



Implementación de un prototipo de tejados fotovoltaicos para disminuir el consumo de energía suministrada por la empresa eléctrica mediante dispositivos eléctricos electrónicos y mecánicos.

Chicaiza Jami, Christian Santiago

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en
Electromecánica

Ing. Lara Jácome, Oscar Rodrigo

03 de febrero 2023

Latacunga

Reporte verificación de contenido

2/2/23, 13:57

Tesis Chicaiza

Informe de originalidad

NOMBRE DEL CURSO

Revisión Oscar

NOMBRE DEL ALUMNO

CHRISTIAN SANTIAGO CHICAIZA JAMI

NOMBRE DEL ARCHIVO

CHRISTIAN SANTIAGO CHICAIZA JAMI - Tesis _Chicaiza

SE HA CREADO EL INFORME

2 feb 2023



Ing. Lara Jácome, Oscar Rodrigo
C.C. 0502960594

Resumen

Fragmentos marcados	6	1 %
Fragmentos citados o entrecorillados	4	0,9 %

Coincidencias de la Web

1library.co	1	0,6 %
cursoaula21.com	2	0,4 %
ensys.mx	1	0,4 %
dhgate.com	1	0,2 %
subvenciones.info	1	0,2 %
udlap.mx	1	0,2 %
passeidireto.com	1	0,2 %
unab.edu.co	1	0,2 %
scribd.com	1	0,1 %

1 de 10 fragmentos

Fragmento del alumno [ENTRECORILLADO](#)

Tema: "Estudio, Diseño e implementación de un sistema de energía solar en la comuna del puerto roma provincia de guayaquil"



Departamento de Eléctrica y Electrónica
Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica

Certificación

Certifico que el Trabajo de Integración Curricular : **“Implementación de un prototipo de tejados fotovoltaicos para disminuir el consumo de energía suministrada por la empresa eléctrica mediante dispositivos eléctricos electrónicos y mecánicos.”** fue realizada por el señor **Chicaiza Jami, Christian Santiago**, la misma que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisada 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 la sustente públicamente.

Latacunga, 02 de febrero de 2023

Ing. Lara Jácome, Oscar Rodrigo

C. C. 0502960594



Departamento de Eléctrica y Electrónica
Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica

Responsabilidad de Autoría

Yo **Chicaiza Jami, Christian Santiago**, con cédula de ciudadanía n°0503999567, declaro que el contenido, ideas y criterios del Trabajo de Integración Curricular : **“Implementación de un prototipo de tejados fotovoltaicos para disminuir el consumo de energía suministrada por la empresa eléctrica mediante dispositivos eléctricos electrónicos y mecánicos.”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 02 de febrero de 2023

Chicaiza Jami, Christian Santiago

C.C. 0503999567



Departamento de Eléctrica y Electrónica
Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica

Autorización de Publicación

Yo **Chicaiza Jami, Christian Santiago** con cédula de ciudadanía n°0503999567, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar Trabajo de Integración Curricular: **“Implementación de un prototipo de tejados fotovoltaicos para disminuir el consumo de energía suministrada por la empresa eléctrica mediante dispositivos eléctricos electrónicos y mecánicos.”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 02 de febrero de 2023

Chicaiza Jami, Christian Santiago

C.C. 0503999567

Dedicatoria

El presente trabajo lo dedico principalmente a Dios por darme las fuerzas para obtener uno de mis más grandes sueños y poder cumplir mi meta.

A mi familia en especial a mis padres por el apoyo incondicional en todo el proceso, gracias por estar en los buenos y malos momentos por enseñarme a nunca darme por vencido y luchar por cumplir las metas que con trabajo duro y perseverante se logra grandes cosas.

A mis abuelitos que desde el cielo me mandaron todas sus bendiciones para poder graduarme este logro también es para ellos.

Chicaiza Jami Christian Santiago

Agradecimiento

A Dios por haberme dado la oportunidad de estudiar una carrera universitaria y ayudarme a superar los obstáculos que se presentaron en este tiempo de estudio y lograr mi objetivo de obtener un título profesional.

A mis Padres por apoyarme moral y económicamente quienes estuvieron siempre a mi lado en los días y noches más difíciles durante mis horas de estudio. Siempre han sido mis mejores guías de vida. Gracias por ser como son y creer en mí.

A toda mi familia por motivarme en todo momento con sus consejos y palabras de aliento muchas gracias les quedo muy agradecido.

Chicaiza Jami Christian Santiago

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	1
Reporte verificación de contenido	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Índice de contenidos	8
Índice de figuras	12
Índice de tablas	14
Índice de ecuaciones	15
Resumen	16
Abstract	17
Capítulo I: Introducción	18
Antecedentes	18
Planteamiento del problema	20
Justificación	21
Objetivos	22
Objetivo general	22
Objetivos específicos	22

Alcance.....	22
Capítulo II: Marco teórico.....	24
Energía solar.....	24
<i>Tipos de radiación</i>	24
<i>Radiación solar en el ecuador</i>	25
<i>Energía solar fotovoltaica</i>	27
Paneles solares.....	28
<i>Tejado fotovoltaico</i>	28
Elementos de un sistema fotovoltaico.....	30
<i>Tipos de sistemas</i>	31
<i>Generador/módulo fotovoltaico</i>	31
<i>Arreglo fotovoltaico</i>	32
<i>Inversor</i>	33
<i>Tipos de inversores</i>	34
<i>Regulador de carga</i>	34
<i>Tipos de reguladores</i>	35
<i>Sistema de almacenamiento/baterías</i>	37
<i>Cableado Eléctrico</i>	39
<i>Tableros de distribución eléctrica</i>	41
Capítulo III: Desarrollo del tema.....	46
Selección de elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos.....	46

Elementos eléctricos	46
<i>Panel solar.....</i>	<i>46</i>
<i>Batería.....</i>	<i>47</i>
<i>Cables de conexión.....</i>	<i>49</i>
<i>Cálculo para la selección de cables del panel solar de 50W-al regulador.....</i>	<i>49</i>
<i>Cálculo para la selección de cables del regulador-batería</i>	<i>50</i>
<i>Cálculo para la selección de cables del batería- inversor.....</i>	<i>50</i>
<i>Cálculo para la selección de cables del inversor al consumo</i>	<i>51</i>
<i>Breaker y Caja de distribución</i>	<i>52</i>
Elementos electrónicos.....	52
<i>Regulador de carga.....</i>	<i>53</i>
<i>Inversor.....</i>	<i>54</i>
Elementos mecánicos	56
<i>Base del panel fotovoltaico.....</i>	<i>56</i>
<i>Gabinete eléctrico metálico</i>	<i>57</i>
Ensamblaje	58
Pruebas de Funcionamiento.....	61
<i>Potencia medida del panel solar</i>	<i>61</i>
<i>Prueba del regulador de carga</i>	<i>63</i>
<i>Prueba del inversor de potencia.....</i>	<i>63</i>
<i>Prueba de la Batería.....</i>	<i>64</i>

<i>Tiempo de carga de la batería</i>	64
<i>Tiempo de descarga de la batería</i>	65
Resultados	66
Análisis de la aplicación para la implementación de una casa tipo, del sistema fotovoltaico deseado.	67
Capítulo IV: Conclusiones y recomendaciones	72
Conclusiones	72
Recomendaciones	73
Bibliografía	74
Anexos	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Tipos de radiación</i>	25
Figura 2 <i>Insolación global del Ecuador</i>	26
Figura 3 <i>Tejado fotovoltaico</i>	28
Figura 4 <i>Tejado automatizado para rastrear la posición del sol</i>	29
Figura 5 <i>Esquema de Sistema fotovoltaico conectado a la red</i>	30
Figura 6 <i>Módulo Fotovoltaico</i>	32
Figura 7 <i>Arreglo en serie de paneles fotovoltaicos</i>	33
Figura 8 <i>Inversor</i>	33
Figura 9 <i>Regulador de carga</i>	35
Figura 10 <i>Batería Plomo-Ácido</i>	38
Figura 11 <i>Batería Níquel-Cadmio</i>	38
Figura 12 <i>Batería de Gel AGM</i>	39
Figura 13 <i>Cable trenzado</i>	40
Figura 14 <i>Calibres de conductores Fotovoltaico</i>	41
Figura 15 <i>Tablero de distribución</i>	42
Figura 16 <i>Breaker</i>	43
Figura 17 <i>Contactador</i>	44
Figura 18 <i>Nodos de conexión</i>	44
Figura 19 <i>Aisladores</i>	45
Figura 20 <i>Pulsadores</i>	45
Figura 21 <i>Panel solar</i>	46
Figura 22 <i>Batería</i>	48
Figura 23 <i>Cables</i>	49
Figura 24 <i>Breaker y Caja de distribución</i>	52
Figura 25 <i>Regulador de carga</i>	53

Figura 26 <i>Inversor</i>	55
Figura 27 <i>Base construida</i>	56
Figura 28 <i>Base terminada de pintar</i>	57
Figura 29 <i>Gabinete Eléctrico Metálico</i>	58
Figura 30 <i>Esquema de conexiones</i>	58
Figura 31 <i>Ensamble del panel con la base</i>	59
Figura 32 <i>Conexión del regulador</i>	60
Figura 33 <i>Instalación del Prototipo de sistema solar fotovoltaico</i>	60
Figura 34 <i>Ajuste de orientación</i>	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Característica del panel solar</i>	47
Tabla 2 <i>Característica de la batería</i>	48
Tabla 3 <i>Cables utilizados</i>	51
Tabla 4 <i>Calibres AWG</i>	51
Tabla 5 <i>Características del regulador de carga</i>	53
Tabla 6 <i>Características del inversor</i>	55
Tabla 7 <i>Características de la base solar</i>	57
Tabla 8 <i>Potencia medida en día totalmente soleado</i>	62
Tabla 9 <i>Potencia medida en día totalmente nublado</i>	62
Tabla 10 <i>Mediciones de voltaje en la entrada del controlador (MÁXIMO)</i>	63
Tabla 11 <i>Potencia de los aparatos eléctricos para este prototipo de 500W</i>	65
Tabla 12 <i>Cálculo de la duración de la batería conectada a cada artefacto</i>	66
Tabla 13 <i>Ejemplos de artefactos eléctricos en una casa tipo básico.</i>	67
Tabla 14 <i>Ejemplos de artefactos eléctricos en una casa tipo media.</i>	69
Tabla 15 <i>Ejemplos de artefactos eléctricos en una casa tipo alta.</i>	69
Tabla 16 <i>Comparación de consumo eléctricos</i>	70

