MONITOREO EN TIEMPO REAL DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO
ON-GRID”**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico.

AUTORES:

Acosta Melo Francis Andres

Pinza Lozano Jefferson Adrian

TUTOR ACADÉMICO:

Ing. Proaño Maldonado Xavier Alfonso M.Sc.

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto 2023



DECLARACIÓN DE AUDITORÍA

Nosotros **ACOSTA MELO FRANCIS ANDRES** y **PINZA LOZANO JEFFERSON ADRIAN** declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “**MONITOREO EN TIEMPO REAL DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO ONGRID**”, siendo el Ing. **PROAÑO MALDONADO XAVIER ALFON** el tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Acosta Melo Francis Andres

C.C. 185003827-2

Pinza Lozano Jefferson Adrian

C.C. 050423662-1



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad del Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“MONITOREO EN TIEMPO REAL DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO ONGRID”, de **ACOSTA MELO FRANCIS ANDRES** y **PINZA LOZANO JEFFERSON ADRIAN**, de la carrera de Ingeniería en Electricidad, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto,2023

Tutor

Ing. Xavier Alfonso Proaño Maldonado M. Sc.
C.C. 050265642-4



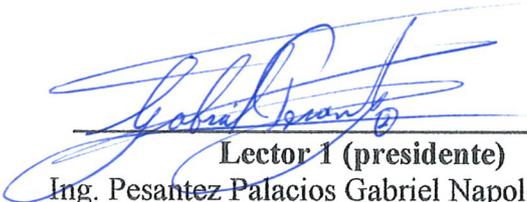
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: **ACOSTA MELO FRANCIS ANDRES** y **PINZA LOZANO JEFFERSON ADRIAN** con el título de Proyecto de titulación: **“MONITOREO EN TIEMPO REAL DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO ONGRID”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto, 2023

Para constancia firman:



Lector 1 (presidente)
Ing. Pesantez Palacios Gabriel Napoleón. M. Sc.
CC: 030189388-9



Lector 2
MBA. Estupiñan Tello Diego Enrique.
CC: 050165650-8



Lector 3
Ing. León Segovia Marco Anibal M.Sc.
CC: 050230540-2



AVAL DE ACEPTACIÓN

Mediante el presente pongo a consideración que los señores estudiantes **ACOSTA MELO FRANCIS ANDRES** y **PINZA LOZANO JEFFERSON ADRIAN**, realizaron su tesis a beneficio de la Universidad Técnica De Cotopaxi con el tema: **“MONITOREO EN TIEMPO REAL DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO ONGRID”**, trabajo que fue presentado y probado de manera satisfactoria.

Tutor

Ing. Xavier Alfonso Proaño Maldonado M. Sc.
C.C. 050265642-4



AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi tutor de tesis, el Ing. Xavier Alfonso Proaño Maldonado M. Sc., por su incansable apoyo, orientación y valiosa retroalimentación durante todo el proceso de investigación y redacción de esta tesis. Su sabiduría y paciencia han sido fundamentales para alcanzar esta meta.

Deseo expresar mi gratitud a la Universidad Técnica de Cotopaxi por proporcionarme las instalaciones para formarme.

No podría haber alcanzado esta meta sin el incondicional apoyo de mi familia. Agradezco a mis padres, por su amor, comprensión y constante aliento en cada etapa de mi vida académica.

Finalmente, quisiera reconocer y agradecer a todos aquellos que, directa o indirectamente, han contribuido al desarrollo de esta tesis. Su apoyo ha sido invaluable y ha dejado una huella imborrable en mi vida académica y personal.

Francis Andres Acosta



AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento en primer lugar, a mi familia, el pilar fundamental en mi vida. A mis queridos padres Fredy Pinza y Marisol Lozano, quienes desde el principio creyeron en mí y me han brindado todo su respaldo. Su sacrificio, dedicación y valores han sido la fuerza que me ha impulsado a llegar hasta aquí y se ve reflejada en mi título. A mis hermanos Gabriela, Andrea y Camilo, por su compañía y ánimo en cada etapa de mi vida, y por ser una fuente constante de inspiración.

A mis amigos, quienes han sido mi red de apoyo emocional y han compartido tanto momentos de alegría como de dificultad. Sus palabras alentadoras y su presencia constante han sido un recordatorio de que no estoy solo en este camino.

A Andres gracias por estar ahí en las buenas y malas fuiste un excelente amigo y compañero de tesis.

Además, quiero agradecer a mis profesores por su experta orientación y valiosas sugerencias

Este logro también pertenece a cada persona que ha cruzado mi camino y ha dejado una huella positiva en mi vida. Cada conversación, cada consejo y cada sonrisa han contribuido a mi crecimiento personal y académico.

¡Gracias a todos!

Jefferson Adrian



DEDICATORIA

Dedico mi tesis con toda gratitud en primer lugar a DIOS, a mis padres Fredy y Marisol por su sacrificio y esfuerzo, por darme una carrera para mi futuro, cuyo amor y apoyo incondicional han sido la base fundamental de mis logros en este viaje de conocimiento y crecimiento.

A mis hermanos, por su complicidad y alegría compartida en cada paso que ayuda alcanzar el éxito.

A mis amigos, quienes han sido faro de luz en los momentos oscuros y compañeros en los momentos de celebración en la casona y licor house. Vuestra amistad ha sido un regalo invaluable.

A mis abuelitos este trabajo es el resultado de un esfuerzo constante, pero también es un tributo a su amor incondicional y sabiduría.

Cada logro que logré lleva un poco de su amor y guía. Sus valores, sus historias y su apoyo silencioso han sido un faro en mi camino académico y personal.

Aunque no estén físicamente conmigo, siento su presencia en cada paso que doy. Esta dedicatoria es un humilde homenaje a ustedes.

Con gratitud sincera,

Jefferson Adrian



ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	¡Error! Marcador no definido.
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xvii
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. INTRODUCCIÓN	2
2.1. EL PROBLEMA	2
2.1.1. Situación Problemática	2
2.1.2. Formulación del Problema	3
2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN	3
2.3. BENEFICIARIOS.....	4
2.3.1. Beneficiarios directos	4
2.3.2. Beneficiarios indirectos	4
2.4. JUSTIFICACIÓN	4
2.5. HIPÓTESIS.....	5
2.6. OBJETIVOS	5
2.6.1. Objetivo General	5
2.6.2. Objetivos Específicos	5
2.7. SISTEMA DE TAREAS.....	6
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
3.1. ANTECEDENTES.....	7
3.2. ENERGIA RENOVABLE.....	11



3.2.1. Energía solar.....	12
3.2.2. Principales tipos de energía fotovoltaicos	13
3.2.3. Movimiento del sol.....	13
3.2.4. Radiación solar	14
3.3. SISTEMA FOTOVOLTAICO	14
3.4. TENDENCIAS ACTUALES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	15
3.4.1. Digitalización	15
3.4.2. Mejoras impulsadas por la inteligencia artificial.....	15
3.4.3. Plantas fotovoltaicas sin operadores.....	16
3.4.4. Apoyo proactivo a las redes eléctricas	16
3.4.5. Solar más almacenamiento	16
3.4.6. Centrales eléctricas virtuales	16
3.4.7. Seguridad activa	17
3.4.8. Mayor densidad de potencia.....	17
3.4.9. Diseño modular	17
3.4.10. Seguridad y confianza	18
3.5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	18
3.5.1. Ventajas de los sistemas fotovoltaicos	18
3.5.2. Desventajas de los sistemas fotovoltaicos.....	18
3.6. TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	19
3.6.1. Sistemas fotovoltaicos Off-Grid.....	19
3.6.2. Sistema fotovoltaico On-Grid.....	20
3.6.3. Sistemas fotovoltaicos Híbrido.....	20
3.7. ELEMENTOS PARA EL SISTEMA ON GRID	21
3.7.1. Inversor ON GRID	21
3.7.2. Como funciona el Inversor On-Grid.....	22
3.7.3. Partes fundamentales que componen un inversor	22



3.7.4. Paneles fotovoltaicos	24
3.7.5. Características eléctricas de los paneles fotovoltaicos	25
3.8. INCORPORACIÓN DE ENERGÍA DEL SISTEMA ON-GRID A LA RED	26
3.9. FACTOR DE EMISIÓN DE CO ₂ QUE SE CONSIDERA PARA PROYECTOS DE GENERACIÓN RENOVABLE	27
3.10. FUNDAMENTOS TEÓRICOS PARA EL ANÁLISIS DE RENTABILIDAD	27
3.10.1. Valor actual neto (VAN)	27
3.10.2. Tasa interna de retorno (TIR)	28
4. MATERIALES Y MÉTODOS	30
4.1. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	30
4.1.1. Método Experimental:	30
4.1.2. Método Descriptivo	30
4.1.3. Método Cuantitativo	30
4.2. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	30
4.2.1. Investigación Bibliográfica	30
4.2.2. Investigación Descriptiva	31
4.3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA	31
4.3.1. Técnicas de instrumentos para recolectar información	31
4.3.2. Técnicas para el procedimiento y análisis de datos	31
4.4. METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DEL PROTOTIPO	32
4.5. METODOLOGIA DE LA APLICACIÓN DE MONITOREO	34
4.5.1. Obtención de las librerías para la comunicación	34
4.5.2. Obtención de los valores	34
4.5.3. Conexiones y comunicación con la base de datos	35
4.5.4. Comunicación la base de datos con Grafana	36
4.6. METODOLOGIA DEL ANÁLISIS ECONÓMICO	37
4.6.1. Recopilación de la demanda residencial Latacunga	38



4.6.2. Recopilación de la demanda residencial en Ambato	39
4.6.3. Parámetros técnicos y costos del sistema fotovoltaico On-Grid	40
4.6.3.1. Paneles fotovoltaicos	40
4.6.3.2. Inversor	41
4.6.3.3. Características y datos técnicos-económicos de los equipos	41
4.6.3.4. Extracción de la energía producida en las diferentes ciudades.....	42
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	44
5.1. DATOS OBTENIDO A TRAVEZ DE LA APLICACIÓN DEL MONITOREO....	44
5.2. BENEFICIO DE LA APLICACIÓN DE MONITOREO.....	46
5.3. BENEFICIO Y VIABILIDAD DEL PROYECTO CON ALMACENAMIENTO ..	47
5.3.1. Latacunga Caso 1	47
5.3.2. Ambato Caso 1	48
5.4. BENEFICIO Y VIABILIDAD DEL PROYECTO SIN ALMACENAMIENTO	51
5.4.1. Latacunga Caso 2	51
5.4.2. Ambato Caso 2	53
6. CONCLUSION ES Y RECOMENDACIONES	56
6.1. CONCLUSIONES	56
6.2. RECOMENDACIONES	57
7. REFERENCIAS.....	58
ANEXOS	64



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Comparación de la causas y consecuencias que produce la incorporación de energía del sistema On-Grid a la red eléctrica.....	26
Tabla 5.1 Validación de datos obtenidos del inversor.	44
Tabla 5.2 Potencia máxima y mínima recolectada del inversor.	45
Tabla 5.3 Fujo de caja Latacunga caso 1.	48
Tabla 5.4 Fujo de caja Ambato caso 1.....	49
Tabla 5.5 Comparativa del VAN y TIR Latacunga caso 1.	50
Tabla 5.6 Comparativa del VAN y TIR Ambato caso 1.....	51
Tabla 5.7 Fujo de caja Latacunga caso 2.	52
Tabla 5.8 Fujo de caja Ambato caso 2.....	53
Tabla 5.9 Comparativa del VAN y TIR Latacunga caso 2.	54
Tabla 5.10 Comparativa del VAN y TIR Ambato caso 2.....	54



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Movimiento del sol	13
Figura 3.2 Efecto fotovoltaico	14
Figura 3.3 Sistemas fotovoltaicos Off-Grid	19
Figura 3.4 Sistemas fotovoltaicos On-Grid	20
Figura 3.5 Sistemas fotovoltaicos Híbrido	21
Figura 3.6 Grafica potencia tiempo del sistema On-Grid	22
Figura 3.7 Curva de Intensidad-Tensión (I-V)	24
Figura 3.8 Curva Intensidad-Voltaje en diferentes irradiaciones	25
Figura 3.9 Curva Intensidad-Voltaje en diferentes irradiaciones	26
Figura 4.1 Esquema del sistema On-Grid.....	33
Figura 4.3 Estructura que compone el sistema On-Grid.....	33
Figura 4.4 Estructura del funcionamiento de la aplicación de monitoreo	36
Figura 4.5. Estructura del modelo planteado	38
Figura 4.6 Demanda residencial en Latacunga	39
Figura 4.7 Demanda residencia em Ambato.....	40
Figura 5.1 Validación de datos del inversor con la aplicación del monitoreo.....	44
Figura 5.2 Potencia del inversor.	45
Figura 5.3 El total de emisiones en CO2 dejadas de emitir al medio ambiente.	55



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TEMA: “MONITOREO EN TIEMPO REAL DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO ON GRID”

Autores:

Acosta Melo Francis Andres

Pinza Lozano Jefferson Adrian

Tutor:

Ing. Xavier Alfonso Proaño Maldonado M.Sc.

RESUMEN

En el presente documento se detalla un análisis exhaustivo de la viabilidad económica de instalar sistemas de energía solar fotovoltaica con y sin almacenamiento en las áreas de Latacunga y Ambato en Ecuador. Se emplea un módulo fotovoltaico que emula el comportamiento del sistema On-Grid, y se monitorean en tiempo real parámetros como voltaje, potencia, corriente, factor de potencia y consumo de energía. Para el seguimiento, se utiliza Python y MySQL para el almacenamiento de datos, conectados a Grafana para visualizar la información. Se evalúan diversos escenarios considerando la capacidad pico de los paneles solares y el almacenamiento en baterías de gel, junto con un análisis financiero. Los resultados muestran que en Latacunga, el sistema On-Grid no resulta rentable en ninguna circunstancia, con Valores Actuales Netos (VAN) de -2503.4, -2333.09559 y -2830.67688, y Tasas Internas de Retorno (TIR) de -4%, -2% y -2%. Por otro lado, en Ambato, un sistema sin almacenamiento podría ser viable con una mayor capacidad pico, recuperando la inversión en 25 años, con VAN de -1115.3, -424.7 y 264.7, y TIR de 3%, 6% y 8%. De igual la rentabilidad es clara en Ambato con almacenamiento, pero en Latacunga no es rentable usar baterías, no se recupera la inversión. El estudio resalta la relevancia de considerar las condiciones climáticas y geográficas al evaluar proyectos de energía solar. Además, enfatiza la necesidad de explorar y adoptar tecnologías de almacenamiento más eficientes y duraderas para mejorar la rentabilidad a largo plazo.

Palabras Clave: On-Grid, Monitoreo, Radiación, Rentable, Económica, Fotovoltaica, Sostenibilidad.



COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

Title: " REAL-TIME MONITORING OF AN ON-GRID PHOTOVOLTAIC SYSTEM "

Authors:

Acosta Melo Francis Andres

Pinza Lozano Jefferson Adrian

Tutor:

Ing. Xavier Alfonso Proaño Maldonado M.Sc.

ABSTRACT

This paper details a comprehensive analysis of the economic feasibility of installing solar PV systems with and without storage in the areas of Latacunga and Ambato in Ecuador. A photovoltaic module that emulates the behaviour of the On-Grid system is used, and parameters such as voltage, power, current, power factor and energy consumption are monitored in real time. For monitoring, Python and MySQL are used for data storage, connected to Grafana to visualise the information. Various scenarios are evaluated considering the peak capacity of the solar panels and gel battery storage, together with a financial analysis. The results show that in Latacunga, the On-Grid system is not profitable under any circumstances, with Net Present Values (NPV) of -2503.4, -2333.09559 and -2830.67688, and Internal Rates of Return (IRR) of -4%, -2% and -2%. On the other hand, in Ambato, a system without storage could be viable with a higher peak capacity, recovering the investment in 25 years, with NPVs of -1115.3, -424.7 and 264.7, and IRRs of 3%, 6% and 8%. Similarly the profitability is clear in Ambato with storage, but in Latacunga it is not profitable to use batteries, the investment is not recovered. The study highlights the relevance of considering climatic and geographical conditions when evaluating solar energy projects. It also emphasises the need to explore and adopt more efficient and durable storage technologies to improve long-term profitability.

Keywords: On-Grid, Monitoring, Radiation, Profitable, Economic, Photovoltaic, Sustainability.

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **TEMA: “MONITOREO EN TIEMPO REAL DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO ON GRID”** presentado por: Acosta Melo Francis Andres y Pinza Lozano Jefferson Adrián egresados de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, perteneciente a la **Facultad De Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas** lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, agosto del 2023

Atentamente,

TANIA
ELIZABETH
ALVEAR
JIMENEZ

Firmado digitalmente
por TANIA ELIZABETH
ALVEAR JIMENEZ
Fecha: 2023.08.15
17:32:12 -05'00'



Tania Alvear Jiménez
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0503231763

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título: Monitoreo En Tiempo Real De Un Sistema Fotovoltaico On-Grid.

Tipo de Proyecto: Proyecto de Investigación.

Fecha de inicio: Abril del 2023.

Fecha de finalización: Julio del 2023.

Lugar de ejecución: Universidad Técnica de Cotopaxi.

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA).

Carrera que auspicia: Carrera de Electricidad.

Proyecto Macro Asociado: Desarrollo de sistemas eficientes para el abastecimiento y uso de energía eléctrica a nivel local, regional o nacional.

Proyecto de investigación vinculado: Desarrollo de sistemas eficientes para el abastecimiento y uso de energía eléctrica a nivel local, regional o nacional.

Equipo de Trabajo:

Grupo de Investigación: Sistemas Eléctricos de Potencia.

Tutor de Titulación: Ing. Xavier Alfonso Proaño Maldonado M.Sc.

Estudiantes: Acosta Melo Francis Andres

Pinza Lozano Jefferson Adrian

Área de Conocimiento: 07 Ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesionales Afines / 0713 Electricidad y Energía.

Línea de investigación: Energías Alternativas y Renovables, Eficiencia Energética y Protección Ambiental.

Sub líneas de investigación de la Carrera: Explotación y Diseño de Sistemas Eléctricos de Potencia Conversión y uso Racional de la Energía Eléctrica.

2. INTRODUCCIÓN

En la investigación que se presenta, se adentra en el extenso campo de las fuentes de energía renovables, así como la energía solar fotovoltaica y su potencial como una fuente de energía sostenible y amigable con el medio ambiente. Ante el continuo aumento de la demanda energética y la creciente preocupación por el cambio climático, se vuelve fundamental la búsqueda de alternativas energéticas más limpias y renovables. Es por esta razón que se ha puesto especial atención en analizar detalladamente la viabilidad técnica y económica de implementar un sistema de energía solar fotovoltaica.

En esta tesis actual, se examina minuciosamente el funcionamiento de los paneles fotovoltaicos y su capacidad para transformar la radiación solar en electricidad utilizable. Asimismo, se evalúa la vida útil de las baterías utilizadas para almacenar la energía generada y se considera la posibilidad de incorporar un sistema de almacenamiento en la propuesta. El objetivo principal es determinar si este sistema solar fotovoltaico puede operar de manera óptima durante un periodo de 25 años, generando ahorros significativos y contribuyendo a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Además, se explora la interesante posibilidad de conectar el sistema fotovoltaico a la red eléctrica con el fin de aprovechar la medición neta y obtener beneficios adicionales. Se considera que la energía solar fotovoltaica puede ser una solución prometedora para afrontar los desafíos energéticos actuales y avanzar hacia un futuro más sostenible. Existe un claro entusiasmo por compartir los hallazgos obtenidos y contribuir al conocimiento en este campo en constante evolución.

La energía solar fotovoltaica representa una opción con un gran potencial para transformar el panorama energético, ya que aprovecha una fuente inagotable y limpia como es la radiación solar. Al depender del sol, una fuente gratuita e inagotable, se reduce la necesidad de utilizar combustibles fósiles y se disminuyen las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo así a mitigar el cambio climático.

2.1. EL PROBLEMA

2.1.1. Situación Problemática

El aumento de la demanda energética a nivel global debido al crecimiento demográfico, el desarrollo económico y el incremento del consumo energético en los hogares, la industria y el transporte, ha generado una mayor dependencia de las fuentes de energía convencionales,

como los combustibles fósiles. Este aumento en la dependencia de combustibles fósiles ha generado graves problemas medioambientales, como el cambio climático y la contaminación del aire y el agua. Las energías renovables han ido ganando terreno en todo el mundo en los últimos años, gracias a la reducción de costes y a las políticas gubernamentales que promueven su uso. Sin embargo, la transición hacia las energías renovables es un desafío a largo plazo, y todavía se enfrentan a barreras económicas y políticas para su implementación. Según el informe 2020 de la Agencia Internacional de la Energía (AIE), las energías renovables son la única fuente de energía que ha experimentado un aumento de consumo durante la pandemia de COVID-19 [1].

El aumento de la demanda de electricidad en ciertos momentos del día puede causar problemas en la red eléctrica, como sobrecargas y apagones. Este problema se agrava en las zonas urbanas densamente pobladas, donde la demanda de electricidad es mayor y la infraestructura de la red es limitada. La falta de una fuente de energía renovable y sostenible también puede contribuir al problema, ya que la generación de energía a partir de fuentes no renovables puede tener un impacto negativo en el medio ambiente y la salud pública. Además, la inestabilidad de la red eléctrica puede causar interrupciones en la red [2].

Uno de los principales problemas de la energía fotovoltaica es que su eficiencia está relacionada con la cantidad de luz solar disponible. Esto significa que la energía producida por los paneles solares puede variar en función del clima donde estén instalados. En días nublados o lluviosos, la generación de energía solar puede ser muy baja, no será posible en regiones con poca luz solar debido a su baja eficiencia y alto coste. Por tanto, la dependencia de las condiciones meteorológicas es la principal limitación de la eficiencia y el coste de la generación de energía fotovoltaica [3].

2.1.2. Formulación del Problema

Los sistemas fotovoltaicos On-Grid carecen de soluciones de monitoreo en tiempo real, rentables y flexibles que permitan el seguimiento eficiente de parámetros operativos clave usando herramientas de código abierto.

2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

El objeto de estudio es el monitoreo en tiempo real para sistemas fotovoltaicos On-Grid.

El campo de acción para el proyecto: 330000 Ciencias Tecnológicas / 3306 Ingeniería y Tecnología Eléctricas / 3306.02 Aplicaciones Eléctricas.

2.3. BENEFICIARIOS

2.3.1. Beneficiarios directos

Postulantes, Estudiante y Docentes.

2.3.2. Beneficiarios indirectos

Sociedad, Comunidad y personas afines a la investigación relacionados con el tema.

2.4. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto es significativo porque se enfoca en el análisis y monitoreo en tiempo real de sistemas fotovoltaicos On-Grid. En la actualidad, el impulso hacia la energía renovable está en su apogeo debido al aumento de la demanda de energía y la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, un desafío notable es que los sistemas fotovoltaicos carecen de soluciones de monitoreo accesibles, flexibles y eficientes que permitan un seguimiento adecuado de los parámetros operativos esenciales.

Desde un punto de vista académico, esta investigación aportará una comprensión más profunda de cómo se pueden aplicar las herramientas de código abierto para mejorar el monitoreo de los sistemas fotovoltaicos On-Grid. Este estudio permitirá una evaluación detallada del comportamiento de estos sistemas en diferentes condiciones de operación y carga, e identificará los factores que impactan su eficiencia y estabilidad. Este conocimiento será invaluable para futuras investigaciones en el área de las aplicaciones eléctricas.

Los beneficiarios directos de este proyecto serán los postulantes, pero su impacto y relevancia se extienden más allá, potencialmente beneficiando a una amplia gama de consumidores de energía que se beneficiarán de sistemas más eficientes y sostenibles. Además, los beneficiarios indirectos incluyen a estudiantes y docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

La metodología que se empleará en esta investigación implica un enfoque experimental que permitirá realizar mediciones y pruebas en un sistema real para evaluar el rendimiento de la generación fotovoltaica en condiciones reales. Esto incluirá la implementación de técnicas de control y regulación de la energía generada por paneles solares, buscando maximizar su eficiencia y garantizar su estabilidad en un sistema interconectado a la red. Se espera que esta metodología proporcione resultados sólidos y prácticos, contribuyendo de manera

significativa al campo de las ciencias tecnológicas, y en particular, al de la ingeniería y tecnología eléctricas.

2.5. HIPÓTESIS

Es posible aumentar la rentabilidad de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, con y sin almacenamiento, mediante la implementación de un sistema de monitoreo en tiempo real.

2.6. OBJETIVOS

2.6.1. Objetivo General

Diseñar un sistema de monitoreo en tiempo real, utilizando herramientas de código abierto, para visualizar la producción de energía en el sistema fotovoltaico On-Grid.

2.6.2. Objetivos Específicos

- Investigar en diferentes fuentes bibliográficas las características y funcionamiento de los sistemas On-Grid.
- Diseñar e implementar una solución de monitoreo en tiempo real utilizando herramientas de código abierto, que permita el seguimiento eficiente de los parámetros operativos clave en sistemas fotovoltaicos On-Grid.
- Analizar los resultados de rentabilidad a través de los datos obtenidos del sistema propuesto.

2.7. SISTEMA DE TAREAS

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e instrumentos
Investigar en diferentes fuentes bibliográficas las características y funcionamiento de los sistemas On-Grid.	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión de trabajos relacionados con los sistemas on grid y los efectos que pueden producir al incorporar al sistema de distribución. 	<ul style="list-style-type: none"> - Información acerca de los elementos que conforman los sistemas On-Grid. - Cuadro comparativo de las causas y consecuencias que produce la incorporación de energía fotovoltaica a la red. 	<ul style="list-style-type: none"> - Bibliografía relacionada con los sistemas conectados a la red (On-Grid). - Artículos científicos. - Tesis. - Informes. - Revistas técnicas.
Diseñar e implementar una solución de monitoreo en tiempo real utilizando herramientas de código abierto, que permita el seguimiento eficiente de los parámetros operativos clave en sistemas fotovoltaicos On-Grid	<ul style="list-style-type: none"> - Recopilación de información asociada a los equipos como el inversor. - Monitoreo y control del sistema mediante la aplicación en tiempo real por medio de Wi-Fi. 	<ul style="list-style-type: none"> - Manual de usuario. - Esquema unifilar. - Anexo del inversor solar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Modulo fotovoltaico On-Grid. - Software Grafana para la visualización.
Analizar los resultados de rentabilidad a través de los datos obtenidos del sistema propuesto.	<ul style="list-style-type: none"> - Recopilación de información sobre la producción mensual de energía del sistema. - Análisis de rentabilidad de los sistemas fotovoltaicos en diferentes ciudades. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tabla de producción energética del sistema fotovoltaico propuesto. - Tabla que compara la rentabilidad del sistema fotovoltaico en diferentes ciudades. 	<ul style="list-style-type: none"> - Microsoft Word - Microsoft Excel - Programa PVGIS

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. ANTECEDENTES

En el año 2017, J. Cepeda, A. Sierra [4], desarrollaron un análisis de los aspectos que afectan a la eficiencia en los paneles fotovoltaicos y sus posibles soluciones, considerando los avances científicos significativos que se han propuesto para reducir la contaminación ambiental y aumentar la capacidad de producción eléctrica entre otros factores. Con lo que gracias a la investigación se determina en qué ciertas condiciones se ven afectadas principalmente por aspectos ambientales y tecnologías utilizadas en su proceso de fabricación del recurso energético.

Por otra parte, F. Velasco y E. Cabrera en el 2009 [5], en su proyecto de investigación indica que en el Ecuador existe altos niveles de irradiación paréntesis aproximadamente una media diaria de 4,2 KWHM el que es adecuado para pensar en el aprovechamiento del recurso solar, es por ello, que gracias a estos fundamentos se pueden realizar configuraciones básicas: paneles, inversores como y estructuras de soporte y demás dispositivos. En países mucho más desarrollados donde se puede ver un avance de los sistemas fotovoltaicos mucho más amplio, se ha conseguido abaratar costos para su implementación y gradualmente se ha convertido en una alternativa viable en el esquema de generación distribuida para satisfacer la demanda de electricidad; esto es hoy en día una realidad en algunos países como Dinamarca España Alemania y Japón entre otros.

Dada la importancia de la interconexión a la red, en el año 2010, A. Escobar, et al. [6], realizaron un estudio enfocado en los sistemas fotovoltaicos (PV systems), deciden que para el aprovechamiento de los recursos renovables como es la energía solar, hoy en la actualidad es mucho más eficiente ya que posee algunas ventajas ante otras fuentes de energía. En los avances de electrónica de potencia y la aplicación de materiales para la construcción de paneles solares hacen que sea una de las fuentes más importantes a futuro, ya que con esto busca garantizar la máxima transferencia de potencia hacia el sistema interconectado de la red eléctrica. Hoy desear así esta implementación lo que esperan los autores es que los generadores no solo inyecten potencia a la red, sino que también que los usuarios participen en la generación de potencia a baja escala para poder convertirse en propios dueños de sus sistemas de generación distribuida (DG)

Tomando en cuenta el estudio análisis de generación distribuida en hogares y edificaciones, en el año 2015 por parte de M. Chuqui, [7], analizó las diversas formas de

aplicación más eficientes para obtener el mayor provecho cuándo se implementan los sistemas fotovoltaicos en hogares edificaciones describiendo así las ventajas y desventajas de dicha generación. Basado en un análisis comparativo entre la norma internacional versus la norma nacional, se definieron comparaciones para poder determinar las cualidades que podrían promover a un incremento de la participación de inversionistas privados, como la inversión pública de cada una de las entidades que regulan su sistema de distribución ya que buscaría el beneficio entre ambos.

Por otra parte, en el año 2019 P.W. Potes, X.A. Proaño [8], analizaron el diseño de un sistema fotovoltaico conectado a la red puede suministrar al bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con el fin de reducir la facturación del servicio eléctrico. Se recopilaron datos de radiación solar durante un año para determinar el potencial solar de la institución. El generador fotovoltaico cuenta con 66 paneles solares y podría suministrar anualmente 30,336 kW·h a la institución, además de evitar la emisión de 18,42 toneladas de CO₂ al año. El estudio financiero muestra que la mejor opción es cuando el precio de la energía eléctrica es de 0,6812 USD/kW·h, lo que implicaría un ingreso anual de 21,078,37 USD, un valor actual neto de 116,363,42 USD, una tasa interna de retorno del 24,07% y una relación beneficio/costo de 2,28.

Tomando en cuenta el estudio de sistemas de alumbrado LED a través de energía fotovoltaica, en el año 2020, D. Jiménez y X. Proaño [9], analizaron los beneficios que tiene al incorporar una generación fotovoltaica, considerando que en el lugar donde se iba a implementar cuenta con una iluminación media inferior a los niveles permitidos cómo también proponen hacer ser la simulación en el software Dialux evo, para de esta forma poder obtener los siguientes datos: 518 lx para el acceso, 132,83 lx en la franja de circulación y 113,75 lx en plazas de estacionamiento, acordes a la normativa NTE INEN 2 248, cuya densidad de potencia eléctrica para alumbrado es de 1,88 W/m². Mediante una investigación bibliográfica se recopiló los datos técnicos de las luminarias LED de 245 W y 134 W, con una eficiencia luminosa de 145 lm/W y 146 lm/W respectivamente. De tal manera el proyecto hoy tuvo un ahorro tuvo un nuevo valor de KWh de USD 0.681 que a la larga al analizarla con el bar tenemos tuvo un valor de USD 66 525,60 y el TIR igual a 25,35 %, indicando así la rentabilidad del proyecto.

De acuerdo con la investigación en el año 2021 de J. Diaz [10], define el contexto de la empresa Ingeniería y Construcción Eléctrica INCOEL S.A.S., se busca aprovechar la energía

solar para reducir los costos de facturación de energía eléctrica y contribuir a la reducción de la huella de carbono. Para llevar a cabo este objetivo, es necesario cumplir con la normativa establecida por RETIE, NTC 2050, CREG, UPME y el operador de red (Enel Codensa). Este último debe aprobar el proyecto eléctrico, que incluirá un medidor bidireccional para registrar tanto la energía consumida como la energía inyectada a la red. La empresa recibirá un incentivo económico por la energía eléctrica producida. El proyecto se llevará a cabo en la cubierta de la compañía ubicada en Bogotá. Se realizó un levantamiento de información relacionada con la infraestructura de red eléctrica interna y externa, y se realizó un análisis de cargabilidad. Una vez se verificaron todas las variables que determinaban la capacidad del sistema fotovoltaico, se diseñó un sistema con nueve paneles de 455 W, capaz de producir anualmente 6104 kWh de energía. Este sistema podría abastecer hasta el 85.46% de la carga eléctrica total consumida actualmente por la empresa.

