



Implementación de un sistema de generación de energía fotovoltaica, con conexión a la red eléctrica pública para abastecer la demanda de las instalaciones eléctricas de las oficinas de la empresa “SIMOTIC” en la ciudad de Quito.

Rodríguez Sangurima, María Isabel y Serrano Cordero, Steeven Gabriel

Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones


Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en Automatización e Instrumentación

Ing. Cajas Buenaño, Mildred Lisseth

Latacunga

Reporte de verificación de contenidos



Copyleaks
Plagiarism report

Monografía_cap 2, 3 y 4_Rodriguez_Se...

Scan details

Scan time: August 25th, 2023 at 19:39 UTC

Total Pages: 33

Total Words: 8004

Plagiarism Detection

9.8%

Types of plagiarism		Words
Identical	2%	164
Minor Changes	4%	323
Paraphrased	3.7%	298
Omitted Words	0%	0

AI Content Detection

N/A

Text coverage

- AI text
- Human text

Plagiarism Results: (18)

UPS - TTS1101.pdf 4.9%

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23600/1/up...>

Carlos Barrera

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE 1,2KW CONECTADO A LA RED DE LA EMPRESA...

1 1.3%

<https://powest.com/campustraining/wp-content/uploads/20...>

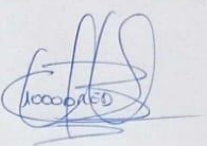
jenny

MANUAL DE USUARIO On-Line UPS 1000VA/2000VA/3000VA 100/110/115/120VAC 614-08066-01 CONTENIDO INSTRUCCIONES DE...

3KVA-5KVA (PF 1) inversor / cargador - PDF Descarga... 1%

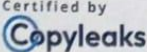
<https://docplayer.es/171485197-3kva-5kva-pf-1-inversor-car...>

Iniciar la sesión ...



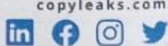
Ing. Cajas Buenaño, Mildred Lisseth
C.C.:0503497604

Certified by



About this report
help.copyleaks.com

copyleaks.com





Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones.
Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **"Implementación de un sistema de generación de energía fotovoltaica, con conexión a la red eléctrica pública para abastecer la demanda de las instalaciones eléctricas de las oficinas de la empresa "SIMOTIC" en la ciudad de Quito."** fue realizado por la señorita **Rodríguez Sangurima, María Isabel** y el señor **Serrano Cordero, Steeven Gabriel** el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 28 de agosto del 2023

.....
Ing. Cajas Buenaño, Mildred Lisseth
C. C.: 0503497604



Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones.

Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Rodríguez Sangurima, María Isabel**, con cédula de ciudadanía N° **1755995345** y **Serrano Cordero, Steeven Gabriel**, con cédula de ciudadanía N° **1727343426**, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular **"Implementación de un sistema de generación de energía fotovoltaica, con conexión a la red eléctrica pública para abastecer la demanda de las instalaciones eléctricas de las oficinas de la empresa "SIMOTIC" en la ciudad de Quito."** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 28 de agosto del 2023

Rodríguez Sangurima, María Isabel

C.C.: 1755995345

Serrano Cordero, Steeven Gabriel

C.C.: 1727343426



Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación

Autorización de Publicación

Nosotros, **Rodríguez Sangurima, María Isabel** con cédula de ciudadanía N° **1755995345** y **Serrano Cordero, Steeven Gabriel** con cédula de ciudadanía N° **1727343426**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga, publicar el trabajo de integración curricular: **"Implementación de un sistema de generación de energía fotovoltaica, con conexión a la red eléctrica pública para abastecer la demanda de las instalaciones eléctricas de las oficinas de la empresa "SIMOTIC" en la ciudad de Quito"** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 28 de agosto de 2023

Rodríguez Sangurima, María Isabel

C.C.: 1755995345

Serrano Cordero, Steeven Gabriel

C.C.: 1727343426

Dedicatoria

Sñrt. Rodríguez Sangurima, María Isabel

Este trabajo se lo dedico a mi madre, que me apoyó incondicionalmente en todo este proceso, enseñándome que debo ser una buena persona, valiente y sabia en mis decisiones. Juntamente con toda mi familia, mis hermanos que son un gran ejemplo para seguir esforzándome, dándome la fortaleza de ser una gran profesional, con valores y valentía. Le dedico mi trabajo al ejemplo que me han dado mis tíos, brindándome su sabiduría en lo que necesitaba académicamente.

A mis amigos con los que compartí a lo largo de mi trayectoria universitaria con los que he compartido momentos de alegría, tristeza y angustia, dándome apoyo día a día a pesar de las dificultades.

Dedicatoria

Sr. Serrano Cordero, Steeven Gabriel

Quiero dedicar este trabajo a las personas más importante en mi vida que son Rafaela y Rosario, las cuales siempre creyeron en mí y nunca dejaron de quererme a pesar de lo difícil que se vuelve el camino. Dedicar también a toda mi familia que siempre me mostró su apoyo incondicional haciéndome creer que nunca iba a estar solo, y por último y más importante quiero agradecer todos mis logros académicos y personales a mi difunto abuelo Adolfo José que junto a mi abuela me criaron como un hijo más y que hasta el final de sus días nunca me dejo de querer y confiar en que lo pase lo que pase lo iba a lograr.

Agradecimiento

Sñrt. Rodríguez Sangurima, María Isabel

Agradezco a la empresa "SIMOTIC", al Ing. Roberto Guamán por permitirnos aportar al desarrollo de la educación. A los grandes profesionales que impartieron su conocimiento conmigo y me hicieron sentir orgullosa de ser parte de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y en especial a la Ing. Mildred Cajas por la contribución en la dirección de este proyecto.

Agradecimiento

Sr. Serrano Cordero, Steeven Gabriel

Me gustaría agradecer en particular a mi familia por brindarme el apoyo inquebrantable que siempre he necesitado para lograr todas mis metas académicas. Ellos son los que siempre me han animado a perseguir mis objetivos y nunca rendirme ante las dificultades a causa de su amor. Además, son ellos quienes me han brindado apoyo económico y material para que pueda concentrarme en mis estudios y nunca abandonarlos.

Además, agradecer a todos los profesores que fueron parte de mi trayectoria académica por difundir el conocimiento que me permitió lograr este proyecto.

Por último, agradecer a la universidad que me ha exigido tanto, pero al mismo tiempo me ha permitido vivir experiencias de aprendizaje académico y para la vida.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	1
Reporte de verificación de contenidos.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Dedicatoria	7
Agradecimiento.....	8
Agradecimiento.....	9
Índice de contenidos	10
Índice de figuras	14
Índice de tablas	14
Resumen.....	16
Abstract	17
Capítulo I: Marco referencial	18
Tema.....	18
Antecedentes.....	18
Planteamiento del Problema.....	19
Justificación	19
Objetivos.....	20
<i>Objetivo general</i>	20
<i>Objetivos específicos</i>	20

Alcance	20
Capítulo II: Marco teórico	21
Automatizaciones “SIMOTIC” Cia. Ltda.....	21
Introducción a la energía fotovoltaica	22
Radiación Solar	22
Principios de funcionamiento de las celdas fotovoltaicas.....	23
Tipos de tecnología en celdas fotovoltaica	23
Celdas Fotovoltaicas de Silicio Monocristalino	24
Celdas Fotovoltaicas de Silicio Policristalino	24
Tipos de sistemas fotovoltaicos.	24
Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red (SFCR).....	25
La norma IEC-61215	25
Componentes principales de un SFCR.....	26
Calibre del cable Conductor	26
Arreglo de módulos fotovoltaicos.....	26
Sistemas de Almacenamiento de Energía	26
Arreglo de baterías.....	27
Diseño y dimensionamiento del sistema fotovoltaico.	27
Factor de demanda (FD).....	27
Seguidor de punto máximo de potencia (MPPT).....	27
Sistema Híbrido MPPT _ Inversor UPS Híbrido	28
Ángulo de irradiación.....	29
Capítulo III: Desarrollo.....	30

Descripción del Proceso.....	30
Carga de consumo energético de las oficinas de la empresa Automatizaciones SIMOTIC.	32
Criterio de selección y conexionado.....	34
Selección del inversor.	34
Descripción del funcionamiento del inversor	34
Selección de los paneles solares.....	35
Selección de las baterías	36
Cable conductor	38
Selección de las protecciones.....	38
Circuito del Inversor a la Red eléctrica.....	39
Circuito de los PV al Inversor	39
Implementación	42
Implementación de paneles solares.....	42
Recurso solar	43
Ángulo de inclinación	43
Montaje de los paneles solares.....	44
Ubicación del inversor	45
Ubicación de las protecciones y baterías.....	46
Ajustes del LCD del equipo	46
Pruebas de funcionamiento.....	49
Primer análisis (Hoja de datos).	50
Análisis del SFV (Sistemas Fotovoltaicos).....	54
Resultados físicos.....	56
Capítulo IV: Conclusiones y recomendaciones.....	59
Conclusiones	59

Recomendaciones	60
Bibliografía	61
Anexos.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2 Empresa Automatizaciones “SIMOTIC” Cia. Ltda.....	21
Figura 3 Radiación solar.	23
Figura 4 Panel solar.	24
Figura 5 Conexión del sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica.	25
Figura 6 Diagrama de un sistema MPPT o seguidor de punto de máxima potencia. ..	28
Figura 7 Inversor Solar Híbrido.	29
Figura 8 Sistema de energía fotovoltaica híbrida.....	30
Figura 9 Curva de la demanda máxima.....	33
Figura 10 Diagrama de funcionamiento del inversor solar.....	35
Figura 11 Conexión de los paneles solares.....	36
Figura 12 Conexión de las baterías.....	37
Figura 13 Área para la instalación de los paneles.	45
Figura 14 Montaje adecuado del equipo.....	46
Figura 15 Íconos del LCD del inversor.....	47
Figura 16 Configuración de los parámetros y LCD.	49
Figura 17 Configuración del software SolarPower.....	50
Figura 18 Monitoreo de la tensión de entrada PV.....	51
Figura 19 Monitoreo de la potencia activa de salida de CA.	52
Figura 20 Monitoreo de la tensión de la salida de la red.....	53
Figura 21 Monitoreo del consumo máximo.....	54
Figura 22 Pruebas de funcionamiento del sistema solar híbrido ya instalado.	56
Figura 23 Pruebas de funcionamiento del sistema solar híbrido ya instalado.	57
Figura 24 Conexión de los equipos ya instalados.....	57
Figura 25 Conexión de los equipos ya instalados.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Factor de demanda máxima consumida por las cargas eléctricas.</i>	32
Tabla 2 <i>Estudio carga-demanda de la empresa.</i>	33
Tabla 3 <i>Características técnicas de las baterías.</i>	37
Tabla 4 <i>Selección del conductor.</i>	38
Tabla 5 <i>Selección de protecciones.</i>	42
Tabla 6 <i>Irradiación anual.</i>	43
Tabla 7 <i>Ángulo óptimo de Irradiación.</i>	44
Tabla 8 <i>Parámetros de configuración.</i>	47
Tabla 9 <i>Voltaje panel fotovoltaico.</i>	55
Tabla 10 <i>Medición del sistema híbrido fotovoltaico.</i>	55

Resumen

El presente proyecto de integración curricular tiene como objetivo la implementación de un sistema de energía fotovoltaico para las instalaciones administrativas de la empresa; “SIMOTIC”, ubicado al norte de la ciudad de Quito, con el fin de proveer energía eléctrica a partir de energía renovables (solar) para que disminuya el costo del consumo de energía de la red de distribución eléctrica convencional. Ayudando a reducir los costos de la factura eléctrica concientizando sobre el uso de recursos renovables para generar electricidad. Al realizar el estudio actual de la demanda energética de la empresa, se identificó un valor de 1.6 [kW] de carga diaria donde se instaló un Inversor Solar UPS Híbrido de 3KVa para el control y manejo del sistema solar híbrido, este inversor trabaja con conexión bypass a la red eléctrica de 120 [V] y cuenta con una tecnología MPPT que ayuda a la eficiencia del sistema híbrido, adicionalmente cuenta con un software de monitoreo que permite ver el estado en tiempo real y control. Se utilizaron dos paneles solares de material de doble vidrio, células monocristalinas y un marco de aluminio anodizado plateado que trabajan a un voltaje de 49.69 Vdc cada una, dándonos un voltaje total de 99.38 Vdc ya que están conectados en serie, dichos paneles solares son instaladas en la azotea de las oficinas identificando el área donde se pueda recibir más rayos de luz solar mediante el estudio de irradiación que se proyecta diariamente. Aprovechando la energía solar adquirida en el día. Se montó un tablero de protecciones que está ubicado dentro de las oficinas donde se encuentran los cuatro interruptores termomagnéticos de toda la instalación. Al tener la instalación planteada, se realizó un estudio de las cargas que se obtuvieron los días de horario laboral, para lo cual se interpreta que los paneles solares abastecen la energía necesaria para que las cargas de las oficinas puedan ser usadas sin restricción, salvo los días que no exista irradiación suficiente, el sistema funcionará con el banco de baterías de 24Vdc que cumplen la misma función juntamente con el inversor solar.