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 <i>Cálculo para la selección de cables</i>	49
Ecuación 2 <i>Cálculo de la lcc</i>	50
Ecuación 3 <i>Cálculo del tiempo de carga de la batería</i>	64
Ecuación 4 <i>Cálculo del tiempo de descarga de la batería</i>	65
Ecuación 5 <i>Cálculo de la hora solar pico promedio</i>	67

Resumen

El presente proyecto se fundamenta en la implementación de un prototipo de un sistema de tejado fotovoltaico aprovechando los recursos renovables que nos proporciona la naturaleza en este caso la energía solar, este sistema toma luz solar mediante el panel solar para producir corriente directa. La energía generada por este método puede alimentar sistemas de corrientes continua de 12V,24V,48V según sea el caso, esta energía producida será almacenada en una batería y con la implementación de un inversor poder convertirla en energía AC para el consumo de algunos aparatos electrónicos ya que es una fuente inagotable de energía es por eso que la realización de un sistema fotovoltaico ayudaría de gran manera a la reducción de consumo eléctrico doméstico residencial. El objetivo principal del proyecto es disminuir los costos por el consumo de electricidad de la empresa eléctrica de la ciudad y aprovechar la energía proporcionada por los paneles solares que a través de un elemento principal de este sistema el cual es el inversor que transforma la corriente directa y esta esta energía finalmente es utilizada en su mayoría en los hogares, además que su mantenimiento no es tan costoso y se lo puede realizar periódicamente uno mismo con la limpieza de su principal elemento el panel solar de impurezas y suciedad que se pueda acumular. De acuerdo al proyecto realizado se concluye que este sistema ayudó al ahorro energético como económico ya que es una energía limpia que no produce gases de efecto invernadero ni ningún tipo de contaminación durante su uso.

Palabras clave: Tejado Fotovoltaico, energía solar, batería de Gel, inversor de potencia, radiación directa.

Abstract

This project is based on the implementation of a prototype of a photovoltaic roof system taking advantage of the renewable resources that nature provides us, in this case solar energy, this system takes sunlight through the solar panel to produce direct current. The energy generated by this method can feed direct current systems of 12V, 24V, 48V as the case may be, this energy produced will be stored in a battery and with the implementation of an inverter to be able to convert it into AC energy for the consumption of some electronic devices. Since it is an inexhaustible source of energy, that is why the realization of a photovoltaic system would greatly help to reduce residential domestic electricity consumption. The main objective of the project is to reduce the costs for the consumption of electricity from the city's electric company and take advantage of the energy provided by the solar panels that through a main element of this system which is the inverter that transforms the direct current And this energy is finally used mostly in homes, besides that its maintenance is not so expensive and it can be done periodically by cleaning its main element, the solar panel, of impurities and dirt that can accumulate. According to the project carried out, it is concluded that this system helped to save energy as well as economic since it is a clean energy that does not produce greenhouse gases or any type of contamination during its use.

Keywords: Rooftop Photovoltaic, solar energy, Gel battery, power inverter, direct radiation.

Capítulo I

Introducción

En la actualidad la implementación de energías renovables se ha vuelto cada vez más optado gracias a una cultura de optimizar recursos y reducir la generación de contaminantes lo que estimula la necesidad de establecer nuevos proyectos en los cuales se aporte más investigación sobre el diseño e implementación de sistemas fotovoltaicos lo que ayude a una mejor implementación y funcionamiento de sistemas que ayuden a la disminución del consumo de energía suministrada por la empresa eléctrica.

El costo del proceso de generación de energía eléctrica es muy elevado y fluctuando, dependiendo de la demanda y que agota cada vez más los recursos naturales por lo cual se buscan alternativas que permitan aportar la obtención de energía de una forma mucho más limpia razón por la cual se implementara un sistema fotovoltaico aislado de suministro para reducir los costos de las planillas de la energía eléctrica.

Antecedentes

El Ecuador es un país rico en lo que se refiere a fuentes de recursos renovables favorablemente en los índices de radiación solar que se encuentra entre los más altos de todo el mundo dado a que al encontrarse en plena línea ecuatorial la incidencia de los rayos solares es mucho más directa en comparación con lugares más apartados del centro de la tierra (CONELEC, 2008).

La implementación de sistemas fotovoltaicos contribuye a cuidar el medio ambiente a la generará energía eléctrica a partir de una fuente renovable siendo una inversión financiera inteligente ya que reduce los costos energéticos significativamente siendo la energía solar la más segura y beneficiosa para los consumidores y el medio ambiente (Tejara, 2017).

Autores: Gustavo Guillermo Gonzales Peñafiel, Juan Carlos Zambrano Manosalvas y Edison Fabricio Estrada Pulgar

Año:2014

Tema: "Estudio, Diseño e implementación de un sistema de energía solar en la comuna del puerto roma provincia de guayaquil"

Resultados: Donde se evidencia que el buen uso de un sistema diseñado e implementado resulta muy beneficioso en general para la reducción de costos en la utilización de energía eléctrica Conclusiones: La implementación de un sistema de utilización de energía solar y el buen asesoramiento a los habitantes de la comuna trae beneficios en general para las comunidades donde el servicio eléctrico no puede llegar (González et al. 2014).

Autores: Angelica Peña, Diego Gutiérrez y Frank Caldas

Año: 2017

Tema: "Diseño e implementación de un sistema solar fotovoltaico para la generación de energía eléctrica".

Resultados: nos expresa cómo estos sistemas pueden contribuir al medio ambiente y desarrollo del ahorro de energía eléctrica reduciendo costos.

Conclusiones: El sistema implementado permite la generación de energía eléctrica de manera no convencional con la implementación Energía solar Fotovoltaico en la Universidad Cooperativa sede Villavicencio donde el sistema solar fotovoltaico cumplió con los requerimientos para la potencia eléctrica de 25 lámparas, ubicadas en la iluminación externa del laboratorio de Ingeniería Civil (Peña et al., 2017).

De acuerdo con la información mostrada se determina el potencial y la factibilidad del diseño e implementación de sistemas fotovoltaicos que benefician al generar un ahorro en la

facturación de electricidad, así como en proveer de energía a lugares remotos donde el suministro eléctrico no tiene acceso.

Planteamiento del problema

En la actualidad el impacto generado por la crisis energética ocasionado por un incremento desmesurado en la demanda de energía eléctrica producido mayormente por el consumo de las industrias y el aumento de la población que contribuyen a un mayor consumo de energía que también se ve afectado por el gran consumo de recursos naturales y la disminución de las reservas de petróleo. Ha desembocado en un gran interés por alternativas energéticas renovables que permitan mitigar en gran medida el alto costo de la utilización de la energía eléctrica.

La aplicación de energías limpias que se encuentran de forma natural como la solar en la cual nos centraremos en su uso de energía solar fotovoltaica para la generación de electricidad con el cual se busca disminuir la facturación por el consumo de energía de una vivienda promedio ya en la creciente demanda energética de los últimos años a genera un incremento en la tarifa de consumo de la energía eléctrica.

Las consecuencias del incremento en la demanda energética han traído grandes cambios al medio ambiente como desastres climáticos ocasionados por la quema de combustibles fósiles y el uso de energías que contaminan el ambiente haciendo más necesario hoy en día el uso de energías limpias para alivianar la carga de la demanda energética y por ende disminuir sus elevados costos.

De no cambiar la forma de producción energética por energías más limpias y renovables el cambio climático terminará siendo irreversible afectando la vida en todo el planeta de forma caótica como se ha podido evidenciar con los últimos grandes cambios en el clima de todo el planeta.

Por todo lo anteriormente mencionado hace más que nunca necesario el diseño e implementación de sistemas fotovoltaicos que al ser una energía limpia y renovable ayuden proteger el medio ambiente al disminuir el impacto generado por la obtención de energía además de abaratar los costos de producción de la misma.

Justificación

Los costos elevados de la facturación por el consumo de energía eléctrica y la motivada necesidad de una cultura ecológica que optimice el uso de recursos solares para implementación de un sistema fotovoltaico conectado a la red de suministro que genere grandes beneficios energéticos y económicos.

Las energías renovables en la actualidad de nuestro país y en el mundo entero han empezado a tomar fuerza puesto que se busca mejores alternativas energéticas más limpias que no contaminen al ambiente y puedan generar un ahorro energético y económico.

Los habitantes de una vivienda promedio serían beneficiados a largo plazo pues se lograría generar un ahorro en la facturación del consumo eléctrico, así como reducir el impacto negativo al medio ambiente por el uso de recursos no renovables para la obtención de energía como la quema de combustibles fósiles.

Este prototipo puede ser usado como modelo de referencia a futuras implementaciones de sistemas fotovoltaicos conectados a la red y futuras investigaciones de energías renovables, así como también a ayudar en el ahorro energético de residencias.

La importancia de estos sistemas fotovoltaicos está en la fortaleza que posee el país en la radiación solar que recibe al encontrarse en la zona ecuatorial del planeta permitiendo que alcance un potencial en la generación de energía durante las horas de mayor actividad solar al medio día.