Por otra parte R. Camasca en el año 2022 [11], argumenta que los sistemas fotovoltaicos, ya sean autónomos o conectados a la red, se han convertido en una solución atractiva en muchos países del mundo debido a la promoción de nuevas formas de energía. Al utilizar la radiación solar como recurso renovable, los costos de generación son relativamente bajos, aunque la inversión inicial puede ser alta. El enfoque de este informe se centra en el diseño de un sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica en una empresa ubicada en Villa El Salvador. El objetivo es reducir el consumo de energía eléctrica y obtener beneficios económicos al utilizar una energía limpia, lo que contribuye a mantener un ambiente más limpio al reducir el uso de combustibles. Además, la elección de un sistema conectado a la red (On-Grid) con paneles fotovoltaicos brinda mayor confiabilidad en el suministro de energía eléctrica, evitando interrupciones que podrían generar pérdidas para la empresa. El informe presenta el diseño detallado del sistema fotovoltaico conectado a la red, describiendo el problema existente y realizando los cálculos necesarios para dimensionar los equipos adecuados para dicho sistema. Finalmente, se incluye un estudio de rentabilidad del proyecto mediante un análisis basado en conceptos como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el periodo de recuperación de la inversión. Estos indicadores evalúan la viabilidad económica del proyecto y su capacidad para generar beneficios financieros a largo plazo.

De acuerdo con el trabajo de investigación realizado en el año 2020 en Perú por parte F. Brach [12], el siguiente proyecto se centra en el aprovechamiento de la energía solar renovable para beneficiar a los centros de salud y promover la expansión de esta tecnología en

el Perú en otros centros de salud. Para lograr esto, se utilizan células fotovoltaicas, que son el componente fundamental para obtener energía eléctrica a partir del sol. El proyecto surge con el objetivo de mejorar los servicios de salud del hospital de Haquira, el cual contará con nuevos equipos y servicios. Como resultado, la carga eléctrica del Centro de Salud se incrementará, lo que implica un aumento en los pagos a la distribuidora eléctrica y la necesidad de solicitar una mayor potencia. Por lo tanto, el planteamiento de este proyecto busca reducir el nuevo y mayor costo, y se logra mediante el uso de un "Inversor de Red". Este dispositivo convierte la energía eléctrica de corriente continua (DC) generada por los paneles fotovoltaicos instalados en el techo del centro de salud en energía eléctrica de corriente alterna (AC), sincronizándola con la red pública para abastecer la carga del centro de salud durante el día. además, De esta manera, se logra aliviar la carga eléctrica que asumiría la red pública, lo que resulta en ahorro energético y costos para el Centro de Salud. También se reducen los servicios de mantenimiento provistos por la distribuidora eléctrica, se disminuyen las emisiones de CO₂, se promueve el autoconsumo y se impulsa el uso de energía solar renovable en el Perú.

En Chile en el año 2016, por parte de R. Pino [13], se enfoca en el estudio de viabilidad técnica y económica de la instalación de un sistema solar fotovoltaico residencial e individual para 310 casas ubicadas en una villa de la comuna de Rancagua. El objetivo principal de este proyecto es determinar la factibilidad técnica y económica de implementar un sistema fotovoltaico de electricidad conectado a la red eléctrica (On-Grid), que abastezca de electricidad a toda la villa en cuestión. Para lograr el objetivo planteado, se proponen tres objetivos específicos que contribuirán al desarrollo del objetivo general. El primer objetivo específico es determinar la demanda mínima necesaria de jefes de hogar dispuestos a invertir un porcentaje del costo total de la instalación para que el proyecto sea rentable. El segundo objetivo es evaluar los aspectos técnicos implicados en la implementación de un sistema de generación de electricidad On-Grid utilizando energía solar fotovoltaica. Por último, se busca determinar la rentabilidad económica de la implementación del sistema de generación de electricidad On-Grid, considerando un financiamiento tripartito que involucre aportes públicos, privados y de los propios jefes de hogar. El estudio realizado abordó estos objetivos específicos con el fin de evaluar la viabilidad técnica y económica de instalar un sistema solar fotovoltaico en la villa de Rancagua, considerando los aspectos de demanda, factibilidad técnica y rentabilidad económica con una estructura de financiamiento tripartito.

De la misma manera J. Gomez y D. Mayorga [14], presentaron una propuesta de implementación de autogeneración a partir de energía fotovoltaica en donde estudio se llevó a cabo en cuatro etapas fundamentales. La primera etapa se enfocó en la caracterización del recurso solar y la demanda energética del molino. Para ello, se recopilaron datos de bases de datos meteorológicos para determinar el recurso solar en el emplazamiento y compararlo con otros puntos en el departamento, con el objetivo de evaluar la idoneidad del emplazamiento. Además, se obtuvo un analizador de redes para medir y obtener la curva de demanda promedio de la empresa. Con esta información, se procedió a plantear diferentes escenarios de diseño, basados en la resolución CREG 030, y se llevaron a cabo simulaciones en el software PVSyst. Estas simulaciones permitieron analizar la producción y el aprovechamiento energético, con el fin de seleccionar un diseño relevante para el inversor. Una vez seleccionado el escenario adecuado, se diseñaron los sistemas auxiliares, como las estructuras de soporte, el cableado y el sistema de puesta a tierra. Con todos los datos recolectados, se calculó el monto total de la inversión y se realizó un análisis financiero que tuvo en cuenta los ahorros generados por la implementación del sistema fotovoltaico. Los resultados mostraron que, bajo las condiciones económicas, normativas y regulatorias vigentes, resulta más rentable instalar una planta de autogeneración a pequeña escala con una capacidad instalada de 76,8 kWp. Esta planta incluye un limitador de inyección (vertido cero) para garantizar el autoconsumo y cumplir con los requisitos necesarios para optar por una conexión simplificada, evitando así costos adicionales, como los asociados al cambio de transformador. De esta manera, el proyecto estima un período de retorno de la inversión aproximado de 5,19 años, con una tasa interna de retorno del 21,23%, lo cual resulta atractivo para los inversores. Además, se plantea un escenario para posibles ampliaciones futuras.

3.2. ENERGIA RENOVABLE

En la actualidad, existe una creciente conciencia social y política sobre la importancia del medio ambiente a nivel mundial. Como resultado, se ha observado una nueva tendencia en el uso de recursos renovables, donde se ha dado un impulso significativo a tecnologías amigables con el ambiente, como los sistemas fotovoltaicos. Estos sistemas se consideran una herramienta clave para la generación de energía eléctrica tanto en hogares como en empresas, satisfaciendo las necesidades de consumo tanto a nivel individual como colectivo [15].

En los últimos años, el sector de energía fotovoltaica ha experimentado un crecimiento notable, impulsado en gran medida por el apoyo económico y técnico recibido. Esto ha

permitido que la industria se expanda de manera exponencial, brindando beneficios tanto a nivel ambiental como económico [15].

3.2.1. Energía solar

La energía solar es una fuente de energía renovable ampliamente disponible y abundante. Mediante diversas tecnologías disponibles en la actualidad, se puede aprovechar esta fuente de energía para múltiples propósitos. Al utilizar estas tecnologías, es posible acelerar la transición hacia un proceso de generación de energía con una baja emisión de carbono, considerando que el uso de combustibles convencionales en la producción de energía eléctrica es una de las principales causas del calentamiento global [16].

Según investigaciones realizadas por la NASA, la energía que emite el sol en una hora es capaz de satisfacer las necesidades energéticas de la población mundial durante un año en forma de luz y calor. Esta cantidad equivale a 120.000 teravatios de radiación solar, lo cual es aproximadamente 20.000 veces más de lo que se requiere para abastecer al planeta Tierra [17].

Desde tiempos remotos, los seres humanos han aprovechado la energía solar de diversas maneras. Han utilizado su luz para iluminar y su calor para proporcionar confort térmico o secar alimentos [17].

En la actualidad, se pueden identificar tres formas principales de aprovechar la energía sola:

- **Utilización directa:** Conocida también como energía térmica pasiva, consiste en emplear acristalamientos y otros dispositivos arquitectónicos que poseen una alta masa y una capacidad destacada para absorber energía térmica. Estos elementos permiten utilizar la luz solar para calentar espacios de manera natural [18].
- **Transformación en calor:** El calentamiento pasivo ocurre cuando el sol calienta objetos sin necesidad de asistencia adicional. Por ejemplo, la radiación solar puede calentar edificios a través de techos, paredes y ventanas. En regiones más oscuras, es común que los edificios pinten sus paredes de colores o negros para maximizar la absorción de luz y la generación de energía térmica. Además, se pueden utilizar dispositivos como los colectores solares, los cuales capturan la energía del sol [18].
- **Colectores solares:** Los colectores solares son dispositivos diseñados específicamente para captar la energía solar de manera activa. Estos dispositivos

son capaces de recolectar la radiación solar y convertirla en calor utilizable. Se utilizan ampliamente en sistemas de calefacción de agua y generación de electricidad mediante paneles solares fotovoltaicos [18].

3.2.2. Principales tipos de energía fotovoltaicos

Se establece que hay dos categorías principales de energía solar:

- Energía solar pasiva: Se refiere al aprovechamiento natural de la energía solar. Por ejemplo, el uso de ventanas orientadas al sur para iluminar y calentar el hogar son ejemplos de energía solar pasiva.
- Energía solar activa: Implica el uso de dispositivos mecánicos para capturar, almacenar y distribuir la energía solar en el hogar. Por ejemplo, en los sistemas activos de calentamiento de agua con energía solar, se utilizan bombas para hacer circular el agua a través del sistema [19].

3.2.3. Movimiento del sol

El sol sigue distintas trayectorias a lo largo de las estaciones del año. Para comprender y estudiar su movimiento, se utiliza un sistema de coordenadas que se basa en dos ángulos:

- Altura solar: Es el ángulo formado al trazar una línea desde la horizontal del lugar hasta la posición aparente del sol. Este ángulo indica la elevación del sol en el cielo en relación con el observador [20].
- Azimut solar: Es el ángulo que se forma entre la posición del sol y la dirección del verdadero norte. El azimut solar proporciona información sobre la orientación del sol en relación con el norte geográfico [20].

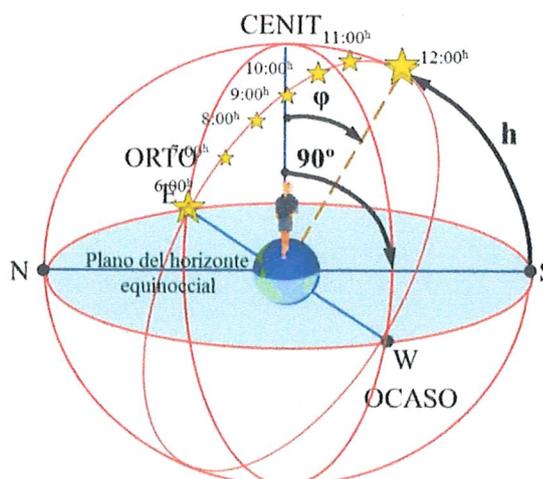


Figura 3.1 Movimiento del sol [21].

3.2.4. Radiación solar

La radiación solar, conocida como recurso solar, se refiere a la radiación electromagnética emitida por el sol. Esta radiación puede ser capturada y convertida en formas útiles de energía, como calor y electricidad, utilizando diversas tecnologías. Sin embargo, la viabilidad técnica y la rentabilidad económica de estas tecnologías en una ubicación particular dependen de la disponibilidad del recurso solar [22].

3.3. SISTEMA FOTOVOLTAICO

El sistema fotovoltaico se compone de diferentes elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos que trabajan en conjunto para captar la energía solar disponible y convertirla en energía eléctrica utilizable. Independientemente de su uso y tamaño de capacidad, los sistemas solares se pueden clasificar en dos categorías: sistemas aislados y sistemas conectados a la red [23].

Asimismo, el sistema de energía solar fotovoltaica reconoce se cómo una fuente renovable de generación eléctrica, obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante el uso de un dispositivo semiconductor conocido como célula fotovoltaica [24].

Los sistemas fotovoltaicos se han difundido ampliamente debido a su facilidad de instalación, su versatilidad técnica y la reducción de costos gracias al avance tecnológico. Estos sistemas están siendo utilizados en entornos urbanos, rurales y en espacios arquitectónicos debido a sus beneficios económicos, energéticos y medioambientales. [25].

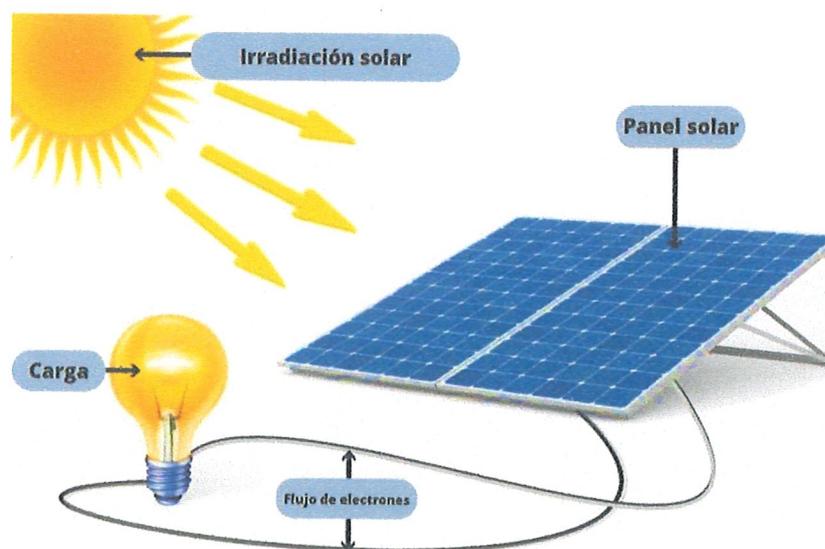


Figura 3.2 Efecto fotovoltaico [15].

3.4. TENDENCIAS ACTUALES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Con el rápido desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación (inteligencia artificial, nube, big data, 5G) y teniendo en cuenta las últimas tendencias en tecnología electrónica relacionada con la energía, Huawei junto con expertos en este campo han lanzado 10 nuevas tendencias en la generación de electricidad fotovoltaica. durante 2025. Se cubrirán cuatro dimensiones: costo reducido de energía (LCOE), facilidad de uso de la red, convergencia inteligente y seguridad y confiabilidad. Todos están dedicados a impulsar la industria hacia soluciones inteligentes y ecológicas y brindar información sobre la innovación y el rápido crecimiento de la nueva industria de la energía. Según Huawei, estas son las diez principales tendencias que dominarán en los próximos años [26].

3.4.1. Digitalización

Punto clave: Más del 90% de las instalaciones solares del mundo estarán digitalizadas. Aunque el mercado solar global está en auge, todavía hay muchos dispositivos no inteligentes, desde la generación de energía hasta la comunicación en las plantas de energía solar. Estos dispositivos no pueden monitorear o advertir fallas de manera efectiva. Con el rápido desarrollo de tecnologías digitales como 5G y la nube, se estima que para 2025, más del 90% de las instalaciones solares estarán completamente digitalizadas, haciéndolas más simples, inteligentes y eficientes [26].

3.4.2. Mejoras impulsadas por la inteligencia artificial

Punto clave: más del 70% de las plantas de energía solar utilizarán tecnología de inteligencia artificial. La integración de la inteligencia artificial en el campo fotovoltaico facilitará la detección mutua y la interconexión de dispositivos y mejorará la generación de energía y la eficiencia de operación y mantenimiento a través de la optimización colaborativa. La tecnología de inteligencia artificial puede abrir nuevas oportunidades prometedoras para los sistemas fotovoltaicos, que incluyen: identificación activa y protección de fallas en equipos y módulos fotovoltaicos utilizando algoritmos de diagnóstico de inteligencia artificial; La colaboración inteligente de almacenamiento de energía solar optimiza automáticamente la eficiencia de las centrales eléctricas de almacenamiento de energía. A medida que el costo de la electricidad continúa cayendo y aumenta la complejidad de la operación y el mantenimiento, es probable que aumente el uso de tecnologías de inteligencia artificial [26].

3.4.3. Plantas fotovoltaicas sin operadores

Más del 80% del trabajo en las instalaciones de energía solar se realizará sin asistencia humana. Con la llegada de la inteligencia artificial y el Internet de las cosas, los productos y servicios inteligentes harán que la solución general de energía solar sea más conveniente. Con la experiencia de expertos incorporada y el autoaprendizaje continuo, la inteligencia artificial se utilizará ampliamente para reemplazar muchas funciones de diagnóstico y toma de decisiones para los expertos en operaciones y mantenimiento. La inspección con drones y las operaciones robóticas automatizadas abordarán las tareas más peligrosas y repetitivas que requieren una alta precisión continua para mejorar la productividad y la seguridad. Se planea que las fábricas operen completamente sin operadores en el futuro [26].

3.4.4. Apoyo proactivo a las redes eléctricas

Las plantas de energía fotovoltaica pasarán de la adaptación a la red al soporte de la red. La creciente prevalencia de la electricidad conectada electrónicamente debilitará la resiliencia de la red y evitará la adopción generalizada de sistemas solares. Durante los próximos cinco años, la instalación debería evolucionar gradualmente desde la adaptación de la red al entretenimiento. Para esto, el inversor debe ser capaz de adaptarse a una amplia relación de cortocircuito (SCR), control de corriente armónica dentro del 1%, pasos continuos de alto y bajo voltaje y regulación de frecuencia rápida requerida para el acceso a la red [26].

3.4.5. Solar más almacenamiento

La tasa de instalaciones solares complementadas con almacenamiento de energía superará el 30%. A medida que las nuevas fuentes de energía se vuelven populares, las demandas de la red eléctrica para la regulación de la frecuencia y la eliminación de picos y el llenado de valles serán cada vez más estrictas. Al mismo tiempo, los costos de la batería se reducen mediante el desarrollo de la tecnología. Se espera que el almacenamiento de energía se combine con sistemas fotoeléctricos y se convierta en los componentes principales. Las previsiones muestran que en 2025 la proporción de sistemas solares con almacenamiento de energía superará el 30% [26].

3.4.6. Centrales eléctricas virtuales

Más del 80% de los sistemas residenciales estarán conectados a la red de la planta de energía virtual (VPP). En los próximos cinco años, las tecnologías TIC como 5G, blockchain y los servicios en la nube se utilizarán ampliamente en las centrales eléctricas distribuidas,

creando una central eléctrica virtual (VPP) que gestiona y participa conjuntamente en la planificación, las transacciones y los servicios auxiliares del sistema eléctrico. El desarrollo de la tecnología VPP inspirará nuevos modelos de negocio y atraerá a nuevos participantes del mercado, convirtiéndose así en un motor para el crecimiento de la energía solar distribuida [26].

3.4.7. Seguridad activa

La nueva tecnología que integra de interruptor de circuito por falla de arco (AFCI) se está convirtiendo en una característica obligatoria para los sistemas fotovoltaicos de techo distribuidos y se incluirá en los estándares internacionales de la industria. Con el uso generalizado de celdas solares distribuidas, la seguridad de los edificios y las personas se ha convertido en un tema central. Los arcos fotovoltaicos causados por un contacto deficiente entre los conjuntos de módulos fotovoltaicos, conexiones de conectores deficientes o cables envejecidos o dañados se han convertido en un problema apremiante en la industria. Para mitigar tales riesgos, los AFCI se convertirán en una característica estándar en los sistemas fotovoltaicos de techo distribuidos y se incluirán en los estándares internacionales de la industria [26].

3.4.8. Mayor densidad de potencia

La densidad de potencia del inversor aumentará en más del 50%. Junto con la tendencia a la baja del LCOE solar, además del mantenimiento simple del inversor, se imponen requisitos más altos en el rendimiento de los módulos individuales. Lograr este objetivo requiere una mayor densidad de potencia. Gracias a los avances de la investigación en semiconductores de banda ancha como SiC y GaN, así como a los algoritmos de control avanzados, se espera que la densidad de potencia de los inversores aumente más del 50 % en los próximos cinco años [26].

3.4.9. Diseño modular

Los componentes clave como los inversores, los sistemas de acondicionamiento de energía (PCS) y las unidades de almacenamiento de energía tendrán un diseño modular. Los inversores, los sistemas PCS y las unidades de almacenamiento de energía son los componentes básicos de las plantas de energía solar, que determinan en gran medida la disponibilidad de todo el sistema de la planta de energía. A medida que aumentan el volumen y la complejidad, el enfoque tradicional dirigido por expertos para el mantenimiento de campo se vuelve prohibitivamente costoso. El diseño modular se generalizará con una

implementación flexible, una expansión sin interrupciones y sin mantenimiento, lo que reducirá significativamente los costos de operación y mantenimiento y mejorará la disponibilidad del sistema [26].

3.4.10. Seguridad y confianza

La seguridad y la confianza se han convertido en requisitos esenciales para los sistemas solares. El aumento de la capacidad acumulada de las plantas de energía fotovoltaica del mundo y la estructura de la red cada vez más compleja han aumentado los riesgos de seguridad de las plantas de energía fotovoltaica conectadas a la red. Además, las fábricas distribuidas tienen requisitos más estrictos para la privacidad y seguridad del usuario. Todas estas tendencias indican que las plantas de energía fotovoltaica deben ser confiables, asequibles, seguras, tolerables y privadas [26].

3.5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

El uso responsable de los recursos de la tierra se está convirtiendo en uno de los temas más comunes en la política energética. Cada vez está más claro que nuestra economía necesita urgentemente basarse en energías limpias y sostenibles [27].

La energía solar proviene del sol y nos llega en forma de luz, calor y luz solar. Podemos obtener esta energía mediante dos tecnologías diferentes: la convección y la fotovoltaica [27].

Sin embargo, esta fuente tiene algunos pros y contras a tener en cuenta. fuente tiene una clase de ventajas e inconvenientes a tener en cuenta [27].

3.5.1. Ventajas de los sistemas fotovoltaicos

- Energía limpia, gratis e ilimitada.
- Inversión inicial asequible.
- Muy adaptable

3.5.2. Desventajas de los sistemas fotovoltaicos

- Difícil de almacenar.
- Depende de la intensidad solar.
- Ocupa una gran superficie.

3.6. TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

En la actualidad con el fin de dar confort a los consumidores establece que la energía fotovoltaica puede configurarse con tres tipologías en base a las necesidades energéticas satisfacer y recurso disponible [28].

- Sistema fotovoltaico aislado (Off-Grid)
- Sistema conectado a la red (On-Grid)
- Sistema fotovoltaico combinado (Hibrido)

3.6.1. Sistemas fotovoltaicos Off-Grid

En estos sistemas al no estar conectados con la red son totalmente autónomos tal y como se puede observar en la Figura 3.3, con frecuencia, se utilizan en áreas remotas sin acceso a Internet o donde se requiere un recinto totalmente autónomo. Debido a que están completamente aislados, deben almacenar energía para usar cuando no hay luz solar, como por la noche o en días nublados. Consta de paneles solares, un controlador, un inversor y una batería con potencia suficiente para cumplir con el tiempo de consumo calculado [28].

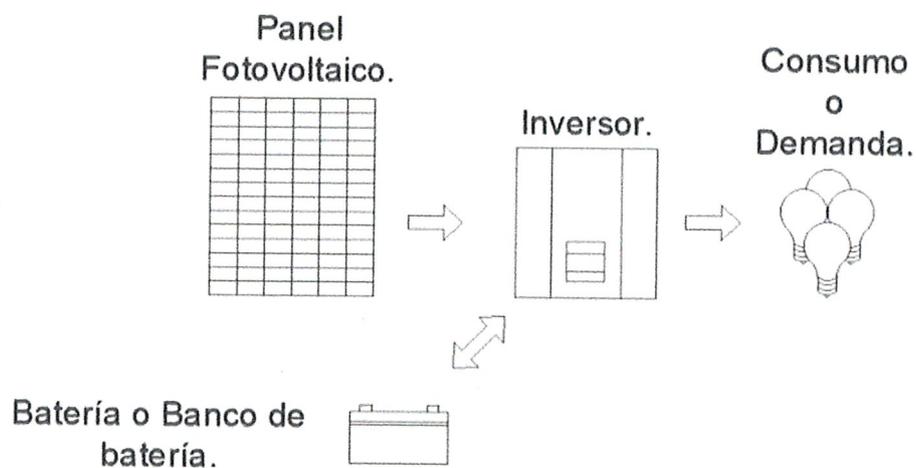


Figura 3.3 Sistemas fotovoltaicos Off-Grid [28].

a) Ventaja.

Provee independencia energética, energía limpia y de largo plazo [28].

b) Desventaja.

El costo es más alto por la integración de baterías. Generalmente tienen un dimensionamiento más grande para cubrir varios días sin generación [28].

3.6.2. Sistema fotovoltaico On-Grid

En este caso como muestra en la Figura 3.4 el sistema utiliza paneles solares e inversores instalados en la red existente para aumentar su producción. De esta manera, se pueden lograr importantes ahorros de costos y si se produce más energía de la que se consume, se puede inyectar a la red para su uso. Estos sistemas conectados a la red no requieren baterías porque la red a veces se usa cuando los paneles no están produciendo energía [28].

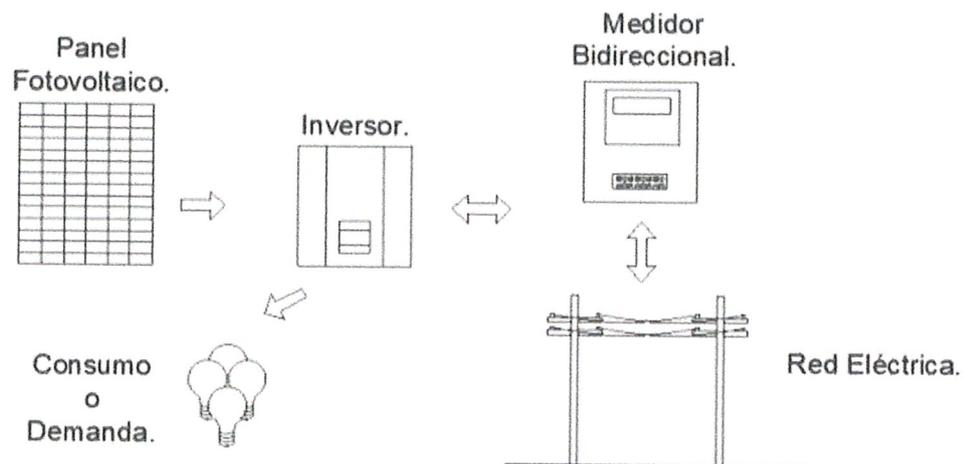


Figura 3.4 Sistemas fotovoltaicos On-Grid [28].

a) Ventaja:

Al comprar el costo del sistema y su instalación es mucho más económico que en el caso de los sistemas Off-Grid al no tener baterías que agregar. También permiten que el sistema se haga en etapas, al tener la red como proveedor adicional [28].

b) Desventaja:

Estos sistemas no funcionan ante un corte de energía, ya que por su naturaleza aportan electricidad en sincronía con la red eléctrica existente. Si detecta un corte de electricidad, por seguridad, el sistema deja de aportar [28].

3.6.3. Sistemas fotovoltaicos Híbrido

Es la tendencia del momento como se visualiza en la Figura 3.5 en que quieren una red de acceso para reducir costos de electricidad. Estos sistemas combinan las ventajas de los dos sistemas anteriores, con baterías integradas y la capacidad de operar fuera de la red, pero utilizan la red cuando las baterías o los paneles son insuficientes. Además, si hay exceso de electricidad producida por los paneles, pueden transferirla a la red existente para que la usen

otros usuarios. En este tipo de sistema, el inversor se puede programar para operar en una variedad de formas para manejar la mayoría de las situaciones [28].

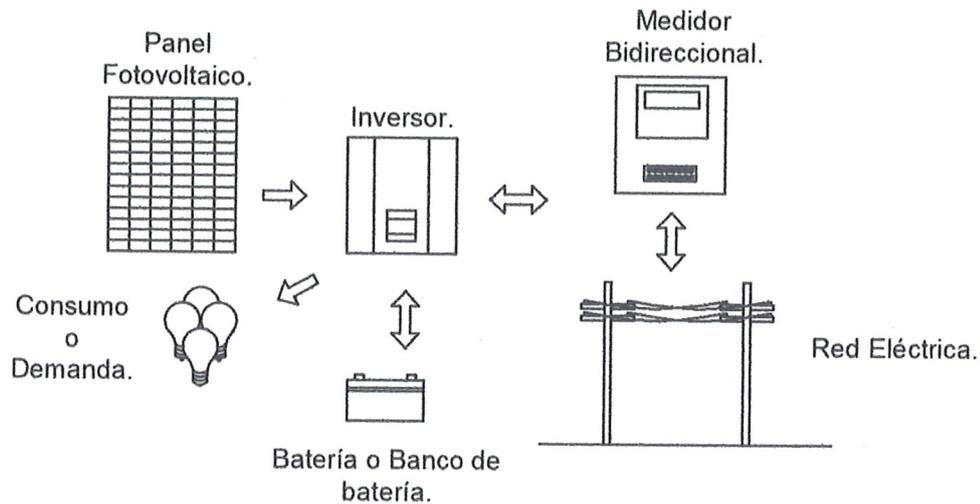


Figura 3.5 Sistemas fotovoltaicos Híbrido [28].

a) Ventaja.

Las instalaciones pueden ser más pequeñas que en el caso de la configuración Off-Grid, ya que tienen la red a modo de adicional ante la posibilidad que los paneles o las baterías no sean suficientes [28].

b) Desventajas.

Los inversores utilizados tienen un costo algo más alto que los inversores On-Grid y Off-Grid [28].

3.7. ELEMENTOS PARA EL SISTEMA ON GRID

3.7.1. Inversor ON GRID

Los inversores solares conectados a la red son uno de los elementos que componen una instalación solar y se consideran de nuevo como uno de los bloques de construcción. Un inversor solar convierte la electricidad de corriente continua (CC) generada por paneles solares fotovoltaicos en electricidad de 110 V adecuada para uso doméstico privado. En otras palabras, convierte la corriente continua (CC) en corriente alterna (CA). La energía convertida se puede utilizar en dispositivos electrónicos, electrodomésticos, bombillas y muchos otros dispositivos [29].

Como se muestra en Figura 3.6 a continuación, la curva roja es el consumo típico en un día típico para un hogar o negocio. La curva azul es la energía producida por el sistema solar. El

excedente de electricidad es captado por medidores de dos vías y vendido a las empresas de distribución [29].

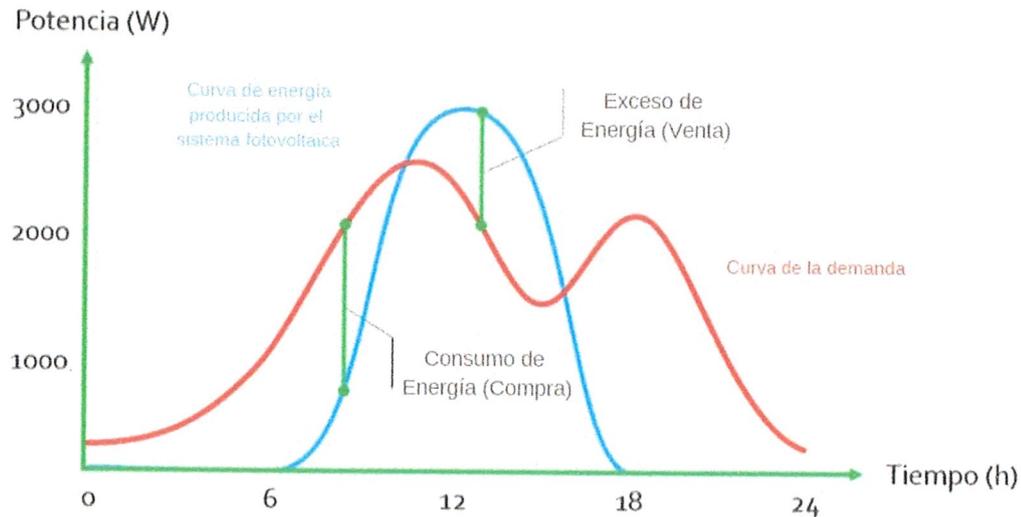


Figura 3.6 Grafica potencia tiempo del sistema On-Grid [29].

3.7.2. Como funciona el Inversor On-Grid

Cuando hablamos de los inversores conectados a la red deben sincronizarse con la red normal para funcionar correctamente. Cabe señalar que los inversores conectados a la red no se pueden utilizar con sistemas solares aislados. Instalando este tipo de inversores podemos ahorrar en la instalación de baterías, que son uno de los elementos más caros de un sistema solar. Por lo tanto, el precio total de los sistemas solares se reduce significativamente y también se puede cancelar por adelantado [28].