Palabras clave: Energía fotovoltaica, irradiación solar, inversor solar, MPPT.

Abstract

The objective of this curricular integration project is the implementation of a photovoltaic energy system for the administrative facilities of the company "SIMOTIC", located in the north of the city of Quito, in order to provide electricity from renewable energy (solar) to reduce the cost of energy consumption from the conventional electricity distribution network. Helping to reduce electricity bill costs by raising awareness about the use of renewable resources to generate electricity. By conducting the current study of the energy demand of the company, a value of 1.6 [kW] of daily load was identified where a 3KVa Hybrid UPS Solar Inverter was installed for the control and management of the hybrid solar system, this inverter works with bypass connection to the 120 [V] electrical grid and has a MPPT technology that helps the efficiency of the hybrid system, additionally it has a monitoring software that allows to see the status in real time and control. We used two solar panels of double glass material, monocrystalline cells and a silver anodized aluminum frame that work at a voltage of 49.69 Vdc each, giving us a total voltage of 99.38 Vdc since they are connected in series, these solar panels are installed on the roof of the offices identifying the area where you can receive more rays of sunlight through the study of irradiation that is projected daily. The solar energy acquired during the day is used. A protection panel was installed inside the offices where the four thermomagnetic switches of the entire installation are located. Having the installation planned, a study of the loads obtained during working hours was carried out, for which it is interpreted that the solar panels supply the necessary energy so that the office loads can be used without restriction, except on days when there is not enough irradiance, the system will work with the 24Vdc battery bank that performs the same function together with the solar inverter.

Key words: Photovoltaic energy, solar irradiance, solar inverter, MPPT.

Capítulo I

Marco referencial

Tema

Implementación de un sistema de generación de energía fotovoltaica, con conexión a la red eléctrica pública para abastecer la demanda de las instalaciones eléctricas de las oficinas de la empresa “SIMOTIC” en la ciudad de Quito.

Antecedentes

En la historia, el efecto fotovoltaico fue descrito el año 1839 por el físico francés Becquerel. Años más tarde, en el año 1877, el inglés William Grylls A. profesor de Filosofía Natural en la King College de Londres, junto con su alumno Richard Evans Day, crearon la primera célula fotovoltaica de selenio, esta información varía dependiendo de las fuentes de información de la época. (Puij & Jofra)

A finales del siglo pasado la energía solar fotovoltaica se va popularizando como alternativa de energía renovable ante la creciente demanda de energías fósiles al mismo tiempo que se va identificando nuevas aplicaciones en áreas rurales y tecnológicas que intentan aprovechar la mínima eficiencia que genera esta energía renovable. (Meza, 2022)

Al mejorar la eficiencia energética distribuida de los paneles fotovoltaicos y la disminución del costo de instalación hicieron que sean más solicitados tanto en zonas rurales como urbanas y para diferentes actividades como comerciales, así como también en viviendas particulares. (Torres)

En las últimas décadas en Ecuador se ha estado desempeñando el desarrollo de la generación fotovoltaica como una parte para diversificar la matriz energética y reducir su dependencia de los combustibles fósiles. (Instituto de Investigación, 2021)

En 2009, las autoridades de Ecuador establecieron un Plan Nacional para el Cambio de la Matriz Energética con el objetivo de aumentar la participación de las energías renovables en su producción de electricidad.

En 2011, se emite la Ley de Fomento a las Energías Renovables y Eficiencia Energética, que promovía el desarrollo de fuentes de energía renovable, incluida la solar

fotovoltaica. Varias instalaciones de generación fotovoltaica comenzaron a operar en diferentes partes de Ecuador. (Castro, 2011)

Como lo muestra (Ministerio de energía, 2022) un ejemplo, el Parque Solar Fotovoltaico Loja, inaugurado en 2017, es uno de los proyectos solares más grandes del país.

Planteamiento del Problema

Es costumbre que en el país se utilice la energía eléctrica directamente de la red pública convencional, sabiendo que en la provincia de Pichincha en Ecuador gran parte de esta red proviene de la energía térmica que es la que se obtiene del calor generado por la combustión de combustibles fósiles como es el petróleo, el gas natural y el diésel lo cual suele ser costosa y genera contaminación ambiental.

La empresa "SIMOTIC" ha utilizado la energía de la red pública donde durante años han presentado un costo elevado en sus facturas de luz mensual, esto por el valor de carga de consumo en horario laboral dentro de sus oficinas para lo cual, siendo una empresa que se dedica a la automatización se decidieron a instalar un medio de energía limpia y eficiente, que disminuya el costo de su factura.

Justificación

Para demostrar el presente trabajo de integración curricular se plantea la implementación de un sistema de energía solar híbrido para la producción de energía eléctrica renovable que ayudará a disminuir los costos de pago de la planilla eléctrica de la empresa "SIMOTIC", debido a que disminuirá el consumo de la energía eléctrica de la red de distribución convencional para abastecerse de la energía solar.

El sistema fotovoltaico alimentará el consumo de las oficinas mediante energía solar renovable que cuenta con un inversor solar de energía MPPT que controla y regula la energía recibida por la irradiación proveniente de dos paneles solares que generan hasta un máximo de 90 [Vdc] de energía renovable. Esta energía es regulada diariamente lo cual permite almacenar lo que no se consuma en un banco de baterías de 24 [Vdc].

El sistema cuenta con un manejo bypass en caso de que el sistema fotovoltaico no

abastezca la carga en las oficinas, el inversor se conectará directamente a la red pública para que alimente nuevamente las cargas.

Objetivos

Objetivo general

Implementar un sistema de generación de energía fotovoltaica mediante paneles solares y elementos eléctricos que se instalarán en las oficinas administrativas de la empresa "SIMOTIC" en Quito.

Objetivos específicos

- Realizar un estudio carga/demanda de la empresa "SIMOTIC" para determinar las características de la instalación actual.
- Investigar información sobre la disponibilidad de irradiancia en las instalaciones de la empresa.
- Seleccionar los equipos que se requieren para la instalación.
- Implementar y realizar pruebas de funcionamiento.

Alcance

El presente proyecto tiene como finalidad el consumo de energía solar renovable en la empresa "SIMOTIC" para reducir el consumo eléctrico convencional de sus oficinas instalando un sistema fotovoltaico híbrido, que alimentará las oficinas con 120 [V] mediante el inversor UPS que controlará las cargas, esta energía se almacenará en un banco de baterías de 24 [Vdc]. El sistema híbrido cuenta con el manejo bypass que se maneja automáticamente con la red pública en caso de que no abastezca la energía solar.

Obteniendo como resultado la disminución de costos en las planillas de luz mensuales de la empresa mediante el uso de energía limpia y renovable.

Capítulo II

Marco teórico

Automatizaciones “SIMOTIC” Cia. Ltda.

La empresa Automatizaciones “SIMOTIC” de la ciudad de Quito, como se observa en la figura 1, está ubicada en la calle Amagasi del Inca y Los Nogales, provincia de Pichincha, Quito. Es una empresa técnica y administrativa que se encarga de la comercialización y distribución de material eléctrico, mecánico y neumático a nivel nacional. La empresa igualmente realiza proyectos de control industrial, donde presta sus servicios para el mantenimiento de maquinaria, instalaciones eléctricas y sistemas neumáticos.

Figura 1

Empresa Automatizaciones “SIMOTIC” Cia. Ltda.



Nota. La figura representa la empresa Automatizaciones “SIMOTIC” Cia. Ltda.

Introducción a la energía fotovoltaica

El principio fundamental detrás de la energía fotovoltaica se basa en el efecto fotovoltaico descubierto por Alexandre Edmond Becquerel en 1839 (Bacquerel, 1839). El efecto fotovoltaico ocurre cuando la luz solar incide sobre una superficie semiconductor, provocando la liberación de electrones y generando una corriente eléctrica. (Hernández, 2015)

Radiación Solar

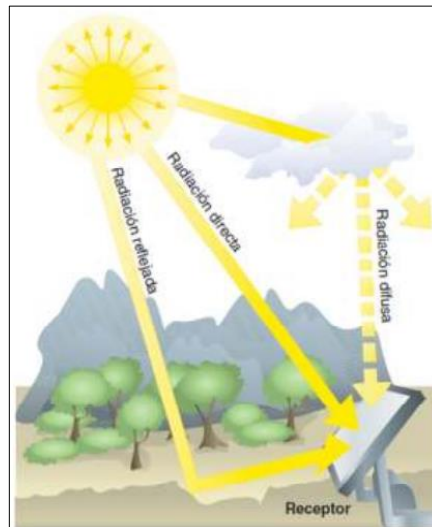
La radiación solar como se muestra en la figura 2, se representa como la energía que el sol emite en forma de ondas electromagnéticas al espacio. (Hernández.J, Escobar, & Catilla, 2011)

Las longitudes de estas ondas van desde las ondas de radio hasta los rayos gamma. Según (Adler & Milagros montecelli, 2023) su caracterización está dada según la incidencia de los rayos del sol al caer sobre la tierra:

- Reflejada: Se distingue por el tipo de radiación directa y difusa que tiene reflexión en la superficie terrestre hacia el destinatario.
- Difusa: Se da la variación en su dirección de caída debido a la reflexión y difusión que creo en la atmósfera
- Directa: Puede ser percibida por no recibir variación de la radiación en la atmósfera y es la que más eficiencia brinda para generación de energía solar.

Figura 2

Radiación solar.



Nota. Ilustración de caída de radiación en la superficie terrestre. Tomado de (Adler & Milagros montecelli, 2023)

Principios de funcionamiento de las celdas fotovoltaicas

Según (García, 2019), las celdas fotovoltaicas son esenciales para los sistemas de generación fotovoltaica y su funcionamiento se basa en principios físicos fundamentales, cuando los fotones de luz solar impactan la superficie de una celda fotovoltaica, excitan los electrones en el material semiconductor como el silicio, lo que crea una corriente eléctrica en el circuito conectado. (Gottschalg, 2020)

Tipos de tecnología en celdas fotovoltaica

Según Cano et al. (2019), los diferentes tipos de celdas fotovoltaicas se distinguen por los materiales utilizados en su fabricación y sus características de rendimiento. En la figura 3, se ilustra un panel de celdas fotovoltaicas.

Figura 3

Panel solar.



Nota. Panel solar de celdas de silicio monocristalino.

Celdas Fotovoltaicas de Silicio Monocristalino

Las celdas de silicio monocristalino son ideales para aplicaciones que requieren alta eficiencia energética y espacio limitado debido a su uniformidad y alta pureza. (María Mónica Sierra Céspedes, 2021)

Celdas Fotovoltaicas de Silicio Policristalino

Según lo describe (María Mónica Sierra Céspedes, 2021). Estas celdas se componen de varios cristales de silicio. Estas celdas son más fáciles y económicas de fabricar, pero su eficiencia es un poco menor que las celdas monocristalinas.

Tipos de sistemas fotovoltaicos.

Existen sistemas de generación fotovoltaica que transforman en energía la radiación proveniente del sol, están compuestos por varios elementos y necesariamente utilizan módulos fotovoltaicos para convertir la radiación del sol en energía eléctrica. Según (García & Torrez, 2017) existen los siguientes tipos:

- Sistemas de tipo interconexión a la red: Se caracterizan por ser sistemas económicos y siempre tener conexión a la red eléctrica.
- Sistemas tipo isla: Son aquellos que cuentan con varios componentes como son

inversor, baterías, paneles y trabajan desconectados a la red eléctrica. Su costo de mantenimiento e instalación es mucho mayor.