Objetivos

Objetivo general

Implementar un prototipo de tejados fotovoltaicos para disminuir el consumo de energía suministrada por la empresa eléctrica mediante dispositivos eléctricos electrónicos y mecánicos.

Objetivos específicos

- Investigar sobre los sistemas fotovoltaicos
- Seleccionar los elementos necesarios para la implementación del prototipo del sistema fotovoltaico
- Realizar la construcción del sistema fotovoltaico.
- Realizar pruebas de funcionamiento del prototipo para verificar que el trabajo sea el deseado.

Alcance

Para la implementación del prototipo de tejados fotovoltaicos se pretende realizar un estudio de la caracterización solar como fuente principal para el funcionamiento del prototipo para ello se revisará parámetros como radiación solar, mapas solares y diversos tipos de paneles solares existentes.

Para iniciar con el proyecto se realizará una indagación general de las diferentes energías renovables que se han implementado en el país además de revisar la cantidad de energía del sol que incide, para que por medio de estos factores se pueda encontrar una relación entre los beneficios y las desventajas que conlleva la utilización de un sistema fotovoltaico.

Para llevar a cabo el proyecto será necesario hacer una selección de los elementos eléctricos electrónicos y mecánicos que serán utilizados en el ensamble del sistema, cada uno de estos elementos deberá contar con las protecciones adecuadas, una vez ensamblado el

prototipo se procederá a la realización de pruebas del funcionamiento para detectar posibles fallas del prototipo. Con la implementación del proyecto se pretende reducir la planilla mensual del costo de electricidad en la vivienda donde se implementará el sistema fotovoltaico buscando mantener un nivel de generación eléctrica constante y estable a lo largo del año para que el ahorro generado pueda ser aprovechado al máximo.

Capítulo II

Marco teórico

Dentro de las energías renovables la energía solar fotovoltaica es una fuente de energía limpia e inagotable que es capaz de aprovecharse en el mismo lugar donde se produce. Todas las energías renovables se caracterizan por producirse de manera continua y son renovables a diferencia de las energías convencionales y los combustibles fósiles, mantienen impacto casi insignificante para el medio ambiente por lo que sus impactos son menores que los ocasionados por las energías convencionales (Gas, Petróleo y Carbón) (Mendez y Cuervo, 2008).

Energía solar

La energía solar es aquella que proviene del sol y llega a la tierra en forma de radiación electromagnética como luz, rayos ultravioletas y calor principalmente la cual ha sido generada a través de la fusión nuclear generada en el sol, para el aprovechamiento de esta energía se emplea dos formas: por conversión fotovoltaica (Sistemas fotovoltaicos) y por conversión térmica de alta temperatura (sistemas fototérmicos) (Tejara, 2017).

Tipos de radiación

- **Radiación directa**

Es la radiación que llega directamente del sol sin que sufra ningún cambio o desviación en su trayectoria siendo los rayos solares que forman una línea recta con la superficie de la tierra. (Tejara, 2017).

- **Radiación difusa o indirecta**

Es una radiación que ha sufrido cambios o desviaciones en la trayectoria al pasar por la atmósfera, esto sucede cuando algunos rayos son desviados por nubes, gases entre otros factores, este tipo de radiación disminuye en los días que existe gran cantidad de rayos

solares sin presencia de nubes mientras que aumenta la radiación directa (Hernandez, P., 2014).

- **Radiación reflejada o albedo**

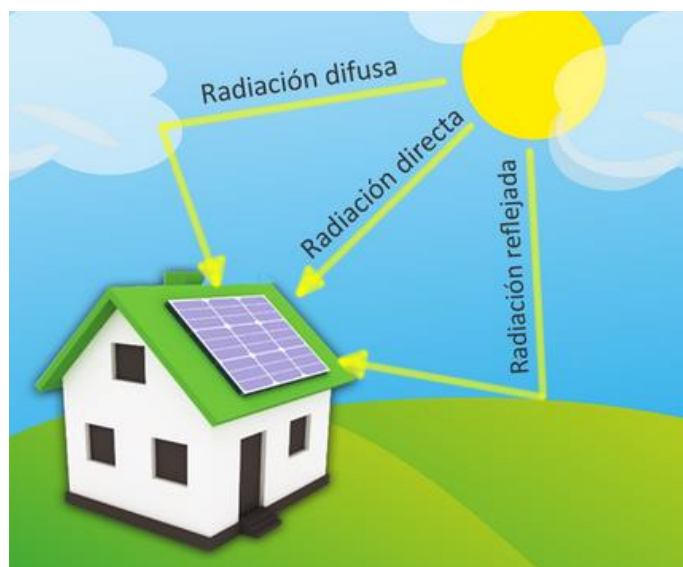
Esta radiación proviene del reflejo con la superficie terrestre o con objetos presentes en la misma más comúnmente producidas zonas con agua como lugares con ríos, lagos y mares e incluso con zonas con nieve o en cualquier otra zona donde la reflexión sea posible. (Tejara, 2017).

- **Radiación total**

Este tipo de radiación se obtiene al juntar todas las radiaciones anteriores.

Figura 1

Tipos de radiación



Nota. La figura muestra los tipos de radiación que existen. Tomado de Helioesfera (2021).

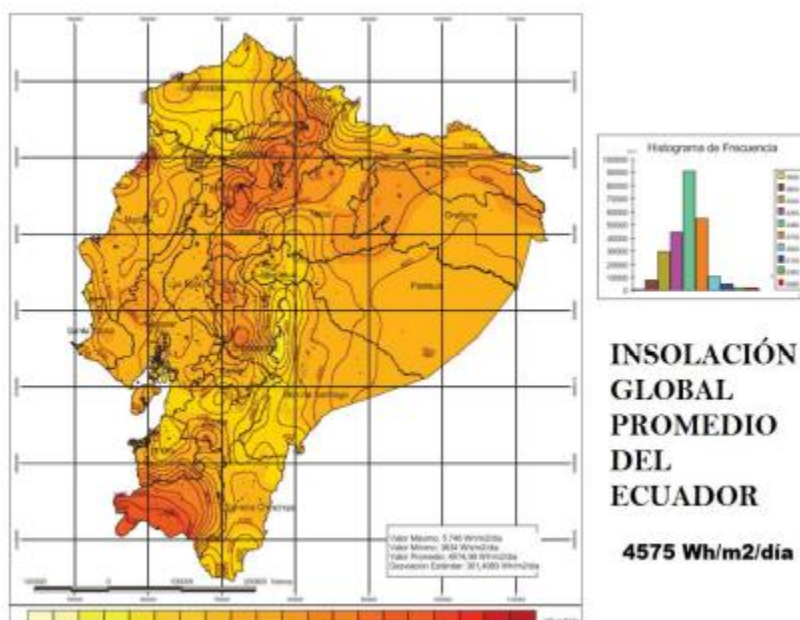
Radiación solar en el ecuador

Ubicado en la línea ecuatorial del planeta el Ecuador es un país que se localiza en un punto neutro entre los hemisferios norte y sur lo cual favorece a su alto índice de radiación solar debido a que la radiación llega de forma directa sin un ángulo de inclinación demasiado

extenso a diferencia de la radiación que llega hacia los polos disminuyendo su intensidad conforme el ángulo de inclinación va aumentando, por esta condición el país cuenta con la suerte de poder aprovechar la energía proveniente del sol como una fuente de energía renovable (Vaca, 2018).

Figura 2

Insolación global del Ecuador



Nota. La figura muestra la insolación global promedio que recibe el Ecuador. Tomado de CONELEC (2008).

El recurso solar constituye un potencial importante a ser explotado en el país, más aún con el avance de la tecnología solar fotovoltaica, en el Ecuador pese a tener grandes recursos energéticos renovables no impulsado sus estudios científicos orientados a ofrecer un caracterización constante de la información del recurso solar y las variables atmosféricas del país esta falta de información dificulta el desarrollo de las energías renovables como la solar las cuáles ayudan a evitar el uso excesivo de combustible fósiles (Mora, 2015).

El ángulo de inclinación que el Ecuador posee es de 23.45 grados con relación al plano de la órbita terrestre por lo tanto la inclinación varía entre 23.45 grados norte y 23.45 grados sur por lo que podemos decir el ángulo solar al medio día es cero donde se alcanzaría la el mayor nivel de Watios hora por metro cuadrado alcanzando una capacidad de 4575 Wh/m² por día en un día despejado libre de nubes o perturbaciones atmosféricas (Torre E, N, & Tipán L, F,, 2021).

Energía solar fotovoltaica

Es la energía que producto de una transformación directa de la radiación solar en electricidad, la transformación ocurre en los paneles fotovoltaicos los cuales al recibir radiación solar excita a los electrones de un elemento semiconductor que genera una pequeña diferencia de potencial la cual al conectarse en serie permite aumentar esta diferencia de potencial a un mayor nivel. Dentro de sus principales características está su aspecto modular permitiéndole construir desde enormes sistemas fotovoltaicos hasta pequeños paneles para tejados (Aparicio, 2016).

La finalidad de la tecnología fotovoltaica es convertir luz solar en energía eléctrica, sin la necesidad de una interfaz de conversión. Con la ayuda de una célula fotovoltaica, la luz solar separa los electrones de sus átomos de silicio, estos capturan pequeños paquetes de energía lumínica, llamados fotones y transmiten energía suficiente para liberar el electrón de su átomo anfitrión (Peña et al., 2017). El principio del sistema fotovoltaico se genera cuando al añadir energía, los electrones se activan en un semiconductor, en otras palabras, con la adición de energía de la luz solar, los electrones del sistema fotovoltaico se activan y pasan de un estado energético inferior a otro superior. Esto conduce a la generación de electricidad, en un semiconductor (Ramírez, 2020).