3.7.3. Partes fundamentales que componen un inversor

En los sistemas solares, los paneles solares son los encargados de generar electricidad a partir de la radiación solar recibida. La electricidad generada es una corriente continua con valores de tensión y corriente en función de la disposición de los paneles [30].

Los inversores fotovoltaicos son dispositivos electrónicos que permiten suministrar la electricidad generada a redes comerciales. Su función principal es convertir la corriente continua generada por el generador fotoeléctrico en corriente alterna, cuyas características están determinadas por la red [30].

- **Control principal**

Incluye todos los elementos de control comunes, así como la propia generación de formas de onda, que generalmente se basa en un sistema de modulación de ancho de pulso (PWM).

Gran parte del sistema de protección también está incluido, junto con funciones adicionales relacionadas con la construcción de formas de onda [30].

- **Etapa de potencia**

Dependiendo de los módulos disponibles, la potencia del inversor puede ser única o modular, en cuyo caso se utilizan varios módulos hasta alcanzar la potencia requerida, reduciendo la confiabilidad, aunque limitando el Paralelismo, asegurando el funcionamiento de cualquier etapa en caso de falla [30].

Las tecnologías de última generación se centran en permitir que los puentes de semiconductores funcionen a altas frecuencias, lo que da como resultado un mejor rendimiento y una reducción significativa del tamaño y el peso. Sin embargo, en algunos mercados aún predomina el uso de la tecnología clásica de baja frecuencia por su buen efecto, confiabilidad y bajo costo, quizás el único inconveniente es el gran tamaño, aunque es apta para celdas fotovoltaicas de 1 pulgada para viviendas conectadas a La red Los sistemas de hasta 5 kW no darán demasiados problemas si se instalan en cualquier casa. Cada etapa de potencia debe tener un filtro de salida apropiado cuya tarea es filtrar a través del dispositivo LC y evitar ondulaciones en el voltaje recibido del módulo fotovoltaico [30].

- **Control de red**

Es la interfaz entre la red y la principal. Garantiza el funcionamiento adecuado del sistema al sincronizar la forma de onda generada con la forma de onda de la red ajustando el voltaje, la fase, el tiempo, etc [30].

- **Monitorización de datos**

Los inversores más avanzados se valen de microprocesadores para su operación, los cuales brindan una gran cantidad de datos esenciales. Estos datos no solo abarcan los parámetros clásicos, como la tensión, corriente, energía producida y suministrada, frecuencia, entre otros, sino también otros aspectos fundamentales, como las temperaturas internas de los puentes inversores, la radiación solar directa y global, y la temperatura ambiente [30].

Dado el alto costo de las instalaciones solares fotovoltaicas, es crucial que los inversores ofrezcan un rendimiento y fiabilidad óptimos durante su funcionamiento. El rendimiento está estrechamente ligado a las variaciones en la potencia de la instalación, por lo tanto, se debe procurar trabajar con potencias cercanas o iguales a la nominal. Si la potencia proveniente de

los paneles fotovoltaicos en la entrada del inversor varía, se produce una disminución en el rendimiento [30].

3.7.4. Paneles fotovoltaicos

Los paneles solares fotovoltaicos están compuestos por un conjunto de células interconectadas de manera eficiente. Estas células están diseñadas para reunir las condiciones óptimas que permiten su utilización en sistemas de generación de energía, convirtiendo la radiación solar en energía eléctrica utilizable. Por ejemplo, los paneles de 12V constan de 36 células, los de 24V cuentan con 72 células, y los paneles destinados a la conexión a la red eléctrica tienen 60 células [31].

La curva Intensidad-Tensión (I-V) es la representación del comportamiento de una célula fotovoltaica. Esta curva describe la relación entre la corriente generada por la célula y la tensión a la que opera. En general, la curva I-V presenta un patrón característico donde la corriente aumenta proporcionalmente a medida que la tensión incrementa hasta alcanzar un punto máximo. Posteriormente, la corriente disminuye gradualmente a medida que la tensión continúa aumentando demostrado en la Figura 3.7 [31].

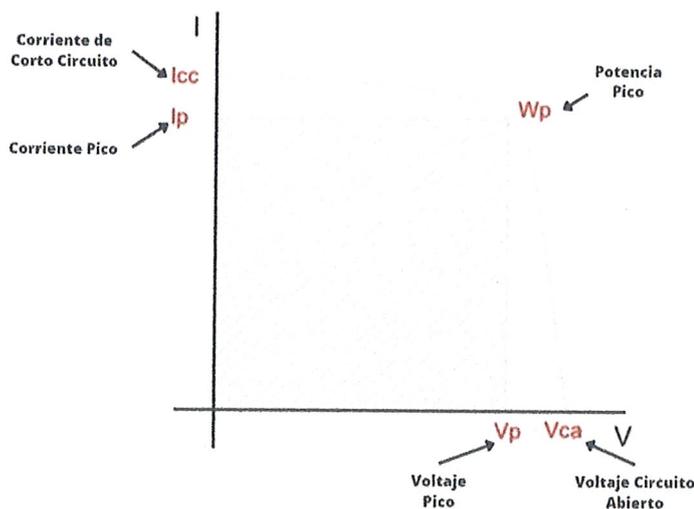


Figura 3.7 Curva de Intensidad-Tensión (I-V) [31].

- **Intensidad de cortocircuito (I_{cc} o I_{sc})**

Es aquella que se produce a tensión 0 voltios, por lo que puede ser medida directamente en bornes mediante un amperímetro. Su valor variará en función de las condiciones atmosféricas de medida [31].

- **Potencia máxima (Pmax)**

Medida en vatios pico (W_p): es la potencia máxima que puede suministrar el panel, es el punto donde el producto intensidad y tensión es máxima, bajo unas condiciones estándar de medida [31].

3.7.5. Características eléctricas de los paneles fotovoltaicos

La corriente generada por un panel solar es directamente proporcional a la intensidad de la radiación solar recibida y al área de las células solares del panel. A continuación, observaremos un gráfico que muestra cómo varía la intensidad en diferentes niveles de radiación solar, manteniendo la temperatura constante. En este gráfico, se puede apreciar que a medida que aumenta la radiación incidente, la intensidad generada también aumenta tal y como se observa en la figura 3.8 [31].

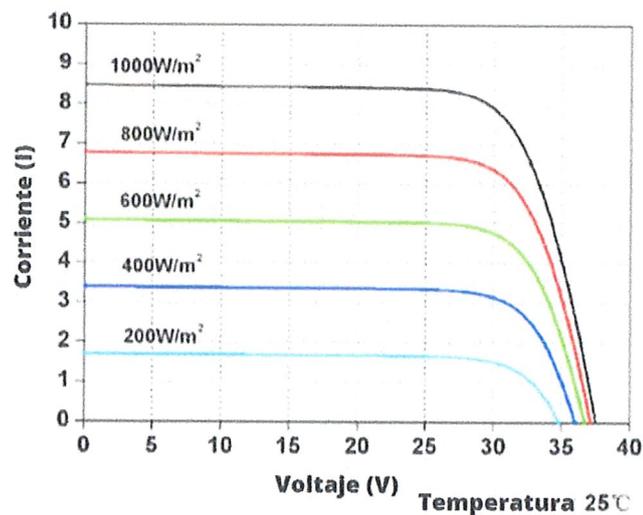


Figura 3.8 Curva Intensidad-Voltaje en diferentes irradiaciones [31].

Los paneles presentan unas pérdidas por aumento de la temperatura de operación, por norma general oscilan por cada 10°C de incremento en un 4% . La tensión suministrada por un panel solar varía dependiendo de la temperatura. A medida que la temperatura aumenta, la tensión disminuye. En el siguiente gráfico se presenta una representación visual de esta relación [31].

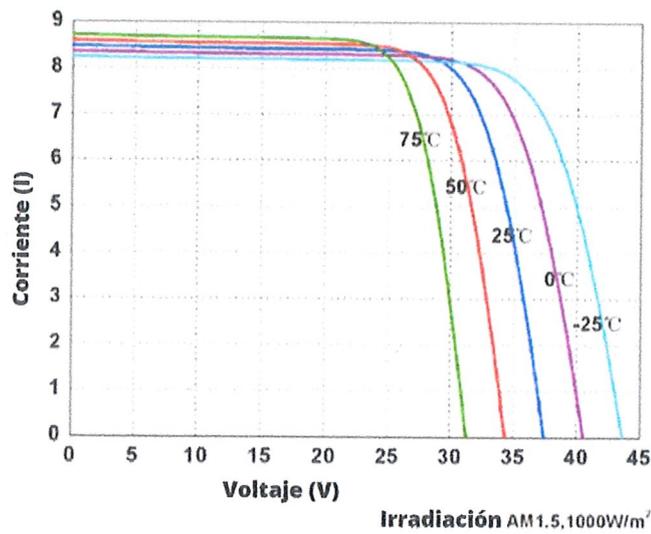


Figura 3.9 Curva Intensidad-Voltaje en diferentes irradiaciones [31].

3.8. INCORPORACIÓN DE ENERGÍA DEL SISTEMA ON-GRID A LA RED

Tabla 3.1 Comparación de la causas y consecuencias que produce la incorporación de energía del sistema On-Grid a la red eléctrica.

Causas	Consecuencias
Aumento de la demanda energética.	Mayor estabilidad en el suministro eléctrico.
Integración de fuentes renovables.	Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
Desarrollo de tecnologías eficientes.	Menor dependencia de combustibles fósiles.
Incentivos gubernamentales.	Mayor capacidad de generación distribuida.
Conciencia ambiental y sostenibilidad.	Menores pérdidas de energía en la red.
Nuevas políticas energéticas.	Diversificación de la matriz energética.
Crecimiento de la industria solar y eólica.	Impulso a la innovación tecnológica en el sector energético.

3.9. FACTOR DE EMISIÓN DE CO₂ QUE SE CONSIDERA PARA PROYECTOS DE GENERACIÓN RENOVABLE

El "Informe 2019 sobre el Factor de Emisión de CO₂ del Sistema Nacional Interconectado de Ecuador" proporciona datos relevantes sobre las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) asociadas con la generación de electricidad en la red eléctrica nacional durante el año 2019. Este informe es un estudio técnico que evalúa y cuantifica las emisiones de CO₂ por unidad de energía generada en el país [32].

El informe destaca un valor específico conocido como "Factor Ex Post EFgrid,CM,2019", el cual se establece en 0.2255 toneladas de CO₂ por megavatio-hora (t CO₂/MWh). Este factor es especialmente relevante para calcular las emisiones de CO₂ evitadas por proyectos eléctricos que desplazan la generación en el sistema eléctrico mediante el uso de energías renovables [32].

Los factores de emisión mencionados son aplicables a aquellos proyectos eléctricos que suministran electricidad a la red utilizando fuentes de energía renovable, como la energía solar, eólica, hidroeléctrica, entre otras. En esencia, cuando una actividad de proyecto con energías renovables inyecta electricidad en la red en lugar de obtenerla de fuentes no renovables, el Factor Ex Post EFgrid,CM,2019 se emplea para calcular cuántas toneladas de CO₂ se están evitando en comparación con la generación convencional de electricidad [32].

3.10. FUNDAMENTOS TEÓRICOS PARA EL ANÁLISIS DE RENTABILIDAD

3.10.1. Valor actual neto (VAN)

El Valor Agregado Neto (VAN) tiene dos propósitos principales en la toma de decisiones: en primer lugar, evaluar la viabilidad de las inversiones; y en segundo lugar, comparar diferentes inversiones para determinar cuál es más favorable en términos absolutos. Los criterios utilizados para tomar decisiones se basan en [33]:

- $VAN > 0$, el valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficios.
- $VAN = 0$, el proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, siendo su realización, en principio, indiferente.
- $VAN < 0$, el proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado.

La siguiente ecuación explica el comportamiento del valor actual neto.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n} \quad (1)$$

F_t = son los flujos de dinero en cada periodo t

I_0 = es la inversión realiza en el momento inicial (t = 0)

n = es el número de periodos de tiempo

k = es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

3.10.2. Tasa interna de retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es una métrica utilizada en la evaluación de proyectos de inversión para determinar si una inversión es viable y comparar distintas opciones de inversión. Cuanto mayor sea la TIR, más favorable será considerada la inversión. La TIR guarda una estrecha relación con el Valor Actual Neto (VAN). De hecho, la TIR se define como la tasa de descuento que iguala el VAN a cero para un proyecto de inversión determinado [34].

La TIR proporciona una medida relativa de rentabilidad expresada en porcentaje. No obstante, su cálculo puede presentar un desafío, ya que el número de períodos influye en la complejidad de la ecuación a resolver. Para abordar este problema, se pueden emplear diversos métodos de aproximación, hacer uso de una calculadora financiera o recurrir a un programa informático especializado [34].

La siguiente ecuación explica el comportamiento del valor actual neto.

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^N \frac{C_n}{(1+TIR)^n} = -I_0 + \frac{C_1}{(1+TIR)} + \frac{C_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{C_n}{(1+TIR)^n} \quad (2)$$

C_N = flujo de caja o de beneficios generados por la inversión en cada periodo

I_0 = es la inversión realiza en el momento inicial (t = 0)

N = es el número de periodos de tiempo

n = es el año en el que se van obteniendo los beneficios de cada periodo

TIR = es la tasa interna de retorno

- $TIR > 0$, el proyecto es aceptable, lo que indica que su rentabilidad es superior al coste de oportunidad o la rentabilidad mínima requerida. Esto implica que invertir en este proyecto generaría mayores ganancias que adquirir Bonos del Estado [34].
- $TIR < 0$, el proyecto se rechaza debido a que su rentabilidad es inferior a la rentabilidad mínima requerida. En este caso, no tendría sentido realizar la inversión, ya que sería más rentable invertir en Bonos del Estado [34].
- $TIR = 0$, no se genera ganancia ni pérdidas. En estas situaciones, es importante considerar otros posibles beneficios asociados a la realización del proyecto para tomar una decisión [34].

En el Ecuador, según Muñoz et al., se determina que el costo de producción de la energía a través de un sistema fotovoltaico es de 0,1074 USD/kW h, con una tasa de descuento del 7 % [35].

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Este proyecto de investigación hace uso de varios enfoques metodológicos que se detallan a continuación:

4.1.1. Método Experimental:

La aplicación del método experimental en este ámbito proporciona una valiosa oportunidad para que los investigadores profundicen en la comprensión de las operaciones específicas del sistema On-Grid. Esta metodología permite la identificación de potenciales áreas susceptibles de mejora y facilita la formulación de estrategias optimizadas y más efectivas para la generación y utilización de la energía solar. Esto, a su vez, contribuye a la acumulación de conocimientos académicos y a la evolución de la eficiencia en el campo de la energía solar.

4.1.2. Método Descriptivo

El método descriptivo, aplicado al monitoreo en tiempo real de un sistema On-Grid, desempeña un papel crucial al proporcionar un análisis meticuloso de las características actuales y el funcionamiento del sistema. Este enfoque conlleva la recopilación, clasificación y análisis de los datos generados por el sistema en tiempo real. Esto facilita la descripción precisa de los patrones de generación y consumo de energía, y otros aspectos relacionados. Estos parámetros, visualizables en tiempo real mediante Grafana, permiten una representación dinámica y actualizada del rendimiento del sistema.

4.1.3. Método Cuantitativo

El método cuantitativo se aplica en el monitoreo en tiempo real de un sistema On-Grid recolectando y analizando datos numéricos relacionados con la generación y el consumo de energía. Estos datos permiten identificar tendencias y patrones, evaluando el rendimiento del sistema y facilitando la toma de decisiones basada en hechos. Las visualizaciones en tiempo real, a través de herramientas como Grafana, mejoran la interpretación y comprensión de estos datos.

4.2. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

4.2.1. Investigación Bibliográfica

La investigación bibliográfica involucra el estudio de trabajos previos, normas técnicas y otras fuentes de información pertinentes. Estas fuentes proporcionan una comprensión sólida

de los conceptos y tecnologías implicados en la producción fotovoltaica y los sistemas On-Grid, enriqueciendo así la base teórica del proyecto.

4.2.2. Investigación Descriptiva

La investigación descriptiva implica el análisis detallado de los patrones y características del sistema en su estado operativo. Se observan y registran variables como la producción de energía. Estos datos sirven para proporcionar una visión precisa y actualizada del sistema, lo que permite identificar patrones, tendencias y posibles áreas de mejora.

4.3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.3.1. Técnicas de instrumentos para recolectar información

- **Técnicas**

Observación: En esta investigación, se contemplarán los entornos residenciales en diversas ciudades, con el objetivo de evaluar el balance entre costo y beneficio al emplear sistemas On-Grid con y sin almacenamiento de energía.

Medición: Para la evaluación de la demanda energética mensual, se procederá a revisar las facturas de electricidad proporcionadas por la compañía eléctrica. Además, el monitoreo se llevará a cabo mediante una aplicación propuesta por los autores de la tesis. En cuanto al sistema fotovoltaico, se hará uso de la herramienta PVGIS, que proporciona datos de alta precisión. Esta información permitirá realizar una comparación sólida y eficaz del rendimiento de los sistemas On-Grid con y sin almacenamiento de energía.

- **Instrumentos**

Software: Se hace uso de los softwares computacionales PVGIS, Excel y aplicación propuesta por los autores de la tesis para realizar las simulaciones para la obtención de los resultados.

4.3.2. Técnicas para el procedimiento y análisis de datos

- **Técnicas:**

Observación: Esta investigación se fundamenta en la simulación de un sistema fotovoltaico On-Grid con y sin almacenamiento, utilizando el software PVGIS para obtener la energía producida en diferentes meses. Se verificará si la energía generada cubre la demanda y si puede exportarse a la red, conforme a las regulaciones ARCERNNR-001/2021. Se evaluará si es rentable almacenar la energía en lugar de enviarla a la red, lo que llevará a la realización de

un estudio de costo-beneficio aplicando el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

4.4. METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DEL PROTOTIPO

La metodología propuesta para el diseño del prototipo se enfoca en un sistema de monitoreo basado en una configuración de generación fotovoltaica On-Grid. El primer paso en esta metodología es establecer criterios claros para la selección de los equipos que componen el sistema. En este sentido, se ha optado por la instalación de un interruptor de corriente continua (DC) que actúa como una barrera de seguridad al permitir el corte de la energía proveniente de los paneles solares, evitando así fallos eléctricos. Este interruptor es esencial dado que cotamos con diferentes arreglos fotovoltaicos.

La conversión de la corriente continua a corriente alterna es una tarea esencial en el sistema On-Grid. Por ello, se ha seleccionado un micro inversor con una capacidad de 700 vatios, cuyas especificaciones completas se pueden encontrar en el Anexo 2. Este micro inversor, además de realizar la conversión de energía, facilita la sincronización automática con la red eléctrica, garantizando así un rendimiento óptimo del sistema.

La protección del sistema contra sobretensiones es otro aspecto clave de la metodología. Se ha incluido un descargador de corriente alterna que desvía los excesos de energía y los descarga a tierra. Esta protección es fundamental para reducir el riesgo de daños al sistema y para asegurar una mayor longevidad del equipo.

En cuanto a la conexión con la red eléctrica, se ha incorporado un breaker que actúa como punto de entrada y salida a la red y también como mecanismo de protección. Este elemento, cuyas especificaciones se encuentran en el Anexo 5, evita sobrecargas y asegura la estabilidad del sistema.

La precisión en el monitoreo es fundamental para este prototipo. Por ello, se han seleccionado medidores de corriente alterna que registran y transmiten los valores medidos a través de la interfaz RS485. La información proporcionada por estos medidores, detallada en el Anexo 6, es vital para el seguimiento del sistema en tiempo real.

El cerebro detrás del monitoreo es la Raspberry Pi. Esta pequeña computadora, junto con un software abierto, realiza lo más importante en una aplicación de monitoreo, se convierte en un servidor local para almacenar los valores del medidor. Utilizando Python, se extraen datos de los medidores y se almacenan en MySQL. Posteriormente, con la ayuda de Grafana, se

visualizan estos datos en una interfaz de usuario amigable. Esta combinación de hardware y software facilita la visualización en tiempo real de los parámetros clave, haciendo del monitoreo una tarea más intuitiva para las personas.

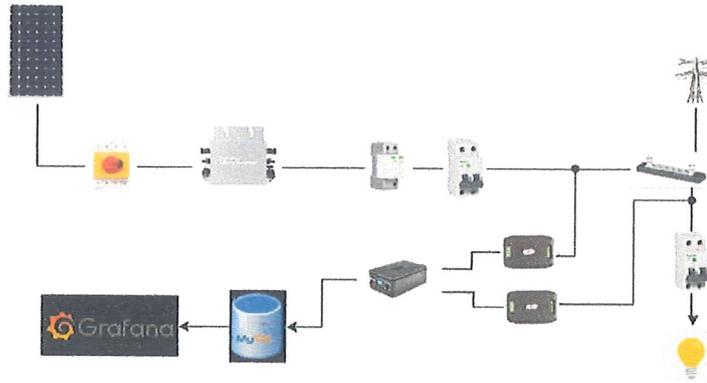


Figura 4.1 Esquema del sistema On-Grid

A continuación, se presenta el flujo grama en la figura 4.3 de la propuesta planteada para el sistema On-Grid.

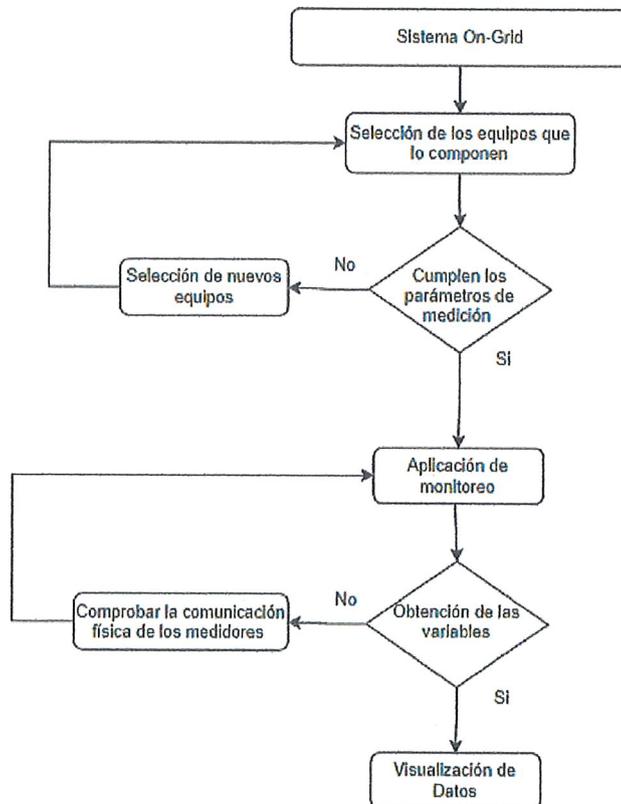


Figura 4.2 Estructura que compone el sistema On-Grid.

4.5. METODOLOGIA DE LA APLICACIÓN DE MONITOREO

4.5.1. Obtención de las librerías para la comunicación

Se procede a obtener las librerías necesarias para establecer la comunicación con los dispositivos que se desean monitorear. Para ello, se utiliza la librería “minimalmodbus”, “time” la cual es un módulo de Python que proporciona una interfaz sencilla para interactuar con dispositivos a través del protocolo Modbus. Este protocolo es ampliamente utilizado en sistemas de automatización industrial y control de procesos debido a su fiabilidad y eficiencia en la transmisión de datos.

- **Import minimalmodbus**

La librería, minimalmodbus es un módulo de Python que proporciona una interfaz para comunicarse con dispositivos a través del protocolo Modbus, que es un protocolo de comunicación utilizado en sistemas de automatización industrial y control de procesos [38].

Al importar minimalmodbus, se pueden utilizar las funciones y clases proporcionadas por este módulo para comunicarse con dispositivos Modbus y realizar lecturas de registros en dichos dispositivos [38].

- **Import time**

Import time es una instrucción de Python que permite importar el módulo "time" en el programa. El módulo "time" es un módulo incorporado en Python que proporciona varias funciones relacionadas con el tiempo y el reloj del sistema. Al importar este módulo, se pueden utilizar sus funciones para trabajar con fechas, horas, medir lapsos de tiempo, pausar la ejecución del programa y realizar otras operaciones relacionadas con el tiempo.

- **Time.sleep (segundos)**

Pausa la ejecución del programa durante el número especificado de segundos.

4.5.2. Obtención de los valores

Utilizando el medidor Peacefair PZEM-016. Este dispositivo es especialmente útil para medir y registrar parámetros eléctricos en un sistema de generación de energía fotovoltaica conectado a la red eléctrica. Gracias a este medidor, se pueden obtener mediciones precisas y confiables que son fundamentales para evaluar la eficiencia y el rendimiento del sistema.

4.5.3. Conexiones y comunicación con la base de datos

Se establece la conexión con la base de datos MySQL utilizando el módulo "MySQLdb". Este módulo proporciona una interfaz sencilla y eficiente para interactuar con bases de datos MySQL, permitiendo la conexión al servidor de bases de datos y la realización de consultas para almacenar y recuperar datos. Es mediante esta conexión que los datos obtenidos del dispositivo Modbus son almacenados en la base de datos, lo que permite su posterior análisis y visualización, de esta manera se presentan las características principales de MySQLdb:

- **Conexión a la base de datos**

MySQLdb facilita la conexión a un servidor de bases de datos MySQL utilizando las credenciales adecuadas, como el nombre de usuario, contraseña, host y nombre de la base de datos.

- **Consultas y manipulación de datos**

Permite enviar consultas SQL al servidor y recibir los resultados de las mismas. También es posible realizar operaciones de inserción, actualización y eliminación de datos en la base de datos.

- **Manejo de resultados**

MySQLdb facilita la obtención y el manejo de los resultados de las consultas realizadas, permitiendo acceder a los datos de forma estructurada.

- **Transacciones**

Permite trabajar con transacciones, que son bloques de operaciones SQL que se ejecutan de manera atómica (todas o ninguna). Esto asegura la integridad de los datos en la base de datos.

- **Seguridad:**

MySQLdb ofrece funcionalidades para prevenir ataques de inyección SQL, lo que lo hace seguro para interactuar con bases de datos.

Es importante destacar que MySQLdb es específico para el motor de bases de datos MySQL. Si deseas trabajar con otros motores de bases de datos, como PostgreSQL o SQLite, deberás utilizar módulos específicos para cada uno de ellos.

Es común utilizar MySQLdb en aplicaciones Python para interactuar con bases de datos MySQL en aplicaciones web, sistemas de gestión, análisis de datos y otras tareas que requieran almacenamiento y recuperación de información en una base de datos

4.5.4. Comunicación la base de datos con Grafana

La comunicación entre la base de datos y la plataforma Grafana, es una herramienta poderosa y flexible para la visualización y análisis de datos en tiempo real. Permite crear paneles personalizados con gráficos interactivos, tablas y alertas, lo que facilita el monitoreo continuo del sistema On-Grid. La integración con la base de datos MySQL permite acceder a los datos almacenados y visualizarlos de manera gráfica, lo que facilita la interpretación de los resultados y la toma de decisiones informadas para mejorar la eficiencia y rendimiento del sistema [39].

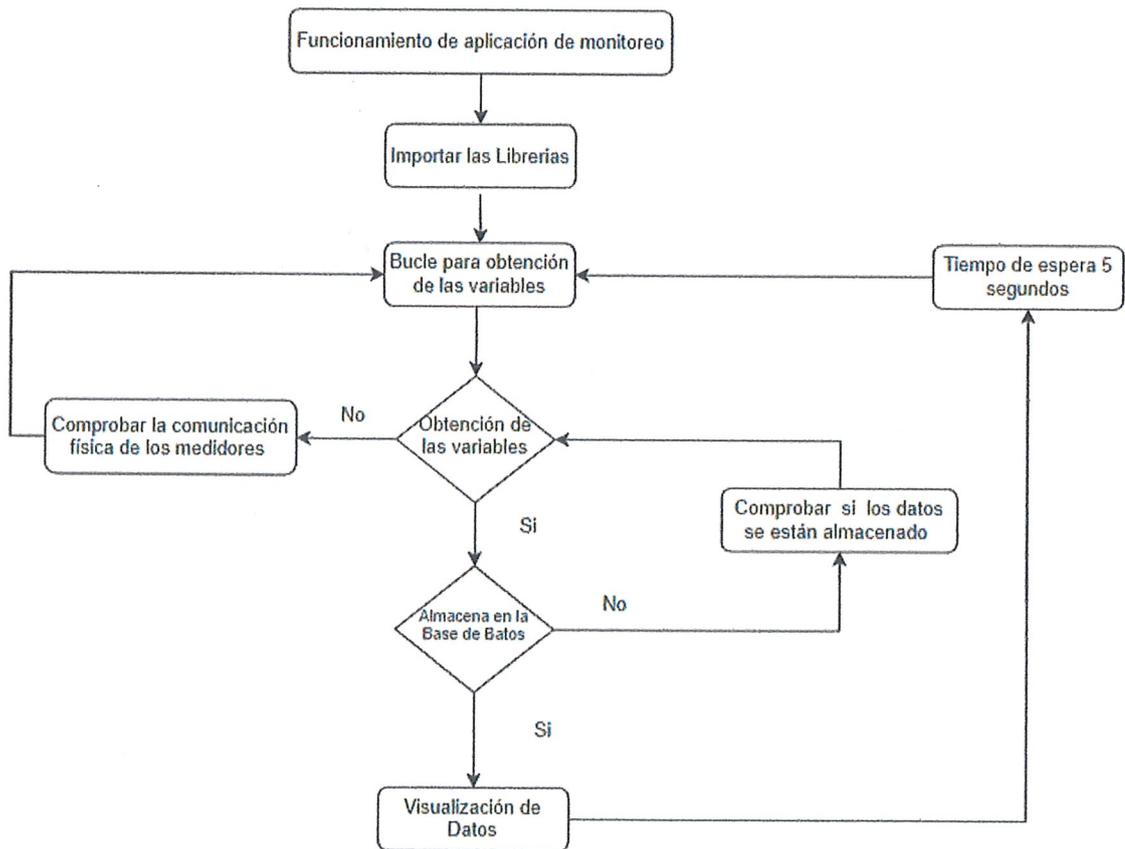


Figura 4.3 Estructura del funcionamiento de la aplicación de monitoreo

4.6. METODOLOGIA DEL ANÁLISIS ECONÓMICO

Para efectuar este estudio, se recolectaron datos de consumo de los usuarios de la Empresa Eléctrica, junto con los costos de inversión para el equipamiento del sistema y los gastos vinculados a su operación y mantenimiento. Utilizando esta información, se desarrolló una simulación con el objetivo de determinar la solución más rentable para el sistema en cuestión.

En cuanto a la simulación del sistema fotovoltaico On-Grid, con y sin almacenamiento, se empleó el software PVGIS. Esta herramienta, ofrecida de forma gratuita y creada por el Centro Común de Investigación de la Comisión Europea, es capaz de estimar la producción y eficiencia de sistemas fotovoltaicos en distintas ubicaciones geográficas. Gracias a sus características, PVGIS se ha consolidado como una herramienta clave para el análisis y evaluación de los sistemas fotovoltaicos examinados en este estudio.

La metodología adoptada toma como referencia el modelo presentado en la Figura 4.4 para la simulación. A través de ella, no sólo se ponderan variables técnicas, sino también aspectos económicos. Se considera, en este sentido, la contribución de la batería al balance energético del usuario y la generación a partir de fuentes fotovoltaicas.

Adicionalmente, es crucial considerar la Resolución Nro. ARCERNNR-001/2023. Esta normativa establece directrices sobre cómo se debe manejar la relación entre la energía entregada (ENET) y la recibida (ERED) por parte de los consumidores. La resolución proporciona fórmulas para el cálculo de consumo, introduciendo términos clave como Energía No Inyectada (EINY) y Energía Efectivamente Registrada (ERED), entre otros. Asimismo, ofrece un panorama claro de cómo se relacionan estas variables y presenta un método para el cálculo de costos y compensaciones en el intercambio energético. Es importante destacar que, bajo esta resolución, los consumidores se categorizan según el voltaje de conexión y potencia nominal, y se enfatizan las responsabilidades de la Empresa Distribuidora (ED) en relación al balance energético mensual.