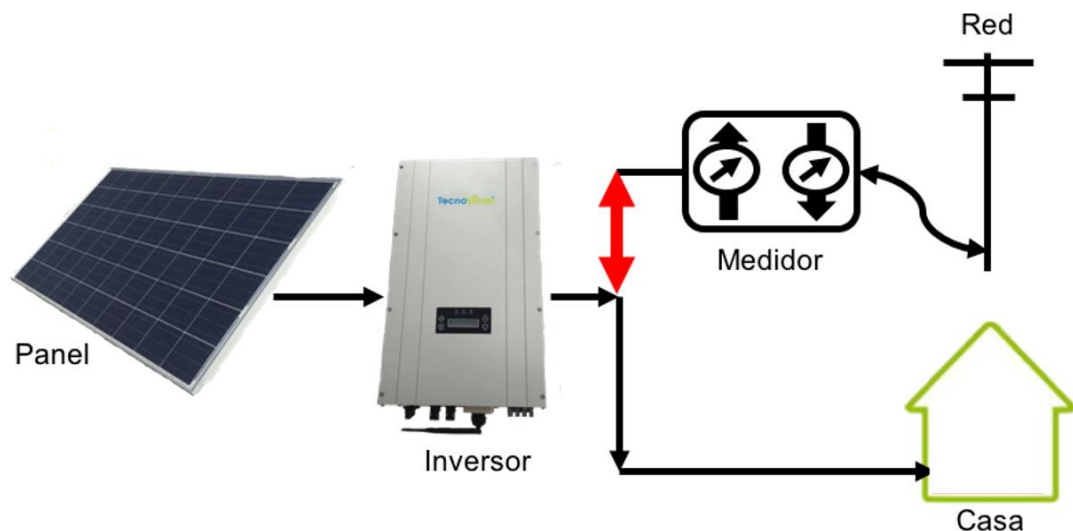
- Sistemas tipo híbrido: Su caracterización se da por ser una combinación de los dos tipos anteriores. Pueden funcionar tanto como conectados a la red eléctrica o como en tipo isla.

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red (SFCR)

Estos sistemas permiten a los usuarios generar electricidad a partir de la radiación solar y al contar con conexión a la red ayuda a mantener la carga en días de poca eficiencia solar según (Romero, 2020), como se puede observar en la figura 4.

Figura 4

Conexión del sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica.



Nota. En la imagen se referencia un sistema de energía fotovoltaico con conexión a la red eléctrica o SFCR. Tomado de (TecnoVerde, s.f.)

La norma IEC-61215

Fue desarrollada por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y proporciona los métodos para evaluar el desempeño y durabilidad bajo diferentes pruebas ambientales de los módulos fotovoltaicos destinados a aplicaciones terrestres (IEC, 2016). Según (Escoi, Giner, Sanz, & Villa) son:

- Toma de muestras: Los módulos deben cumplir con materiales, componentes,

planos y procesos de las hojas técnicas.

- **Marcado:** Cada módulo debe tener la siguiente información marcada y visible. Nombre, logotipo o símbolo del fabricante modelo de número de serie y polaridad de los contactos o terminales.
- **Ensayos:** Es necesario exponer los módulos fotovoltaicos a la luz, considerar los niveles de exigencia, incluidas las mediciones iniciales y finales, en caso de ser necesario.
- **Criterios de aceptación:** El diseño de un módulo se debe tener en cuenta si ha pasado los ensayos y cumple con los criterios ya mencionados.
- **Defectos Visuales Importantes:** Los defectos visuales que se consideran significativos incluyen superficies externas rotas, superficies externas dobladas o desalineadas y pérdida de integridad mecánica que implica deterioro de la instalación.

Componentes principales de un SFCR

Para la implementación de un sistema SFCR se deben considerar los elementos que lo componen, analizando que se distribuyen en las categorías que se detallan a continuación:

Calibre del cable Conductor

Según la norma NEC se debe tomar en cuenta el mínimo del 125% del valor de la corriente nominal de la instalación.

Arreglo de módulos fotovoltaicos

Es la disposición y conexión de los módulos fotovoltaicos para maximizar la captación de la luz solar y obtener la máxima eficiencia de generación eléctrica. Según (Duffie, 2013) el Arreglo en Serie se basa en módulos fotovoltaicos conectados en cadena, de manera que el voltaje se suma y la corriente se mantiene.

Sistemas de Almacenamiento de Energía

Según (Cruz, 2021) el almacenamiento de energía representa un componente crucial en la distribución hacia la carga energética. Se caracteriza por la capacidad para

almacenar y liberar energía de acuerdo con la demanda de la instalación.

Arreglo de baterías

El objetivo de las baterías es proporcionar energía de emergencia para garantizar el funcionamiento continuo de equipos críticos, esta capacidad de almacenamiento permite maximizar la utilización de la energía solar y garantizar un suministro constante de electricidad (Bujdosó et al., 2021).

Diseño y dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

Para Organizar la implementación de un sistema de energía fotovoltaico se presentan los siguientes puntos a considerar:

Factor de demanda (FD)

Como lo explica en las definiciones de la norma NEC-SB-IE Instalaciones Eléctricas, significa la relación que hay entre la demanda máxima de un sistema eléctrico, respecto a su carga instalada. Para lo cual se usa la formula a continuación:

Factor de demanda (fd) = Demanda máxima del circuito (W) / Carga total conectada (W)

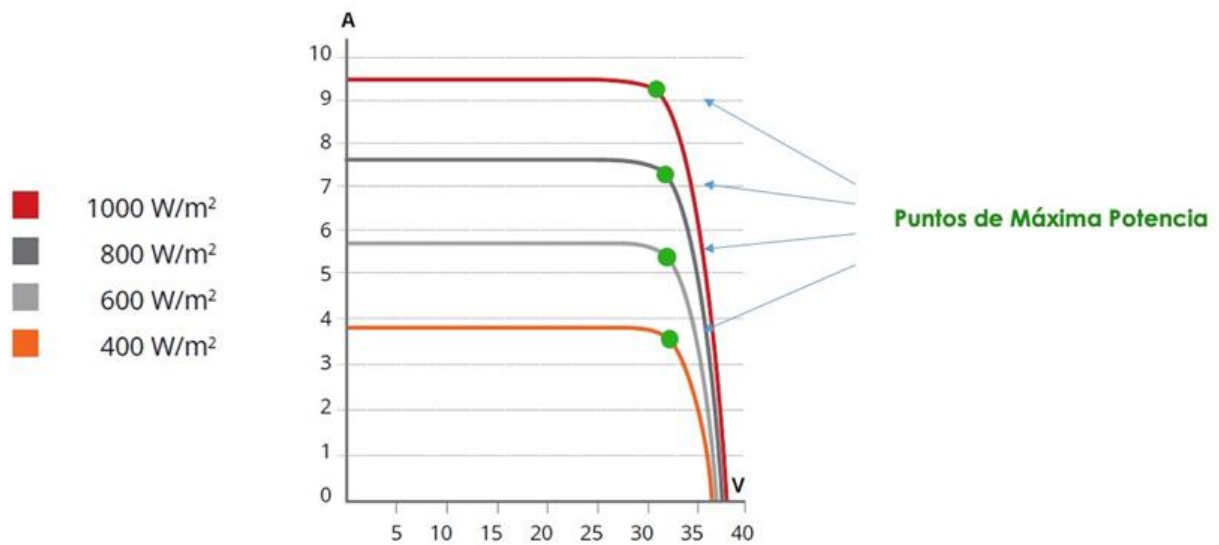
Seguidor de punto máximo de potencia (MPPT)

Se explica como el seguimiento el punto de operación donde los valores de voltaje y corriente son máximos se llama Máximo Punto de Potencia (MPP). (Ruiz C. Luis J, A, & L, 2010)

La relación de corriente-voltaje de las celdas fotovoltaicas cambia diariamente debido a la radiación solar y la temperatura. El punto máximo de potencia cambia con el tiempo, por lo que se requiere una técnica de MPPT que se adapte dinámicamente a las condiciones cambiantes del sistema (Cuestas,s.f.). En la figura 5 se presenta un ejemplo de un sistema MPPT para voltaje y corriente.

Figura 5

Diagrama de un sistema MPPT o seguidor de punto de máxima potencia.



Nota. La imagen muestra que a medida que baja la irradiación, también baja la corriente, pero el voltaje se mantiene casi constante de un módulo fotovoltaico X. Tomado de (Peña, 2021)

Sistema Híbrido MPPT _ Inversor UPS Híbrido

Es un sistema que combina y convierte la energía solar u otra fuente de energía renovable como la eólica, es capaz de trabajar con la red eléctrica convencional utilizando un controlador de carga MPPT y un inversor interno que controla la carga solar para maximizar su eficiencia (Xavier & Daniel, 2020).

El proceso se lleva a cabo a través de un convertidor (DC/DC—Corriente directa/Corriente directa), el cual es controlado por una señal modulada en ancho de pulso (PWM—Modulación de ancho de pulso) (S.Cuestas, s.f.).

La figura 6 indica un Inversor Solar Híbrido. Estos sistemas inteligentes de gestión de energía son de marca POWEST y están equipados con tecnología MPPT que gestiona de la manera más eficiente la energía suministrada de paneles solares, red eléctrica y banco de baterías.

Figura 6

Inversor Solar Híbrido.



Nota. La figura representa de forma física un Inversor Solar Híbrido de la marca Powest.

Ángulo de irradiación

La eficiencia de los paneles solares depende de las condiciones óptimas de generación estas son la luz solar plena y el ángulo de inclinación ayudando a maximizar la captación de radiación directa a los módulos solares (Malhber & Romero, 2021).

Capítulo III

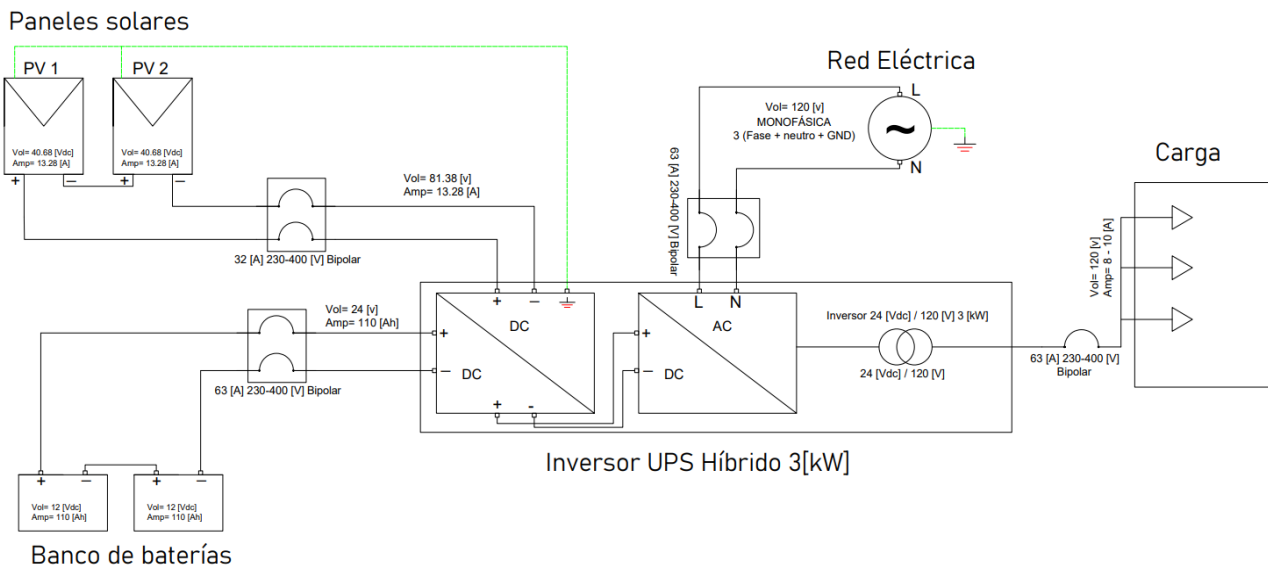
Desarrollo

Descripción del Proceso

En este capítulo se detalla el diseño y la implementación de un sistema fotovoltaico en las oficinas de la empresa Automatizaciones “SIMOTIC” con el objetivo de disminuir el consumo eléctrico convencional, trabajando con un elemento clave para la conversión DC/AC y la regulación de energía. En la figura 7, se indica el sistema de potencia híbrido que se realizó.

Figura 7

Sistema de energía fotovoltaica híbrida.



Nota. La figura representa la conexión del sistema de energía fotovoltaica híbrida.