En esencia, un sistema fotovoltaico se compone de varias partes, tales como las células fotovoltaicas, los conjuntos eléctricos y mecánicos, así como los medios para cambiar y/o regular la energía eléctrica. (Tejara, 2017).

Paneles solares

Para comprender el funcionamiento de un panel solar primero debemos entender que estos están formados por muchas celdas solares las cuales son células hechas de silicio cristalino y/o arseniuro de galio materiales semiconductores que poseen la capacidad de comportarse como conductores o como aislantes dependiendo del estado en el que se encuentren generalmente la mayoría de paneles solares presentes en el mercado son hechos con silicios que pueden generar suficiente energía para abastecer las necesidades de un hogar promedio mediante inversores cargadores que pasan la corriente continua de 12 v, 24 v o 48 v a corriente alterna que se usa en las viviendas (CEMAER, 2016).

Los paneles están dispuestos en serie para lograr un voltaje adecuado para la aplicación o las necesidades eléctricas. Posteriormente los paneles capturan la energía solar y la convierten directamente en energía eléctrica en forma de corriente continua y la almacenan en baterías para ser usadas a conveniencia. Los módulos solares toman en cuenta tanto la directa como la difusa y pueden producir electricidad incluso en días nublados (Arencibia y Carballo, 2016).

Tejado fotovoltaico

Las células solares de silicio cristalino han llegado prácticamente a su eficiencia límite, por lo que para esperarse incrementos significativos de eficiencia es necesario desarrollar arquitecturas alternativas al panel de silicio convencional. Con el uso de tejados fotovoltaicos que no son más que una disposición en paralelo de paneles de silicio convencional con un ángulo de inclinación que debe ser ajustado acorde la posición donde se localizara este sistema sobre algún tejado (Peña et al., 2017).

Figura 3*Tejado fotovoltaico*

Nota. La figura muestra un tejado fotovoltaico conectado a la red. Tomado de Askins (2019).

Dentro de los tejados podemos observar dos tipos de tejados los fijos como se muestra en la figura 3 y los automatizados que se caracterizan por ajustar su ángulo de inclinación acorde a la posición del sol estos son más complejos y costos pues utilizan sistemas de posicionamiento para poder ajustar su ángulo además de sensores para rastrear la posición del sol, pero son mucho más eficientes que los tejados tradicionales (Askins, 2019).

Figura 4*Tejado automatizado para rastrear la posición del sol*

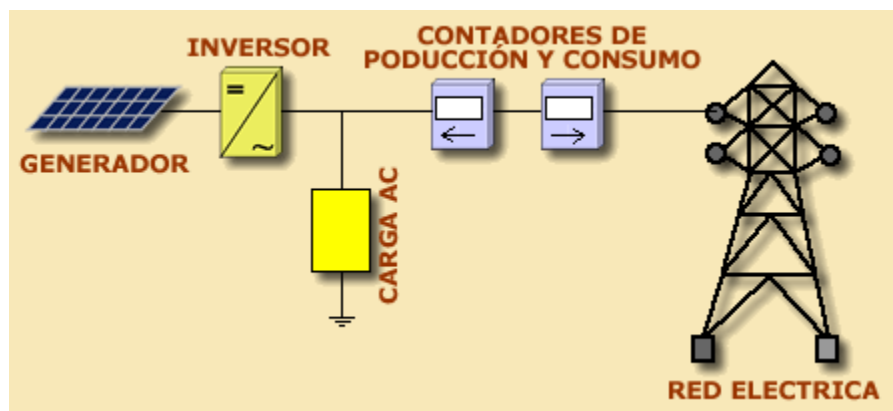
Nota. La figura muestra un tejado fotovoltaico con rastreo del posicionamiento del sol. Tomado de Askins (2019).

Elementos de un sistema fotovoltaico

La mayoría de los sistemas fotovoltaico que se usan en la actualidad están conectados a la red pues facilitan la mejorar de la calidad del servicio de la energía proporcionada por la red puesto que la máxima producción del sistema fotovoltaico coincide con las horas de más demanda generalmente están compuestos por un generador fotovoltaico que se encuentra conectado a la red a través de un inversor que transforma la corriente continua en alterna la cual inyecta a la vivienda o a la red cuando esta supera al consumo local y caso contrario extrae energía de la red cuando la demanda supera a la producida por el generador, la diferencia fundamental de un sistema autónomo es la ausencia de la conexión a la red y la presencia de un banco de acumulación formado por baterías y sistema de regulación de carga (Ujaen, 2022).

Figura 5.

Esquema de Sistema fotovoltaico conectado a la red



Nota. La figura muestra un esquema de un sistema fotovoltaico conectado a la red. Tomado de Ujaen (2022).

Tipos de sistemas

- **Sistemas interconectados a la red**

Estos sistemas son los más económicos, pero deben de estar siempre conectados a la red eléctrica nacional suelen requerir de muy bajo mantenimiento el cual solo se limita a la limpieza de los paneles solares para eliminar la suciedad y el polvo acumulado (Peña et al., 2017).

- **Sistemas aislados**

Son una buena opción cuando la red eléctrica nacional no provee servicio en la zona, pero involucra más partes que los sistemas interconectados ya que necesitan una mayor inversión y mantenimiento que los anteriores. Estos sistemas cuentan con paneles solares, inversores que trabajan aislados de la red, baterías para almacenar la energía, controladores de carga y sistemas de montaje (González et al. 2014).

- **Sistemas híbridos.**

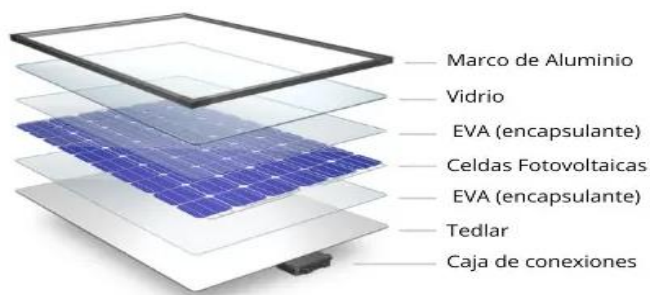
Son una combinación de los dos tipos anteriores. Pueden funcionar tanto interconectados a red eléctrica nacional como en modo aislado (Peña et al., 2017).

Generador/módulo fotovoltaico

Los módulos fotovoltaicos están conformados por células conectadas en serie que pueden ir desde 36 hasta 60 células o más que los componen donde cada célula genera entre 0.5 -0.6V y están compuestas por algunos elementos tales como el silicio y arseniuro de galio que transforman la energía calorífica irradiada por el sol en energía eléctrica los niveles de tensión de trabajo de los paneles solares suele estar entre 6 V, 12V, 24V y 48V estos se ayudan de un encapsulante que preserva el funcionamiento a través de las inclemencias del clima como el sol, lluvia y polvo (Barrio, 2012).

Figura 6

Módulo Fotovoltaico



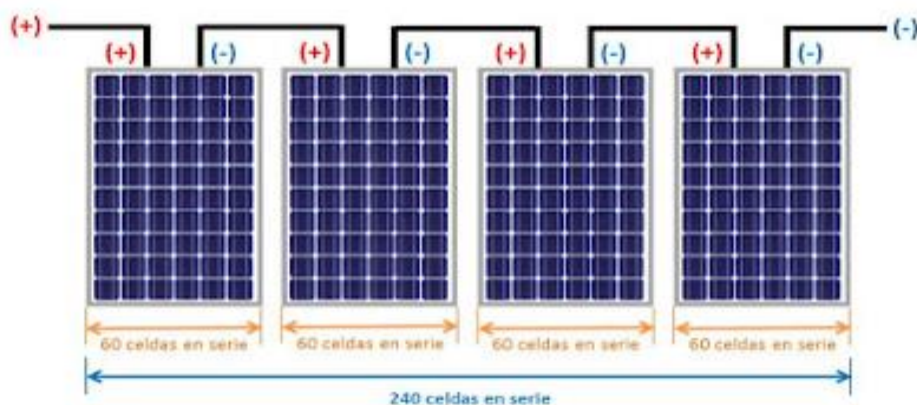
Nota. La figura muestra los elementos de un módulo fotovoltaico. Tomado de APREAN (2022)

Arreglo fotovoltaico

Un arreglo fotovoltaico no es más que la agrupación de paneles fotovoltaicos ya sean en serie o paralelo trabajando en un mismo proyecto y abarcando una mayor área para aumentar la capacidad de producción de energía. El arreglo fotovoltaico puede estar conectado en serie o paralelo. Sus características eléctricas son análogas a la de los módulos individuales, con la potencia, corriente y voltaje modificados de acuerdo con el número de módulos conectados en serie y paralelo (González et al. 2014). En teoría, los paneles fotovoltaicos pueden manejar valores de voltaje y corriente muy altos, ya que todo esto se hace con equipos especiales. Por ejemplo, cables de conexión eléctrica, controladores de carga, entre otros. En principio, los sistemas solares podrían construirse con una capacidad de hasta megavatios. La única limitación aquí es el costo y la eficiencia del equipo pesado (Morales, 2017).

Figura 7

Arreglo en serie de paneles fotovoltaicos



Nota. La figura muestra un arreglo en serie de módulos fotovoltaicos. Tomado de (conermex, 2022)

Inversor

Es un aparato convertidor de voltaje que transforma la corriente continua suministrada por los paneles en corriente alterna para el uso de la vivienda se debe tener en cuenta la potencia y frecuencia deseada por el usuario o diseñador además se debe no sobrepasar la carga mayor para la que fue diseñado pues sino el dispositivo no funcionará y no suministrará la potencia requerida (PROVIENTO SA, 2020).