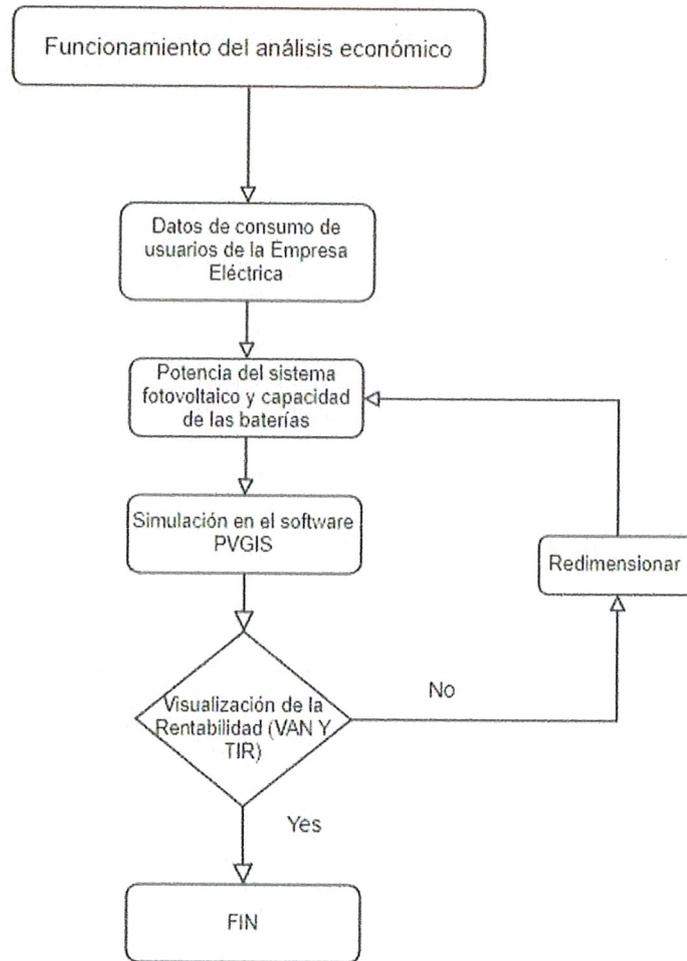


Figura 4.4. Estructura del modelo planteado [40].

A continuación, se presentan las configuraciones (Sistema de Generación con energía renovables sin conexión a la red y conectado a la red) para los casos de estudio propuestos.

4.6.1. Recopilación de la demanda residencial Latacunga

El análisis del perfil de consumo de esta residencia en Latacunga en la Figura 4.13 revela que el consumo energético varía a lo largo del año, fluctuando entre un mínimo de 115 kWh y un máximo de 205 kWh al mes. Estas variaciones pueden ser atribuidas a diferentes factores como cambios estacionales, variaciones en la ocupación de la residencia, y fluctuaciones en la utilización de electrodomésticos.

Con un promedio mensual de 176.83 kWh, el consumo energético de esta residencia se sitúa en un rango medio. Sin embargo, dependiendo de la tarifa eléctrica y otros factores, el coste de este consumo puede ser significativo. Este análisis puede ser útil para determinar la

viabilidad de la implementación de un sistema de energía solar en la residencia. Por ejemplo, si se desea cubrir una parte o la totalidad del consumo energético con energía solar, se deberán instalar paneles solares con una capacidad suficiente para generar, en promedio, 176.83 kWh al mes.

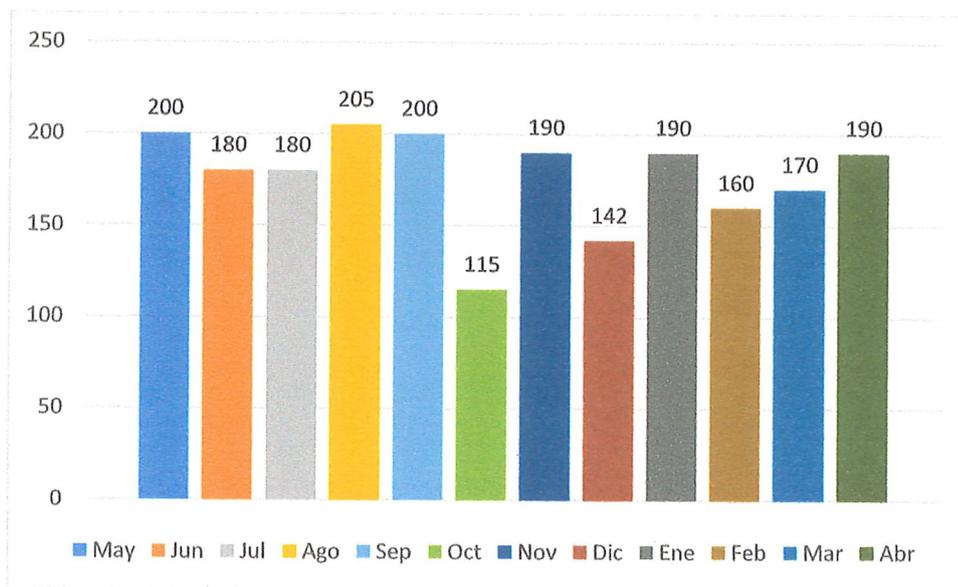


Figura 4.5 Demanda residencial en Latacunga.

4.6.2. Recopilación de la demanda residencial en Ambato

El perfil de consumo de esta residencia en Ambato en la Figura 4.14 muestra una variabilidad notoria en el consumo de energía a lo largo del año. Se registra una oscilación mensual entre un mínimo de 125 kWh y un máximo de 207 kWh. Al igual que en la situación de Latacunga, esas variaciones pueden ser atribuidas a una serie de factores, entre ellos, los cambios estacionales, las variaciones en la ocupación de la residencia y las fluctuaciones en el uso de los electrodomésticos.

El promedio mensual de consumo se sitúa en aproximadamente 172.92 kWh. Aunque este promedio está dentro de un rango medio, el coste de este consumo puede ser significativo dependiendo de la tarifa eléctrica y otros factores. Este análisis brinda información valiosa para determinar la viabilidad de implementar un sistema de energía solar en la residencia. Por ejemplo, si el objetivo es cubrir parte o la totalidad del consumo energético con energía solar, se deberán instalar paneles solares con una capacidad suficiente para generar, en promedio, 172.92 kWh al mes.

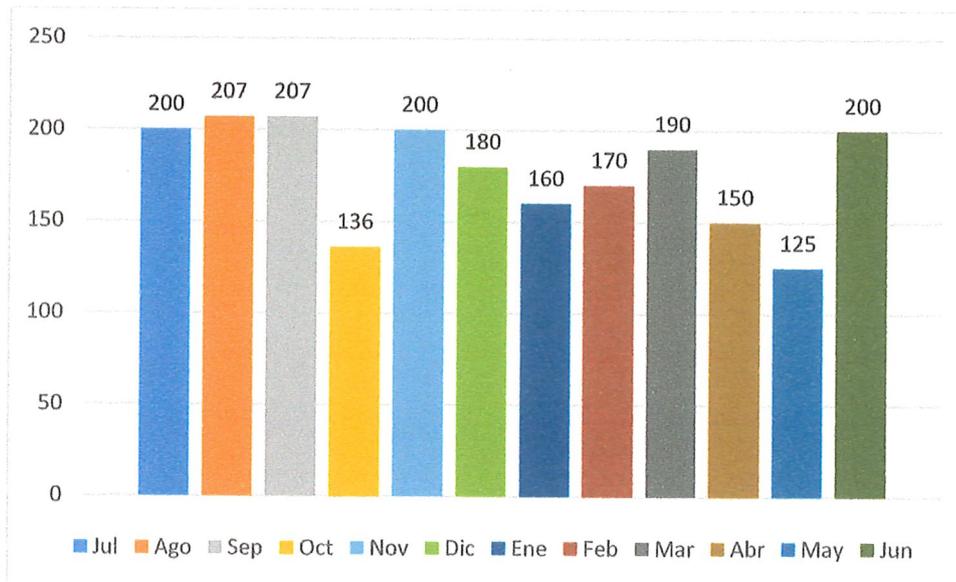


Figura 4.6 Demanda residencia em Ambato.

4.6.3. Parámetros técnicos y costos del sistema fotovoltaico On-Grid

Los parámetros técnicos y costos del sistema fotovoltaico conectado a la red (On-Grid) se establecen a partir de la búsqueda de diversas marcas de paneles solares disponibles en el mercado ecuatoriano. La disponibilidad de estas marcas está sujeta a variaciones en el mercado, y la selección de una en particular dependerá de factores como el costo, la eficiencia, la fiabilidad y el servicio postventa.

En la misma línea, la elección de los inversores está condicionada por criterios similares. Los inversores son componentes críticos en cualquier sistema fotovoltaico, ya que convierten la corriente continua generada por los paneles solares en corriente alterna que puede ser utilizada en el hogar o inyectada a la red eléctrica.

Finalmente, las baterías son otro componente esencial en muchos sistemas fotovoltaicos, especialmente en aquellos que buscan la independencia de la red eléctrica o la capacidad de almacenar energía solar para su uso durante las horas nocturnas o los períodos de baja producción solar. Al igual que con los paneles solares y los inversores, la selección de las baterías depende de una variedad de factores, incluyendo el costo, la capacidad de almacenamiento, la vida útil y la eficiencia.

4.6.3.1. Paneles fotovoltaicos

Los paneles solares de la marca Powest, específicamente el modelo de 300W, son reconocidos por su alta eficiencia y desempeño consistente en una variedad de condiciones climáticas. Fabricados con células solares monocristalinas, estos módulos fotovoltaicos

prometen una producción de energía constante y sostenida a lo largo del tiempo. Su vida útil estimada supera los 25 años y presentan una disminución en la eficiencia anual que es mínima, lo que los convierte en una inversión confiable para sistemas fotovoltaicos tanto residenciales como comerciales.

En el mercado también se encuentran disponibles paneles solares de la marca RESUN SOLAR. Estos paneles, con capacidades que varían entre 150, 200 y 250 proporcionan opciones versátiles que pueden adaptarse a las necesidades específicas de cada proyecto. Al igual que los paneles Powest, los paneles RESUN SOLAR ofrecen un rendimiento confiable y una vida útil prolongada, lo que los convierte en una opción a considerar para cualquier sistema fotovoltaico.

4.6.3.2. Inversor

El inversor Growatt MIN 3000TL-XE es un componente esencial en sistemas fotovoltaicos on-grid, conocido por su eficiencia y confiabilidad. Su diseño compacto y avanzadas funciones de monitoreo remoto, sumados a una vida útil estimada de más de 10 años, lo hacen una inversión duradera y valiosa en la generación de energía solar.

El inversor Growatt MIN 3000TL-XE se destaca como un componente vital en los sistemas fotovoltaicos conectados a la red (On-Grid). Este equipo es altamente apreciado por su eficiencia y fiabilidad. Su diseño compacto y las avanzadas funciones de monitoreo remoto, junto con una vida útil estimada de más de 10 años, lo convierten en una inversión valiosa y duradera para la generación de energía solar.

El inversor POWEST de 3 Kva On-Grid, este inversor presenta una salida de onda senoidal pura y ofrece tanto autoconsumo como alimentación a la red. Entre sus características más notables se incluye la prioridad de alimentación programable para la fotovoltaica o la batería, corriente de carga ajustable por el usuario y el voltaje, y múltiples modos de funcionamiento programables. Esto último incluye la conexión a red con batería y la inyección a la red.

4.6.3.3. Características y datos técnicos-económicos de los equipos

Se pueden observar cada parámetro técnico y económico de los componentes del sistema solar fotovoltaico On-Grid que utiliza para la simulación. Las tablas se encuentran disponibles en el Anexo 8 al Anexo 16

4.6.3.4. Extracción de la energía producida en las diferentes ciudades

Después de adquirir y familiarizarse con los equipos necesarios, se ingresaron meticulosamente los datos relevantes en el programa PVGIS. Esta herramienta permitió analizar la ubicación geográfica de diferentes ciudades para determinar su potencial fotovoltaico. Al contrastar Latacunga y Ambato, emergieron diferencias significativas en cuanto a irradiación solar.

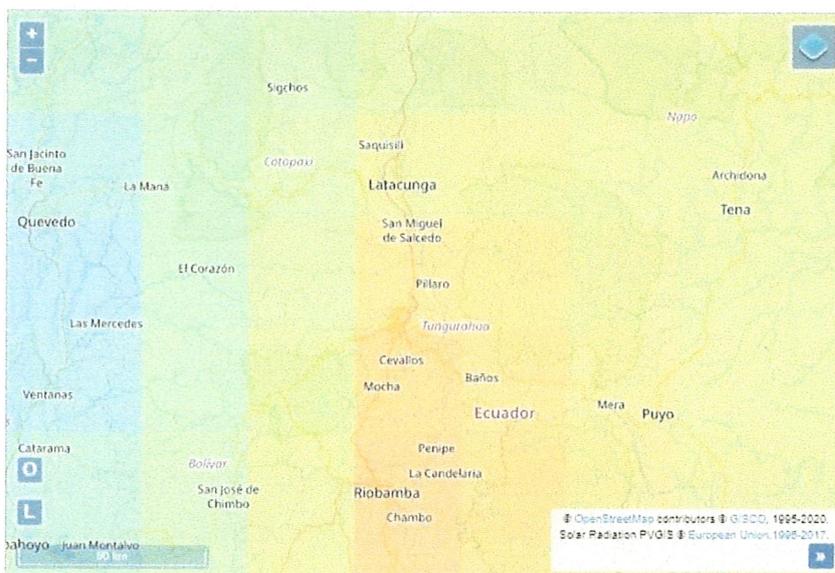


Figura 4.8 Mapa de las ciudades y su capacidad de generación solar [41].

Latacunga, ubicada a mayor altitud y cercana a la cordillera de los Andes, tiende a tener un clima más fresco y nublado que puede afectar directamente la cantidad de irradiación solar recibida. Estas características climáticas, combinadas con la posibilidad de días más nublados, hacen que Latacunga posea una irradiación solar generalmente menor se encuentra en el Anexo 11.

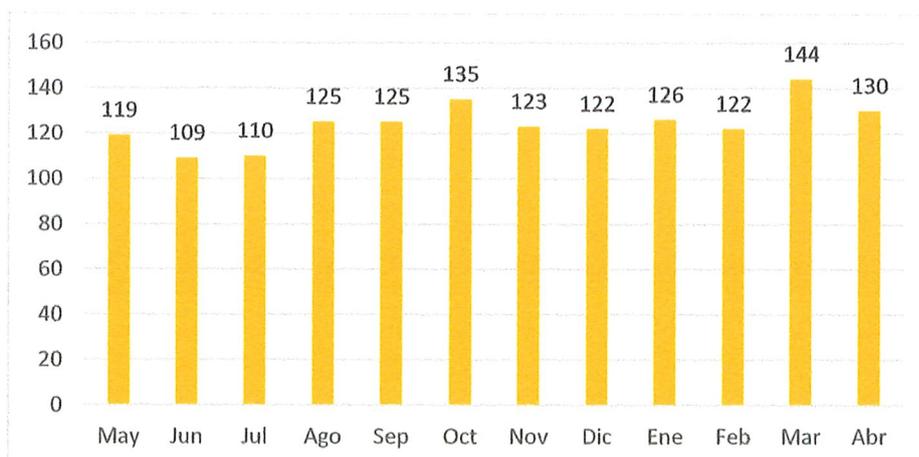


Figura 4.9 Energía solar producida en Latacunga con 2kWp.

Por otro lado, Ambato, a pesar de estar también en la sierra y a una altitud considerable, presenta un clima ligeramente más cálido y con un mejor índice de días despejados en comparación con Latacunga. Esta combinación de factores proporciona a Ambato una ventaja en términos de irradiación solar y, por ende, en la capacidad para generar energía fotovoltaica se encuentra en el Anexo 12.

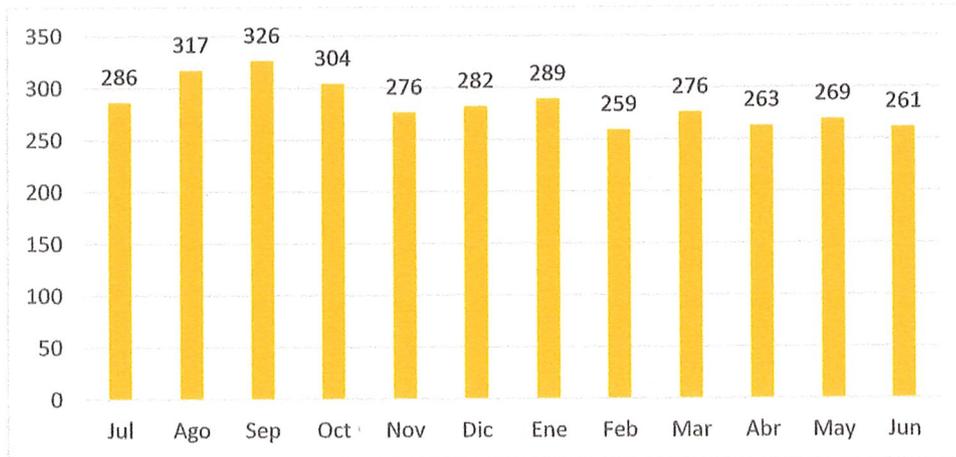


Figura 4.10 Energía solar producida en Ambato con 2kWp.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. DATOS OBTENIDO A TRAVEZ DE LA APLICACIÓN DEL MONITOREO

Sólo se produjeron 3,6 vatios de potencia mediante generación solar a partir de dos paneles de 50 Wp utilizando reflectores de 100 W. Resulta evidente que los paneles fotovoltaicos en cuestión no proporcionan suficiente electricidad si se tiene en cuenta una carga resistiva con un consumo de 110 vatios (focos)



Figura 5.1 Validación de datos del inversor con la aplicación del monitoreo.

Tabla 5.1 Validación de datos obtenidos del inversor.

AC Inversor		AC Carga	
Potencia W	3,6	Potencia W	118
Voltaje V	123	Voltaje V	123
Corriente A	0,13	Corriente A	0,96

En el análisis correspondiente al segundo caso, se realizó la conexión del inversor a la red, permitiendo de esta manera su contribución energética. Esta operación se efectuó con una potencia fotovoltaica pico instalado de 340 W. Los datos obtenidos se presentan en la tabla subsiguiente.

Es importante resaltar que se identificaron pérdidas en el inversor durante la conversión de corriente continua (DC) a corriente alterna (AC). Estas pérdidas representan un promedio del 6.10% de la potencia fotovoltaica. Además, se observó una potencia máxima registrada de 254.30 W.

Se presume que estas pérdidas son atribuibles al tipo de conductor utilizado, el cual no es óptimo para corriente continua, y a la longitud de este. La contaminación ambiental también podría tener un impacto en el desempeño del sistema.

Estos hallazgos se representan gráficamente en la Tabla 5.2 y la Figura 5.2 anexa.

Tabla 5.2 Potencia máxima y mínima recolectada del inversor.

DC Inversor			AC Inversor			Potencia de pérdida W	Potencia de pérdida %
Potencia W	Voltaje V	Corriente A	Potencia W	Voltaje V	Corriente A		
7,10	30,2	0,24	6,7	139,40	0,05	0,4	5,63
27,90	32,4	0,88	26,2	135,80	0,21	1,7	6,09
30,20	35,8	0,86	28,3	137,70	0,22	1,9	6,29
57,30	35,7	1,64	53,8	134,30	0,44	3,5	6,11
64,80	29,9	2,21	60,8	136,40	0,48	4	6,17
69,90	29,1	2,45	65,7	137,10	0,52	4,2	6,01
70,40	29,3	2,45	66,1	137,50	0,52	4,3	6,11
89,60	22,5	4,07	84,1	132,10	0,69	5,5	6,14
150,10	22,8	6,71	140,9	132,40	1,16	9,2	6,13
157,00	32,1	5	147	130,90	1,23	10	6,37
254,30	29	8,94	238,8	128,90	2,01	15,5	6,10
254,30	29	8,94	238,8	128,90	2,01	15,5	6,10
157,00	32,1	5	147	130,90	1,23	10	6,37
150,10	22,8	6,71	140,9	132,40	1,16	9,2	6,13
89,60	22,5	4,07	84,1	132,10	0,69	5,5	6,14
70,40	29,3	2,45	66,1	137,50	0,52	4,3	6,11
69,90	29,1	2,45	65,7	137,10	0,52	4,2	6,01
64,80	29,9	2,21	60,8	136,40	0,48	4	6,17
57,30	35,7	1,64	53,8	134,30	0,44	3,5	6,11
30,20	35,8	0,86	28,3	137,70	0,22	1,9	6,29
27,90	32,4	0,88	26,2	135,80	0,21	1,7	6,09
7,10	30,2	0,24	6,7	139,40	0,05	0,4	5,63

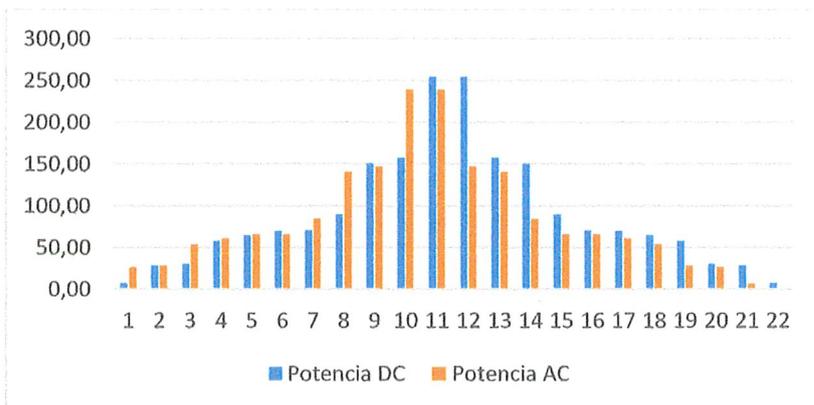


Figura 5.2 Potencia del inversor.

5.2. BENEFICIO DE LA APLICACIÓN DE MONITOREO

Tras la revisión de la aplicación de monitoreo On-Grid, es evidente que esta herramienta ofrece múltiples beneficios que trascienden diversos sectores. Dicha aplicación no solo se limita a medir la producción de energía del inversor previamente discutido, sino que se extiende a variados campos de acción.

En el ámbito residencial y comercial, esta aplicación es una pieza clave para supervisar el consumo energético de una vivienda. A través de su utilización, es posible detectar anomalías, como el sobreconsumo originado por fugas de energía, lo que favorece una gestión más eficiente de los recursos eléctricos.

En el sector industrial, en el sector industrial ecuatoriano, la herramienta de monitoreo se presenta como un instrumento vital para supervisar el factor de potencia en las instalaciones. La legislación en Ecuador establece penalizaciones para aquellos que no mantienen un factor de potencia adecuado. Por ende, esta aplicación es fundamental no solo para asegurar un rendimiento eléctrico eficiente sino también para eludir cargos adicionales.

Así, las empresas pueden detectar y rectificar rápidamente cualquier anomalía en su sistema eléctrico. Es importante señalar que, de acuerdo con la normativa vigente Resolución ARCONEL-038/15, se penaliza a los consumidores de la categoría general con medición de energía reactiva si su factor de potencia es inferior a 0,92.

Otorga a los usuarios una visión clara y en tiempo real de su consumo o producción energética, convirtiéndose en una herramienta esencial para la gestión energética en diversos contextos.



Figura 5.3 Parámetros que se puede monitorear.

5.3. BENEFICIO Y VIABILIDAD DEL PROYECTO CON ALMACENAMIENTO

Un componente fundamental en cualquier sistema de energía solar fotovoltaica es el sistema de almacenamiento, comúnmente implementado a través de baterías. Estas baterías permiten el almacenamiento de energía generada durante las horas pico de producción solar para su uso durante los períodos de menor producción, como durante la noche o en días nublados. En este contexto, se realiza una evaluación detallada de la rentabilidad de la inversión en un sistema fotovoltaico con una capacidad de almacenamiento específica.

A continuación, para una comprensión más detallada y contextualizada, se presentarán casos de estudio en Latacunga y Ambato, dos regiones de Ecuador con características climáticas y geográficas únicas que pueden afectar la eficiencia y la rentabilidad de los sistemas de energía solar fotovoltaica y de almacenamiento.

5.3.1. Latacunga Caso 1

Para evaluar la rentabilidad de la inversión en este proyecto, se utilizan el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) como indicadores clave. Dentro de los parámetros específicos del proyecto se encuentran una potencia fotovoltaica pico de 2000 Wp, una capacidad de batería de 19200 Wh, y un consumo diario de 5894 Wh. El sistema requiere 8 unidades de baterías de 200Ah.

Se ha determinado una tasa de descuento del 7%, y se prevén costos de mantenimiento anuales de 10 dólares. Sin embargo, también se debe tener en cuenta el costo del inversor, el cual se estima que deberá ser reemplazado cada 10 años. Además, el costo de las baterías, que se estima que deberán ser reemplazadas cada 15 años, también deben ser consideradas en el análisis financiero.

Este análisis se realiza en un horizonte de 25 años, que corresponde al tiempo durante el cual se espera que los paneles fotovoltaicos operen a su potencia nominal. Una vez transcurrido este tiempo, se espera que la eficiencia de los paneles comience a disminuir. En la Tabla 5.3 se muestra el flujo de caja.

Tabla 5.3 Flujo de caja Latacunga caso 1.

Potencia FV pico	2000	Wp	
Capacidad de la batería	19200	Wh	
Consumo diario	5902	Wh	
Nro. De Baterías	8	ud.	
Tasa sw Descuento	7%		
Periodo En Años	Rt	$(1+i)^j$	$Rt / (1+i)^j$
0	-6775		-6775
1	185,73	1,07	173,58
2	185,73	1,14	162,23
3	185,73	1,23	151,61
4	185,73	1,31	141,69
5	185,73	1,40	132,42
6	185,73	1,50	123,76
7	185,73	1,61	115,66
8	185,73	1,72	108,10
9	185,73	1,84	101,03
10	-454,27	1,97	-230,93
11	185,73	2,10	88,24
12	185,73	2,25	82,47
13	185,73	2,41	77,07
14	185,73	2,58	72,03
15	-2654,27	2,76	-962,03
16	185,73	2,95	62,91
17	185,73	3,16	58,80
18	185,73	3,38	54,95
19	185,73	3,62	51,36
20	185,73	3,87	48,00
21	185,73	4,14	44,86
22	185,73	4,43	41,92
23	185,73	4,74	39,18
24	185,73	5,07	36,62
25	185,73	5,43	34,22
	VAN		-5965
	TIR		-9%

5.3.2. Ambato Caso 1

Para evaluar la rentabilidad de la inversión en este proyecto, se utilizan el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) como indicadores clave. Dentro de los

parámetros específicos del proyecto se encuentran una potencia fotovoltaica pico de 2000 Wp, una capacidad de batería de 19200 Wh, y un consumo diario de 5902 Wh. El sistema requiere 8 unidades de baterías de 200Ah.

Se ha determinado una tasa de descuento del 7%, y se prevén costos de mantenimiento anuales de 10 dólares. Sin embargo, también se debe tener en cuenta el costo del inversor, el cual se estima que deberá ser reemplazado cada 10 años. Además, el costo de las baterías, que se estima que deberán ser reemplazadas cada 15 años, también deben ser consideradas en el análisis financiero.

Este análisis se realiza en un horizonte de 25 años, que corresponde al tiempo durante el cual se espera que los paneles fotovoltaicos operen a su potencia nominal. Una vez transcurrido este tiempo, se espera que la eficiencia de los paneles comience a disminuir. En la Tabla 5.4 se muestra el flujo de caja.

Tabla 5.4 Flujo de caja Ambato caso 1.

Potencia FV pico	2000	Wp	
Capacidad de la batería	19200	Wh	
Consumo diario	5902	Wh	
Nro. De Baterías	8	ud.	
Tasa sw Descuento	7%		
Periodo En Años	Rt	(1+i) ^j	Rt / (1+i) ^j
0	-6775		-5123
1	186,88	1,07	169,20
2	186,88	1,14	158,13
3	186,88	1,23	147,78
4	186,88	1,31	138,12
5	186,88	1,40	129,08
6	186,88	1,50	120,64
7	186,88	1,61	112,74
8	186,88	1,72	105,37
9	186,88	1,84	98,48
10	-453,12	1,97	-233,31
11	186,88	2,10	86,01
12	186,88	2,25	80,39
13	186,88	2,41	75,13
14	186,88	2,58	70,21
15	-2653,12	2,76	-447,84
16	186,88	2,95	61,33
17	186,88	3,16	57,31
18	186,88	3,38	53,56

19	186,88	3,62	50,06
20	186,88	3,87	46,78
21	186,88	4,14	43,72
22	186,88	4,43	40,86
23	186,88	4,74	38,19
24	186,88	5,07	35,69
25	186,88	5,43	33,36
VAN			-5952
TIR			-9%

El análisis se lleva a cabo bajo un horizonte de 25 años para Latacunga y Ambato, periodo que corresponde a la vida útil estimada de los paneles fotovoltaicos en su potencia nominal. Pasado este tiempo, se espera que la eficiencia de los paneles comience a disminuir.

En Latacunga, con una potencia fotovoltaica pico de 2000 Wp y un número de baterías variando entre 8, 6 y 4, los resultados de la inversión se presentan en la Tabla 5.5 siguiente:

Tabla 5.5 Comparativa del VAN y TIR Latacunga caso 1.

Potencia FV pico Wp	Nro. De Baterías	Capacidad de la batería Wh	Desembolso inicial \$	Tasa de actualización %	Duración de la inversión años	VAN	TIR
2000	8	19200	6775	7	25	-5965,2	-9%
2500	6	14400	5949	7	25	-4896,9	-7%
3000	4	9600	5123	7	25	-3852,0	-5%

Se calculó un ahorro anual en electricidad, de los cuales se restan 10 dólares anuales de costos de mantenimiento, lo que resulta en un flujo de caja anual. A pesar de esto, se debe considerar el costo de reemplazo del inversor cada 10 años. En este escenario, la inversión inicial no se recupera incluso después de 15 años, considerando el reemplazo del inversor. Adicionalmente, se asume que, por el alto costo de las baterías de gel usadas para el sistema de almacenamiento, cuya vida útil es de 15 años, la implementación de un sistema de almacenamiento no se considera rentable en Latacunga.

En Ambato, el análisis de la inversión se presenta en la Tabla 5.6 siguiente:

Tabla 5.6 Comparativa del VAN y TIR Ambato caso 1.

Potencia FV pico Wp	Nro. De Baterías	Capacidad de la batería Wh	Desembolso inicial \$	Tasa de actualización %	Duración de la inversión años	VAN	TIR
2000	8	19200	6775	7	25	-5951,9	-9%
2000	6	14400	5949	7	25	-4881,6	-7%
2000	4	9600	5123	7	25	-3826,0	-5%

En este caso, se estima un ahorro anual en electricidad. Restando los costos anuales de mantenimiento de 10 dólares, se obtiene un flujo de caja anual. Sin embargo, al igual que en el caso anterior, es necesario considerar el costo de reemplazo del inversor cada 10 años. Bajo este escenario, la inversión inicial de 6775 dólares no se recupera después de 15 años, incluso considerando el reemplazo del inversor. En Ambato, de igual forma, debido al alto costo de las baterías de gel, la implementación de un sistema de almacenamiento no se considera rentable.

5.4. BENEFICIO Y VIABILIDAD DEL PROYECTO SIN ALMACENAMIENTO

Un componente clave en cualquier sistema de energía solar fotovoltaica es la opción de operar sin almacenamiento, lo que significa depender directamente de la energía generada durante las horas de sol. Aunque esto limita la disponibilidad de energía durante la noche o en días nublados, la ausencia de un sistema de almacenamiento puede reducir significativamente el costo inicial y los gastos de mantenimiento, potencialmente mejorando la rentabilidad de la inversión. En este contexto, se realiza un análisis exhaustivo del beneficio y la viabilidad de implementar un sistema fotovoltaico sin almacenamiento.

A continuación, para proporcionar una comprensión más detallada y contextualizada, se presentarán estudios de caso en Latacunga y Ambato, dos regiones de Ecuador con características climáticas y geográficas particulares que pueden influir en la eficacia y la rentabilidad de los sistemas de energía solar fotovoltaica sin almacenamiento.

5.4.1. Latacunga Caso 2

Para evaluar la rentabilidad de la inversión en este proyecto, se utilizan el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) como indicadores clave. Dentro de los parámetros específicos del proyecto se encuentran una potencia fotovoltaica pico de 2000 Wp.

Se ha determinado una tasa de descuento del 7%, y se prevén costos de mantenimiento anuales de 10 dólares. Sin embargo, también se debe tener en cuenta el costo del inversor, el cual se estima que deberá ser reemplazado cada 10 años.

Este análisis se realiza en un horizonte de 25 años, que corresponde al tiempo durante el cual se espera que los paneles fotovoltaicos operen a su potencia nominal. Una vez transcurrido este tiempo, se espera que la eficiencia de los paneles comience a disminuir. En la Tabla 5.7 se muestra el flujo de caja.

Tabla 5.7 Flujo de caja Latacunga caso 2.