El sistema inicia mediante dos paneles solares conectados en serie con una potencia máxima de 1.6 kilovatio, se espera que a una irradiancia de 385.8 watts/m² se obtenga una diferencia de potencial de 99.38 Vdc (Voltaje de corriente continua). Este voltaje de corriente continua ingresará a un inversor DC/AC de 3 kW (kilovatio), el cual convertirá la corriente continua (DC) a corriente alterna (AC) y la almacenará en las baterías de 24V.

El controlador seleccionado es un dispositivo electrónico el cual internamente utiliza un transistor tipo Mosfet que transforma el voltaje más alto y la corriente más baja del panel solar a un voltaje mucho menor y mayor corriente de salida. Cómo transforma la alta tensión del panel solar en corriente hacia la batería o la carga, esta acción evita que el sistema pierda potencia. Debido a que la salida (potencia) del panel depende de la temperatura y la radiación obtenida, el punto máximo de potencia (MPP) no es fijo, por lo que internamente este dispositivo utiliza un controlador de carga solar DC/DC.

El sistema fotovoltaico tiene dos modos de conexión, conectada y aislada de la red de distribución, para el primer caso utilizamos la conexión a la red eléctrica monofásica de 120 Vrms, la cual tendrá una función bypass que trabajará en caso de que las baterías o los paneles no abastezcan suficiente energía para suministrar la carga de 1,6 kW. En el segundo caso el sistema dará prioridad al uso de la energía solar y almacenará el excedente en las baterías, reduciendo el consumo de la red eléctrica y ahorrando dinero en la factura eléctrica aproximadamente un 40%.

La metodología seleccionada para la implementación del sistema fotovoltaico fue la siguiente:

Identificar la carga de consumo energético que provee el área de las oficinas de la empresa, identificando mediante un estudio realizado que la carga consumida en horario laboral es de 1,6 [kW].

Criterio de selección de los componentes que sean adecuados para la implementación, estudiando sus características del fabricante y compatibilidad con el sistema instalado. Se determinaron los siguientes equipos y componentes:

- Dos paneles solares modelo DM540M10-B72HSW.
- Un Inversor Solar UPS Híbrido 3 kW modelo NUHIB-7504.
- Dos baterías solares de 24V-110Ah
- Cuatro interruptores termomagnéticos de dos polos

Carga de consumo energético de las oficinas de la empresa Automatizaciones

SIMOTIC.

En la figura 8 se presenta la curva de la demanda energética máxima a partir de los datos obtenidos en la tabla 1, tomados en las oficinas de la empresa. Mediante un levantamiento de información de consumo energético trabajado durante 24 horas como se muestra e identifica el consumo de cada dispositivo en vatios durante el horario laboral de 08h00 am hasta 17h00 pm, con un total de 1,6 kW del consumo energético.

Tabla 1

Factor de demanda máxima consumida por las cargas eléctricas.

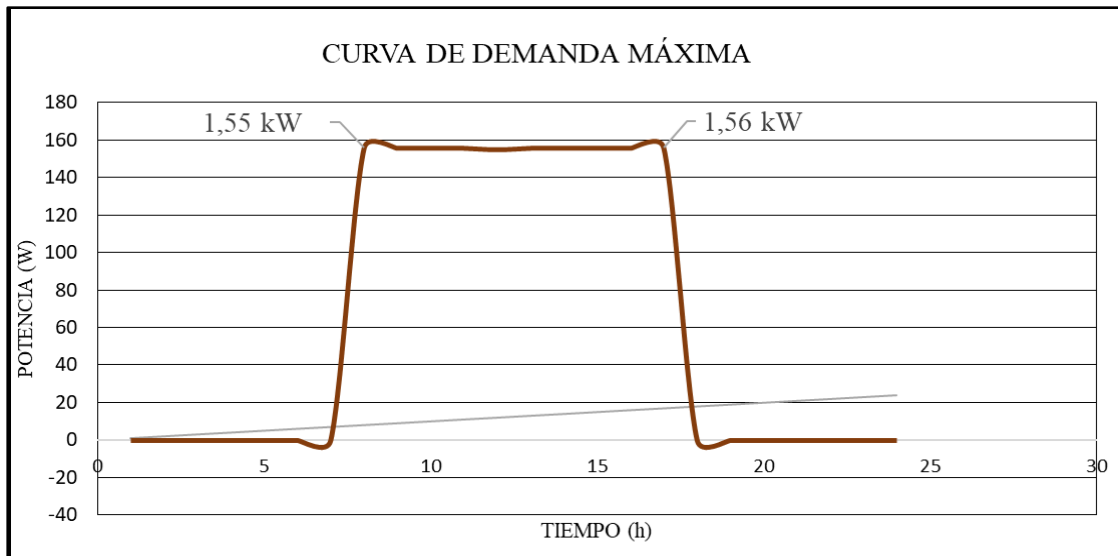
OFICINA GENERAL			HORAS DE USO DE LOS DISPOSITIVOS																							
DISPOSITIVOS	CANTIDAD	POTE. (U)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
COMPUTADORA 1	1	200								0.257	0.257	0.257	0.257		0.257	0.257	0.257	0.257	0.257							
COMPUTADORA 2	1	200								0.257	0.257	0.257	0.257		0.257	0.257	0.257	0.257	0.257							
COMPUTADORA 3	1	200								0.257	0.257	0.257	0.257		0.257	0.257	0.257	0.257	0.257							
IMPRESORA 1	1	200								7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5							
IMPRESORA 2	1	200								7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5							
ROUTER	1	20								20	20	20	20	20	20	20	20	20	20							
EQUIPO DE SONIDO	1	60								60	60	60	60	60	60	60	60	60	60							
COCINETA ELÉCTRICA	1	1000																								
HORNO MICROONDAS	1	1000																								
CAFETERA	1	700																								
TELEVISION	1	300																								
LUMINARIA (LAMPARA DE ALÓGENO)	5	12								60	60	60	60	60	60	60	60	60	60							
TOTAL	16	4,092	0	0	0	0	0	0	0	155.8	155.8	155.8	155.8	155	155.8	155.8	155	155.8	155.8	0	0	0	0	0	0	0

DEMANDA
AL
DÍA (kW)

Los datos del consumo muestran los picos de potencia máxima, obteniendo un 1,55 kW en el horario de entrada 08h00 am a 09h00 am, manteniendo una potencia por debajo de 1,53 kW al día. Tomando en cuenta que el horario de salida que es de 17h00 pm a 17h30 pm el pico de potencia máxima es de 1,56 [kW], ver en la figura 8

Figura 8

Curva de la demanda máxima.



Nota. La figura representa la curva de la demanda máxima en un lapso de 24H.

Una vez obteniendo la carga máxima, se procede a determinar la carga de la oficina. Posteriormente, se realiza el estudio de demanda. La tabla 2 muestra el estudio detallado de la carga-demanda de la empresa.

Tabla 2

Estudio carga-demanda de la empresa.

Aparato eléctrico	CANT. n	P_n (W)	FFUn (%)	CIR (W)	FSn (%)	DMUp (W)
COMPUTADORA 1	1	200	100	200	80	160
COMPUTADORA 2	1	200	100	200	80	160
COMPUTADORA 3	1	200	80	160	60	96
IMPRESORA 1	1	200	100	200	30	60
IMPRESORA 2	1	200	80	160	30	48
ROUTER	1	20	100	20	10	2
EQUIPO DE SONIDO	1	60	100	60	20	12
LUMINARIA	5	12	100	120	50	60
COCINETA ELÉCTRICA	1	1000	10	100	10	10
HORNO MICROONDAS	1	1000	10	100	10	10
CAFETERA	1	700	20	140	10	14
TELEVISIÓN	1	300	10	30	10	3
				1490 W		635 W

Donde:

PN: Potencia nominal

FFUn: Factor de demanda unitaria

CIR: Circuito

FSn: Factor de simultaneidad nominal

DMUp: Demanda máxima unitaria proyectada

Criterio de selección y conexionado.

El criterio de selección de los dispositivos se realiza mediante las necesidades del sistema, para lo cual se identifican las características técnicas y su compatibilidad con el diseño del sistema de energía fotovoltaica. A continuación, se detallan los equipos y los componentes que se seleccionaron:

Selección del inversor.

Para el manejo del sistema de energía solar híbrido se adquirió un Inversor Solar UPS Híbrido 3 kW modelo NUHIB-7504, el cual es compatible para el sistema esto dependiendo de sus funcionalidades. Para más información sobre el inversor, consultar en el anexo 1. A continuación se detalla el funcionamiento del inversor solar:

Descripción del funcionamiento del inversor

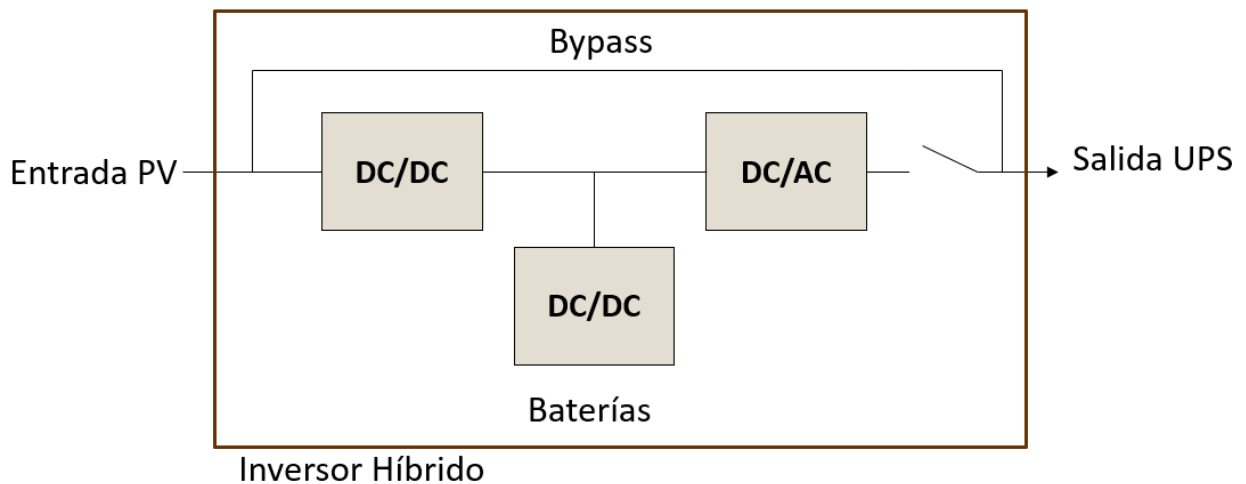
El principio de funcionamiento del inversor se basa en los parámetros de entrada, los cuales, en caso de ser anormales, el controlador detendrá el AC/DC e iniciará la sección DC/DC de inmediato asegurándose que la etapa de DC/AC (INVERSOR) continúe trabajando.

Después que los parámetros de entrada regresen a sus valores normales el DC/DC se detendrá y el AC/DC trabajará nuevamente. Por lo que la carga siempre va a estar alimentada por el inversor. En la figura 9 se indica el funcionamiento del inversor en base al sistema requerido.

El UPS también ofrece un modo bypass interno que permite mantener la alimentación a la carga directamente desde la red cuando presente algún tipo de falla el sistema.

Figura 9

Diagrama de funcionamiento del inversor solar.



Nota. La imagen representa el diagrama de funcionamiento del inversor.

Selección de los paneles solares.

Para la obtención de energía renovable, utilizamos dos paneles solares de la marca DMEGC del modelo DM540M10-B72HSW. Estos paneles poseen una tecnología mono cristalino que permite la instalación de los paneles sea en exteriores resistiendo en la intemperie hasta 15 años bajo mantenimiento, estos paneles solares son accesibles en el mercado local. Consulte el anexo 2 para más información.