Figura 8

Inversor



Nota. La figura muestra un inversor. Tomado de PROVIENTO SA (2020)

Tipos de inversores

- **No autónomos:** Son aquellos que requieren estar conectados a la tensión alterna de la red para su operación como en el caso de los rectificadores trabajando con un ángulo de conducción mayor a noventa grados lo que produce un flujo de potencia desde la parte continua hacia la alterna pero este tipo de inversor tiene por inconveniente que deben estar sincronizado con la red alterna para lo cual necesitan una frecuencia de operación de 50 o 60 Hz y su señal de salida suele ser una sinusoidal modificada (Idarraga, 2019).
- **Autónomos:** En el caso de los inversores autónomos se puede trabajar a la frecuencia que se quiera y en el caso que deban interconectarse a la red eléctrica de corriente alterna se sincronizan con ella son más robustos en su diseño y por lo general logran una señal de salida sinusoidal sin modificar (Idarraga, 2019).

Regulador de carga

Es el aparato encargado de balancear la carga y descarga del banco de baterías además de proteger en caso de sobrecargas y de descargas, esta monitorea constantemente la tensión de la batería o el banco de baterías y una vez que la batería se halla cargada interrumpe la carga para evitar estropear la batería y conectándola cuando el suministro de los paneles es reducido extrayendo de nuevo la energía acumulada al sistema (Parrado y Sanguino , 2021).

Figura 9

Regulador de carga



Nota. La figura muestra un regulador de carga solar. Tomado de Nacion (2019)

Su función es evitar situaciones de sobrecarga y sobre descarga de la batería, lo que ayuda a la prolongación de vida útil de la batería, por medio del uso de reguladores se puede:

- Bloquear la corriente inversa.
- Prevenir de sobrecarga a la batería
- Asegurar el llenado óptimo de la batería.

El regulador suele trabajar entre dos zonas, La zona relacionada con la carga cuya misión consiste en garantizar una carga suficiente al acumulador y evitar así mismo las situaciones de descarga. En la zona de descarga se ocupa de asegurar el suministro eléctrico diario suficiente y evitar la descarga excesiva de la batería (Henríquez, 2013).

Tipos de reguladores

Reguladores de voltaje o controladores de carga PWM

PWM (modulación por ancho de pulsos) Estos reguladores controlan la carga de la batería mediante un algoritmo programado internamente que limita la corriente de entrada a la batería según el estado de carga del voltaje de la batería e indica cuál es el nivel de carga de la batería. Los controladores PWM no separan la tensión de funcionamiento del panel de la tensión de funcionamiento de la batería, por lo que deben utilizarse en función de los paneles

solares disponibles. Por ejemplo, una placa de 36 células con baterías de 12v y una placa de 72 células con una batería de 24v, por lo que el voltaje de funcionamiento de la placa de la batería es suficiente para cargar completamente la batería (Peña et al., 2017).

Entre los controladores solares PWM podemos encontrar los que incluyen display digital, una señal a través de LEDs o híbridos, el funcionamiento básico es el responsable del flujo de corriente desde el panel hasta la batería, que es filtrada en la primera fase de carga luego la corriente de carga se limita a cargar completamente la batería en una segunda fase llamada absorción. Cuando la batería está cargada, reduce la corriente entre un 1% y un 2% para mantener la batería cargada, compensando la autodescarga, Sin este control de inyección de corriente, puede ocurrir una sobrecarga y la batería puede dañarse. Es muy importante no dejar el panel solar conectado al controlador solar sin la batería conectada. Así que siempre conecta primero la batería y luego el panel. Para desinstalarlo, desconecte primero el panel solar, luego la batería (RENOVA, 2021).

Reguladores de voltaje o controladores de carga MPPT

MPPT (Maximum Power Point Tracking, Maximum Power Point Follower), estos reguladores hacen que el voltaje de funcionamiento del panel solar sea independiente del voltaje de la batería, por lo que, al ser independiente del voltaje de la batería, el algoritmo MPPT puede cambiar el voltaje de funcionamiento del dispositivo, comprobando siempre dónde el panel proporciona la mayor potencia disponible. Se utilizan para cargar baterías con paneles de 60 celdas porque estos paneles funcionan en un punto de corriente pico de unos 31 voltios, lo que no sería suficiente para cargar una batería de 24V sin que se usara un controlador MPPT. En estos reguladores, es importante tener en cuenta el voltaje máximo de entrada, si el panel fotovoltaico supera el límite, el regulador se dañará (RENOVA, 2021).

El seguimiento de potencia máxima del controlador solar se encarga de variar el voltaje de funcionamiento del panel solar según la temperatura y la radiación solar para estar en el punto de funcionamiento donde la potencia del panel solar es máxima. Dado que este voltaje de funcionamiento del panel solar es independiente del voltaje de la batería, el MPPT es libre de colocarlo donde sea más conveniente (González et al. 2014).

Sistema de almacenamiento/baterías

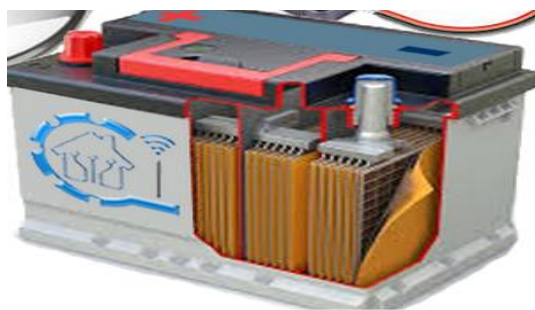
Las baterías se encargan de mantener una energía constante en el sistema pese a que los paneles solo captan la energía a intervalos estas son acumuladores de energía mientras el sistema está en sus picos de producción de energía, Las baterías más utilizadas son las de Plomo-Ácido por ser más económicas, pero también se suele utilizar de níquel o litio, pero son mucho más caras que las ya mencionadas (Tejara, 2017).

- **Plomo-Ácido**

Están constituidas por varias placas de plomo sumergidas en una solución de ácido sulfúrico estas baterías se utilizan mayormente en los sistemas fotovoltaicos por su coste reducido en comparación a otras, cada celda de estas baterías suministra 2 Voltios, la capacidad nominal de estas baterías corresponde a un tiempo de descarga de 10 horas mientras mayor es el tiempo de descarga mayor es la cantidad de energía que la batería entrega (Velásquez y Ramírez, 2021).

Figura 10

Batería Plomo-Ácido



Nota. La figura muestra una batería de Plomo-Ácido. Tomado de (IDEOMAATIC, 2018).

- **Níquel-Cadmio**

Poseen una estructura similar a las baterías de plomo-ácido, solo que en lugar del plomo se utiliza hidróxido de níquel para las placas positivas y óxido de cadmio en las placas negativas mientras que el electrolito que se utiliza es hidróxido de potasio y la unidad básica de cada celda produce 1.2 voltios y poseen una vida más larga que las baterías de plomo-ácido (Velásquez y Ramírez, 2021).

Figura 11

Batería Níquel-Cadmio



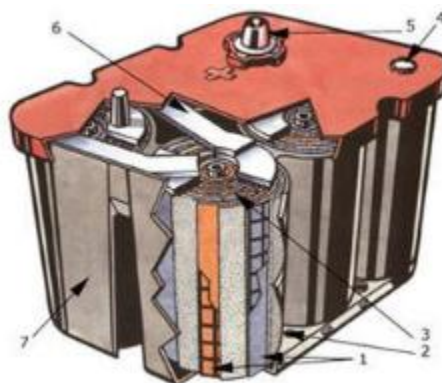
Nota. La figura muestra una batería de Níquel-Cadmio. Tomado de Emsa (2022).

- **Baterías de gel**

Es una batería de electrolito de gel en la que se mezcla ácido sulfúrico con polvo de silicio para formar una masa de gel. Además, las baterías de gel eliminan eficazmente el electrolito por evaporación o derrame, lo cual es común con las baterías húmedas, y son más resistentes a temperaturas extremas, golpes y vibraciones. Estas baterías a menudo se denominan baterías de plomo-ácido selladas (SLA o AGM), pero no están completamente selladas porque tienen una válvula de control que permite que escape el gas. La bajada de precio y el excelente rendimiento de las baterías de gel las ha llevado a ganar cada vez más prestaciones en el mercado, lo que unido a las múltiples ventajas de las baterías de gel las convierten en una buena elección, especialmente para sistemas solares aislados. (Karlann, 2017).

Figura 12

Batería de Gel AGM



Nota. La figura muestra una batería de Gel AGM. Tomado de KARLANN (2017)

Cableado Eléctrico

El cableado eléctrico para uso solar es muy importante dentro del proyecto de instalación solar fotovoltaica donde los conductores más comunes utilizados en instalaciones comerciales y residenciales son el aluminio y el cobre (González et al. 2014).

- **Aluminio**

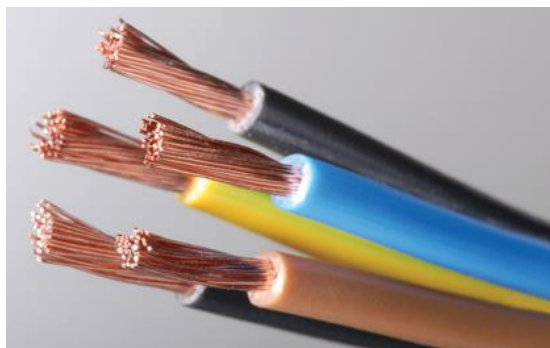
Este material puede verse debilitado durante la instalación especialmente al flexionarse, pero es menos costoso que el cobre, no se aconseja utilizarlo para el cableado al interior del hogar por lo general es utilizado en calibres grandes para alimentar las entradas subterráneas o aéreas de la instalación (Escobar, 2019).