Potencia FV pico		2000	Wp
Tasa de Descuento		7%	
Nro.	Rt	(1+i) ^j	Rt / (1+i) ^j
0	-3511		-3511
1	128,57	1,07	120,16
2	128,57	1,14	112,30
3	128,57	1,23	104,95
4	128,57	1,31	98,09
5	128,57	1,40	91,67
6	128,57	1,50	85,67
7	128,57	1,61	80,07
8	128,57	1,72	74,83
9	128,57	1,84	69,93
10	-511,43	1,97	-259,99
11	128,57	2,10	61,08
12	128,57	2,25	57,09
13	128,57	2,41	53,35
14	128,57	2,58	49,86
15	128,57	2,76	46,60
16	128,57	2,95	43,55
17	128,57	3,16	40,70
18	128,57	3,38	38,04
19	128,57	3,62	35,55
20	-511,43	3,87	-132,16
21	128,57	4,14	31,05
22	128,57	4,43	29,02
23	128,57	4,74	27,12
24	128,57	5,07	25,35
25	128,57	5,43	23,69
VAN			-2503 \$
TIR			-4%

5.4.2. Ambato Caso 2

Para evaluar la rentabilidad de la inversión en este proyecto, se utilizan el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) como indicadores clave. Dentro de los parámetros específicos del proyecto se encuentran una potencia fotovoltaica pico de 1500 Wp.

Se ha determinado una tasa de descuento del 7%, y se prevén costos de mantenimiento anuales de 10 dólares. Sin embargo, también se debe tener en cuenta el costo del inversor, el cual se estima que deberá ser reemplazado cada 10 años.

Este análisis se realiza en un horizonte de 25 años, que corresponde al tiempo durante el cual se espera que los paneles fotovoltaicos operen a su potencia nominal. Una vez transcurrido este tiempo, se espera que la eficiencia de los paneles comience a disminuir. En la tabla 5.8 se muestra el flujo de caja.

Tabla 5.8 Flujo de caja Ambato caso 2.

Potencia FV pico	1500	Wp	
Tasa de Descuento	7%		
Nro.	Rt	$(1+i)^j$	$Rt / (1+i)^j$
0	-3276		-3276
1	227,52	1,07	212,64
2	227,52	1,14	198,73
3	227,52	1,23	185,73
4	227,52	1,31	173,58
5	227,52	1,40	162,22
6	227,52	1,50	151,61
7	227,52	1,61	141,69
8	227,52	1,72	132,42
9	227,52	1,84	123,76
10	-412,48	1,97	-209,68
11	227,52	2,10	108,09
12	227,52	2,25	101,02
13	227,52	2,41	94,41
14	227,52	2,58	88,24
15	227,52	2,76	82,46
16	227,52	2,95	77,07
17	227,52	3,16	72,03
18	227,52	3,38	67,32
19	227,52	3,62	62,91
20	-412,48	3,87	-106,59
21	227,52	4,14	54,95
22	227,52	4,43	51,35
23	227,52	4,74	48,00

24	227,52	5,07	44,86
25	227,52	5,43	41,92
VAN			-1115 \$
TIR			3%

En Latacunga, se observa en la Tabla 5.9, que la inversión inicial no se recupera en ninguno de los casos, la Tasa Interna de Retorno (TIR) es negativa en todos los casos, y el Valor Actual Neto (VAN) también es negativo, indicando que la inversión no es rentable en el horizonte temporal considerado. La eficiencia del panel disminuye después de 25 años, lo que puede estar afectando la rentabilidad del proyecto.

Tabla 5.9 Comparativa del VAN y TIR Latacunga caso 2.

Potencia FV pico Wp	Desembolso inicial \$	Tasa de actualización %	Duración de la inversión años	VAN	TIR
2000	3511	7	25	-2503,4	-4%
2500	3746	7	25	-2333,09559	-2%
3000	4650	7	25	-2830,67688	-2%

En Ambato, la situación es más positiva, la Tasa Interna de Retorno (TIR) mejora con cada aumento de la potencia pico de los paneles fotovoltaicos como se muestra en la Tabla 5.10. Notablemente, para una potencia pico de 2500Wp, el VAN se vuelve positivo, señalando que la inversión se vuelve rentable. En este caso, la inversión inicial se recupera en el horizonte temporal de 25 años, lo que sugiere que un sistema de energía solar fotovoltaica sin almacenamiento puede ser viable en Ambato, especialmente con potencias pico más altas.

Tabla 5.10 Comparativa del VAN y TIR Ambato caso 2.

Potencia FV pico Wp	Desembolso inicial \$	Tasa de actualización %	Duración de la inversión años	VAN	TIR
1500	3276	7	25	-1115,3	3%
2000	3511	7	25	-424,7	6%
2500	3746	7	25	264,7	8%

La Figura 5.3 muestra las toneladas de CO₂ que se evitan emitir a la atmósfera gracias a la implementación de un sistema fotovoltaico de 2kWp. Se puede observar una variación en las

emisiones evitadas a lo largo de los meses, lo que indica que la generación del sistema fotovoltaico puede variar según la temporada o las condiciones atmosféricas. Los meses de agosto y septiembre presentan valores relativamente altos, con 0,046 y 0,045 toneladas respectivamente, mientras que octubre muestra el valor más bajo con 0,026 toneladas. En general, se puede inferir que la implementación de este sistema fotovoltaico contribuye de manera significativa a la reducción de la huella de carbono, con una prevención media mensual cercana a las 0,040 toneladas de CO₂. Esta información destaca la relevancia de la energía solar como alternativa sostenible para combatir el cambio climático.

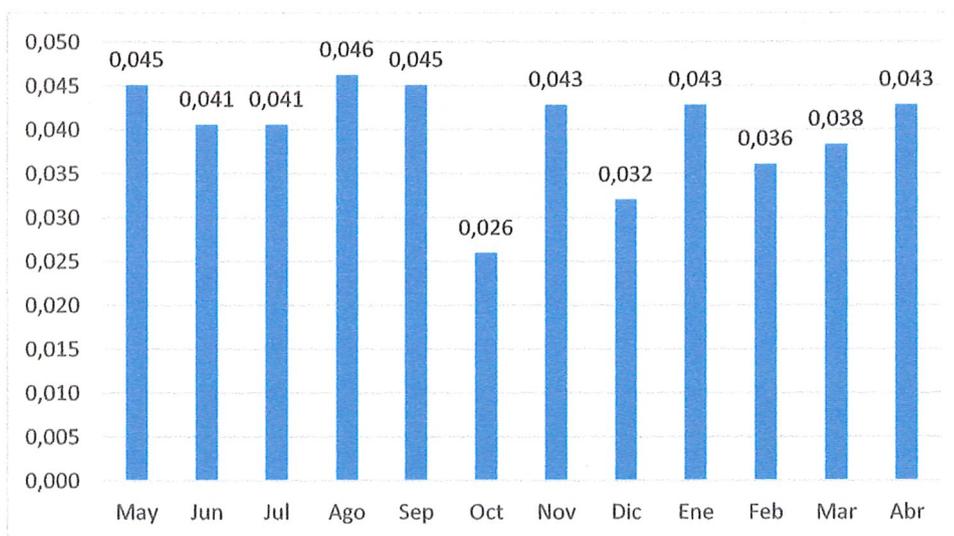


Figura 5.3 El total de emisiones en CO₂ dejadas de emitir al medio ambiente.

6. CONCLUSION ES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Este documento analizó detalladamente los aspectos clave que guiaron la investigación sobre sistemas de energía conectados a la red eléctrica (On-Grid), en comparación con sistemas híbridos y autónomos (Off-Grid). La investigación resaltó las ventajas y desventajas de cada enfoque y evaluó la integración de energía en los sistemas On-Grid. Además, se exploraron herramientas necesarias para implementar un sistema de monitoreo en tiempo real. El estudio destaca la importancia y aplicabilidad de los sistemas On-Grid en el contexto energético en la actualidad.

En base a las herramientas gratuitas Python, MySQL y Grafana que conforma el sistema de monitoreo en tiempo real On-Grid se puede evidenciar los valores de voltaje, corriente, energía y factor de potencia, que ayudaron validar tanto el monitoreo como el funcionamiento del módulo On-Grid y crear una aplicación de acceso libre sin costo para el usuario.

El análisis de la rentabilidad de los sistemas fotovoltaicos sin almacenamiento en las localidades de Latacunga y Ambato muestra diferencias significativas. En Latacunga, los datos muestran que un sistema sin almacenamiento no es rentable, con valores de Valor Actual Neto (VAN) de -2503\$, -2333\$ y -2830\$, y Tasas Internas de Retorno (TIR) de -4%, -2% y -2%. Mientras tanto, en Ambato, un sistema de 2500 Wp sin almacenamiento es rentable, como demuestran unos valores VAN de -1115\$, -424\$ y 264\$, y unas TIR de 3%, 6% y 8%. Estas cifras subrayan la importancia de tener en cuenta la ubicación geográfica y las condiciones específicas a la hora de evaluar la viabilidad económica de los sistemas fotovoltaicos sin almacenamiento.

Al evaluar la viabilidad económica de los sistemas fotovoltaicos con almacenamiento en las regiones de Ambato y Latacunga, se evidencia una notoria consistencia en los resultados financieros, a pesar de las diferencias geográficas. En ambos lugares, los sistemas con almacenamiento presentan desafíos en términos de rentabilidad. A modo de ejemplo, los datos del Valor Actual Neto (VAN) en ambas localidades son -5951\$, -4881\$ y -3826\$, mientras que las Tasas Internas de Retorno (TIR) reflejan -9%, -7% y -5%, respectivamente. Estas cifras negativas indican que la inversión en sistemas fotovoltaicos con almacenamiento no generará una rentabilidad favorable a corto o medio plazo en ninguna de las dos regiones analizadas dentro del territorio ecuatoriano.

Tras analizar las características climáticas de Ambato y Latacunga en relación con la producción de energía de los sistemas fotovoltaicos, es evidente que la irradiación solar desempeña un papel crucial. Ambato, al beneficiarse de una mayor irradiación solar, tiene el potencial de producir más energía con el mismo sistema fotovoltaico en comparación con Latacunga, donde la irradiación es menor. Esta diferencia de irradiación influye directamente en la capacidad y la productividad del sistema fotovoltaico.

6.2. RECOMENDACIONES

Para futuros proyectos de energía solar, es esencial realizar análisis detallados de las condiciones climáticas y geográficas específicas de cada ubicación, así como investigar y evaluar constantemente las tecnologías de almacenamiento más avanzadas y rentables para mejorar la viabilidad económica de estos proyectos a largo plazo.

Se recomienda realizar análisis detallado para determinar el valor de la energía del sistema solar fotovoltaico en regiones con potencial favorable, con el objetivo de promover su uso. Al hacerlo, es posible reducir los costos iniciales y hacer que los proyectos sean más atractivos para los inversores.

Es esencial realizar análisis financieros periódicos a lo largo del tiempo para evaluar el rendimiento real de los proyectos en comparación con los diseños iniciales. Esto permitirá ajustar las estrategias y tomar decisiones informadas sobre el mantenimiento y posible expansión de los sistemas lo cual nos sirve para mejores proyectos fotovoltaicos.

Se aconseja el uso de descargadores de sobretensiones ("AC") para los sistemas solares conectados a la red ("On-Grid"). Ya que la falta de uno de estos componentes, el inversor podría bloquearse, lo que le impide suministrar energía a la red sistema.

7. REFERENCIAS

- [1] T. Energética, E. N. América, and L. Y. El Caribe, “División de Recursos Naturales Comisión Económica para América Latina y el Caribe Sesión 1: Visión regional de la planificación y transición energética en América latina y el Caribe VI Reunión Plenaria del Foro Técnico Regional de Planificadores de Energía-FOREPLEN Rayén Quiroga Martínez, Jefa Unidad de Agua y Energía División de Recursos Naturales, CEPAL”.
- [2] “Reporte de Inteligencia Tecnológica. Energía Solar Fotovoltaica - PDF Free Download.” <https://docplayer.es/71610246-Reporte-de-inteligencia-tecnologica-energia-solar-fotovoltaica.html> (accessed Apr. 20, 2023).
- [3] “Will solar panels work on cloudy, rainy, or snowy days - Freedom Forever.” <https://freedomforever.com/blog/solar-panels-work-cloudy-rainy-snowy-days/> (accessed Apr. 20, 2023).
- [4] Maciej Serda *et al.*, “Synteza i aktywność biologiczna nowych analogów tiosemikarbazonowych chelatorów żelaza,” *Uniwersytet śląski*, vol. 7, no. 1, pp. 343–354, 2013, doi: 10.2/JQUERY.MIN.JS.
- [5] G. F. Velasco and E. Cabrera, “Generación solar fotovoltaica dentro del esquema de generación distribuida para la provincia de Imbabura,” 2009, Accessed: Apr. 20, 2023. [Online]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9350>
- [6] A. ESCOBAR MEJIA Ingeniero Electricista, M. Sc Profesor Asistente, C. Andres Torres, R. A. HINCAPIE ISAZA Ingeniero Electricista, and M. Sc Profesor Auxiliar Tiempo Completo, “Abril de 2010,” *Scientia et Technica Año XVI*, vol. 44, 2010.
- [7] M. M. Chuqui Quinteros, “Análisis de generación distribuida en hogares y edificaciones,” 2014, Accessed: Apr. 20, 2023. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7529>
- [8] P. Potes and X. Proaño, “Diseño de un Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red en el Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi,” *Revista Técnica “energía,”* vol. 16, no. 2, pp. 148–157, Jan. 2020, doi: 10.37116/REVISTAENERGIA.V16.N2.2020.362.

- [9] D. Jiménez and X. Proaño, “Diseño de un Sistema de Alumbrado LED a través de Energía Fotovoltaica para Brindar Niveles de Calidad de Iluminación en el Parqueadero N° 1 de la Universidad Técnica de Cotopaxi,” *Revista Técnica “energía,”* vol. 16, no. 2, pp. 158–167, Jan. 2020, doi: 10.37116/REVISTAENERGIA.V16.N2.2020.363.
- [10] S. A. S. Ubicada, E. N. La, C. De Bogotá, J. Diaz, R. Smith, and G. Orjuela, “DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO TIPO ON GRID QUE SUPLIRÁ EL 60% DE LA CARGA ELÉCTRICA TOTAL DE LA EMPRESA INCOEL,” 2021.
- [11] V. El and S.- Lima, “Mejoramiento de la eficiencia energética con sistema On-Grid de paneles solares para una empresa textil en”.
- [12] P. Especial De Titulación, “Facultad de Ingeniería Ingeniería Mecatrónica”.
- [13] R. Esteban, P. Delgado, P. Guía, D. Alba, M. Ruiz, and A. L. Weason, “UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN”.
- [14] L. Instalaciones Del Molino Guanentá, U. E. El Municipio De Curití, and S. Jorge Leonardo Gomez Lopez, “ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOGENERACIÓN A PARTIR DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN,” 2020.
- [15] S. Guayaquil and P. La, “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA PORTADA PROYECTO DE TITULACIÓN”.
- [16] “(PDF) Propuesta de implementacion de energia solar fotovoltaica en industrias de pesca en Venezuela.” https://www.researchgate.net/publication/302159758_Propuesta_de_implementacion_de_energia_solar_fotovoltaica_en_industrias_de_pesca_en_Venezuela (accessed Jul. 13, 2023).
- [17] “Fuentes De Energía por Juan Carlos Vega De Kuyper - 9789587781298 - Libros Técnicos Universitarios.” <https://www.alpha-editorial.com/Papel/9789587781298/Fuentes+De+Ener%C3%ADa> (accessed Jul. 16, 2023).

- [18] J. Jimenez, “Energía solar fotovoltaica y energía eólica,” p. 204, 2014, Accessed: Jul. 16, 2023. [Online]. Available: <https://www.casadellibro.com/libro-energia-solar-fotovoltaica-y-energia-eolica/9788494198045/2337528>
- [19] Mohd. R. S. Shaikh, “A Review Paper on Electricity Generation from Solar Energy,” *Int J Res Appl Sci Eng Technol*, vol. V, no. IX, pp. 1884–1889, Sep. 2017, doi: 10.22214/IJRASET.2017.9272.
- [20] S. Cardenete García, “MONOGRÁFICO SOBRE CIENCIA RECREATIVA Sol, Tierra y Luna. Movimientos relativos y sus consecuencias,” *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 8, pp. 512–518, 2011.
- [21] “3. Recorrido aparente del Sol | Temas de Ecología.” https://fjferrer.webs.ull.es/Apuntes3/Leccion02/3_recorrido_aparente_del_sol.html (accessed Jul. 16, 2023).
- [22] “(PDF) Energía de la radiación solar (fundamentos).” https://www.researchgate.net/publication/266214117_Solar_radiation_energy_fundamentals (accessed Jul. 16, 2023).
- [23] F. Alonso Pecina, J. C. Zavala Diaz, and J. A. Hernandez Aguilar, “Big Data y Analytics : infraestructura esencial para la red eléctrica inteligente : aplicación a sistemas de generación fotovoltaicos,” *Big Data Analytics : una perspectiva multidisciplinaria para la mejora del proceso de toma de decisiones en las organizaciones. - (Pública investigación ; 3)*, pp. 15–41, 2018, Accessed: Jul. 16, 2023. [Online]. Available: <https://elibro.net/es/lc/unad/titulos/175511>
- [24] “Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú”.
- [25] “TESIS MER”.
- [26] Viaintermedia.com, “Fotovoltaica - Estas son las 10 tendencias que predice Huawei para la fotovoltaica - Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias.”, Accessed: Jun. 21, 2023. [Online]. Available: <https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/estas-son-las-10-tendencias-que-predice-20200309>
- [27] “Energía Solar Fotovoltaica. Ventajas y desventajas.” <https://www.ocu.org/comunidad/energias-renovables/otras-energias->

renovables/conversacion/5502/energia-solar-fotovoltaica-ventajas-y-desventajas (accessed Jun. 21, 2023).

- [28] “Tipos de instalaciones solares: on-grid, off-grid e híbridos.” <https://www.suriaenergy.com/tipos-de-instalaciones-solares-ongrid-offgrid-e-hibridos> (accessed Jul. 03, 2023).
- [29] “¿Qué es un inversor On Grid? | AutoSolar Blog.” <https://autosolar.co/aspectos-tecnicos/que-es-un-inversor-on-grid> (accessed Jul. 04, 2023).
- [30] “YUBASOLAR: PARTES FUNDAMENTALES QUE COMPONEN UN INVERSOR.” <http://www.yubasolar.net/2015/03/partes-fundamentales-que-componen-un.html> (accessed Jul. 04, 2023).
- [31] “Características eléctricas de los paneles solares | Venta online placas | Tecnosol.” <https://tecnosolab.com/noticias/caracteristicas-electricas-de-los-paneles-solares/> (accessed Jul. 13, 2023).
- [32] “factor_de_emision_de_co2_del_sistema_nacional_interconectado_de_ecuador_-_informe_2019”.
- [33] “Van y TIR: Concepto, diferencias y cómo calcularlos | Economía 3.” <https://economia3.com/van-tir-concepto-diferencias-como-calcularlos/> (accessed Aug. 03, 2023).
- [34] “Tasa interna de retorno (TIR): ¿Qué es y cómo se calcula? | Sage.” <https://www.sage.com/es-es/blog/tasa-interna-de-retorno-tir-que-es-y-como-se-calcula/> (accessed Aug. 03, 2023).
- [35] “Vista de Propuesta de una planta fotovoltaica de 824,86 MW en Manabí, Ecuador. | Revista Científica y Tecnológica UPSE.” <https://incyt.upse.edu.ec/ciencia/revistas/index.php/rctu/article/view/640/559> (accessed Aug. 03, 2023).
- [36] “¿Qué Es Un Voltímetro Y Para Qué Sirve? | Renting Finders.” <https://rentingfinders.com/glosario/voltimetro/> (accessed Jul. 05, 2023).

- [37] “Regulador de voltaje Powest 1000va 8 tomas 120Va – XPC Tecnología.” <https://xpc.com.ec/clientes/product/regulador-de-voltaje-powest-1000va-8-tomas-120va/> (accessed Jul. 08, 2023).
- [38] “Usage — MinimalModbus 2.1.1 documentation.” <https://minimalmodbus.readthedocs.io/en/stable/usage.html> (accessed Aug. 02, 2023).
- [39] “Install Grafana on Raspberry Pi | Grafana Labs.” <https://grafana.com/tutorials/install-grafana-on-raspberry-pi/> (accessed Aug. 02, 2023).
- [40] J. L. Ordóñez, N. J. Gil, and J. L. Espinoza, “Análisis de viabilidad técnico-económica de sistemas fotovoltaicos a pequeña escala con distintas tecnologías de almacenamiento,” *Maskana*, 2017.
- [41] Pepperls+Fuchs, “Sensores de Medición de Nivel Ultrasónicos | Sensores de Nivel Ultrasónicos | Resumen del grupo.” https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/classid_492.htm (accessed Nov. 21, 2022).
- [42] “Interruptor aislador de CC para aplicaciones solares fotovoltaicas (PV) - China ETEK eléctrico.” <https://www.etek-electric.es/dc-isolator-switch> (accessed Jul. 04, 2023).
- [43] “Dispositivo de protección contra sobretensiones doméstico ETEK tipo PV SPD 2P DC 600V 20-40KA, pararrayos, protección de bajo voltaje, EKU5-T2-40PV-2M600 - AliExpress.” https://www.aliexpress.us/item/1005004288767618.html?spm=a2g0o.order_list.order_list_main.17.3f28194d8KZGaW&gatewayAdapt=4itemAdapt (accessed Jul. 04, 2023).
- [44] “Breakers AC | Al Mejor Precio en AutoSolar.” <https://autosolar.co/breakers-ac> (accessed Jul. 13, 2023).
- [45] “Breaker riel din 2 Polos 16 Amperios Curva C Acti9 iC60N | Camei.” <https://www.camei.com.ec/shop/product/se-a9f74216-breaker-riel-din-2-polos-16-amperios-curva-c-acti9-ic60n-1877?page=4> (accessed Jul. 27, 2023).
- [46] “¿Qué es un regulador de voltaje?” <https://corpnewline.com/reguladores.htm> (accessed Jul. 04, 2023).

- [47] “Adaptador Convertidor Peacefair Rs485 A Usb 485 Compatible Con Win7 Xp Win98 Win2000 Winxp Win7 Win10 Vista - Convertidores - AliExpress.” <https://es.aliexpress.com/i/1005004705038242.html?gatewayAdapt=glo2esp4itemAdapt> (accessed Jul. 18, 2023).
- [48] “Medidor de energía de CA PZEM-014 o 016 con Arduino: un blog sobre proyectos solares y arduino de bricolaje.” <https://solarduino.com/pzem-014-or-016-ac-energy-meter-with-arduino/> (accessed Jul. 18, 2023).

ANEXOS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

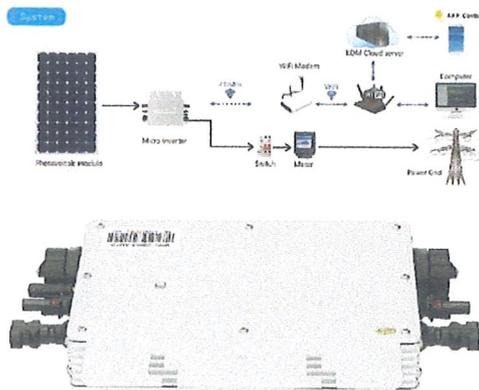


Anexo 1	Informe Anti-Plagio Proyecto de Titulación
Facultad:	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
Carrera:	Ingeniería en Electricidad
Nombre del docente evaluador que emite el informe:	Ing. Proaño Maldonado Xavier Alfonso M. Sc.
Documento evaluado:	Proyecto de Titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico
Autores del documento:	Sr. Acosta Melo Francis Andres Sr. Pinza Lozano Jefferson Adrian
Programa de similitud utilizado:	Sistema Compilatio
Porcentaje de similitud según el programa utilizado:	5%
Observaciones: Calificación de originalidad atendiendo a los siguientes criterios: <ul style="list-style-type: none">• El documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones.• El documento cumple criterios de originalidad, con observaciones.• El documento no cumple criterios de originalidad.	-X- --- ---
Fecha de realización del informe:	8/8/2023 5:15:00 PM
Captura de pantalla del documento analizado:	
 Tutor del Proyecto de Investigación Ing. Proaño Maldonado Xavier Alfonso M. Sc. C.C. 050265642-4	

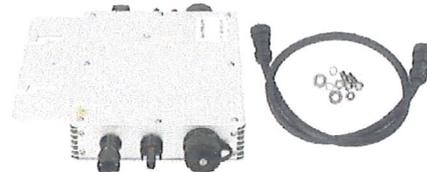


Anexo 2 Especificaciones técnicas del Inversor solar en CC

Micro inversor.-El micro inversores utilizado representa una ampliación de los inversores centrales, ya que opera de forma individual, permitiendo el funcionamiento independiente de 2 a 4 paneles solares, y facilitando el monitoreo individual de cada uno de ellos.

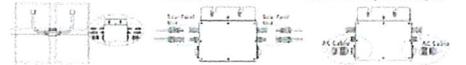


(a) Inversor con diagrama



Inversor installation steps

Step 1 Install the inverter on a bracket of the panel or a pair of the solar panel rails. Make sure the inverter is mounted on a flat surface and is level.



Step 2 Connect the positive and negative wires. Step 3 Connect the positive and negative wires of the AC output of the DC controller to the positive and negative terminals of the AC cable connected to the AC side of the inverter. Refer to the connection method in the AC side of the inverter diagram.



Step 4 Connect the AC output cable to the AC main cable. Step 5 Adjust steps 1 to 5 under the correct direction. Step 6 Connect the AC output cable to the AC main cable. Step 7 Connect the AC output cable to the AC main cable. Step 8 Connect the AC output cable to the AC main cable. Step 9 Connect the AC output cable to the AC main cable. Step 10 Connect the AC output cable to the AC main cable.



(b) Inversor diagrama de conexión



Anexo 3 Especificaciones técnicas del Interruptor solar en CC

Interruptor solar en CC.- En la mayoría de las instalaciones de energía solar fotovoltaica, se conectan dos interruptores de aislamiento de CC en una misma cadena. Generalmente, se coloca un interruptor cerca de la matriz fotovoltaica y el otro en las cercanías del extremo de corriente continua del inversor. Esta disposición asegura que la desconexión pueda llevarse a cabo tanto a nivel del suelo como en el tejado. Los aisladores de CC pueden estar disponibles en configuraciones polarizadas o no polarizadas [42].



Dispositivo inteligente	No	Corriente	32A
Material	Plástico	Número de modelo	EKD6-DB32-4S
Tipo de interruptor	Interruptor Universal	Certificación	ce
Nombre de la marca	ETEK	Origen	CN(Origen)
Tipo de artículo	Interruptores	Certificación	CE



Anexo 4 Especificaciones técnicas del descargador en AC

Es un dispositivo utilizado para proteger los sistemas eléctricos, su función principal es proporcionar un camino de baja resistencia para que la corriente de sobretensión fluya hacia la tierra, protegiendo así los equipos conectados. Cuando se produce una sobretensión, el descargador actúa como un conductor que desvía la corriente excesiva hacia la tierra, impidiendo que los equipos y dispositivos conectados sufran daños. Para ver su representación se observa en la Figura 4.6 el modelo incluido [43].



Dispositivo inteligente	no	Está personalizado	Sí
Número de modelo	EKU5-T2-40PV-2M600	Tipo	Protector contra sobretensiones
Nombre de la marca	ETEK	Origen	China continental
Voltaje de entrada	600 V CC	Corriente de descarga nominal	20KA
máx. Corriente de descarga	40KA		



Anexo 5 Especificaciones técnicas del Breacker en AC (Schneider)

Para elegir el modelo de breaker más adecuado, es importante considerar las necesidades específicas de la instalación.



Especificaciones	
Marca	Schneider
Nombre Corto del Dispositivo	IC60N
Número de Polos	2P
Número de polos protegidos	2
Corriente nominal (In)	16 A
Tipo de red	AC-DC
Poder de corte	6000 A Icn en 400 V AC 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60898-1
	36 kA Icu en 12...60 V AC 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2
	10 kA Icu en ≤ 125 V DC acorde a EN/IEC 60947-2
	10 kA Icu en 380...415 V AC 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2
	20 kA Icu en 220...240 V AC 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2
	6 kA Icu en 440 V AC 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2
	36 kA Icu en 100...133 V AC 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2
Complementario	
Frecuencia de Red	50/60 Hz
[Ui] tensión asignada de aislamiento	500 V AC 50/60 Hz acorde a EN 60947-2
	500 V AC 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2
[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	6 kV acorde a EN 60947-2
	6 kV acorde a IEC 60947-2
Grado de protección IP	IP20 acorde a IEC 60529
	IP20 acorde a EN 60529



Anexo 6 Especificaciones técnicas del reguladore PRO PC 1000 (POWEST)

El regulador de voltaje que va a estar conectado a la Raspberry pi con la finalidad de proteger al equipo [46].



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS REGULADORES PRO PC 1000		
Modelo	Modelo PRO PC 1000	
Capacidad	Capacidad 1000	
Características de entrada y salida		
Topología de entrada Monofásica	Monofásica	
Voltaje nominal de entrada	120VAc	
Cantidad de hilos	Cantidad de hilos 3 (Fase +Neutro +GND)	
Rango de voltaje de entrada	120 V +/- 25%	
Frecuencia	60 Hz	
Conexión	Clavija NEMA 5-15P	
Topología de salida	Monofásica	
Voltaje nominal de salida	120 VAC	
Factor de potencia de Salida	0,6	
Potencia W	1000VA/600W	
Cantidad de hilos	3(Fase +Neutro+GND)	
Frecuencia nominal de salida	60 Hz	
Tiempo de respuesta	6 ms	
Indicadores	Encendido	Indicador luminoso verde
	Sobre voltaje en red	Indicador luminoso Amarillo
	Subvoltaje en el red	
Conexión	8 Salidas NEMA 5-15R con protección contra sobrecorrientes. (4 reguladas + 4 no reguladas para periféricos)	
Protección	Contra Sobrecarga con fusible de rearme, Picos de Voltaje, Salida, RJ45.	



Anexo 7 Medidor Peacefair a fase AC

El dispositivo que se muestra a continuación es capaz de arrojar los datos de potencia, voltaje, corriente, frecuencia, energía consumida y factor de potencia ya que cuenta con un sistema de electrónica en el interior de su estructura. Esta precisión supera a la de los dispositivos analógicos, ya que proporciona una visualización precisa de los valores numéricos, mostrando los dígitos con exactitud decimal [36].

- Características
 - La capa física adopta una interfaz de comunicación UART a RS485, con velocidad de baudios de 9.600, bits de datos de 8 bits, bits de parada de 1 bit y sin verificación
 - Este medidor multifunción puede medir voltaje, corriente, potencia, frecuencia, factor de potencia
 - Alarma de sobrealimentación: el umbral de potencia activo se puede configurar, cuando la potencia activa medida supera el umbral, puede alarmar
 - Puede mostrar seis parámetros de medición en la computadora cuando se comunica a través del software
 - La alta precisión de prueba, mejor compatibilidad hará que se utilice ampliamente [36].



Especificaciones			
		Tipo	
Macar	Peacefair	Tipo 1	3.3 ft + 1 tipo cerrado CT+ 1 USB a 485
Modelo	PZEM-016	Tipo 2	3.3 ft + 1 CT+ 1 USB a 485
Voltaje		Corriente	
Rango de medición	80 ~ 260 V	Rango de medición	0~100 A
Resolución	0.1 V	Corriente de medición inicial	0.02 A

Precisión de medición	0.5%	Precisión de medición	0.5%
		Resolución	0.001A
Potencia activa		Formato de visualización	
Rango de medición	0 ~ 23 kW	Cuando los datos son <1000W, muestra un decimal, como	99.9W
Potencia de la medida inicial	0.4 W	Cuando los datos son \geq 1000W, solo se muestra entero, como	1000 W.
Resolución	0.1 W	Precisión de medición	0.5%
Factor de potencia		Frecuencia	
Rango de medición	0.00~1.00	Rango de medición	45 Hz ~ 65 Hz
Resolución	0.01	Resolución	0.1 Hz
Precisión de medición	1%	Precisión de medición	0.5%
Energía activa		Formato de visualización	
Rango de medición	0 ~ 999.99 kWh	Cuando los datos son <10kWh, la unidad de visualización es Wh(1kWh=1000Wh), como	999Wh
Resolución	1Wh	Cuando los datos son \geq10kWh, la unidad de visualización es kWh, como	999.99kWh
1Wh	0.5%	Restablecer energía	1Wh



Anexo 8 Especificaciones técnicas del Convertidores de RS-485 C

El adaptador convertidor Peacefair RS485 a USB 485 es una herramienta de hardware útil para conectar dispositivos que utilizan comunicación serial RS-485 con una computadora que tiene puertos USB. Este convertidor es ideal para aplicaciones que necesitan comunicarse con dispositivos RS-485 como PLCs, controladores de motor, sensores, medidores y muchos otros dispositivos industriales y científicos [47].