Características técnicas de los paneles solares:

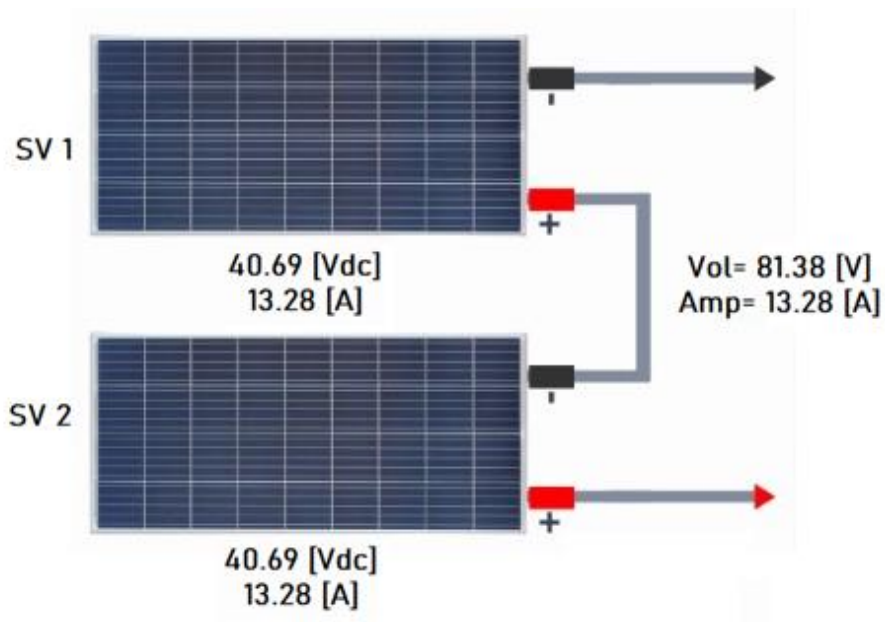
- Voltaje de máxima potencia **V_{mp}** :40,69 Vdc
- Corriente de máxima potencia **I_{mp}** :13,28 A
- Voltaje en circuito abierto **V_{oc}** :49,77 Vdc
- Corriente de corto circuito **I_{sc}** :13,68 A

Para mejorar la eficiencia de los paneles solares y puedan ser conectados al inversor se realizó una conexión en serie como se puede ver en la figura 10, esto permitiendo aumentar el voltaje del sistema, mientras se mantiene constante la corriente.

En la ecuación (1) podemos identificar el cálculo de la tensión de una conexión en serie, donde la suma de las tensiones será el voltaje de salida con lo que trabajarán los paneles solares es de 81,38 Vdc, mientras que la corriente se mantiene constante como lo muestra la ecuación (2).

Figura 10

Conexión de los paneles solares.



Nota. Conexión en serie de dos paneles fotovoltaicos.

Donde:

$$V_t = V_1 + V_2$$

Ec (1)

$$V_t = 40.69 [V] + 40.69 [V]$$

$$V_t = 81.38 [V]$$

$$I_t = I_1 = I_2$$

Ec

(2)

$$I_t = 13.38 [A]$$

Selección de las baterías

Para la conexión de las baterías que va hacia los terminales de un convertor DC/DC que son parte del inversor, se seleccionaron dos baterías de modelo BATERIA SELLADA

12V-100AH REF. FLS121000 de la serie de baterías Fulibattery GS, estas baterías están diseñadas con tecnología AGM (Fibra de Vidrio Absorbente) de material plomo-ácido y es usada para aplicaciones como UPS (Sistema de Alimentación Ininterrumpida) que proporciona energía eléctrica a equipos que requieren una alimentación continua en este caso 24 Vdc para el inversor solar híbrido. En la tabla 3 se muestran las características técnicas de las baterías. Consulte el anexo 3 para más información.

Tabla 3

Características técnicas de las baterías.

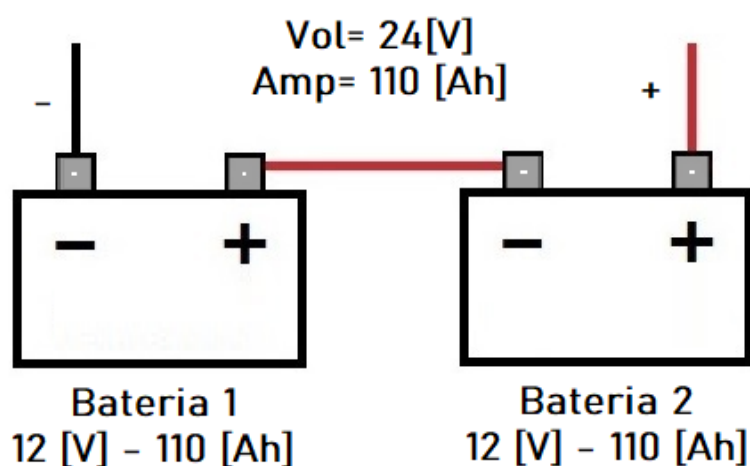
Modelo	Voltaje Nominal	Capacidad nominal (100 Hr)
FLS121000	12 [V]	110 [Ah]

Se realizó la conexión en serie de dos baterías de 12V de 110 Ah, esto con el objetivo de cumplir con el valor nominal de voltaje para alimentar el inversor con un valor de 24V para aprovechar el almacenamiento de energía que entregan los paneles solares.

Como se puede observar en la figura 11, la suma del voltaje de ambas baterías nos entrega 24V permitiendo mantener constante la corriente de ambas baterías.

Figura 11

Conexión de las baterías.



Nota. La imagen representa la conexión en serie de dos baterías donde se presenta la suma de los voltajes de ambas baterías de 12 V que nos da un total de 24 V y donde la

corriente se mantiene constante de 110 Ah.

Donde:

$$Vt = V1 + V2$$

Ec (3)

$$Vt = 12 [V] + 12 [V]$$

$$Vt = 24 [V]$$

$$It = I1 = I2$$

Ec (4)

$$It = 110 [Ah]$$

Se consideró que ambas baterías son conectadas en serie con la misma capacidad y características, con el objetivo de evitar que se produzcan desequilibrios que puedan perturbar el rendimiento de las baterías o del inversor.

Cable conductor

El cable conductor se seleccionará dependiendo de las normas ecuatorianas de electricidad NEC-SB-IE por que se presenta la tabla 4, donde se detalla que calibre se seleccionará dependiendo del mínimo de capacidad de corriente de cada circuito.

Tabla 4

Selección del conductor.

	Amperaje habitual	Conductor
Conexión 1		
Paneles-Inversor	40 [A]	2 x 10AWG
Conexión 2		
Red eléctrica-Inversor	10 [A]	12AWG
Conexión 3		
Inversor-Baterías	50 [A]	1 x 8AWG

Selección de las protecciones

La instalación de interruptores termomagnéticos es fundamental para proteger los circuitos eléctricos de las sobrecargas y los cortocircuitos, interrumpiendo la corriente

cuando esta supera ciertos valores máximos.

Se realizan los siguientes cálculos para determinar la capacidad de los interruptores termomagnéticos que se requiere para la carga y los elementos conectados al inversor.

Circuito del Inversor a la Red eléctrica

Para determinar el valor de las protecciones para el circuito de la red eléctrica hacia el inversor se realizaron los siguientes cálculos como se indica en la ecuación (5), determinando el IC (Corriente del circuito), tomando los valores de la PT (Potencia total del circuito), en este caso de 1,6 kW mientras que la red trabaja con una tensión de 120 V.

Donde:

1. *Calcular la corriente del circuito.*

$$IC = \frac{PT}{V}$$

Ec (5)

$$IC = \frac{1.6 \text{ kW}}{120 \text{ V}}$$

$$IC = 13.4 \text{ [A]}$$

2. *Calcular la corriente del termomagnético.*

$$It = IC + 15\% IC$$

Ec (6)

$$It = 12.97 \text{ [A]} + 15\% (12.97 \text{ [A]})$$

$$It = 14.91 \text{ [A]}$$

Se requiere un interruptor termomagnético que sea igual o mayor a la capacidad de 14.91 A. Según el anexo 4 se recomienda conectar un interruptor termomagnético de 20 A.

Circuito de los PV al Inversor

Para determinar el valor de las protecciones para el circuito de los paneles solares conectado al inversor se realizaron los cálculos que se indican en la ecuación (7), determinando la PT (Potencia total del circuito) donde el IC (Corriente del circuito) es de 13,68 A presentada en la ecuación (8) y la tensión en circuito abierto es de 99,38 V.

Donde:

1. *Calcular la potencia del circuito*

$$PT = V * IC$$

Ec (7)

$$PT = 99.38 [V] * 13.68 [A]$$

$$PT = 1359.5 [W]$$

2. *Calcular la corriente del termomagnético.*

$$It = IC + 15\% IC$$

Ec (8)

$$It = 13.68 [A] + 15\% (13.68 [A])$$

$$It = 15.73 [A]$$

Se requiere un interruptor termomagnético que sea igual o mayor a la capacidad de 15.73 A. Según el anexo 4 se recomienda colocar un interruptor termomagnético de 20 A.

- *Circuito de las baterías solares al Inversor.*

La conexión de la batería hacia el inversor requiere una protección en caso de sobrecarga de las baterías, para determinar el valor de la protección se realiza los cálculos que se indican en la ecuación (9), determinando la PT (Potencia total del circuito) donde el IC (Corriente del circuito) es de 43 A y la tensión es de 24V.

Donde:

1. *Calcular la potencia del circuito*

$$PT = V * IC$$

Ec (9)

$$PT = 24 [V] * 43 [A]$$

$$PT = 1032 [W]$$

2. *Calcular la corriente del termomagnético.*

$$It = IC + 15\% IC$$

Ec (10)

$$I_t = 43 [A] + 15\% (43 [A])$$

$$I_t = 49.45 [A]$$

Se requiere un interruptor termomagnético que sea igual o mayor a la capacidad de 49,45 A. Según el anexo 4 se recomienda comprar un interruptor termomagnético de 63A.

- *Circuito del Inversor hasta la carga de las oficinas.*

En la ecuación (11) se tiene los cálculos de selección de los interruptores termomagnéticos para el circuito de conexión de la salida del inversor a la carga de las oficinas, tomando en cuenta los valores de 120V para la tensión de salida y 10A del consumo de corriente medido.

Donde:

1. *Calcular la potencia del circuito*

$$PT = V * IC$$

Ec (11)

$$PT = 120 [V] * 10 [A]$$

$$PT = 1200[W]$$

2. *Calcular la corriente del termomagnético.*

$$I_t = IC + 15\% IC$$

Ec (12)

$$I_t = 10 [A] + 15\% (10 [A])$$

$$I_t = 11.5 [A]$$

Se requiere un interruptor termomagnético que sea igual o mayor a la capacidad de 11,5 A. Según el anexo 4 se recomienda colocar un interruptor termomagnético de 20 A.

Los valores presentados en la tabla 5, corresponden a la selección de las protecciones para cada circuito dependiendo de los valores de corriente máxima. indica el valor de cada protección. La elección se hizo bajo órdenes del ingeniero encargado, por lo que se tomaron valores de protección más altos a lo necesario, pero afirmando que es de mayor utilidad y eficiencia.

Tabla 5*Selección de protecciones.*

	Voltaje máximo carga	Corriente máxima de carga	Interruptor termomagnético
Conexión 1 Paneles-Inversor	90-100 [VDC]	13.68 [A]	32 [A] 230-400[V] Bipolar
Conexión 2 Red eléctrica-Inversor	120 [V]	12.97 [A]	63 [A] 230-400[V] Bipolar
Conexión 3 Inversor-Baterías	24 [VDC]	43 [A]	63 [A] 230-400[V] Bipolar
Conexión 4 Carga	120 [V]	8-10 [A]	63 [A] 230-400[V] Bipolar

Implementación

Para llevar a cabo el proyecto es importante conocer el área en metros cuadrados que cubrirá el sistema fotovoltaico y el sistema eléctrico, se dispone de un área de 123 metros cuadrados para la instalación de paneles solares en la azotea de la empresa. Luego se obtuvo el cálculo de la carga de la oficina de 1.4 kw para la selección de un controlador solar híbrido que en sus características de funcionamiento cuenta con un inversor solar interno que recibe entrada de voltaje PV el cual se configura para que cargue el banco de baterías o sea prioridad para la carga de la oficina al contar con tecnología interna híbrida tiene entrada de la red eléctrica convencional que también permite la carga de las baterías y su auto conexión a la red en momentos de poca o baja generación de voltaje por los paneles.

Implementación de paneles solares.

Para la implementación de los paneles solares se consideraron dos puntos importantes como: el recurso solar y el ángulo de inclinación óptimo. Con la finalidad de generar energía mediante la radiación solar óptima del área. A continuación, se detallan estos dos puntos importantes para la disposición de los paneles solares:

Recurso solar

Se puede establecer la capacidad de energía eléctrica para generación de los paneles solares, de acuerdo con la irradiación en función de la ubicación geográfica indicada en la tabla 6, se utilizó como referencia los datos proporcionados por NASA PREDICTION OF WORLDWIDE ENERGY SOURCES. La tabla 6 muestra la irradiación medida satelitalmente.

Tabla 6

Irradiación anual.