- **Cobre**

El cobre tiene una mejor conductividad que el aluminio y una mayor flexibilidad, pero representa un costo más elevado si se lo usa más que el aluminio en el mismo tamaño (Peña et al., 2017).

Figura 13

Cable trenzado



Nota. La figura muestra un cable trenzado de uso para instalaciones solares. Tomado de Carrillo y Garza (2021)

Por lo general el cable puede ser sólido o trenzado el cual lleva múltiples alambres pequeños trenzados que lo permiten ser más flexible y es recomendado para tamaños grandes pues tienen un poco de mejor conductividad ya que posee una mayor superficie del alambre (Carrillo y Garza, 2021). El aislamiento que recubre el cable debe brindar protección contra el calor, la humedad, la luz ultravioleta y el deterioro químico.

Figura 14

Calibres de conductores Fotovoltaico

Conductor		Aislamiento		Cubierta		Peso Total Aproximado	Ampacidad ⁽¹⁾		
Calibre	Resistencia Eléctrica DC a 20°C	Espesor Nominal	Diametro Aproximado	Espesor Nominal	Diametro Aproximado		Un Cable al Aire	Un Cable Sobre una Superficie	Dos Cables en Contacto Sobre Superficie
mm ²	Ω/km	mm	mm	mm	mm	kg/km	A		
1,5	13,2980	0,70	3,06	0,80	4,74	31	30	29	24
2,5	7,9693	0,70	3,53	0,80	5,21	42	41	39	33
4	4,9408	0,70	4,08	0,80	5,76	58	55	52	44
6	3,2906	0,70	4,66	0,80	6,34	78	70	67	57
10	1,8928	0,70	5,65	0,80	7,33	120	98	93	79
16	1,2036	0,70	6,54	0,90	8,44	183	132	125	107
25	0,7717	0,90	8,21	1,00	10,31	280	176	167	142
35	0,5484	0,70	9,38	1,10	11,66	380	218	207	176
50	0,3815	1,00	11,08	1,20	13,58	537	276	262	221
70	0,2689	1,10	13,05	1,20	15,55	752	347	330	278
95	0,2038	1,10	15,24	1,30	17,94	980	416	395	333
120	0,1592	1,20	17,26	1,30	19,96	1254	488	464	390
150	0,1281	1,40	19,31	1,40	22,23	1549	566	538	453
185	0,1048	1,60	21,40	1,60	24,72	1893	644	612	515
240	0,0793	1,70	27,77	1,70	31,31	2593	775	736	620

Nota. La figura muestra los calibres de uso para instalaciones solares. Tomado de (CENTELSA, 2020).

Tableros de distribución eléctrica

Estos paneles son equipos eléctricos instalados que centralizan los equipos de protección y manipulación o control de la planta solar, en los que se puede proteger y operar toda la instalación o sus partes, además, deben garantizar un alto nivel de seguridad y fiabilidad, personal y normas de protección de objetos (Durán, 2018).

Figura 15

Tablero de distribución



Nota. La figura muestra un tablero de distribución. Tomado de Durán (2018)

Elementos

- **Break o interruptor termomagnético**

Un contacto termomagnético es un dispositivo de protección que se opera manualmente para hacer una conexión en un circuito y rompe la conexión antes de que ocurran dos tipos diferentes de eventos (Tejara, 2017). La componente térmica entra en vigor cuando el circuito se sobrecarga, es decir, cuando circula por él más corriente de la que el conductor permitirá, el otro evento provocado por el elemento bimetálico y el contacto móvil que permanece cerrado mientras circula la corriente, este metal bimetálico está calibrado a la corriente nominal (I_n), cuando circula una corriente mayor a esta (I_n), el par bimetálico comienza a deformarse hasta abrir los contactos, por lo que la circulación de corriente se detiene cuando el par bimetálico regresa al medio ambiente. temperatura, el interruptor se puede cerrar de nuevo y la corriente circulará de nuevo (Durán, 2018).

Figura 16*Breaker*

Nota. La figura muestra un Breaker. Tomado de Durán (2018)

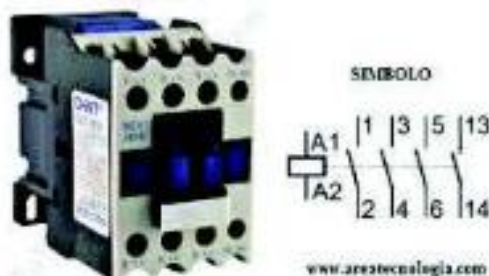
Por otro lado, la parte magnética se utiliza cuando hay un cortocircuito en la instalación. Consiste en un elemento magnético o bobina con contactos fijos que mantienen el circuito cerrado mientras fluye la corriente. Cuando se produce un cortocircuito, circula brevemente una gran cantidad de corriente que crea un gran campo magnético que hace que la bobina se encoja, encogiendo los contactos que mantienen el contacto cerrado haciendo que el interruptor se abre y cortar la corriente (González et al. 2014).

- **Contactador electromagnético**

El contactor es un dispositivo diseñado para cerrar o interrumpir la corriente en uno o más circuitos eléctricos que posee entradas y salidas normalmente abiertas y cerradas funcionan con mandos a distancia, en lugar de ser operados manualmente (Peña et al., 2017).

Figura 17

Contactor



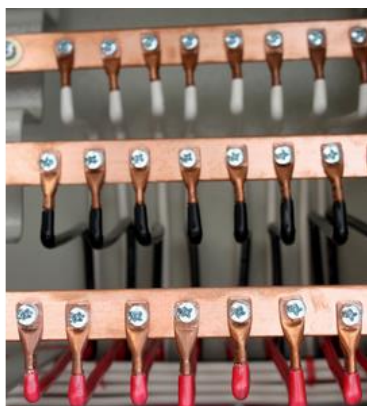
Nota. La figura muestra un Contactor. Tomado de Durán (2018).

- **Barras de cobre**

Las barras se utilizan preferentemente para formar conjuntos de conexiones eléctricas donde otras conexiones derivadas desde barras son donde se distribuye la energía. El montaje con barras tiene algunas ventajas: la rigidez, la claridad de conexión y la seguridad de la distancia entre conexiones justifican la preferencia por su uso en los tableros de alta corriente, también se utilizan barras rígidas en las conexiones de alta tensión (Durán, 2018).

Figura 18

Nodos de conexión



Nota. La figura muestra nodos de conexión, Tomado de Durán (2018).

- **Aisladores**

Las aplicaciones de los aisladores son muy variadas, pero dentro del cuadro eléctrico separa varias placas de cobre o aluminio, que pueden trabajar a un voltaje de hasta 3400V y pueden soportar una corriente de cortocircuito de 15-50kA durante un segundo. (Durán, 2018).

Figura 19 *Aisladores*



Nota. La figura muestra Aisladores. Tomado de Durán (2018).

- **Pulsadores**

Se clasifican como interruptores con acción de retroceso que pueden poseer contactos normalmente cerrados o normalmente abiertos, operados manualmente y se emplean para el mando de pequeñas potencias. Estos elementos se utilizan principalmente para operar contactores, que básicamente controlan circuitos auxiliares, también se utilizan para controlar señales y relés. (Durán, 2018).

Figura 20

Pulsadores



Nota. La figura muestra Pulsadores. Tomado de Durán (2018)

Capítulo III

Desarrollo del tema

Para realizar el ensamble del prototipo de un tejado fotovoltaico eficiente y seguro se necesita seleccionar los elementos que lo compondrán detallando sus características propias de cada elemento.

Selección de elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos

Elementos eléctricos

Son los elementos encargados de generar la energía, almacenarla y conducirla dentro del sistema fotovoltaico para lo cual contamos con los siguientes elementos para el funcionamiento.

Panel solar

Es el elemento principal que alimentará al sistema fotovoltaico de energía DC diseñado para soportar el estar expuestos a exteriores y para un fácil mantenimiento el cual consiste en solo limpiar el panel cada cierto tiempo.

Figura 21

Panel solar



Nota. La figura muestra una fotografía del panel solar utilizado.

Tabla 1*Característica del panel solar*

Descripción	Unidad
Potencia máxima	50 W
Voltaje de operación	17.6 V
Corriente de operación	2.86 A
Tensión en circuito abierto	21 V
Corriente en corto	3.2 A
Vida útil	25 años

Nota. La tabla muestra las características de fábrica del panel solar seleccionado.

El panel solar está fabricado de silicio monocristalino es mucho más eficiente que los de silicio policristalinos y además tienen muy buen rendimiento en condiciones de poca luz como también poseen una eficiencia de célula del 18.5% de las mejores que existe en la actualidad con una vida útil de 25 años garantizada por el fabricante por la cual se optó un panel con una potencia de 50W que será suficiente para la implementación y funcionamiento de este prototipo además es capaz de soportar condiciones de intemperie y cuenta con una capacidad de fácil instalación y alto rendimiento en la generación de energía (González et al. 2014).

Batería

Es el elemento que almacena la energía generada por el panel solar para utilizarla cuando este deje de suministrar tensión al sistema, permitiendo una autonomía propia al prototipo por un periodo de tiempo limitado de acuerdo al consumo de los equipos que se encuentren conectados.

Figura 22

Batería



Nota. La figura muestra una fotografía de la batería utilizada.

Tabla 2

Característica de la batería

Descripción	Unidad
Corriente máxima	15 A
Ciclo de uso	14.4 – 14.7 V
En descarga	13.5 – 13.8 V

Nota. La tabla muestra las características de fábrica de la batería.