El convertidor funciona tomando las señales de comunicación RS-485 desde el dispositivo y las convierte en señales de comunicación USB que la computadora puede entender y procesar. También, viceversa, convierte las señales de comunicación USB desde la computadora en señales RS-485 que el dispositivo puede entender y procesar [47].

Este adaptador se alimenta directamente desde el puerto USB, lo que significa que no se requiere una fuente de alimentación externa. La marca Peacefair es conocida por la fabricación de adaptadores y convertidores robustos y confiables que pueden resistir entornos industriales duros [47].

La principal ventaja de usar un convertidor como este es que te permite comunicarte con dispositivos RS-485 utilizando una computadora estándar sin la necesidad de tener un puerto serie RS-485 incorporado. Esto es particularmente útil en las computadoras modernas, muchas de las cuales ya no vienen con puertos serie incorporados [47].





Anexo 9 Cantidad de equipos sistema fotovoltaico con almacenamiento

8	BATERIA GEL 12V 200Ah solar	355	2840
1	CABLE DC AC	112	112
10	PANEL SOLAR MONOCRISTALINO 200W	140	1400
1	INVERSOR SOLAR 3KVA HIBRIDO POWEST	640	640
10	ESTRUCTURA ESDEC CLICKFIT EVO	44,8	448
10	INSTALACION ESTRUCTURA	10	100
2	FUSIBLE DC	10	20
1	INTERRUPTOR DC	14,44	14,44
1	DESCARGADOR DC	16,64	16,64
1	BREAKER AC	15	15
1	RASPBerry PI	120	120
2	MEDIDOR AC + CABLE MODBUS	40	80
1	MATERIAL ANEXOS	20	20
		Total	6775
6	BATERIA GEL 12V 200Ah solar	355	2840
1	CABLE DC AC	112	112
10	PANEL SOLAR MONOCRISTALINO 200W	140	1400
1	INVERSOR SOLAR 3KVA HIBRIDO POWEST	640	640
10	ESTRUCTURA ESDEC CLICKFIT EVO	44,8	448
10	INSTALACION ESTRUCTURA	10	100
2	FUSIBLE DC	10	20
1	INTERRUPTOR DC	14,44	14,44
1	DESCARGADOR DC	16,64	16,64
1	BREAKER AC	15	15
1	RASPBerry PI	120	120
2	MEDIDOR AC + CABLE MODBUS	40	80
1	MATERIAL ANEXOS	20	20
		Total	5949
4	BATERIA GEL 12V 200Ah solar	355	2840
1	CABLE DC AC	112	112
10	PANEL SOLAR MONOCRISTALINO 200W	140	1400
1	INVERSOR SOLAR 3KVA HIBRIDO POWEST	640	640
10	ESTRUCTURA ESDEC CLICKFIT EVO	44,8	448
10	INSTALACION ESTRUCTURA	10	100
2	FUSIBLE DC	10	20
1	INTERRUPTOR DC	14,44	14,44
1	DESCARGADOR DC	16,64	16,64
1	BREAKER AC	15	15
1	RASPBerry PI	120	120
2	MEDIDOR AC + CABLE MODBUS	40	80
1	MATERIAL ANEXOS	20	20
		Total	5123



Anexo 10 Cantidad de equipos sistema fotovoltaico sin almacenamiento

1	CABLE DC AC	112	112
10	PANEL SOLAR MONOCRISTALINO 150W	120	1200
1	INVERSOR SOLAR GROWATT MIC 3000TL-X	638,4	638,4
10	ESTRUCTURA ESDEC CLICKFIT EVO	44,8	448
10	INSTALACION ESTRUCTURA	10	100
2	FUSIBLE DC	10	20
1	INTERRUPTOR DC	14,44	14,44
1	DESCARGADOR DC	16,64	16,64
1	BREAKER AC	15	15
1	RASPBERRY PI	120	120
2	MEDIDOR AC + CABLE MODBUS	40	80
1	MATERIAL ANEXOS	20	20
1	CABLE DC AC	112	112
		Total	3276
1	CABLE DC AC	112	112
10	PANEL SOLAR MONOCRISTALINO 200W	140	1400
1	INVERSOR SOLAR GROWATT MIC 3000TL-X	638,4	638,4
10	ESTRUCTURA ESDEC CLICKFIT EVO	44,8	448
10	INSTALACION ESTRUCTURA	10	100
2	FUSIBLE DC	10	20
1	INTERRUPTOR DC	14,44	14,44
1	DESCARGADOR DC	16,64	16,64
1	BREAKER AC	15	15
1	RASPBERRY PI	120	120
2	MEDIDOR AC + CABLE MODBUS	40	80
1	MATERIAL ANEXOS	20	20
1	CABLE DC AC	112	112
		Total	3511
1	CABLE DC AC	112	112
10	PANEL SOLAR MONOCRISTALINO 250 w	160	1600
1	INVERSOR SOLAR GROWATT MIC 3000TL-X	638,4	638,4
10	ESTRUCTURA ESDEC CLICKFIT EVO	44,8	448
10	INSTALACION ESTRUCTURA	10	100
2	FUSIBLE DC	10	20
1	INTERRUPTOR DC	14,44	14,44
1	DESCARGADOR DC	16,64	16,64
1	BREAKER AC	15	15
1	RASPBERRY PI	120	120
2	MEDIDOR AC + CABLE MODBUS	40	80
1	MATERIAL ANEXOS	20	20
1	CABLE DC AC	112	112
		Total	3746



Anexo 11 Datos del sistema On-Grid sin almacenamiento Latacunga



PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

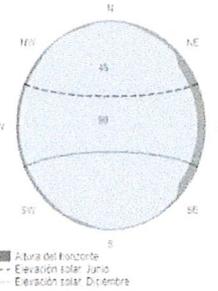
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: -0.956,-78.608
Horizonte: Calculado
Base de datos: PVGIS-NSRDB
Tecnología FV: Silicio cristalino
FV instalado: 2 kWp
Pérdidas sistema: 7 %

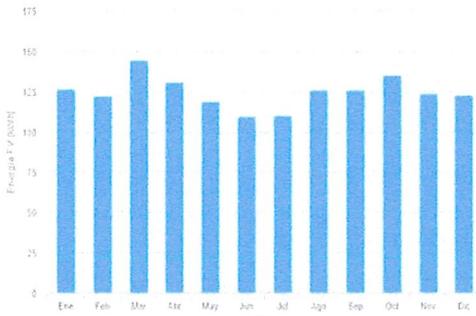
Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 0 (opt) °
Ángulo de azimut: -126 (opt) °
Producción anual FV: 1496.37 kWh
Irradiación anual: 906.54 kWh/m²
Variación interanual: 30.28 kWh
Cambios en la producción debido a:
Ángulo de incidencia: -4.4 %
Efectos espectrales: NaN %
Temperatura y baja irradiancia: -7.17 %
Pérdidas totales: -17.47 %

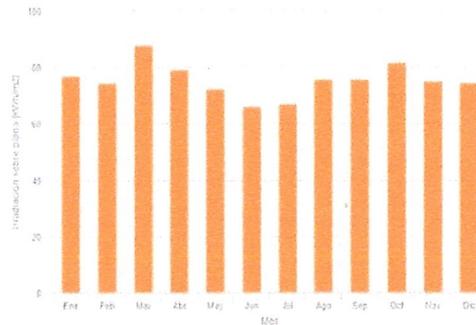
Perfil del horizonte en la localización seleccionada:



Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Irradiación mensual sobre plano fijo:



Energía FV y radiación solar mensual

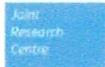
Mes	E_m	H(i)_m	SD_m
Enero	126.5	77.1	13.8
Febrero	122.2	74.6	10.2
Marzo	144.6	87.7	7.0
Abril	130.9	79.2	8.1
Mayo	119.0	72.4	10.7
Junio	109.5	66.1	5.9
Julio	110.4	66.8	9.8
Agosto	125.8	75.6	4.9
Septiembre	125.9	75.6	19.4
Octubre	135.3	81.7	7.6
Noviembre	123.6	75.1	7.6
Diciembre	122.7	74.5	10.3

E_m: Producción eléctrica media mensual del sistema definido [kWh].
H(i)_m: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].
SD_m: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

La Comisión Europea mantiene esta web para facilitar el acceso público a la información sobre sus actividades e los resultados de su investigación en diversas. También proporciona información de información general y de las actividades de investigación de la Comisión Europea. El contenido de esta web que se ha publicado en esta web "en colaboración" con la Comisión Europea, los datos estadísticos de esta web se han publicado en esta web en colaboración con la Comisión Europea. El contenido de esta web que se ha publicado en esta web "en colaboración" con la Comisión Europea, los datos estadísticos de esta web se han publicado en esta web en colaboración con la Comisión Europea. El contenido de esta web que se ha publicado en esta web "en colaboración" con la Comisión Europea, los datos estadísticos de esta web se han publicado en esta web en colaboración con la Comisión Europea.

PVGIS ©Unión Europea, 2001-2023.
Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Informe creado el 2023/08/01





Rendimiento de un sistema FV conectado a red

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

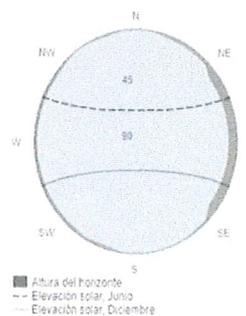
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: -0.956,-78.608
 Horizonte: Calculado
 Base de datos: PVGIS-NSRDB
 Tecnología FV: Silicio cristalino
 FV instalado: 2.5 kWp
 Pérdidas sistema: 7 %

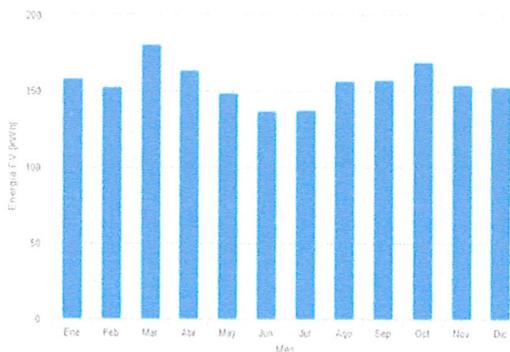
Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 0 (opt) °
 Ángulo de azimut: -126 (opt) °
 Producción anual FV: 1870.46 kWh
 Irradiación anual: 906.54 kWh/m²
 Variación interanual: 37.85 kWh
 Cambios en la producción debido a:
 Ángulo de incidencia: -4.4 %
 Efectos espectrales: NaN %
 Temperatura y baja irradiancia: -7.17 %
 Pérdidas totales: -17.47 %

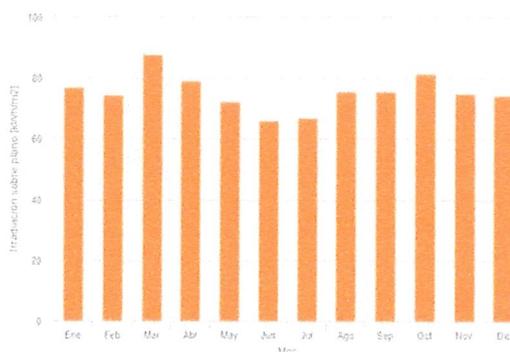
Perfil del horizonte en la localización seleccionada



Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Irradiación mensual sobre plano fijo:



Energía FV y radiación solar mensual

Mes	E_m	H(i)_m	SD_m
Enero	158.1	77.1	17.3
Febrero	152.8	74.6	12.7
Marzo	180.7	87.7	8.8
Abril	163.6	79.2	10.1
Mayo	148.7	72.4	13.3
Junio	136.9	66.1	7.4
Julio	137.9	66.8	12.3
Agosto	157.3	75.6	6.1
Septiembre	157.3	75.6	24.3
Octubre	169.2	81.7	9.5
Noviembre	154.5	75.1	9.5
Diciembre	153.4	74.5	12.9

E_m: Producción eléctrica media mensual del sistema definido [kWh].
 H(i)_m: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].
 SD_m: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

La Comisión Europea mantiene este sitio web para facilitar el acceso público a la información sobre sus actividades y las políticas de la Unión Europea en general. El acceso a esta información es gratuito y se proporciona en formatos accesibles para todos los usuarios. El contenido de la Comisión Europea no respalda ni garantiza la información incluida en esta web. Aunque hacemos la reserva por tener el menor número de errores, algunos datos e informaciones contenidas en nuestra web pueden haberse creado o actualizado por errores o fallos de otros sistemas, y no podemos garantizar que el sitio no interrumpa o afecte de alguna manera al servicio. La Comisión no asume ninguna responsabilidad por los problemas que puedan surgir al utilizar esta web o otros sistemas con relación al mismo. Para obtener más información, por favor visite <https://ec.europa.eu/info/what-we-do>.





Rendimiento de un sistema FV conectado a red

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

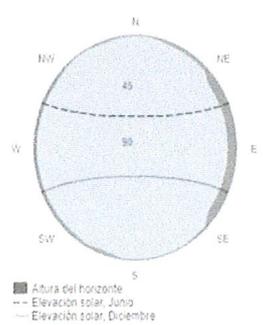
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: -0.956,-78.608
 Horizonte: Calculado
 Base de datos: PVGIS-NSRDB
 Tecnología FV: Silicio cristalino
 FV instalado: 3 kWp
 Pérdidas sistema: 7 %

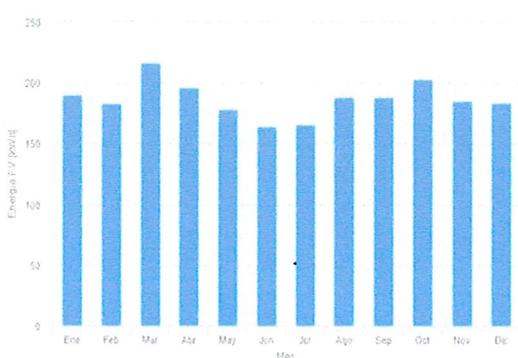
Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 0 (opt) °
 Ángulo de azimut: -126 (opt) °
 Producción anual FV: 2244.56 kWh
 Irradiación anual: 906.54 kWh/m²
 Variación interanual: 45.42 kWh
 Cambios en la producción debido a:
 Ángulo de incidencia: -4.4 %
 Efectos espectrales: NaN %
 Temperatura y baja irradiancia: -7.17 %
 Pérdidas totales: -17.47 %

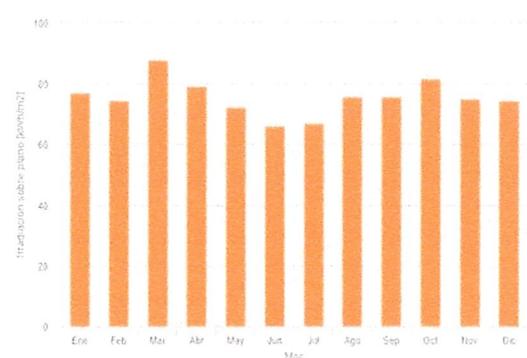
Perfil del horizonte en la localización seleccionada



Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Irradiación mensual sobre plano fijo:



Energía FV y radiación solar mensual

Mes	E_m	H(i)_m	SD_m
Enero	189.8	77.1	20.7
Febrero	183.4	74.6	15.2
Marzo	216.9	87.7	10.5
Abril	196.3	79.2	12.1
Mayo	178.5	72.4	16.0
Junio	164.3	66.1	8.9
Julio	165.5	66.8	14.8
Agosto	188.7	75.6	7.3
Septiembre	188.8	75.6	29.2
Octubre	203.0	81.7	11.4
Noviembre	185.4	75.1	11.4
Diciembre	184.0	74.5	15.5

E_m: Producción eléctrica media mensual del sistema definido [kWh].
H(i)_m: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].
SD_m: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

La Comisión Europea mantiene esta web para facilitar el acceso público a la información sobre sus actividades y las políticas de la Unión Europea en general. El contenido de esta página es responsabilidad exclusiva de la Comisión Europea y no de los Estados miembros. El contenido de esta página no constituye asesoramiento legal, financiero o de otro tipo. La Comisión no asume ninguna responsabilidad por los problemas que puedan surgir al utilizar esta web o los servicios con ella.



PVGIS © Unión Europea, 2001-2023.
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.
 Informe creado el 2023/08/01



Anexo 12 Datos del sistema On-Grid sin almacenamiento Ambato



PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

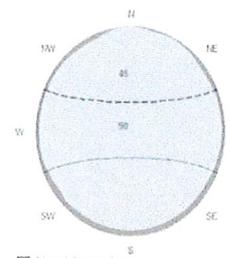
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: -1.291,-78.597
Horizonte: Calculado
Base de datos: PVGIS-ERA5
Tecnología FV: Silicio cristalino
FV instalado: 1.5 kWp
Pérdidas sistema: 7 %

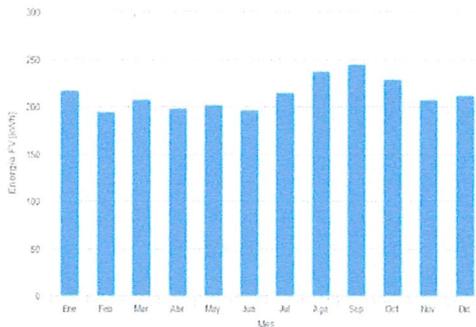
Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: -1 (opt) °
Ángulo de azimut: -180 (opt) °
Producción anual FV: 2560.21 kWh
Irradiación anual: 1998.99 kWh/m²
Variación interanual: 36.42 kWh
Cambios en la producción debido a:
Ángulo de incidencia: -2.76 %
Efectos espectrales: NaN %
Temperatura y baja irradiancia: -5.58 %
Pérdidas totales: -14.62 %

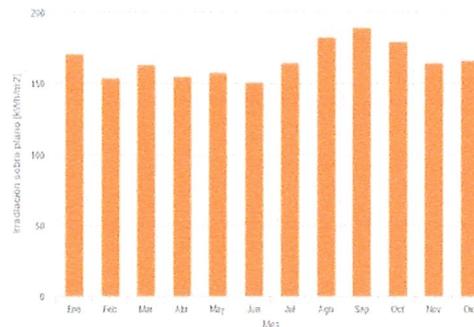
Perfil del horizonte en la localización seleccionada:



Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Irradiación mensual sobre plano fijo:



Energía FV y radiación solar mensual

Mes	E_m	H(i)_m	SD_m
Enero	217.0	170.5	13.1
Febrero	194.7	153.9	12.5
Marzo	207.2	163.0	13.0
Abril	197.7	155.1	10.3
Mayo	202.3	157.8	7.2
Junio	196.0	150.9	9.3
Julio	214.8	164.8	10.1
Agosto	237.8	182.7	6.2
Septiembre	244.7	189.6	7.1
Octubre	228.6	179.6	9.2
Noviembre	207.4	164.6	12.5
Diciembre	211.9	166.5	10.2

E_m: Producción eléctrica media mensual del sistema definido [kWh].
H(i)_m: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].
SD_m: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

La Comisión Europea respalda esta web para facilitar el acceso público a la información sobre su Iniciativa y las políticas de la Unión. La Comisión no garantiza el uso de esta información para fines comerciales. La Comisión no es responsable de los errores que se produzcan en esta web. Aunque la Comisión ha tomado todas las medidas razonables para garantizar la exactitud de la información contenida en esta web, no puede garantizar la exactitud de la información contenida en esta web. La Comisión no es responsable de los errores que se produzcan en esta web. Para obtener más información, por favor visite ec.europa.eu/energy/index_en

PVGIS ©Unión Europea, 2001-2023.
Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Informe creado el 2023/08/01



Rendimiento de un sistema FV conectado a red

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

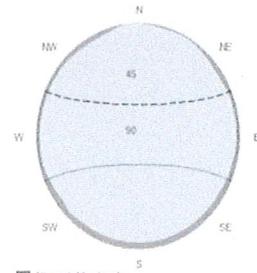
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: -1.291,-78.597
 Horizonte: Calculado
 Base de datos: PVGIS-ERA5
 Tecnología FV: Silicio cristalino
 FV instalado: 2 kWp
 Pérdidas sistema: 7 %

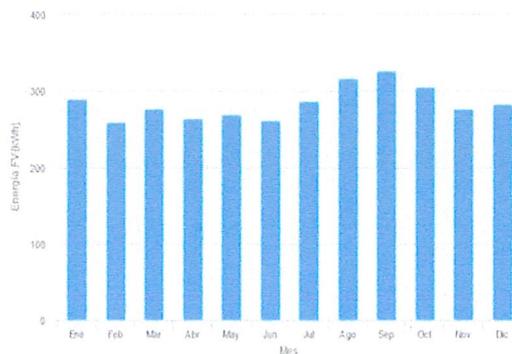
Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: -1 (opt) °
 Ángulo de azimut: -180 (opt) °
 Producción anual FV: 3413.61 kWh
 Irradiación anual: 1998.99 kWh/m²
 Variación interanual: 48.57 kWh
 Cambios en la producción debido a:
 Ángulo de incidencia: -2.76 %
 Efectos espectrales: NaN %
 Temperatura y baja irradiancia: -5.58 %
 Pérdidas totales: -14.62 %

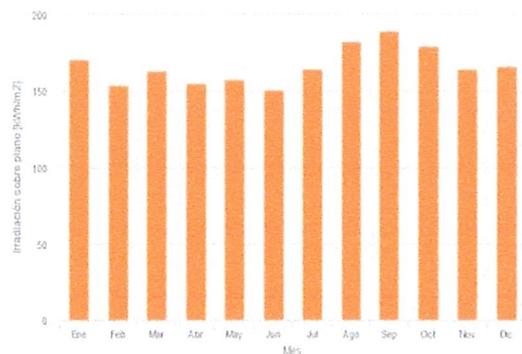
Perfil del horizonte en la localización seleccionada



Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Irradiación mensual sobre plano fijo:



Energía FV y radiación solar mensual

Mes	E_m	H(i)_m	SD_m
Enero	289.4	170.5	17.4
Febrero	259.6	153.9	16.6
Marzo	276.2	163.0	17.4
Abril	263.6	155.1	13.7
Mayo	269.7	157.8	9.7
Junio	261.3	150.9	12.4
Julio	286.5	164.8	13.4
Agosto	317.1	182.7	8.3
Septiembre	326.3	189.6	9.5
Octubre	304.8	179.6	12.3
Noviembre	276.6	164.6	16.7
Diciembre	282.5	166.5	13.6

E_m: Producción eléctrica media mensual del sistema definido [kWh].
 H(i)_m: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].
 SD_m: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

La Comisión Europea mantiene esta web para facilitar el acceso público a la información sobre sus actividades y las políticas de la Unión Europea en general. Nuestra prioridad es mantener la información precisa y al día. Truébanos de conseguir las erratas que se nos señalen. No obstante, la Comisión declina toda responsabilidad en relación con la información incluida en esta web. Aunque hacemos la web más segura con todos los errores técnicos, algunos datos o informaciones contenidas en nuestra web pueden haberse cambiado o actualizado en cualquier momento sin nuestro consentimiento, y no podemos garantizar que esto no suceda o afecte de alguna manera al servicio. La Comisión no asume ninguna responsabilidad por los problemas que puedan surgir al utilizar esta web o los servicios con ella. Para obtener más información, por favor visite https://ec.europa.eu/info/legal/notices_en





Rendimiento de un sistema FV conectado a red

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

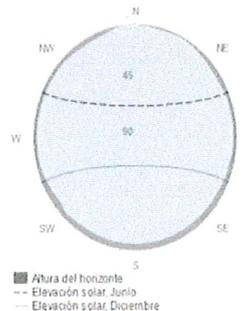
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: -1.291,-78.597
 Horizonte: Calculado
 Base de datos: PVGIS-ERA5
 Tecnología FV: Silicio cristalino
 FV instalado: 2.5 kWp
 Pérdidas sistema: 7 %

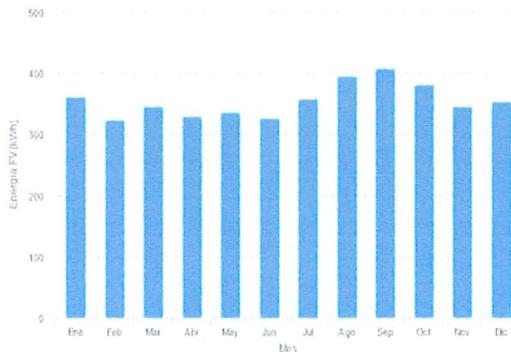
Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: -1 (opt) °
 Ángulo de azimut: -180 (opt) °
 Producción anual FV: 4267.01 kWh
 Irradiación anual: 1998.99 kWh/m²
 Variación interanual: 60.71 kWh
 Cambios en la producción debido a:
 Ángulo de incidencia: -2.76 %
 Efectos espectrales: NaN %
 Temperatura y baja irradiancia: -5.58 %
 Pérdidas totales: -14.62 %

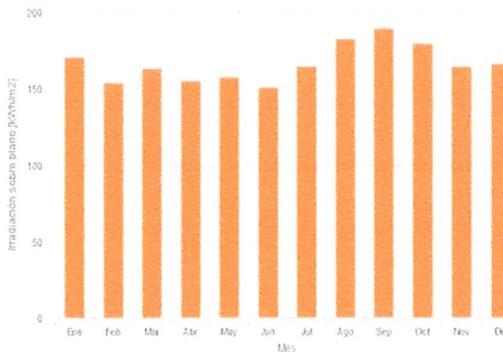
Perfil del horizonte en la localización seleccionada



Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Irradiación mensual sobre plano fijo:

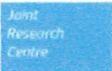


Energía FV y radiación solar mensual

Mes	E_m	H(i)_m	SD_m
Enero	361.7	170.5	21.8
Febrero	324.5	153.9	20.8
Marzo	345.3	163.0	21.7
Abril	329.6	155.1	17.1
Mayo	337.1	157.8	12.1
Junio	326.7	150.9	15.5
Julio	358.1	164.8	16.8
Agosto	396.4	182.7	10.3
Septiembre	407.9	189.6	11.8
Octubre	380.9	179.6	15.4
Noviembre	345.8	164.6	20.9
Diciembre	353.1	166.5	17.0

E_m: Producción eléctrica media mensual del sistema definido [kWh].
 H(i)_m: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].
 SD_m: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

La Comisión Europea mantiene esta web para facilitar el acceso público a la información sobre sus actividades y los resultados de la Unión Europea en general. No se garantiza la exactitud de la información presentada y al día. Tratamiento de correo electrónico: los errores que se nos señalen. No obstante, la Comisión declina toda responsabilidad en relación con la información incluida en esta web.
 Aunque Internet se usa para reducir al mínimo los errores técnicos, algunos datos o informaciones contenidos en nuestra web pueden haberse vuelto a actualizar en archivos o bases de datos no siempre de forma automática, y no podemos garantizar que estos datos estén siempre al día. La Comisión no asume ninguna responsabilidad por los problemas que pueden surgir al utilizar estos datos o enlaces con terceros al mismo tiempo.
 Para obtener más información, por favor visite http://ec.europa.eu/info/legislation_en



PVGIS ©Unión Europea, 2001-2023.
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Informe creado el 2023/08/01



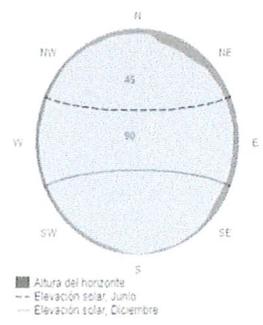
Rendimiento de un sistema FV autónomo

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar

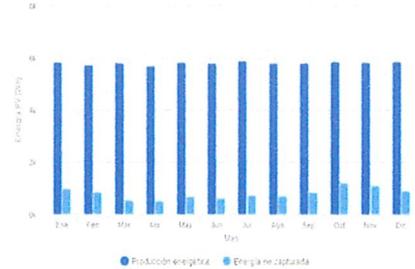
Datos proporcionados

Latitud/Longitud:	-0.936,-78.610	Ángulo de inclinación:	0 °
Horizonte:	Calculado	Ángulo de azimut:	-120 °
Base de datos:	PVGIS-NSRDB	Resultados de la simulación	
FV instalado:	2000 Wp	Porcentaje días batería cargada:	43.65 %
Capacidad de la batería:	14400 Wh	Porcentaje días batería descargada:	8.49 %
Limitador de descarga:	40 %	Energía media no capturada:	1841.64 Wh
Consumo diario:	5894.4 Wh	Energía media que falta:	991.95 Wh

Perfil del horizonte en la localización seleccionada



Producción energética estimada para un sistema FV autónomo:

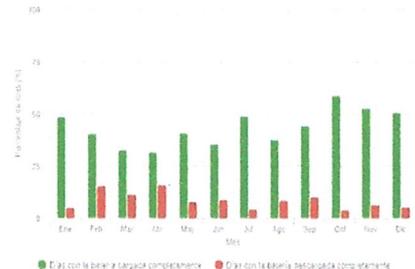


Rendimiento medio mensual

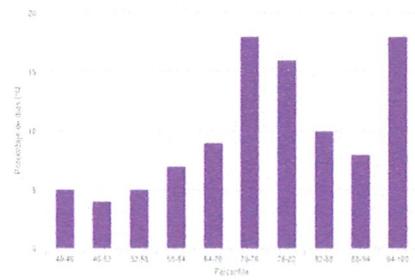
Mes	E_d	E_I	f_f	f_e
Enero	5824.3	990.5	48.7	5.0
Febrero	5726.7	856.3	40.6	15.6
Marzo	5807.9	531.9	32.8	11.4
Abril	5686.7	505.5	31.5	15.8
Mayo	5834.1	668.1	40.8	7.6
Junio	5799.6	615.3	35.5	8.8
Julio	5880.7	740.9	49.0	4.1
Agosto	5805.2	702.0	37.8	8.5
Septiembre	5802.3	843.2	44.2	10.3
Octubre	5872.6	1214.5	58.9	3.8
Noviembre	5820.7	1091.7	52.7	6.4
Diciembre	5850.0	888.1	50.8	5.4

E_d: Producción energética media diaria [Wh/día].
 E_I: Energía media diaria no capturada [Wh/día].
 f_f: Porcentaje de días con la batería cargada completamente [%].
 f_e: Porcentaje de días en los que la batería se descarga completamente [%].

Rendimiento de la batería para un sistema FV autónomo:



Probabilidad del estado de carga de la batería al final del día:



Cs	Cb
40-46	5.0
46-52	4.0
52-58	5.0
58-64	7.0
64-70	9.0
70-76	18.0
76-82	16.0
82-88	10.0
88-94	8.0
94-100	18.0

Cs: Estado de carga al final de cada día [%].
 Cb: Porcentaje de días con este estado de carga [%].