Mes	Irradiación [kWh/ m² día]	HSP [h]
Ene	4,2	4,2
Feb	5,4	5,4
Mar	4,8	4,8
Abr	3,6	3,6
May	3,6	3,6
Jun	6	6
Jul	5,4	5,4
Agos	6	6
Sept	6	6
Oct	4,2	4,2
Nov	5,4	5,4
Dic	5,4	5,4
Media		5

Donde:

Hora Solar Pico [HSP]: Es la cantidad de energía que impacta un metro cuadrado.

Ángulo de inclinación

Para determinar el ángulo de inclinación se permite identificar los parámetros de longitud y latitud de la ubicación geográfica de la empresa que es de:

- *Latitud*: -0,1407132
- *Longitud*: -78,4609452
- *Altura*: 2850 m.s.n.m
- *Clima*: Húmedo Fresco

Es recomendable usar datos medidos en el sitio, pero como no se dispone de ellos, la información satelital que puede ser visualizada en la tabla 7 es la que ha sido tomado como referencia para el diseño.

Tabla 7

Ángulo óptimo de Irradiación.

Latitud: -0,1407 Longitud: -78,4609

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Ángulo óptimo	0°	0°	0°	7,5°	15°	20°	19°	13,5°	3°	0°	0°	0°
Orientación	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

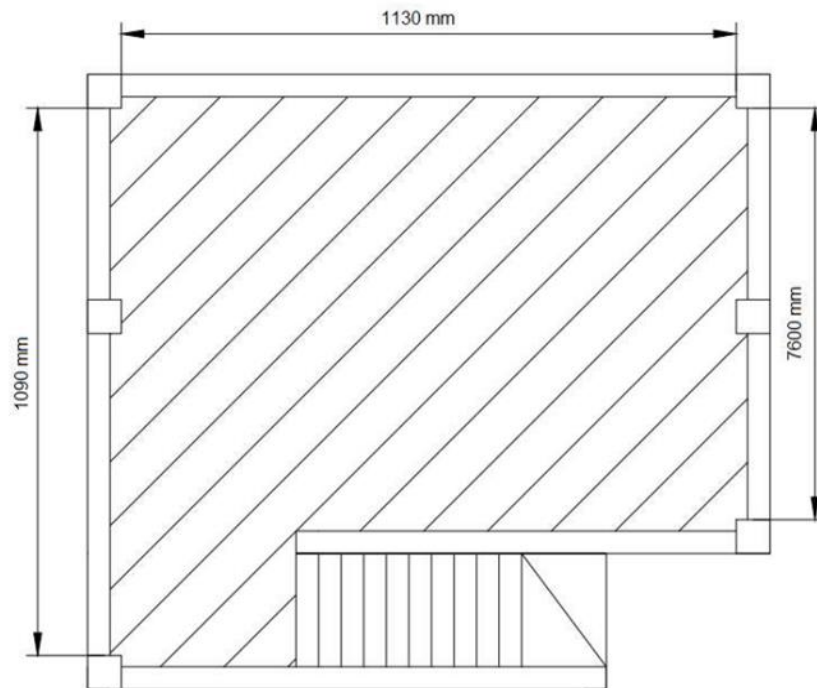
Al visualizar la tabla 7, se identificó que existen varios ángulos óptimos para la instalación del panel fotovoltaico, ante esta información y considerando la latitud, existen estudios que sugieren que el panel debe tener un ángulo de 20° con dirección al Norte. De esta manera la inclinación permite que la lluvia limpie al panel ante el polvo e impurezas.

Montaje de los paneles solares

Para la instalación de los paneles, se consideró un espacio estable y accesible a la luz solar. Por lo que se instaló en la azotea de la empresa, tomando en cuenta un área de 123,17 m² para ubicación de los dos paneles solares. En la figura 12 se muestran las dimensiones del área.

Figura 12

Área para la instalación de los paneles.



Nota. Superficie de la azotea de la empresa donde se instalarán los paneles solares.

La azotea está en el tercer piso del edificio de la empresa, tiene un fácil acceso de ingreso por lo que no presentó problemas de instalación. La azotea está libre de cubiertas y sombras ocasionadas por los demás edificios.

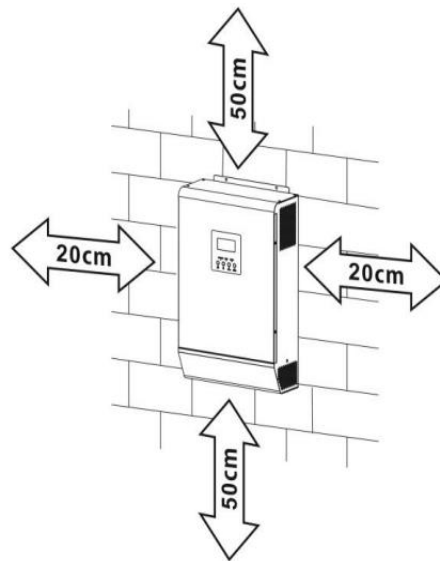
Ubicación del inversor

Para la ubicación del inversor, se tomó de referencia las instalaciones internas de las oficinas, cerca del tablero donde estará las protecciones, esto basándose en el manual de instalación del equipo, tomando las siguientes consideraciones:

- El lugar de implementación debe ser en un espacio donde la temperatura ambiente sea de -20° y los 50°C y la superficie sea sólida.
- El equipo debe estar a la altura de visualización del operador, fuera de objetos cercanos, esto para garantizar la disipación de calor que emana el equipo, como se puede observar en la figura 13.

Figura 13

Montaje adecuado del equipo.



Nota. La imagen indica las dimensiones adecuadas para el montaje del equipo recomendado. Tomado de (POWEST)

Ubicación de las protecciones y baterías.

Se instalaron cuatro interruptores termomagnéticos con valores establecidos anteriormente, estos serán instalados dentro de un tablero de distribución que se encuentra en el área de contabilidad de las oficinas. El controlador se encuentra a un espacio menos de 2 metros del tablero de protecciones, tomando en cuenta el espacio destinado para no interrumpir. Abarcando que el tablero tiene espacio suficiente, se colocarán las dos baterías que se seleccionaron, así garantizando rendir este espacio anteriormente inhabilitado para nuestro beneficio.

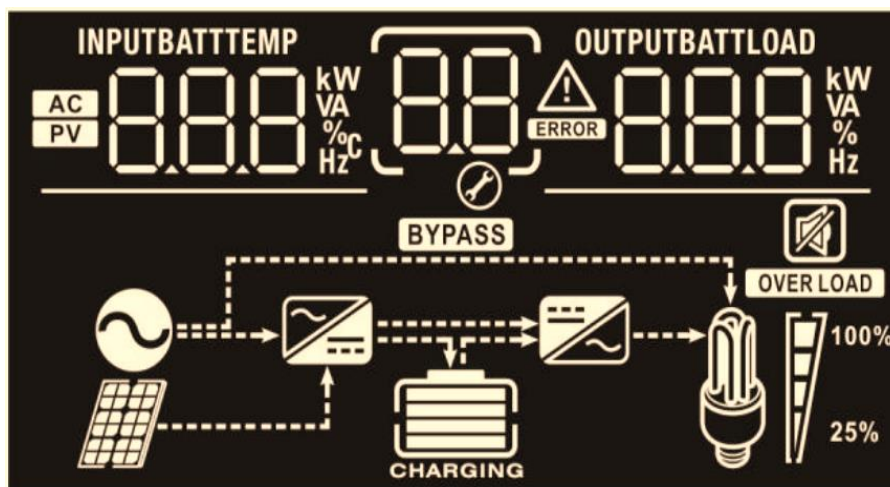
El tablero anteriormente se utilizó para un proyecto, pero quedó obsoleto, aprovechando que está cerca del espacio donde se montó el inversor se decidió utilizar ese tablero.

Ajustes del LCD del equipo

En la figura 14, se muestran los íconos del LCD que vienen por defecto en el inversor, este panel permite controlar y configurar los parámetros en los que va a trabajar el inversor identificando que tiene varios puntos importantes, pero vienen por defecto configuradas.

Figura 14

Íconos del LCD del inversor.









Nota. La imagen representa la pantalla LCD que viene en el inversor. Tomado de (Powest).

Para su ajuste se siguieron los pasos que se detallan en la tabla 8 que se presenta a continuación, los parámetros se definieron desde el manual del inversor, ya que son parámetros básicos para el correcto funcionamiento.

Tabla 8

Parámetros de configuración.

Descripción o parámetro	Opción
1. Utilidad: La energía solar y la batería proporcionará energía a las cargas sólo cuando la energía eléctrica no está disponible	01 UTI
2. Corriente de carga máxima: Para configurar corriente total de carga para cargadores solares y de servicios públicos. (Max. Corriente de carga = utilidad corriente de carga + solar corriente de carga)	30A 02 30 ^A
3. Rango de voltaje de entrada de CA: Rango de voltaje de entrada aceptable AC estará dentro 90-280VAC.	03 RPL

<i>Descripción o parámetro</i>	<i>Opción</i>
4. Tipo de batería: AGM seleccionado por defecto del inversor.	<p style="text-align: center;">AGM (por defecto)</p> 
5. Selección de la tensión de salida del dispositivo en 120V.	
6. Selección de la frecuencia de salida.	
7. Corriente máxima de carga.	
8. Selección de prioridad de fuente del cargador: La energía solar y la Utilidad se cargarán con la batería al mismo tiempo.	<p style="text-align: center;">Solar y Utilidad</p> 
9. Desactivar la derivación: sobrecarga bypass la energía se transferirá en línea en caso de sobrecarga de los PV.	

Como configuración final se presenta la figura 15 que muestra la pantalla del módulo con los parámetros básicos como el voltaje de entrada AC que está conectada desde la red y el voltaje de salida es el valor de la carga de las oficinas para el funcionamiento requerido en el sistema de conexión bypass que trabajamos y la distribución de la energía mediante un diagrama por defecto indicado en la parte inferior.

Figura 15

Configuración de los parámetros y LCD.



Nota. La imagen representa la interfaz de conexión mostrada mediante pantalla LCD del inversor ya configurado se puede constatar que los valores mostrados son de entrada de la red y el voltaje de salida de salida del inversor a 123V variable hasta 120V que se enviará a las a la carga de las oficinas.

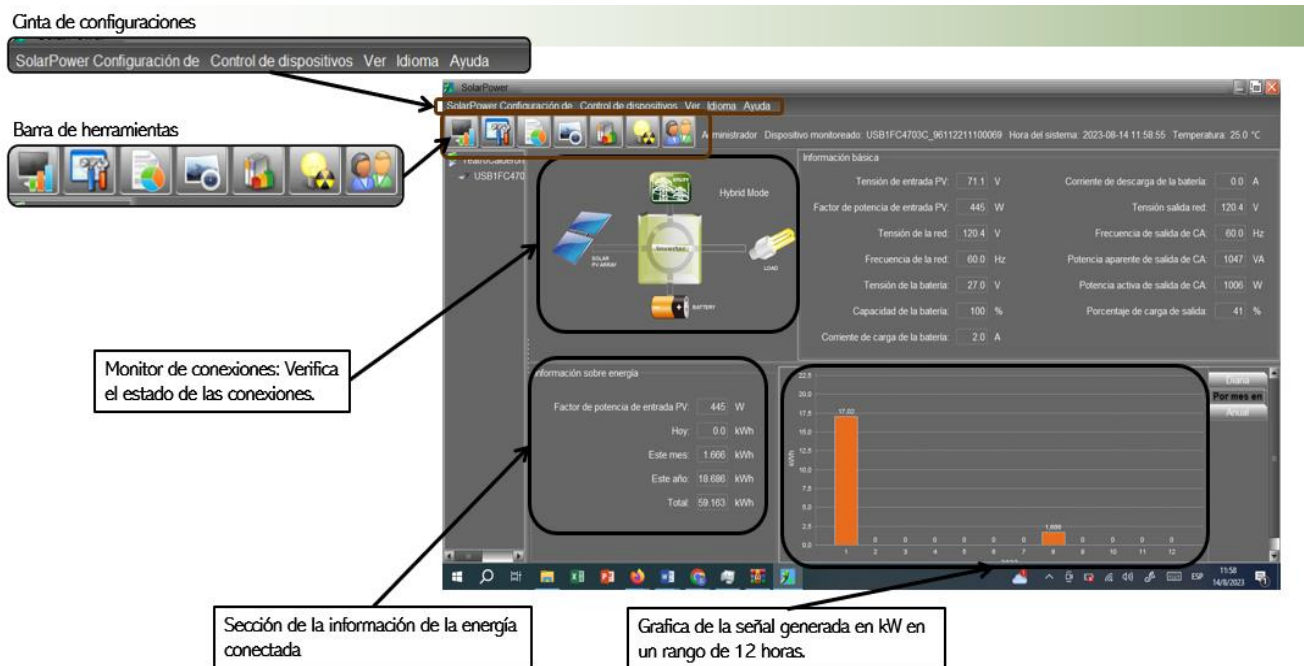
Pruebas de funcionamiento

Para indicar los resultados que está obteniendo el inversor se presenta SolarPower, un software ejecutable acondicionado para mostrar los valores de energía que se genera y se distribuye. Esta aplicación viene incluida en el equipo utilizando un cable USB para su comunicación. Una vez encendido el inversor se muestran los parámetros iniciales con los que se está trabajando.