Para elegir la batería se tomó en cuenta que la generación del panel es pequeño así también como de capacidad de generación es menor, por eso se adquirió una batería QP AO-GFM50L de 12V 50Ah tipo Gel de ciclo profundo que es ideal para pequeños sistemas fotovoltaicos con un ciclo de uso de 14.4 a 14.7V, posee una capacidad de descarga de 70 a 80 % no liberan gases tóxicos siendo ideales para sitios cerrados y es excelente para la potencia que vamos a trabajar de 500W además de asegurar un tiempo autonomía para el prototipo al almacenar la energía producida por el panel solar para su uso ya sea en la noche o cuando la generación de energía sea deficiente por las condiciones atmosféricas adversas que dificultan la obtención de suficiente radiación por el panel solar (Escobar, 2019).

Cables de conexión

Estos elementos serán seleccionados acorde al calibre necesario para soportar la tensión y amperaje de las diferentes conexiones.

Figura 23

Cables



Nota. La figura muestra una fotografía de los cables utilizados.

Cálculo para la selección de cables del panel solar de 50W-al regulador

Ecuación 1

$$S = \frac{2L * I_{cc}}{\Delta V\% * k}$$

Donde:

L: longitud del cableado

I_{cc}: Corriente máxima que va a circular por el cableado

$\Delta V(\%)$: Caída de tensión para el panel-regulador se recomienda 3 %

k: Conductibilidad del cable eléctrico, en este caso vamos a elegir el cobre con una conductividad de 56 m/($\Omega \cdot \text{mm}^2$)

$$S = \frac{2 * 5 * 3.2}{0.36 * 56} = 1.58 \text{ mm}^2$$

Siempre es recomendable escoger una sección de cable superior en este caso sería de 2.5mm² según tablas el cual es equivalente al conductor AWG#14.

Cálculo para la selección de cables del regulador-batería

$\Delta V(\%)$: Caída de tensión para el regulador-batería se recomienda 1 %

$$S = \frac{2L * I_{cc}}{\Delta V\% * k}$$

$$S = \frac{2 * 1.5 * 3.2}{0.12 * 56} = 1.42 \text{ mm}^2$$

Siempre es recomendable escoger una sección de cable superior en este caso sería de 2.5mm² según tablas el cual es equivalente al conductor AWG# 14.

Cálculo para la selección de cables del batería- inversor

$\Delta V(\%)$: Caída de tensión para el batería- inversor se recomienda 1 %

$$S = \frac{2L * I_{cc}}{\Delta V\% * k}$$

Para calcular la Icc en esta ocasión aplicamos la siguiente formula:

Ecuación 2

$$I = \frac{P}{V}$$

Donde:

P: Potencia inversor

V: Voltaje batería

$$I = \frac{500W}{12V} = 41.66 \text{ A}$$

$$S = \frac{2 * 1.5 * 41.66}{0.12 * 56} = 18.59 \text{ mm}^2$$

Siempre es recomendable escoger una sección de cable superior en este caso sería de 25mm² según tablas el cual es equivalente al conductor AWG # 14

Cálculo para la selección de cables del inversor al consumo

Aplicamos la ecuación 2.

$$I = \frac{500W}{110V} = 4.54 A$$

Siempre es recomendable escoger una sección de cable superior en este caso sería AWG# 14 según tablas y verificado el amperaje calculado.

Tabla 3

Cables utilizados

Descripción	Metros
AWG #14 para la conexión del panel hacia el regulador	5
AWG #14 para la conexión de inversor hacia la caja de breaker	2
AWG #14 para conexión del regulador hacia la batería	1.5
AWG #14 para la conexión de la batería hacia el inversor	1.5

Nota. La tabla muestra los metros de cables utilizados

Tabla 4

Calibres AWG

Número AWG	Diámetro (mm)	Sección (mm²)	Numero de espiras por cm	Kg. por Km.	Resistencia (O/Km)	Capacidad (A)
0000	11.86	107.2			0.158	319
000	10.40	85.3			0.197	240
00	9.266	67.43			0.252	190
0	8.252	53.48			0.317	150
1	7.348	42.41		375	1.40	120
2	6.544	33.63		295	1.50	96
3	5.827	26.67		237	1.63	78
4	5.189	21.15		188	0.80	60
5	4.621	16.77		149	1.01	48
6	4.115	13.30		118	1.27	38
7	3.665	10.55		94	1.70	30
8	3.264	8.36		74	2.03	24
9	2.906	6.63		58.9	2.56	19
10	2.588	5.26		46.8	3.23	15
11	2.305	4.17		32.1	4.07	12
12	2.053	3.31		29.4	5.13	9.5
13	1.828	2.63		23.3	6.49	7.5

Número AWG	Diámetro (mm)	Sección (mm ²)	Numero de espiras por cm	Kg. por Km.	Resistencia (O/Km)	Capacidad (A)
14	1.628	2.08	5.8	18.5	8.17	6.0
15	1.450	1.65	6.4	14.7	10.3	4.8
16	1.291	1.31	7.2	11.6	12.9	3.7

Nota. La tabla muestra los calibres AWG tomado de (Escobar, 2019).

Breaker y Caja de distribución

Para el prototipo se seleccionó una caja termoplástica de dos polos con un riel corredizo que contendrá al breaker de protección de 10 amperios que facilitará la activación y desactivación del inversor al conectarlo, esta caja es impermeable y aislada para el caso de exteriores.

Figura 24

Breaker y Caja de distribución



Nota. La figura muestra una fotografía de la caja de distribución y el breaker

Elementos electrónicos

Son los dispositivos que usarán parte de la energía generada y almacenada en el sistema para poder funcionar y se encargarán de controlar el funcionamiento.

Regulador de carga

Monitorea constantemente la tensión de la batería y su función es evitar situaciones de sobrecarga y sobre descarga de la misma, corta la conexión con el panel solar y el sistema en caso de mal funcionamiento, además de controlar funciones de activación o desactivación del sistema.

Figura 25

Regulador de carga



Nota. La figura muestra una fotografía del regulador de carga utilizado

Tabla 5

Características del regulador de carga

Descripción	Unidad
Voltaje del sistema	12/24 V
Entrada máxima de voltaje	55 V
Corriente máxima de carga	20 A
Voltaje de carga	14.4 V
Protección de sobrecarga de la batería	16.5V

Nota. La tabla muestra las características de fábrica del regulador de carga.

El regulador nos permitirá prolongar la vida útil de la batería del prototipo además salvaguardar al sistema en caso de que esta llegara a fallar y producir daños, con alarmas

preventivas para identificar diferentes fallas en el sistema, además de brindar una fácil conexión con los demás elementos. (Tejara, 2017). El regulador elegido es un tipo PWM 12V-20A para el prototipo que se va a realizar es el adecuado ya que es un tipo de controlador de carga y de descarga solar inteligente y multipropósito ya que dispone de una pantalla LCD fija con una interfaz muy amigable para el usuario con varios parámetros de control que se pueden configurar de forma flexible. El controlador tiene las siguientes características:

- Imagen del símbolo gráfico LCD
- Identificación automática del nivel de voltaje del sistema
- Compensación automática de temperatura (personalizada)
- Modo de funcionamiento configurable de la carga
- Desconexión de batería por bajo voltaje (LVD)
- Protección contra la sobretensión
- Operación de botón simple
- Modo de carga PWM inteligente
- Parámetros de control de carga y descarga ajustables
- Protección de descarga inversa de la batería
- Protección de conexión inversa de la batería

Inversor

Es el dispositivo encargado de invertir el voltaje continuo suministrado de la batería, en corriente alterna para el uso doméstico. El inversor se asegurará de entregar el voltaje adecuado a la vivienda dándonos una potencia máxima de trabajo de 500W suficiente para alimentar las luminarias y equipos eléctricos domésticos.

Figura 26*Inversor*

Nota. La figura muestra una fotografía del inversor utilizado

Tabla 6*Características del inversor*

Descripción	Unidad
Potencia	500 W
Salida de voltaje	110/220 V AC
Frecuencia de salida	50/60 Hz +/- 2 Hz
Salida USB	5 V DC/ 0.5 A máx.
Forma de onda de salida	Sinusoidal pura / Sinusoidal modificada
Voltaje de entrada	10 – 15 V DC
Alarma de batería baja	10.4 – 11 V
Corte de batería baja	9.7 – 10.3 V
Corte de batería alta	14.5 – 15.5 V

Nota. La tabla muestra las características de fábrica del inversor

El inversor de 500 W se eligió previo al cálculo de la potencia de consumo, sus principales características son: la protección bajo voltaje, sobre voltaje, sobre temperatura, sobrecarga y protección contra cortocircuitos, además de poseer un tamaño muy pequeño con un peso ligero, lo cual hace fácil y cómoda su manipulación. El mismo alimentará de manera confiable una amplia variedad de productos domésticos de CA, como estéreos portátiles,

computadoras portátiles, videocámaras y cargadores de teléfonos móviles; su diseño brinda una larga autonomía sin problemas e incluye un circuito de monitoreo de seguridad automático para protegerlo y proteger su batería de condiciones de sobrecarga inesperadas. (Velásquez y Ramírez, 2021).

Elementos mecánicos

Son las estructuras base que soportan los elementos eléctricos y electrónicos del prototipo en los cuales tenemos:

Base del panel fotovoltaico

Es una base sólida realizado con ángulos de acero de $\frac{3}{4}$ de pulgada y 2 mm de espesor la cual dispone de un soporte articulado para poder ajustar su inclinación sobre esta base se colocará el panel solar para ubicarlo sobre la estructura del prototipo.

Figura 27

Base construida



Nota. La figura muestra una fotografía de la base recién construida

Una vez terminada la base se colocó una estructura de caja de 80cm de alto y 54cm de ancho, la cual brinda el soporte a los elementos electrónicos junto con el gabinete eléctrico

metálico además de colocar una capa de pintura negra para prevenir la oxidación y dará un mejor acabado a la base y está lista para la fijación del panel fotovoltaico.