La Comisión Europea mantiene esta web para facilitar el acceso público a la información sobre sus actividades y los políticos de la Unión Europea en general. Ningún contenido es responsable de la información precisa y al día. Tratamos de corregir los errores que se nos señalan. No obstante, la Comisión declina toda responsabilidad en relación con la información incluida en esta web.
 Aunque Intertecnia se esfuerza por reducir al mínimo los errores técnicos, algunos datos e informaciones contenidos en nuestro sitio pueden haberse vuelto obsoletos o incorrectos sin nuestro consentimiento. Intertecnia no garantiza que el sitio no interrumpa o afecte de alguna manera al servicio. La Comisión no asume ninguna responsabilidad por los problemas que pueden surgir al utilizar este sitio o los enlaces contenidos en él.
 Para obtener más información, por favor visite http://ec.europa.eu/info/legislation_en



PVGIS ©Unión Europea, 2001-2023.
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Informe creado el 2023/08/01



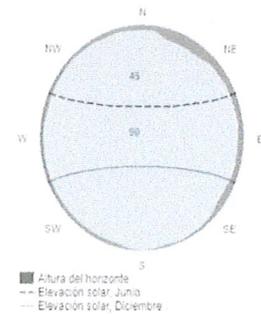
Rendimiento de un sistema FV autónomo

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar

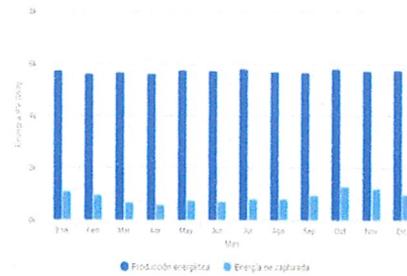
Datos proporcionados

Latitud/Longitud:	-0.936,-78.610	Ángulo de inclinación:	0 °
Horizonte:	Calculado	Ángulo de azimut:	-120 °
Base de datos:	PVGIS-NSRDB	Resultados de la simulación	
FV instalado:	2000 Wp	Porcentaje días batería cargada:	50.31 %
Capacidad de la batería: 9600 Wh		Porcentaje días batería descargada:	19.5 %
Limitador de descarga:	40 %	Energía media no capturada:	1801.24 Wh
Consumo diario:	5894.4 Wh	Energía media que falta:	957.2 Wh

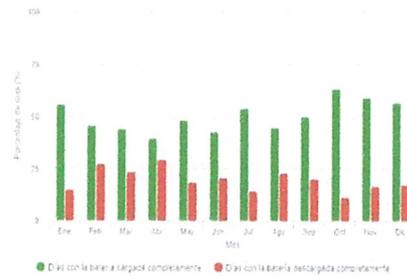
Perfil del horizonte en la localización seleccionada



Producción energética estimada para un sistema FV autónomo:



Rendimiento de la batería para un sistema FV autónomo:

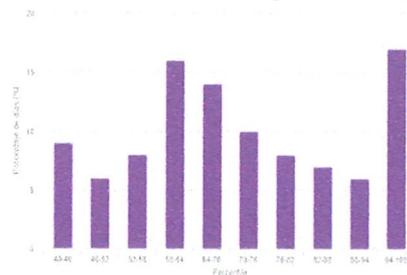


Rendimiento medio mensual

Mes	E_d	E_J	f_f	f_e
Enero	5716.8	1097.9	55.7	15.0
Febrero	5611.5	971.6	45.5	26.9
Marzo	5663.9	675.9	44.0	23.2
Abril	5608.4	583.8	39.4	29.4
Mayo	5736.9	765.2	48.1	18.2
Junio	5721.4	693.5	42.7	20.3
Julio	5791.9	829.7	54.0	14.1
Agosto	5682.6	824.6	44.6	22.9
Septiembre	5676.0	969.5	50.0	20.0
Octubre	5801.7	1285.4	63.3	11.1
Noviembre	5713.3	1199.1	59.1	16.7
Diciembre	5756.8	981.3	56.8	17.2

E_d: Producción energética media diaria [Wh/día].
 E_J: Energía media diaria no capturada [Wh/día].
 f_f: Porcentaje de días con la batería cargada completamente [%].
 f_e: Porcentaje de días en los que la batería se descarga completamente [%].

Probabilidad del estado de carga de la batería al final del día:



Cs	Cb
40-46	9.0
46-52	6.0
52-58	8.0
58-64	16.0
64-70	14.0
70-76	10.0
76-82	8.0
82-88	7.0
88-94	6.0
94-100	17.0

Cs: Estado de carga al final de cada día [%]
 Cb: Porcentaje de días con este estado de carga [%]

La Comisión Europea mantiene esta web para facilitar el acceso público a la información sobre sus actividades y las políticas de la Unión Europea en general. Nuestra prioridad es facilitar la información precisa y al día. Trámites de control los empujamos lo más adelante. No obstante, la Comisión acepta toda responsabilidad en relación con la información incluida en esta web.
 Aunque intentamos la máxima precisión al mostrar los errores técnicos, algunos datos e informaciones contenidos en nuestro sitio web pueden haberse enviado o actualizado en fechas o formatos no previstos de nuestra página, y no podemos garantizar que habrá ninguna interrupción o falta de alguna manera a su servicio. La Comisión no asume ninguna responsabilidad por los problemas que puedan surgir al utilizar este sitio o a otros sistemas con enlaces al mismo.
 Para obtener más información, por favor visite https://ec.europa.eu/info/legal/notice_en



PVGIS © Unión Europea, 2001-2023.
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Informe creado el 2023/08/01



Anexo 14 Datos del sistema On-Grid con almacenamiento Ambato



Rendimiento de un sistema FV autónomo

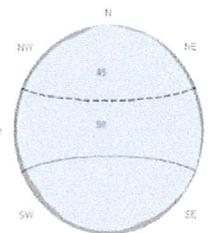
PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar

Datos proporcionados

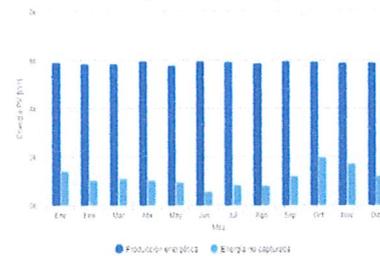
Latitud/Longitud: -1.299,-78.602
 Horizonte: Calculado
 Base de datos: PVGIS-NSRDB
 FV instalado: 2000 Wp
 Capacidad de la batería: 19200 Wh
 Limitador de descarga: 40 %
 Consumo diario: 5902 Wh

Ángulo de inclinación: 0 °
 Ángulo de azimut: -180 °
Resultados de la simulación
 Porcentaje días batería cargada: 55.61 %
 Porcentaje días batería descargada: 1.92 %
 Energía media no capturada: 2086.67 Wh
 Energía media que falta: 1095.78 Wh

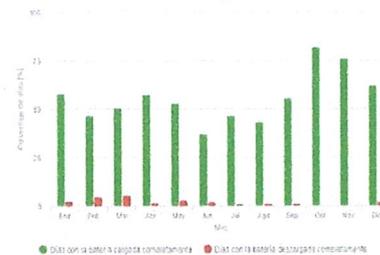
Perfil del horizonte en la localización seleccionad:



Producción energética estimada para un sistema FV autónomo:



Rendimiento de la batería para un sistema FV autónomo:

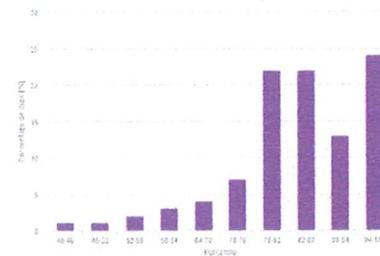


Rendimiento medio mensual

Mes	E_d	E_l	f_c	f_e
Enero	5878.6	1404.1	57.8	2.0
Febrero	5827.2	1046.2	46.4	4.5
Marzo	5825.6	1103.8	50.4	5.3
Abril	5945.8	1040.3	57.3	1.5
Mayo	5781.8	971.0	52.8	2.9
Junio	5936.3	568.3	37.0	1.8
Julio	5901.8	831.3	46.6	0.9
Agosto	5856.0	829.3	43.4	1.2
Septiembre	5929.6	1208.9	55.1	1.2
Octubre	5909.0	1383.9	81.8	0.0
Noviembre	5897.1	1715.1	76.1	0.0
Diciembre	5882.9	1208.3	61.9	1.8

E_d: Producción energética media diaria [Wh/día].
 E_l: Energía media diaria no capturada [Wh/día].
 f_c: Porcentaje de días con la batería cargada completamente [%].
 f_e: Porcentaje de días en los que la batería se descarga completamente [%].

Probabilidad del estado de carga de la batería al final del día:



Cs	Cb
40-46	1.0
46-52	1.0
52-58	2.0
58-64	3.0
64-70	4.0
70-76	7.0
76-82	22.0
82-88	22.0
88-94	13.0
94-100	24.0

Cs: Estado de carga al final de cada día [%].
 Cb: Porcentaje de días con este estado de carga [%].

La Comisión Europea respaldó esta web para facilitar el acceso público a la información sobre sus instituciones y las solicitudes de la Unión Europea en general. El acceso gratuito es esencial para promover la información pública y el diálogo. El contenido de esta web no representa la opinión de la Comisión Europea ni la responsabilidad en relación con la información incluida en esta web. Aunque la Comisión Europea respaldó esta web, no garantiza la exactitud de los datos, ni garantiza que la información contenida en esta web pueda ser utilizada para cualquier otro propósito. La Comisión Europea no se responsabiliza por los resultados que puedan surgir al utilizar esta web para fines que no sean los previstos en el acuerdo de patrocinio.



PVGIS ©Unión Europea, 2001-2023.
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Informe creado el 2023/07/31



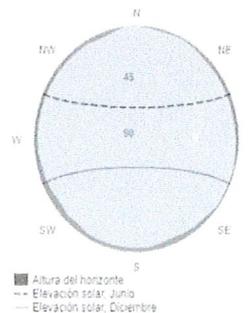
Rendimiento de un sistema FV autónomo

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar

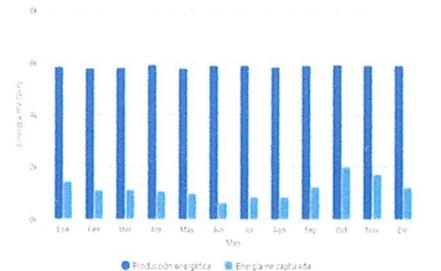
Datos proporcionados

Latitud/Longitud:	-1.299,-78.602	Ángulo de inclinación:	0 °
Horizonte:	Calculado	Ángulo de azimut:	-180 °
Base de datos:	PVGIS-NSRDB	Resultados de la simulación	
FV instalado:	2000 Wp	Porcentaje días batería cargada:	56.98 %
Capacidad de la batería:	14400 Wh	Porcentaje días batería descargada:	4.29 %
Limitador de descarga:	40 %	Energía media no capturada:	2078.37 Wh
Consumo diario:	5902 Wh	Energía media que falta:	1047.71 Wh

Perfil del horizonte en la localización seleccionada



Producción energética estimada para un sistema FV autónomo:

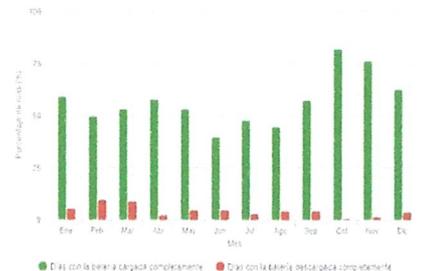


Rendimiento medio mensual

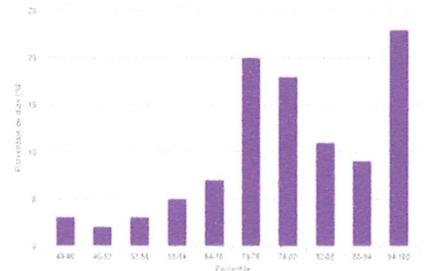
Mes	E_d	E_l	f_f	f_e
Enero	5841.6	1441.1	59.2	5.3
Febrero	5783.7	1089.8	49.7	9.4
Marzo	5789.4	1140.0	53.1	8.8
Abril	5923.9	1062.2	57.9	2.1
Mayo	5770.1	982.7	53.1	4.7
Junio	5893.6	611.0	39.7	4.5
Julio	5890.9	842.3	47.8	2.9
Agosto	5827.9	857.5	44.6	4.1
Septiembre	5895.9	1242.7	57.3	4.2
Octubre	5901.6	1991.3	82.1	0.6
Noviembre	5886.8	1725.5	76.4	1.5
Diciembre	5877.6	1213.6	62.5	3.6

E_d: Producción energética media diaria [Wh/día].
 E_l: Energía media diaria no capturada [Wh/día].
 f_f: Porcentaje de días con la batería cargada completamente [%].
 f_e: Porcentaje de días en los que la batería se descarga completamente [%].

Rendimiento de la batería para un sistema FV autónomo:



Probabilidad del estado de carga de la batería al final del día:



Cs	Cb
40-46	3.0
46-52	2.0
52-58	3.0
58-64	5.0
64-70	7.0
70-76	20.0
76-82	18.0
82-88	11.0
88-94	9.0
94-100	23.0

Cs: Estado de carga al final de cada día [%].
 Cb: Porcentaje de días con este estado de carga [%].

La Comisión Europea mantiene esta web para facilitar el acceso público a la información sobre sus actividades y los políticos de la Unión Europea en general. Nuestro propósito es mantener la información precisa y al día. Tratamos de corregir los errores que se nos señalan. No obstante, la Comisión declina toda responsabilidad en relación con la información incluida en esta web. Aunque intentamos lo posible por reducir al mínimo los errores técnicos, algunos datos e informaciones contenidos en nuestro sitio pueden haber sido erróneos o equivocados en el momento de ser publicados en nuestros sitios, y no podemos garantizar que ellos no cambien o estén de alguna manera al servicio. La Comisión no asume ninguna responsabilidad por los problemas que puedan surgir al utilizar esta web o los datos contenidos en ella. Para obtener más información, por favor visite http://ec.europa.eu/info/legal_notices_es



PVGIS © Unión Europea, 2001-2023.
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Informe creado el 2023/07/31



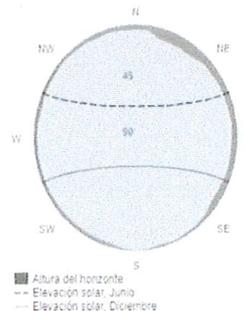
Rendimiento de un sistema FV autónomo

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar

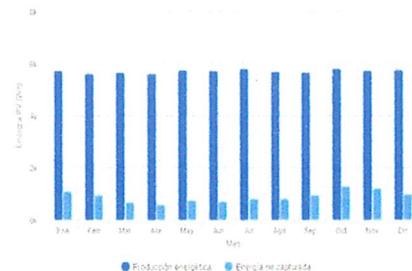
Datos proporcionados

Latitud/Longitud:	-0.936,-78.610	Ángulo de inclinación:	0 °
Horizonte:	Calculado	Ángulo de azimut	-120 °
Base de datos:	PVGIS-NSRDB	Resultados de la simulación	
FV instalado:	2000 Wp	Porcentaje días batería cargada:	50.31 %
Capacidad de la batería:	9600 Wh	Porcentaje días batería descargada:	19.5 %
Limitador de descarga:	40 %	Energía media no capturada:	1801.24 Wh
Consumo diario:	5894.4 Wh	Energía media que falta:	957.2 Wh

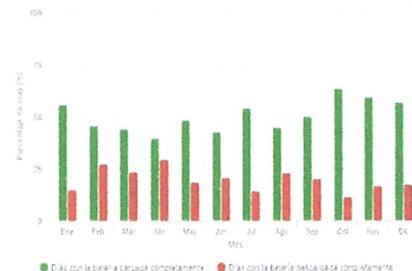
Perfil del horizonte en la localización seleccionada



Producción energética estimada para un sistema FV autónomo:



Rendimiento de la batería para un sistema FV autónomo:

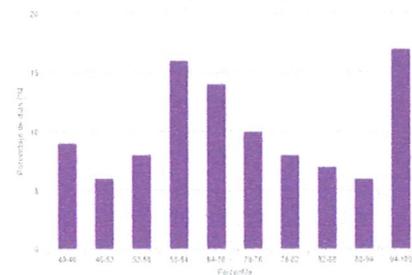


Rendimiento medio mensual

Mes	E_d	E_l	f_f	f_e
Enero	5716.8	1097.9	55.7	15.0
Febrero	5611.5	971.6	45.5	26.9
Marzo	5663.9	675.9	44.0	23.2
Abril	5608.4	583.8	39.4	29.4
Mayo	5736.9	765.2	48.1	18.2
Junio	5721.4	693.5	42.7	20.3
Julio	5791.9	829.7	54.0	14.1
Agosto	5682.6	824.6	44.6	22.9
Septiembre	5676.0	969.5	50.0	20.0
Octubre	5801.7	1285.4	63.3	11.1
Noviembre	5713.3	1199.1	59.1	16.7
Diciembre	5756.8	981.3	56.8	17.2

E_d: Producción energética media diaria [Wh/día].
 E_l: Energía media diaria no capturada [Wh/día].
 f_f: Porcentaje de días con la batería cargada completamente [%].
 f_e: Porcentaje de días en los que la batería se descarga completamente [%].

Probabilidad del estado de carga de la batería al final del día:



Cs	Cb
40-46	9.0
46-52	6.0
52-58	8.0
58-64	16.0
64-70	14.0
70-76	10.0
76-82	8.0
82-88	7.0
88-94	6.0
94-100	17.0

Cs: Estado de carga al final de cada día [%].
 Cb: Porcentaje de días con este estado de carga [%].

La Comisión Europea mantiene esta web para facilitar el acceso público a la información sobre sus actividades y los resultados de la Unión Europea en general. No obstante, la Comisión declara toda responsabilidad en relación con la información incluida en esta web. Aunque hacemos lo posible por reducir al mínimo los errores técnicos, algunos datos e informaciones contenidos en nuestra web pueden haberse creado o actualizado en actividades o servicios de terceros de distintos países, y no podemos garantizar que ello no interfiera o afecte de alguna manera al servicio. La Comisión no asume ninguna responsabilidad por los problemas que puedan surgir al utilizar esta web o sitios enlazados con ella.

Para obtener más información, por favor visite https://ec.europa.eu/info/legislation_en



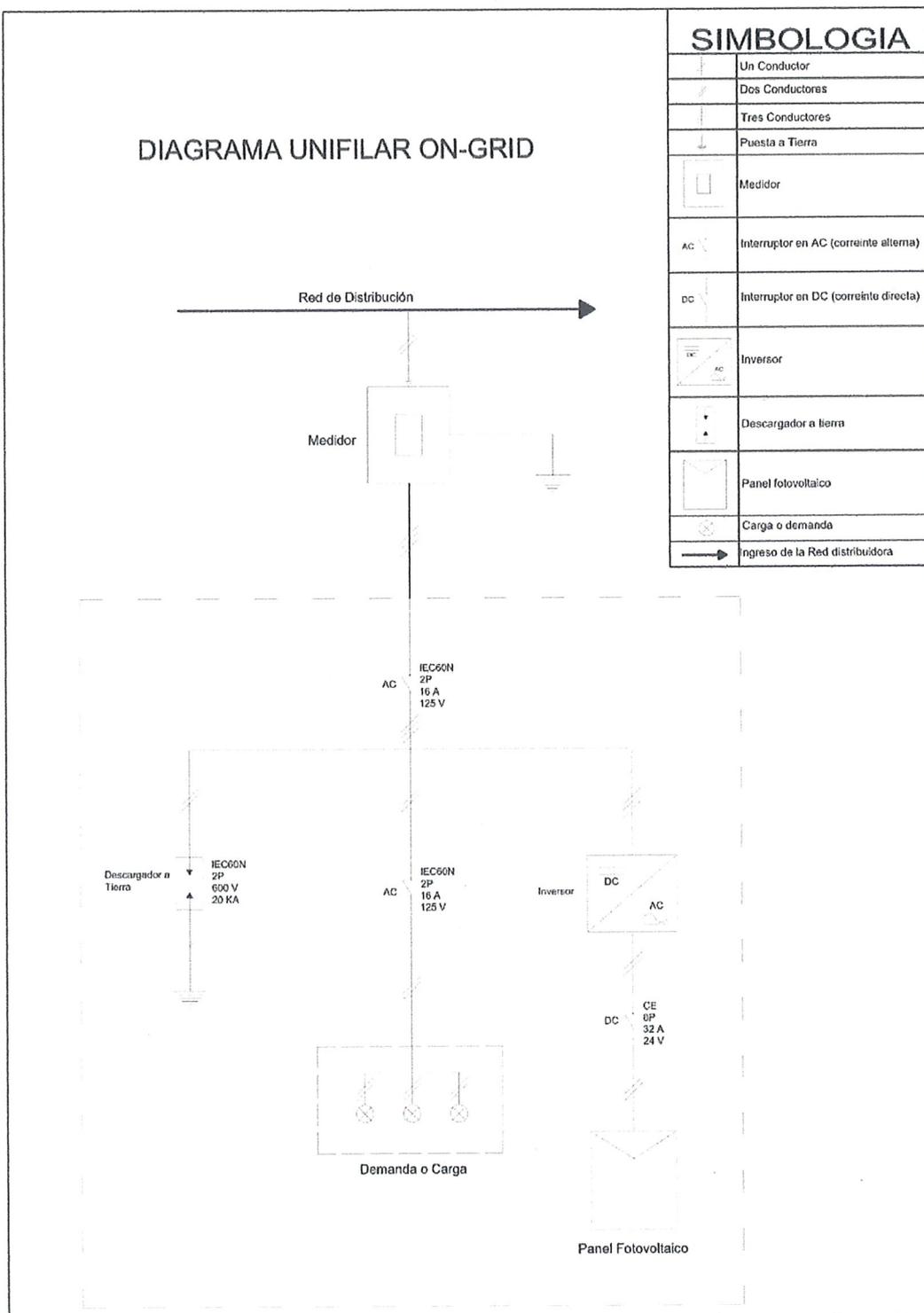
PVGIS ©Unión Europea, 2001-2023.
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Informe creado el 2023/08/01



Anexo 15 Diagrama Unifilar

DIAGRAMA UNIFILAR ON-GRID

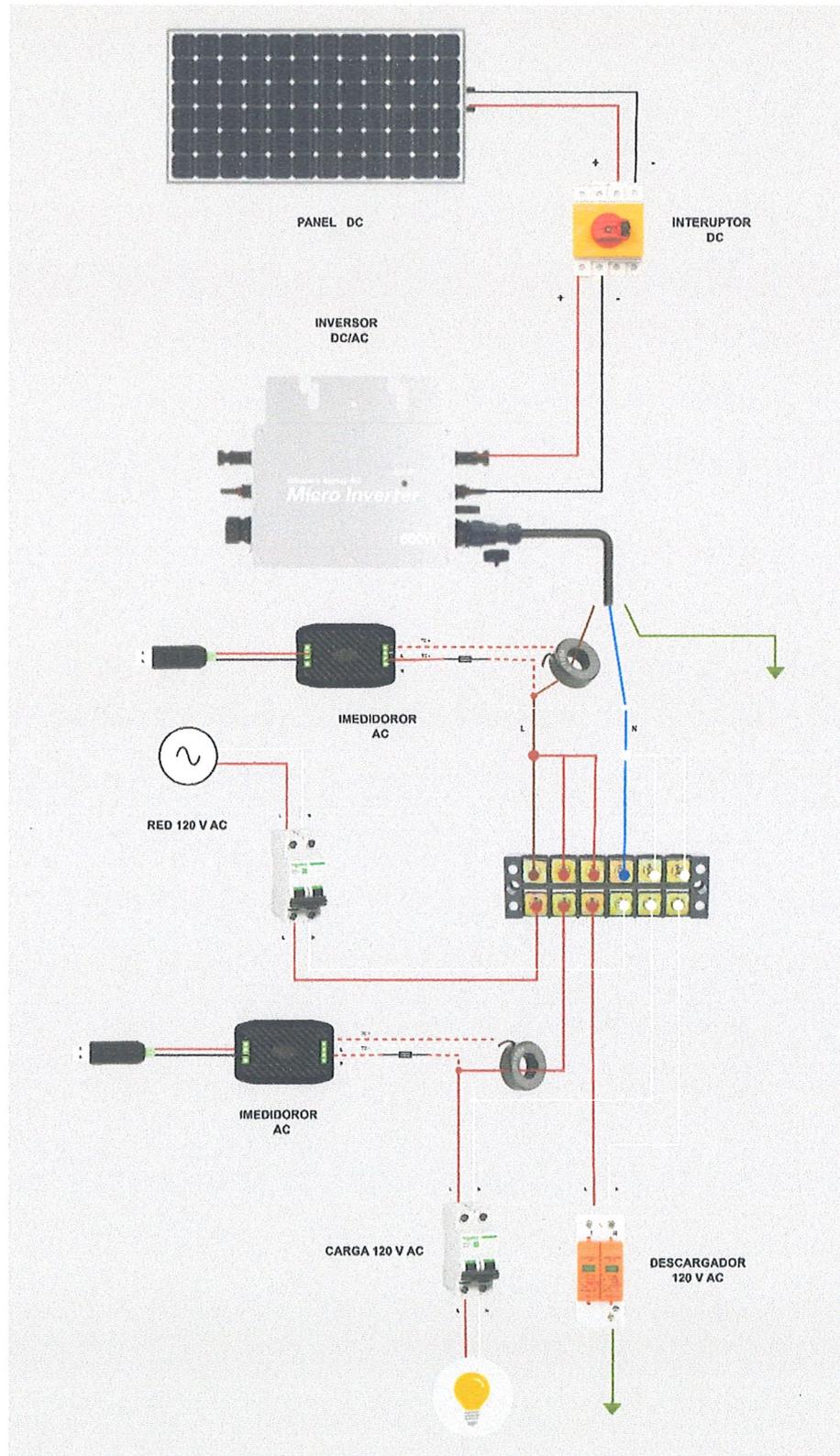


SIMBOLOGIA

	Un Conductor
	Dos Conductores
	Tres Conductores
	Puesta a Tierra
	Medidor
	Interruptor en AC (corriente alterna)
	Interruptor en DC (corriente directa)
	Inversor
	Descargador a tierra
	Panel fotovoltaico
	Carga o demanda
	Ingreso de la Red distribuidora



Anexo 16 Diagrama Conexión y Equipos



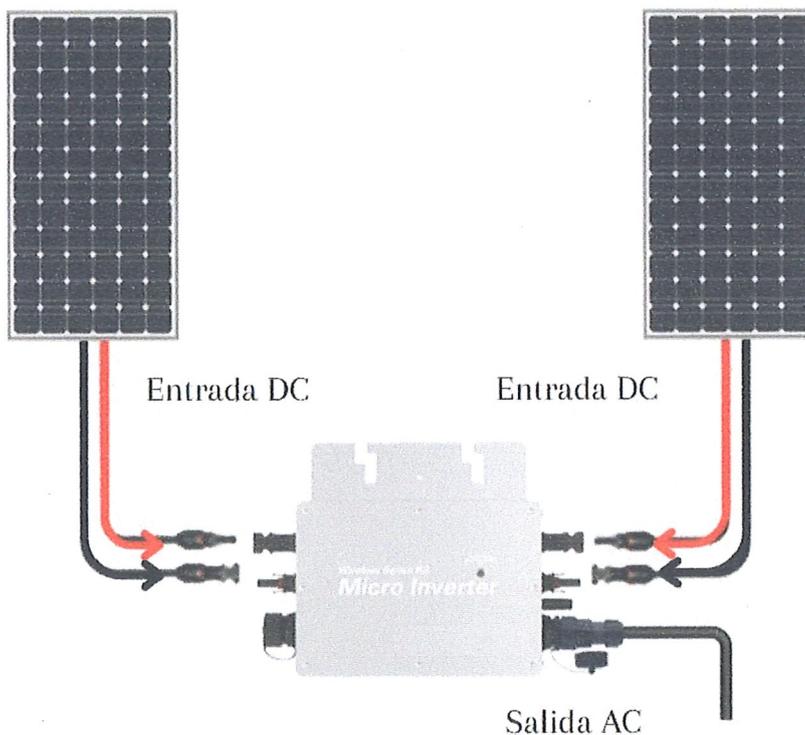


Anexo 17 Manual

CONEXIÓN DE LOS EQUIPOS

Alimentación DC Fotovoltaica para el Micro Inversor

El Micro Inversor R3 modelo (KDWVC-700) cuenta con dos entradas para paneles fotovoltaicos de una potencia máxima de 435W, para los cuales contamos con conectores Mc4 los cuales se caracterizan por tener polaridad, envase al código de colores norma NEC corriente directa polaridad positiva se denota con el signo mas (+) color Rojo, polaridad negativa se denota con el signo menos(-) color Negro.

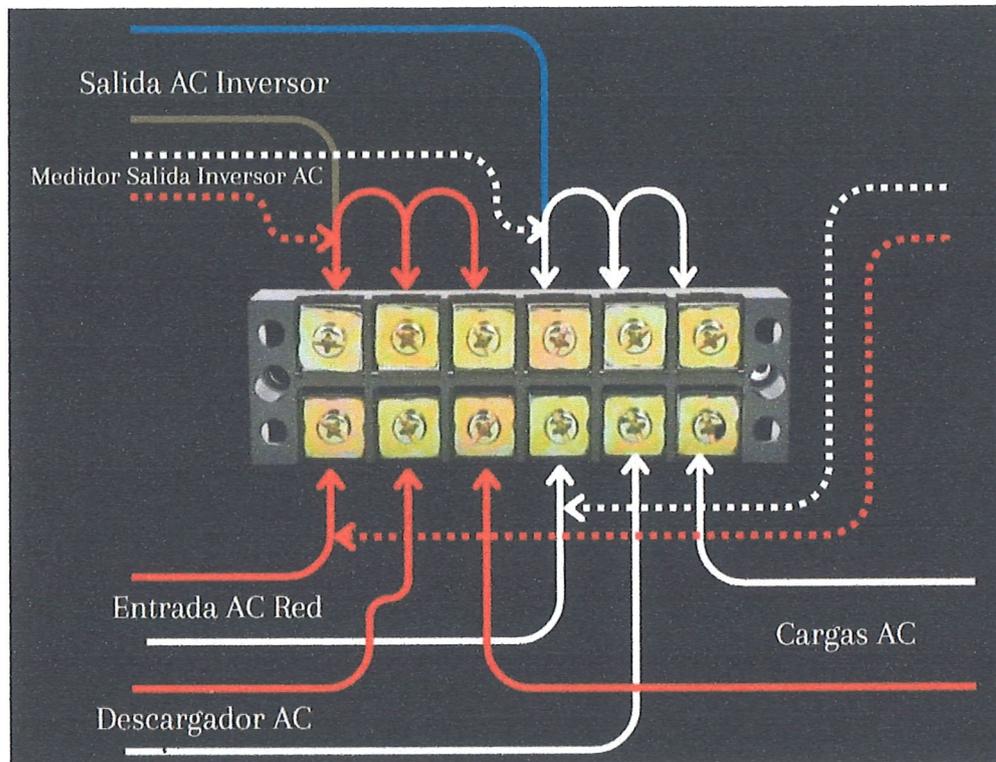


Voltaje de Operación (V)	22-60
Voltaje máximo de entrada (V)	60
Corriente máxima de entrada (A)	16

Salida del Inversor AC

Envase al código de colores norma NEC corriente alterna fase se representa con color Rojo, neutro se representa con color Blanco, tierra física se representa con color Verde, el Micro Inversor R3 modelo (KDWVC-700) cuenta con un sistema automático de

sincronización con la red para contamos con un indicador visual de color azul cuando la conexión fue exitosa, caso contrario el indicador se encuentre en color rojo se entiende que el inversor no se encuentra suministrando potencia a la red, observación el inversor no entrega potencia cuando no detecta la conexión de la red eléctrica.



Conexión del medidor

El módulo de comunicación de CA PZEM-014/016 se utiliza principalmente para medir voltaje CA, corriente, potencia activa, frecuencia, factor de potencia y energía activa, el módulo no tiene función de visualización, los datos se leen a través de la interfaz RS485.

Descripción de la función

Voltaje: Rango de medición: 80 ~ 260 V.

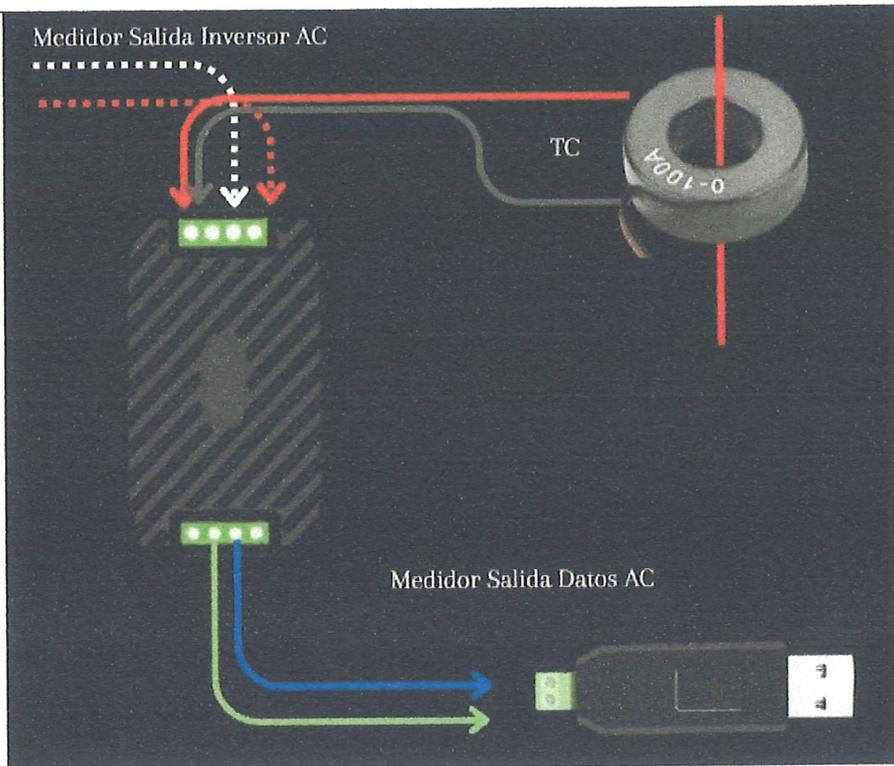
Corriente :Rango de medición: 0 ~ 100 A.