En la figura 16 se refleja la ventana principal del software SolarPower donde se indican sus partes principales para la configuración y la lectura de datos.

Figura 16

Configuración del software SolarPower.



Nota. Ventana principal del software SolarPower donde se muestran sus funciones.

Primer análisis (Hoja de datos).

En este apartado se puede identificar la interfaz del software de control y monitoreo del controlador Powest MPPT, indicando los valores y las gráficas de entrada PV mostrando valores de 70Vdc hasta los 95 Vdc, la entrada de la energía suministrada de la red de 110-120 V y salida de voltaje del inversor de 120Vdc con lo que trabaja la carga de la empresa “SIMOTIC”, mostrando mediante las gráficas los valores representados en los planos Y y X que varían dependiendo del parámetro.

A continuación, se indican los resultados de los valores con los que se trabajó en horario laboral de 08h00 a 17h00, considerando en horas específicas de monitoreo.

La figura 17 representa la gráfica obtenida de tensión de la entrada del panel solar, teniendo en el eje Y el voltaje DC y en el eje X el tiempo monitoreado en el horario de las 13:00 pm hasta 15:00 pm en día de consumo eléctrico normal en las oficinas de la empresa se muestra la variación teniendo un voltaje solar máximo de 90 VDC y un valor mínimo de 65 VDC de los paneles conectados en serie, esta variación de voltaje se da en un día

irradiancia en un tarde nublada pero el controlador de seguidor de punto máximo Powest, mantuvo el voltaje de salida a la carga teniendo en el eje Y el voltaje y en el eje X el tiempo monitoreado.

Figura 17

Monitoreo de la tensión de entrada PV.



Nota. Monitoreo de la tensión de entrada de los paneles fotovoltaicos obteniendo 70 Vdc de tensión mínima y 85 Vdc de tensión máxima.

Se muestra la figura 18 donde se indica la potencia activa de salida de CA, potencia consumida en un día normal de trabajo teniendo en el eje Y la potencia consumida en VA y en el eje X el tiempo monitoreado el cual muestra el máximo consumo que es de 1400 VA indicado en el horario de las 10:00 am hasta las 14:00 pm, ya que en este tiempo se contó con todo el personal con los dispositivos activos.

Figura 18

Monitoreo de la potencia activa de salida de CA.

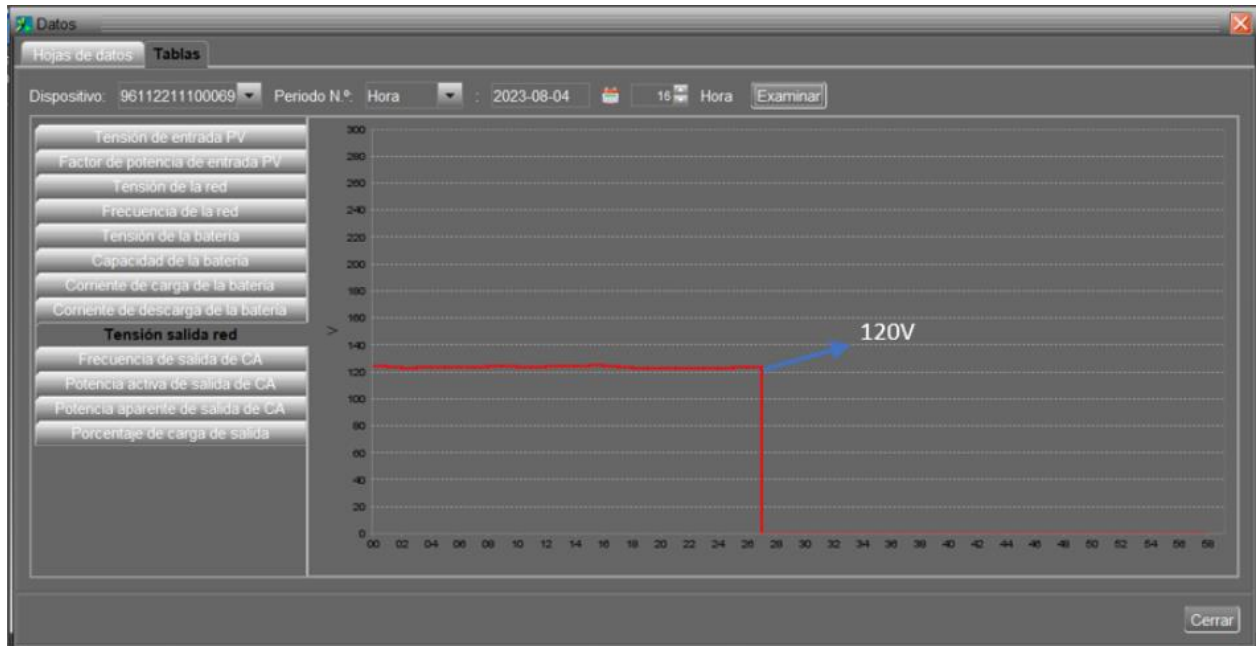


Nota. Monitoreo de la potencia activa que está alimentando la carga de las oficinas, donde se puede ver una carga de consumo máxima de 1400 VA.

Como se indica en la figura 19, la tensión de la salida de la red es de 120V indicados en el eje Y, el tiempo de consumo mostrado en el eje X, los valores tienen una salida que no muestra mayor variación alguna y representa el voltaje nominal consumido por la carga de las oficinas. La tecnología del controlador MPPT utiliza el punto máximo de potencia entregada por los paneles solares y mantiene una potencial nominal de salida para el consumo de las cargas, teniendo mayor eficiencia con el uso de la fuente renovable de energía.

Figura 19

Monitoreo de la tensión de la salida de la red.

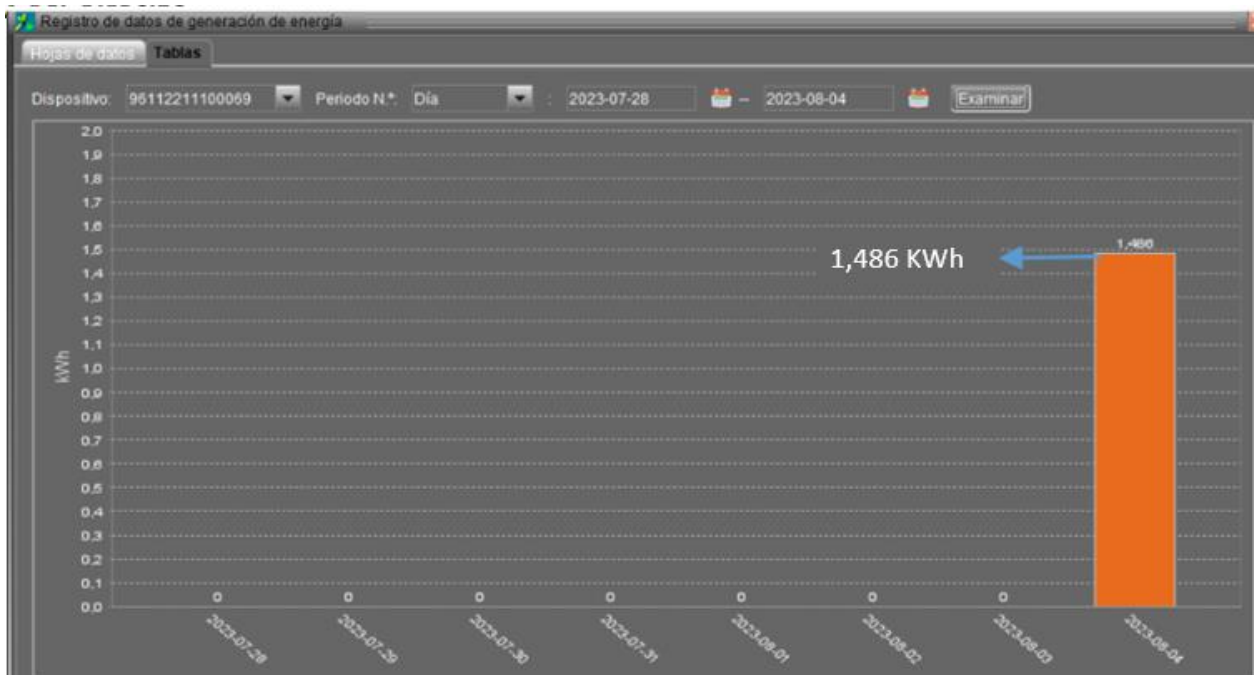


Nota. Monitoreo de la tensión de salida de la red eléctrica es comúnmente establecida para trabajar a 120V.

Como se muestra en la figura 20, se tiene la gráfica del consumo máximo en un día, en el eje Y la potencia consumida en kW y en el eje X el tiempo, se muestra un valor de consumo de 1,48 kW, aproximándose a 1,5 kW acercándose el consumo calculado y el manteniéndose en los parámetros de salida del inversor que es hasta 3 kW.

Figura 20

Monitoreo del consumo máximo.



Nota. Monitoreo de un día donde se presenta el consumo diario de la carga, teniendo un valor de 1.4 kW de consumo máximo diario.

Análisis del SFV (Sistemas Fotovoltaicos)

Para el análisis de funcionamiento de los paneles solares se presenta la tabla 9, que muestra los valores de voltaje que entrega en un día en horario laboral de 8h00 a 18h00. El estudio que se realizó para obtener esta respuesta fue mediante el uso de un multímetro que es un aparato de medida que identifica el voltaje de salida y entrada, en este caso usamos esta herramienta en diferentes horas del día donde distinguimos la condición climática y el voltaje que entregan los paneles solares.

Tabla 9*Voltaje panel fotovoltaico.*

<i>Hora</i>	<i>Voltaje panel solar [Vdc]</i>	<i>Condición climática</i>
8:00 AM	90,5	NUBLADO
9:00 AM	92,2	SEMIDESPEJADO
10:00 AM	96,8	DESPEJADO
11:00 AM	96,5	DESPEJADO
12:00 PM	97	DESPEJADO
1:00 PM	95,4	DESPEJADO
2:00 PM	95,5	DESPEJADO
3:00 PM	93,5	SEMIDESPEJADO
4:00 PM	92,9	SEMIDESPEJADO
5:00 PM	90,0	SEMIDESPEJADO

Para el análisis de funcionamiento del sistema fotovoltaico se presenta la tabla 10 donde se indican los valores principales de consumo y de funcionamiento de los elementos del sistema híbrido. Se observa como el voltaje de los paneles solares es de 98.5 Vdc de carga máxima estudiada, identificando que la corriente máxima consumida es de 15,6 A. El inversor está alimentado con la energía de las baterías por lo tanto funciona a 24,8 V. Para el circuito de la red eléctrica el día medido fue de 110,7 V con una carga de trabajo de 8,2 A por los equipos que se estaban utilizando.