Potencia activa: Rango de medición: 0 ~ 23 kW.

Factor de poder: Rango de medición: 0,00 ~ 1,00

Frecuencia: Rango de medición: 45 Hz ~ 65 Hz.

Energía activa: Rango de medición: 0 ~ 999999kWh



APLICACIÓN DE MONITOREO

Cuando la Raspberry Pi se encuentra apagado (se va a comenzar a medir los datos) o se reinició la Raspberry Pi

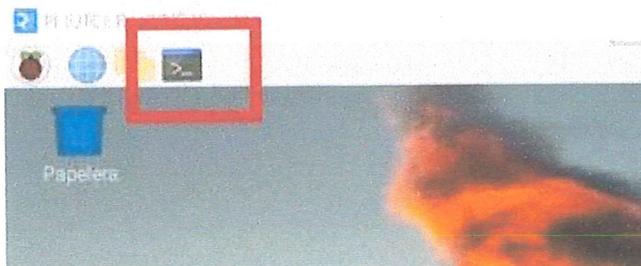
1.- Usuario y Contraseña Raspberry Pi

Usuario : utc

Contraseña : UTC123

2.- Apertura de los programas en Python

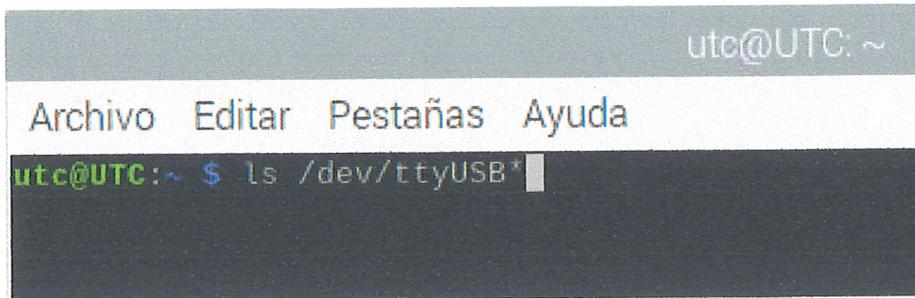
Primero abrimos el terminal



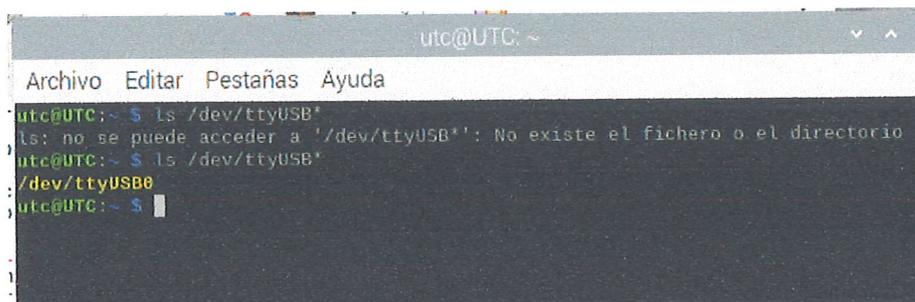
Se comprueba el puerto USB al que esté conectado el medidor para una correcta visualización

3.- Abrimos la venta de comandos (terminal)

Ejecutamos el siguiente código `ls /dev/ttyUSB*` nos muestra el puerto USB que se esta

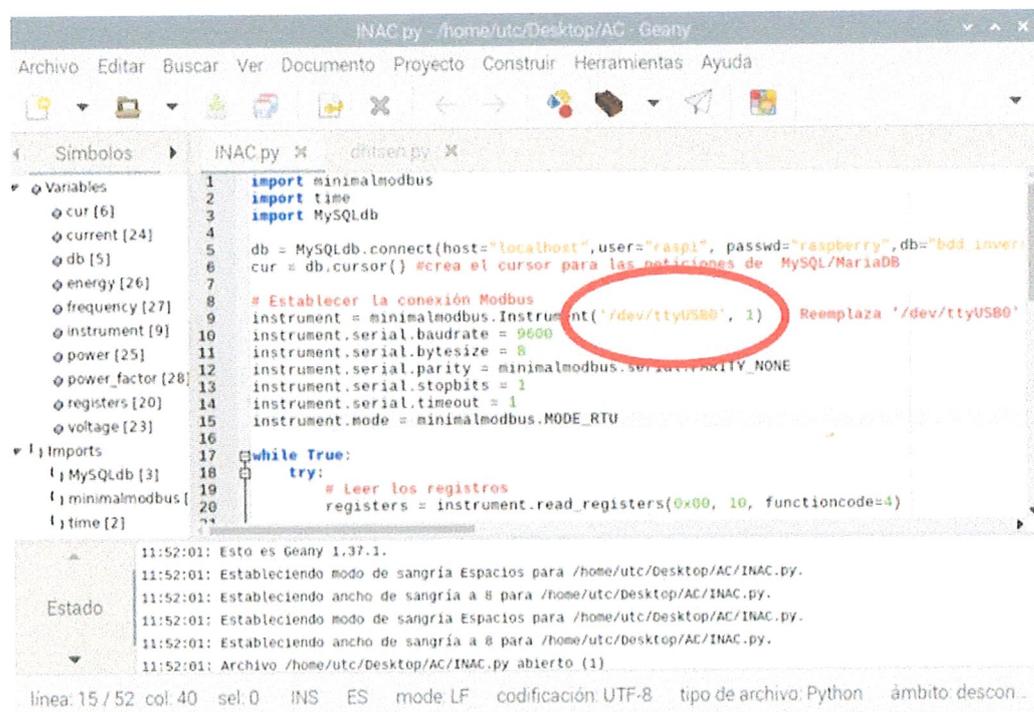


```
utc@UTC: ~  
Archivo Editar Pestañas Ayuda  
utc@UTC:~ $ ls /dev/ttyUSB*
```



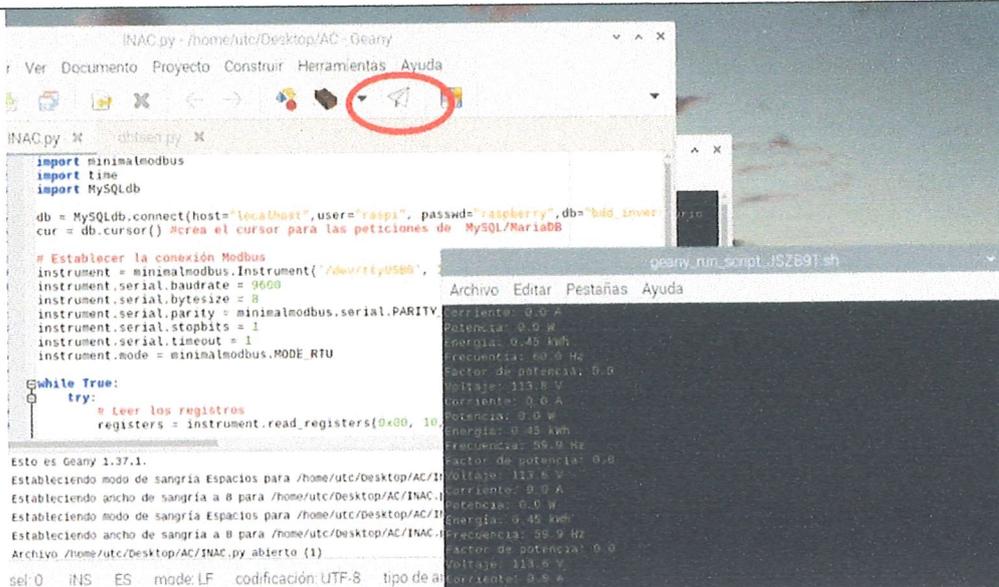
```
utc@UTC: ~  
Archivo Editar Pestañas Ayuda  
utc@UTC:~ $ ls /dev/ttyUSB*  
ls: no se puede acceder a '/dev/ttyUSB*': No existe el fichero o el directorio  
utc@UTC:~ $ ls /dev/ttyUSB*  
/dev/ttyUSB0  
utc@UTC:~ $
```

En el caso de ser diferente remplazar por el que nos aparece en el terminal



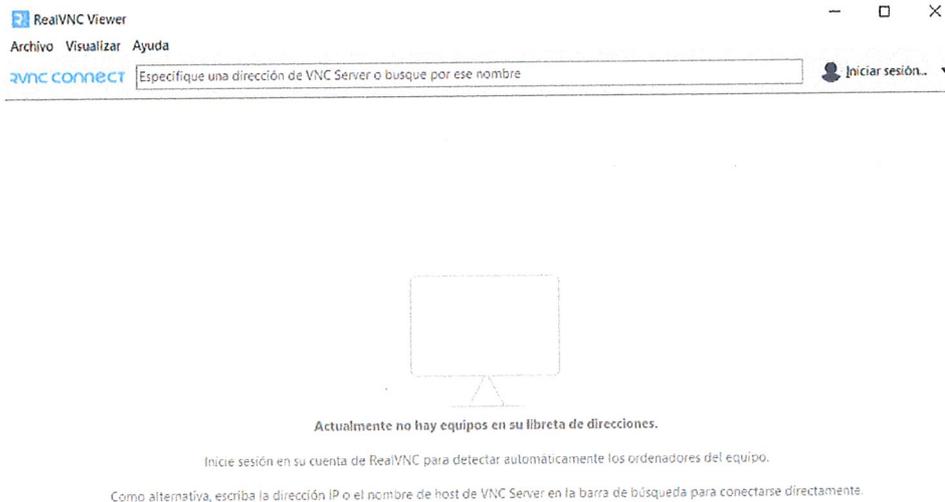
```
INAC.py - /home/utc/Desktop/AC - Geany  
Archivo Editar Buscar Ver Documento Proyecto Construir Herramientas Ayuda  
Simbolos INAC.py x dftseeh.py x  
Variables  
  cur [6]  
  current [24]  
  db [5]  
  energy [26]  
  frequency [27]  
  instrument [9]  
  power [25]  
  power_factor [28]  
  registers [20]  
  voltage [23]  
Imports  
  MySQLdb [3]  
  minimalmodbus [2]  
  time [2]  
1 import minimalmodbus  
2 import time  
3 import MySQLdb  
4  
5 db = MySQLdb.connect(host="localhost",user="raspi", passwd="raspberry",db="bdd_inver  
6 cur = db.cursor() #crea el cursor para las peticiones de MySQL/MariaDB  
7  
8 # Establecer la conexión Modbus  
9 instrument = minimalmodbus.Instrument('/dev/ttyUSB0', 1) Reemplaza '/dev/ttyUSB0'  
10 instrument.serial.baudrate = 9600  
11 instrument.serial.bytesize = 8  
12 instrument.serial.parity = minimalmodbus.SerialParity.NONE  
13 instrument.serial.stopbits = 1  
14 instrument.serial.timeout = 1  
15 instrument.mode = minimalmodbus.MODE_RTU  
16  
17 while True:  
18     try:  
19         # Leer los registros  
20         registers = instrument.read_registers(0x00, 10, functioncode=4)  
21  
22  
Estado  
11:52:01: Esto es Geany 1.37.1.  
11:52:01: Estableciendo modo de sangría Espacios para /home/utc/Desktop/AC/INAC.py.  
11:52:01: Estableciendo ancho de sangría a 8 para /home/utc/Desktop/AC/INAC.py.  
11:52:01: Estableciendo modo de sangría Espacios para /home/utc/Desktop/AC/INAC.py.  
11:52:01: Estableciendo ancho de sangría a 8 para /home/utc/Desktop/AC/INAC.py.  
11:52:01: Archivo /home/utc/Desktop/AC/INAC.py abierto (1)  
línea: 15 / 52 col: 40 sel: 0 INS ES mode: LF codificación: UTF-8 tipo de archivo: Python ámbito: descon...
```

Solo resta correr el programa y esperar que aparezcan los valores medidos

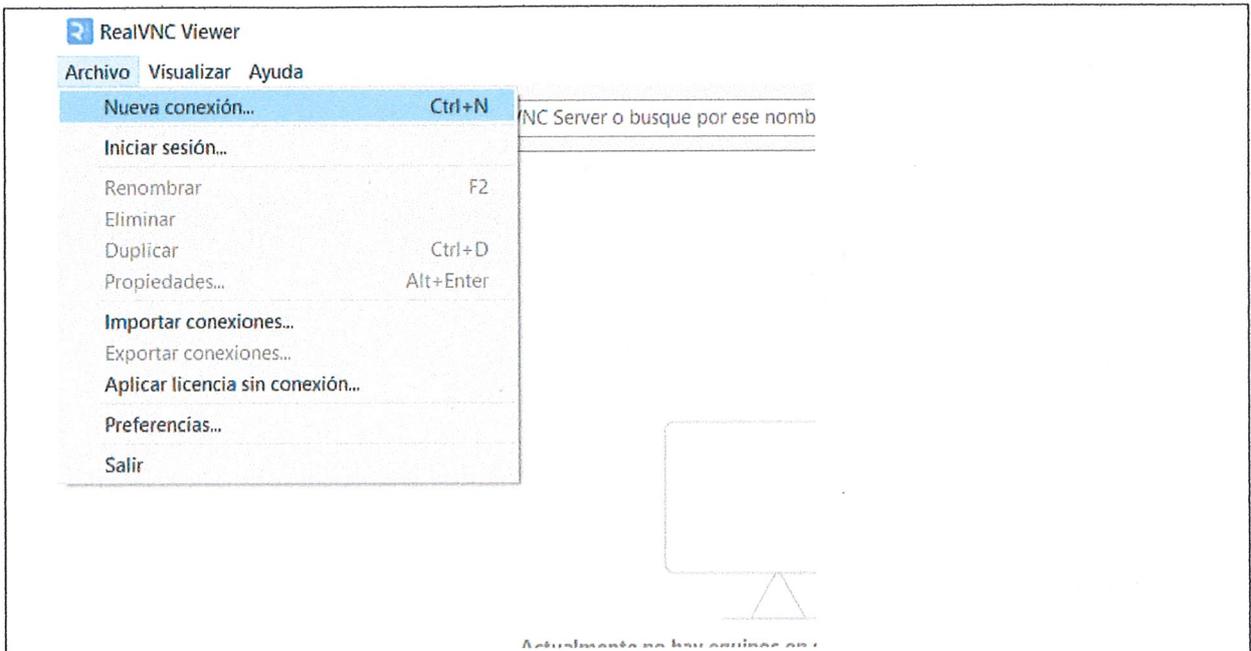


CONEXIÓN REMOTA DE LA RASPBERRY

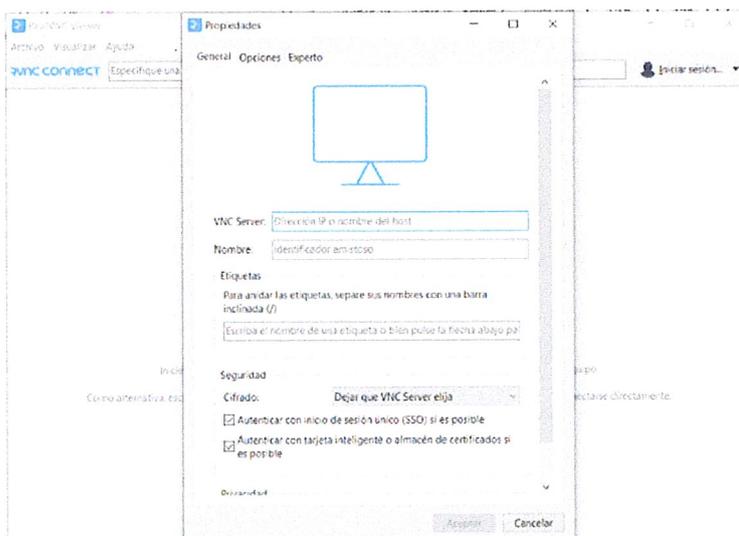
Ingresamos a la aplicación RealVNC



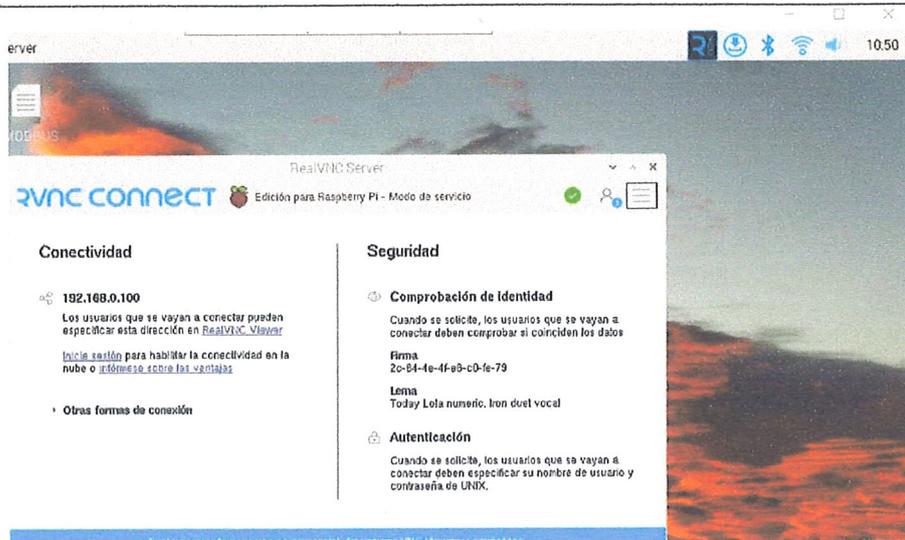
Vamos a la parte de Archivo, Nueva conexión



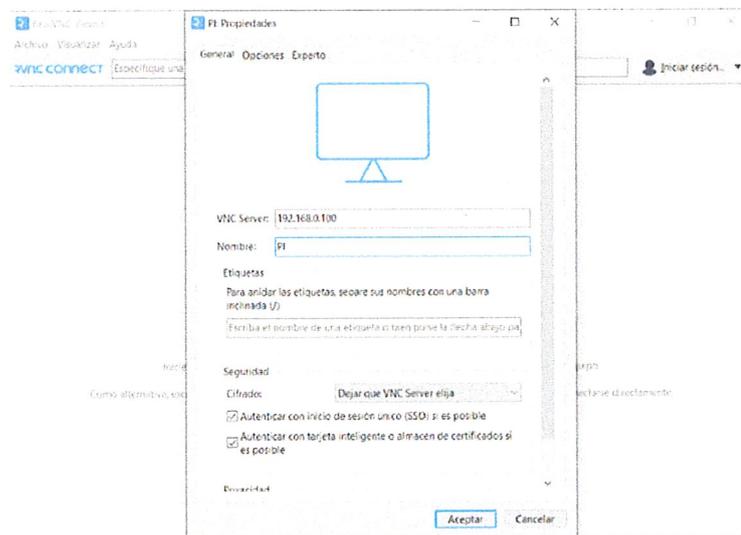
En la VNC Server hay que ingresar la dirección de la Ip que nos proporciona la raspberry

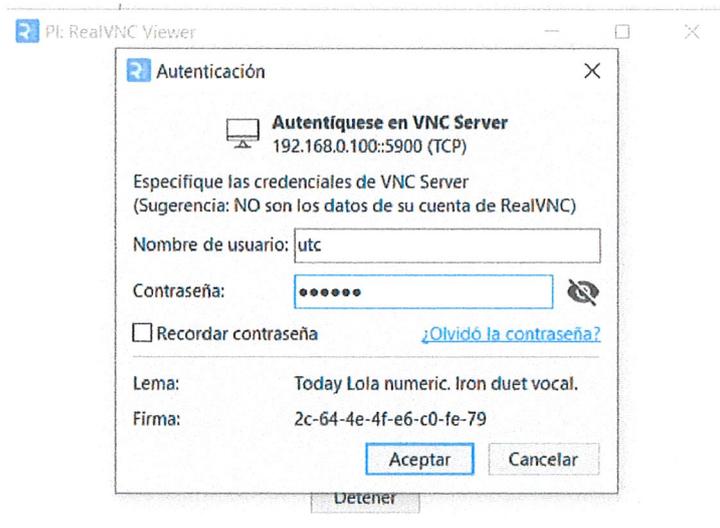
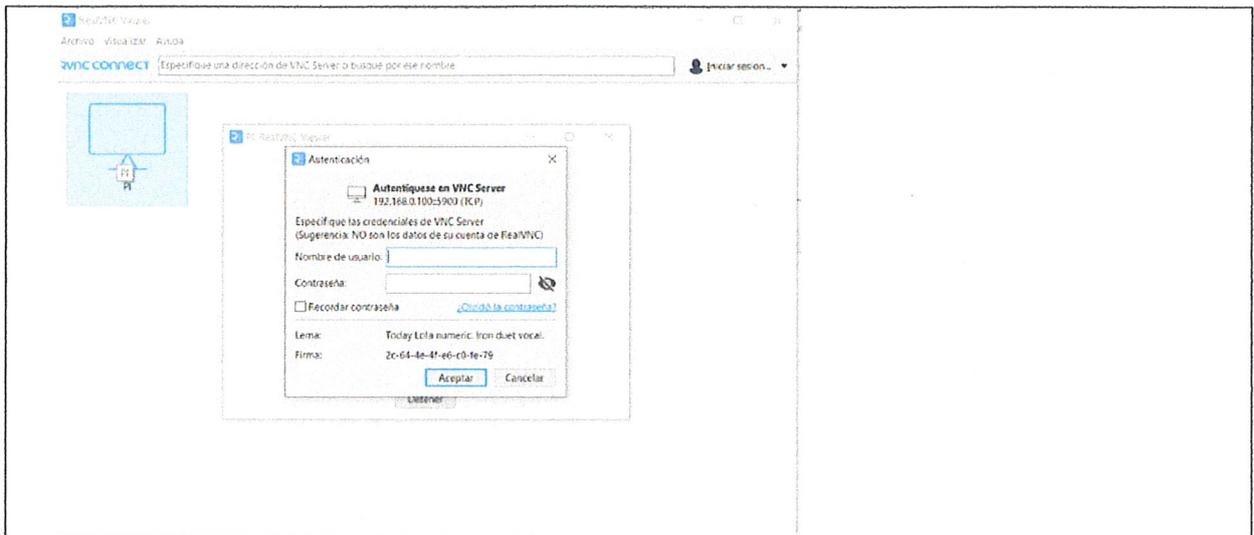


en la parte superior hay que ingresar a Rvnc la cual nos proporciona la dirección Ip



Ingresar la dirección Ip y el Nombre de elección





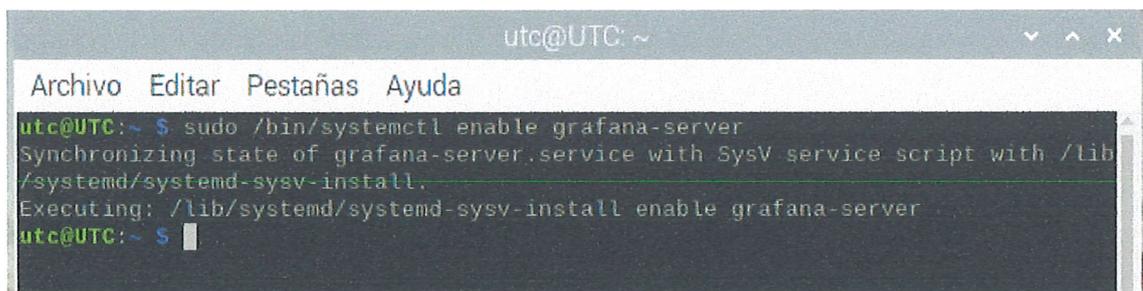
SERVIDOR CONEXIÓN CON GRAFANA

En el terminal se pega el siguiente comando para realizar la conexión con Grafana

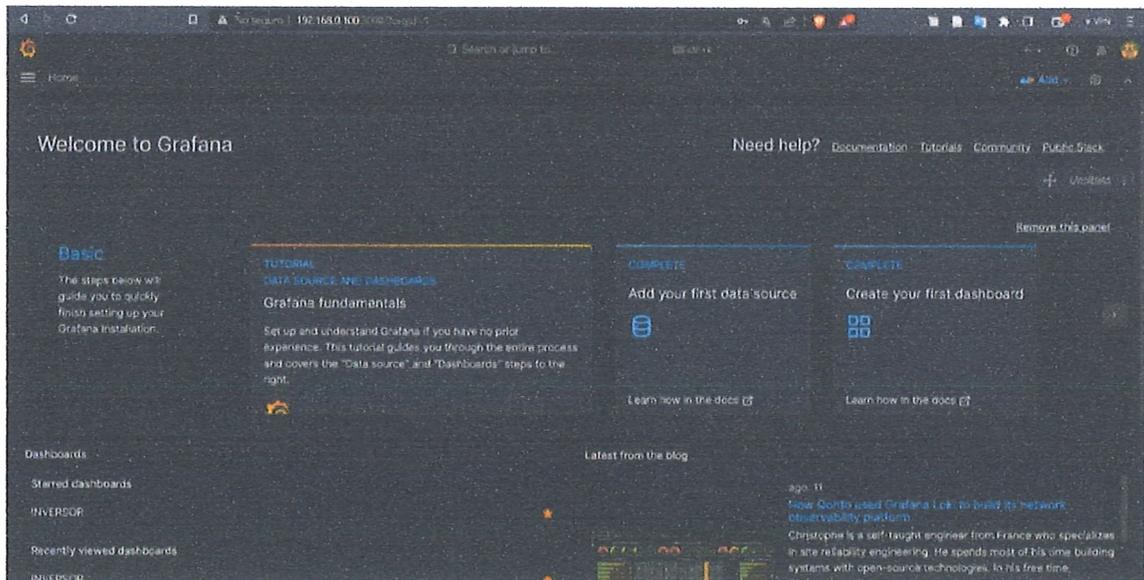
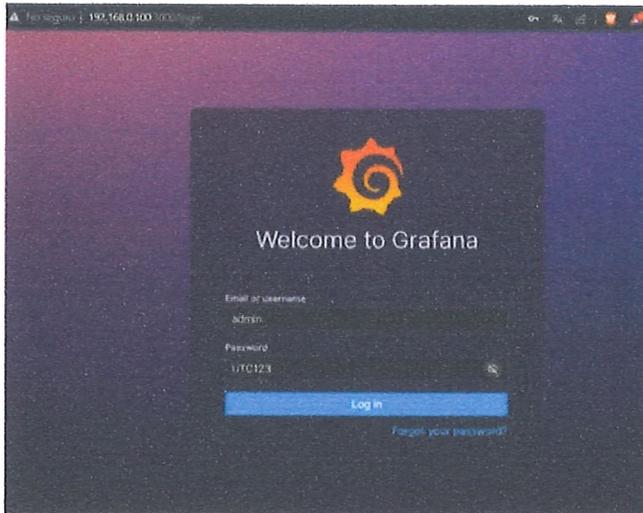
```
sudo /bin/systemctl enable grafana - server
```

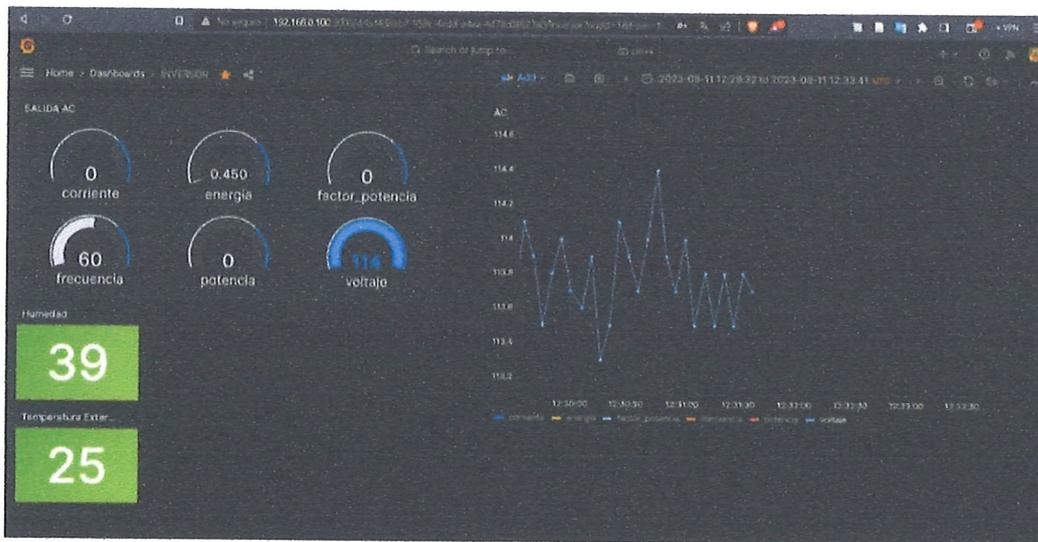
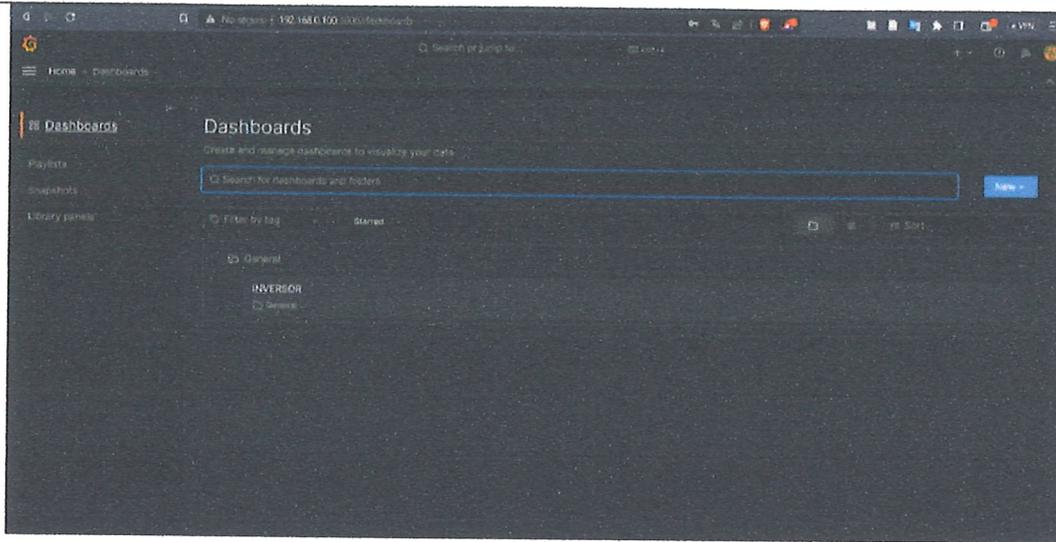
Inicial Grafana

```
sudo /bin/systemctl start grafana - server
```



Para ingresar a Grafana hay que ingresar la Ip correspondientes seguido de 192.168.0.100:3000







Anexo 18 Programación

```
import minimalmodbus
import time
import MySQLdb

db = MySQLdb.connect(host="localhost",user="raspi", passwd="raspberry",db="bdd_inversor")
#conecta con MySQL/MariaDB
cur = db.cursor() #crea el cursor para las peticiones de MySQL/MariaDB

# Establecer la conexión Modbus
instrument = minimalmodbus.Instrument('/dev/ttyUSB0', 1) # Reemplaza '/dev/ttyUSB0' con el
puerto serial correcto
instrument.serial.baudrate = 9600
instrument.serial.bytesize = 8
instrument.serial.parity = minimalmodbus.serial.PARITY_NONE
instrument.serial.stopbits = 1
instrument.serial.timeout = 1
instrument.mode = minimalmodbus.MODE_RTU

while True:
    try:
        # Leer los registros
        registers = instrument.read_registers(0x00, 10, functioncode=4)

        # Convertir los registros a valores float
        voltage = round(float(registers[0]) / 10.0, 2)
        current = round(float(registers[1]) / 1000.0, 2)
        power = round(float(registers[3]) / 10.0, 2)
        energy = round(float(registers[5]) / 1000.0, 2)
        frequency = round(float(registers[7]) / 10.0, 2)
        power_factor = round(float(registers[8]) / 100.0, 2)

        # Imprimir los resultados de las mediciones
        print(f"Voltaje: {voltage} V")
        print(f"Corriente: {current} A")
        print(f"Potencia: {power} W")
        print(f"Energía: {energy} kWh")
        print(f"Frecuencia: {frequency} Hz")
        print(f"Factor de potencia: {power_factor}")

        # Insertar datos en la base de datos
        cur.execute("insert into
entradaAC(voltaje,corriente,potencia,energia,frecuencia,factor_potencia)
VALUES(%s,%s,%s,%s,%s,%s);" ,(voltage,current,power,energy,frequency,power_factor))
        db.commit()

    except minimalmodbus.ModbusException as e:
        # Manejar errores de comunicación Modbus
        print(f"ModbusException: {e}")

    except Exception as e:
        # Manejar otros errores
        print(f"Error: {e}")

    # Esperar 5 segundos
    time.sleep(5)
```