Tabla 10*Medición del sistema híbrido fotovoltaico.*

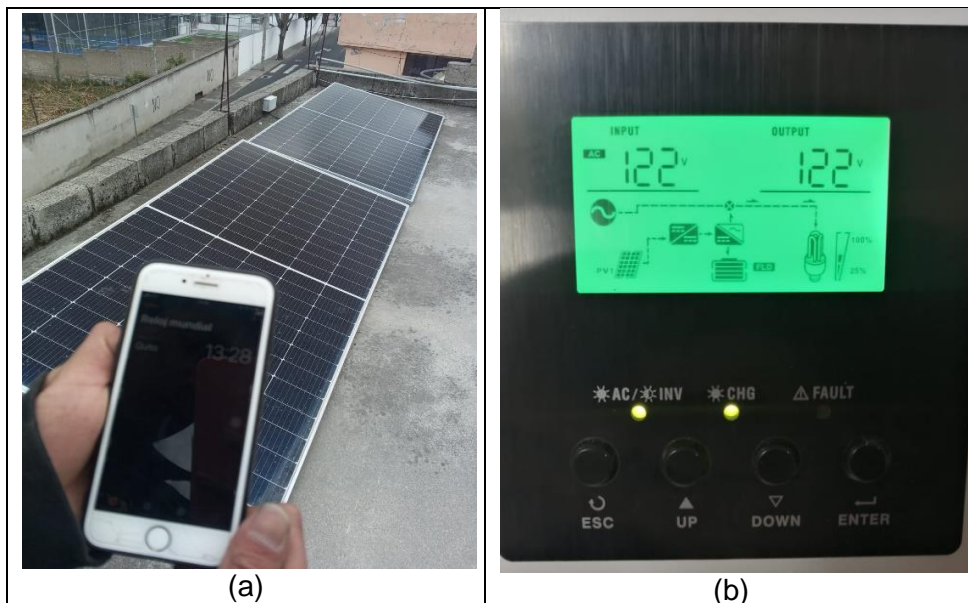
<i>MEDICIÓN DE CARGA MÁXIMA</i>		
PANELES FOTOVOLTAICOS	98,5 [V]	1.5 [kW]
	15,6 [A]	
INVERSOR	24,8 [V]	0.21 [kW]
	8,6 [A]	
BATERÍA-INVERSOR.	24,5 [V]	1.05 [kW]
	43 [A]	
RED ELÉCTRICA	110,7 [V]	0.90 [kW]
	8,2 [A]	

Resultados físicos

La figura 21 representa 2 escenarios, La figura 21a muestra la instalación del sistema con una irradiancia de $5,4 \text{ kW/m}^2$ a las 13:28 pm el día. En la figura 21b se muestra el LCD del equipo Powest conectado a la interfaz del software de monitoreo Solar Power en el que muestra los valores de salida de voltaje de 120V-123V a la carga.

Figura 21

Pruebas de funcionamiento del sistema solar hibrido ya instalado.



Nota. Se presenta el monitoreo de funcionamiento del sistema de energía solar, en un día de horario laboral.

La figura 22 representa 3 escenarios donde la carga está siendo suministrada por los paneles fotovoltaicos, la figura 22a muestra la instalación del sistema con una irradiancia de $4,2 \text{ kW/m}^2$ a las 17:00 pm el día. En la figura 22b se indica el voltaje de los paneles que es de 79 V con una salida a la carga de 691 W. Para un segundo resultado se verificaron las salidas de las baterías, como se indica en la figura 22c, trabajan con 27 V entregando 119 V a la carga.

Figura 22

Pruebas de funcionamiento del sistema solar hibrido ya instalado.



Nota. Se presenta el monitoreo de funcionamiento del sistema de energía solar, en un día de horario laboral.

En la figura 23a se presenta el sistema de energía fotovoltaico hibrido. En la figura 23b se encuentra la conexión e implementación del arreglo de dos paneles solares conectados en serie para recibir un voltaje solar pico de hasta 98,5 V y 15,6 A, adicional en la figura 20c se muestra el banco de baterías constituido por dos baterías de 12V que conectadas en serie da el valor de 24V aproximados.

Figura 23

Conexión de los equipos ya instalados.



Nota. Las imágenes representan las conexiones de los equipos ya instalados.

En la figura 24c, el tablero de conexión muestra las etiquetas de las protecciones instaladas para las conexiones como en la entrada PV, en la figura 24a se muestra el tablero de distribución con la instalación de las protecciones para los equipos como el panel solar que al ser dispositivos instalados al aire libre son propensos a recibir grandes descargas eléctricas proveniente de los rayos de las tormentas eléctricas y por ende podría afectar directamente al equipo inversor la entrada, al igual que se cuenta con protección a la entrada del banco de baterías, a la entrada de energía de la red principal y a la salida del inversor a la carga para proteger los equipos e instalación de sobrecargas al equipo controlador Powest que es susceptible a variaciones bruscas en los valores de entrada de potencia.

Figura 24

Conexión de los equipos ya instalados.



Nota. Instalación de un sistema de energía solar híbrido.

Capítulo IV

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Se determinó mediante el estudio de la demanda energética realizada en las instalaciones de las oficinas del área de ventas de la empresa “SIMOTIC” una demanda energética promedio entre 0.99 kW a 1.6 kW, este rango depende de la conexión y desconexión de los equipos electrónicos que se utilizan diariamente.
- Para el sistema fotovoltaico implementado se requirió de la instalación de un inversor-controlador solar que trabaja a una potencia máxima de 3 kW, lo cual para nuestro sistema instalado de 1.6 kW pudo ser utilizado. El algoritmo de control del módulo inversor es mediante el control MPPT el cuál se basa en mantener un punto de máxima potencia ante variaciones de la irradiancia solar.
- Mediante el cable USB se realizó la comunicación para la configuración del inversor para que la energía fotovoltaica obtenida sea la potencia necesaria para abastecer la demanda energética de las oficinas (1.6 kW); y en los días de poca irradiación solar y por lo tanto baja potencia generada se realice una conexión automática a la red de distribución hacia la carga, adicional que esta conexión automática sea cuando se tenga una demanda energética superior a los 1.6kW o superior a los 3 kW (potencia máxima del inversor/controlador).
- Se reconoció que dentro de la empresa el pago de las facturas de electricidad se encontraba elevadas de precio ya que siendo un área de oficinas se conectan varios dispositivos a la carga, el arreglo solar mejoró ese precio reduciendo un 40% en la última factura ya que los watio consumidos desde la red eléctrica en el último mes redujeron a 0.8 kW. Se esperan realizar más estudios en los próximos meses.

Recomendaciones

- El sistema al encontrarse a la intemperie se ve afectado constantemente por polvo, lluvia y otro tipo de elementos que puedan perjudicar drásticamente la generación de energía, siempre es recomendable tener un cronograma de mantenimiento para prolongar la vida del sistema.
- Al momento de elegir paneles fotovoltaicos, es recomendable usarlos con mayor capacidad de potencia, ya que esto disminuye el área de instalación optimizando el espacio físico, de esta manera disminuir costos.
- Se tiene como recomendación realizar un estudio exhaustivo de la viabilidad del proyecto para en un futuro realizar el cálculo del retorno de inversión esperado y comparar los costos iniciales con los ahorros proyectados a lo largo del tiempo.

Bibliografía

- A., A. (s.f.). Design Methodology of Off-Grid PV Solar Powered System (A Case Study of Solar Powered Bus Shelter).
- Adler, F. B., & Milagros montecelli, F. m. (2023). *ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA*.
Obtenido de <http://www3.fi.mdp.edu.ar/dtoelectrica/files/instalaciones-industriales/material/autogeneracion/renovables/solar/energia%20solar%202013.pdf>
- Adminenergy*. (24 de junio de 2022). Obtenido de <https://kpnenergy.com/sistemas-fotovoltaicos-tipos/>
- Aparicio, M. P. (2010). Radiación solar y su aprovechamiento energético. España: MARCAMBO S.A.
- Bacquerel, A. E. (1839). "*Mémoire sur les effets électriques produits sous l'influence des rayons solaires*". *Mémoires de l'Académie des Sciences*.
- Badii, M. A. (abril de 2016). *Energías Renovables y Conservación de Energía*.
Obtenido de [http://www.spentamexico.org/v11-n1/A12.11\(1\)141-155.pdf](http://www.spentamexico.org/v11-n1/A12.11(1)141-155.pdf)
- C. V. C. APARICIO and K. M. S. JIMÉNEZ. (2021). *Implementación de un sistema fotovoltaico para disminuir los costos en el consumo de energía eléctrica en la arena, zona rural del municipio de Cienaga de Oro*.
- Castro, M. (Noviembre de 2011). *Hacia una matriz energetica diversificada en Ecuador* .
Obtenido de <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00344.pdf>
- energetico, I. d. (2021). *Plan estrategico Institucional* . Quito.
- Duffie, J. A. (2013). Energía solar térmica. Limusa. Obtenido de Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). Energía solar térmica. Limusa.
- Escoi, V., Giner, D., Sanz, V., & Villa, V. (s.f.). *Tipos de ensayos utilizados en los paneles solares* . Obtenido de <https://www.fisica.uji.es/priv/web%20master%20SIH007/transparencias/Tecnologia%20fotovoltaica%206.pdf>
- F. Vásquez, L. U. (2015). *Energía Solar en el Ecuador*, .

- García, G. F., & Torrez, A. C. (marzo de 2017). *Proyecto de diseño e implementación de un sistema fotovoltaico*. Obtenido de <file:///C:/Users/Teatro%20Carder%C3%B3n%20dlb/Downloads/TESIS%20MER.pdf>
- García, M. G. (2019). *Introducción a la energía fotovoltaica y sus aplicaciones*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Gottschalg. (2020). *Photovoltaic solar energy generation*. John Wiley & Sons.
- Hernández, C. A. (2015). *Electro y Dielectroforesis de Nanopartículas por efecto fotovoltaico*. Obtenido de https://oa.upm.es/38689/1/CANDIDO_ARREGUI_HERNANDEZ.pdf
- Hernandez, J., Escobar, I., & Catilla, N. (2011). *La radiación solar en invernaderos mediterráneos*. Obtenido de http://www.horticom.com/pdf/h157_8.pdf
- Malhber, C. D., & Romero, I. D. (2021). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA*. Cuenca.
- Meza, E. P. (2022). *ESTUDIO DE ACEPTACIÓN SOCIAL Y LAS NUEVAS FUENTES DE*. Guayaquil .
- minas, M. d. (2022). *ECUADOR CONSOLIDA LA PRODUCCIÓN ELÉCTRICA A PARTIR DE FUENTES RENOVABLES*. Obtenido de <https://www.rekursyenergia.gob.ec/ecuador-consolida-la-produccion-electrica-a-partir-de-fuentes-renovables/>
- Muñoz, V. H. (2019). *Diseño de un sistema de generación de energía fotovoltaica*. Cali: Universidad Autónoma de Occidente.
- Puij, P., & Jofra, M. (s.f.). *Energía renovable para todos Solar Fotovoltaica* . Iberdrola.
- Ruiz C. Luis J, B. J., A, J., & L, S. T. (diciembre de 2010). *Revista de ingeniería eléctrica, electrónica y computación*. Obtenido de https://www.itson.mx/publicaciones/rieeyc/Documents/v8/art3vf_estudio_del_algoritmo_de_seguimiento_de_punto_de_maxima_potencia_perturbar_y_observar.pdf

- S. Cuestas, L. L. (s.f.). *DISEÑO DE UN SEGUIDOR DE PUNTO MÁXIMO DE POTENCIA*.
Parana: Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Paraná .
- Sadoya, I. A., Chica, A. L., Ordoñez, A. G., & Arias, A. J. (2018). *NEC norma ecuatoriana de construccion* . Ministerio de desarrollo urbano y vivienda (MIDUVI).
- Torres, A. (s.f.). *Implementacion de paneles solares como fuente alterna de abastecimiento energetico en tijuana B.C*. Tijuana: Instituto tecnologico de Tijuana .
- S.Cuestas, L. (s.f.). *Univ. Tecnológica nacional facultad regional Paraná*. Obtenido de <https://portalderevistas.unsa.edu.ar/index.php/averma/article/view/2352/2267>
- Sánchez, L. E. (2018). *“Proceso de Generación de Energía Eléctrica a partir de Energía Solar para uso Industrial Caso: Planta de Secado de Mineral No Metálico*. Obtenido de Univ. Nac. San Agustín Arequipa, :
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8046>
- SOLSTA. (12 de Julio de 2023). Obtenido de <https://solsta.co/panel-solar-modulo-fotovoltaico-cual-es-la-forma-c-34/>
- Vásquez, F. (Enero de 2015). *Energía Solar Del Ecuador*. Obtenido de <https://d.docs.live.net/Users/macbook/Downloads/ENERGIASRENOVABLESe nECUADORlibro2015.pdf>
- Velastegui, M. A. (2022). *Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico*.
Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana.
- Xavier, G. C., & Daniel, V. M. (2020). *Estudio e Implementación de un Sistema Fotovoltaico Aplicado a Luminarias: Caso de Estudio Unidad Educativa*. Guayaquil.

Anexos