Figura 28

Base terminada de pintar



Nota. La figura muestra una fotografía de base termina de pintar

Tabla 7

Características de la base solar

Descripción	Unidad
Dimensión	70x54x80 cm
Material	Acero
Angulo	$\frac{3}{4}$ pulgada x 2mm de espesor

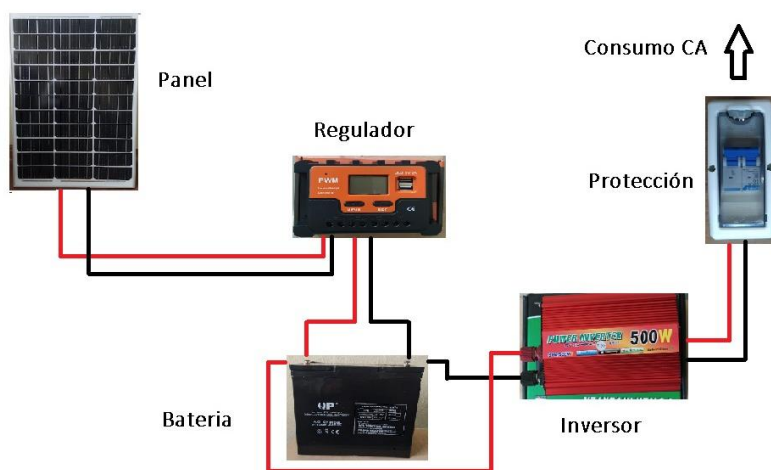
Nota. La tabla muestra las dimensiones y materiales de la base.

Gabinete eléctrico metálico

Dentro de este elemento reposará los elementos electrónicos del prototipo para protegerlos de las condiciones exteriores y también del acceso de personas que puedan manipular de forma incorrecta las conexiones del sistema fotovoltaico, está hecho de placas metálicas recubiertas con una pintura aislante y resistente a condiciones exteriores siendo ideal para el uso de instalaciones eléctricas.

Figura 29*Gabinete Eléctrico Metálico*

Nota. La figura muestra el gabinete eléctrico metálico.

Ensamblaje**Figura 30***Esquema de conexiones*

Nota. La figura muestra el esquema de conexiones.

Procediendo con el ensamble, primero se realiza la unión del panel solar con la base metálica construida mediante el uso de cinta doble faz resistente a exteriores, además de hacer la conexión eléctrica de 5 metros de cable AWG #14 para la posterior conexión al regulador.

Figura 31

Ensamble del panel con la base



Nota. La figura muestra una fotografía del ensamble del panel y la base.

Luego para la conexión al regulador se procede a conectar mediante 1.5 metros de cable a la batería para una correcta instalación, pues el panel solar solo debe ser conectado luego de que la batería se acople al regulador, mediante 5 metros de cable se conectará el panel a los terminales del regulador como se muestra en el esquema con el regulador como se muestra en la figura 31, para luego instalarlo dentro del gabinete metálico.

Figura 32*Conexión del regulador*

Nota. La figura muestra una fotografía las conexiones del regulador.

Una vez realizado la conexión del regulador y puesto en funcionamiento se utiliza 1.5 metros de cable conectado a la batería, para realizar la conexión del inversor que estará resguardado dentro del gabinete metálico que permitirá al sistema pasar de corriente DC a corriente AC; y a su vez está conectada con la batería como se observa en el ensamble de la figura 33.

Figura 33*Instalación del Prototipo de sistema solar fotovoltaico*

Nota. La figura muestra una fotografía de la instalación del Prototipo de sistema solar fotovoltaico.

Finalmente una vez que se ha realizado todas las conexiones necesarias y se ha resguardado el regulador e inversor junto con las protecciones, indicadores y selector del gabinete, luego del ensamble y puesta en funcionamiento se deberá realizar el ajuste de la orientación de la base del panel para obtener una mayor eficiencia ya que el prototipo tendrá un ángulo de inclinación de 23.45° grados en con relación a la línea ecuatorial y posteriormente deberá realizarse mediciones de las pruebas de funcionamiento.

Figura 34

Ajuste de orientación



Nota. La figura muestra una fotografía del ajuste de la orientación.

Pruebas de Funcionamiento

Este sistema es un prototipo que ayudará en una pequeña parte a reducir el consumo eléctrico, por lo cual se realizó las pruebas de funcionamiento del sistema implementado, como son: la potencia suministrada al regulador de carga, la carga y descarga de la batería y el correcto funcionamiento del inversor hacia los diferentes aparatos eléctricos.

Potencia medida del panel solar

El panel solar tiene una potencia nominal de 50W la cual es suficiente para este prototipo con el que se optó, se realizó la medición del voltaje que ingresa, la corriente y la

potencia en determinadas horas del día. En la siguiente tabla se muestran los datos obtenidos en un día soleado.

Tabla 8

Potencia medida en un día totalmente soleado.

Hora	Voltaje (V)	Corriente (I)	Potencia (W)
06:00	19.1	0.82	15.66
07:00	20.5	0.95	19.04
08:00	20.8	1.43	29.74
09:00	20.9	2.15	44.93
10:00	21.3	2.53	53.88
11:00	21.5	3.24	69.66
12:00	21.7	3.46	75.29
13:00	20.1	3.19	64.11
14:00	20.1	3.11	62.51
15:00	21.7	3.10	67.27
16:00	20.2	2.56	51.71
17:00	19.6	2.28	44.68
18:00	19.2	1.78	34.17

Nota. La tabla muestra los datos obtenidos en un día soleado.

En la tabla 8 se muestran los datos obtenidos mediante un multímetro digital la cantidad de voltaje, corriente y potencia en día soleado.

Tabla 9

Potencia medida en un día totalmente nublado.

Hora	Voltaje (V)	Corriente (I)	Potencia (W)
06:00	16.3	0	0
07:00	20.3	0.18	3.65
08:00	20.7	0.33	6.83
09:00	20.9	0.71	14.83
10:00	20.9	0.96	20.06
11:00	21.2	1.06	22.47
12:00	21.5	1.20	32.25
13:00	21.1	0.71	14.9
14:00	20.8	0.68	14.14
15:00	20.6	0.44	9.06
16:00	20.7	0.46	9.23
17:00	19.7	0.14	2.75
18:00	18.8	0.06	1.12

Nota. La tabla muestra los datos obtenidos en un día nublado.

En la tabla 9 se muestran los datos obtenidos mediante un multímetro digital la cantidad de voltaje, corriente y potencia en día totalmente nublado.

Prueba del regulador de carga

En la tabla 8 podemos observar los valores medidos con el multímetro digital a las entradas del regulador de carga, lo cual se tomó como referencia con el valor máximo de generación de un día soleado que fue de 21.7 V.

Tabla 10

Mediciones de voltaje en la entrada del controlador (MÁXIMO)

Desde paneles solares	21.7 V
Regulado	13.8 V
Salida hacia la batería	13.8 V
Salida al inversor	13.8 V

Nota. La tabla muestra los datos de voltaje del regulador.

Tras las mediciones realizadas nos arroja los datos obtenidos medidos en un día con radiación solar óptima, obteniendo un voltaje máximo 21.7V los cuales son regulados a 13.8V que se configuró en el regulador de carga que sea la capacidad máxima que puede cargar la batería, ya que no puede exceder ese valor porque podría causar daños a la batería. Una vez llegado a ese voltaje el controlador entra en estado flotante es decir no deja pasar más energía. Los voltajes medidos de la batería e inversor son los mismos ya que están conectados entre sí en paralelo.

Prueba del inversor de potencia

La potencia escogida para este prototipo fue de 500W, además de que depende mucho de las cargas conectadas hacia el mismo ya que medimos con el multímetro el voltaje de salida de CA que fue de 120 V sin cargas y con eso podemos abastecer de energía a algunos

aparatos eléctricos que no superen esa potencia para que el sistema trabaje de manera adecuada ya que el fabricante nos asegura el 90 % de eficiencia de este inversor.

Prueba de la Batería

Tiempo de carga de la batería

Para calcular el tiempo estimado de carga de la batería se tomó como referencia los datos técnicos de la batería es de 12V (valor ideal) con 50Ah, primero tenemos que calcular la potencia que nos va a generar la batería lo cual multiplicamos 12.7V (valor real) que medimos por 50 Ah y nos da como resultado 635 Wh. En este caso tenemos un panel y tomamos el valor máximo que genera en un día soleado como observamos en la tabla 8, que fue 75.29 W entonces para calcular el tiempo que se demora en cargar la batería aplicamos la ecuación 3.

Ecuación 3

Cálculo del tiempo de carga de la batería

$$T = \frac{Wh \text{ bateria}}{W \text{ del panel}}$$

$$T = \frac{635 \text{ Wh}}{75.29 \text{ W}}$$

$$T = 8.43 \text{ h}$$

La batería estará completamente cargada en el tiempo calculado teniendo en cuenta que este cálculo es cuando haya quedado totalmente descargada y tengamos una radiación solar óptima. Al ser una batería de gel de ciclo profundo para garantizar su vida útil, el fabricante recomienda no pasar el 80 % de descarga de la batería que sería 10.16 V. Por lo cual los 2.54 V que correspondería el 20% de carga, por lo tanto, la batería estaría cargada al 100% en 1 hora y 68 minutos teóricamente realizando los cálculos correspondientes.

Realizando la prueba de carga de la batería dejándola en un 80 %, esta se cargó en aproximadamente 2 horas con una radiación solar óptima.

Tiempo de descarga de la batería

A mayor consumo de los diferentes aparatos eléctricos la batería se ira descargando proporcionalmente, la tabla 11 muestra los equipos eléctricos que se pueden conectar al prototipo que se implementó.

Tabla 11

Potencia de los aparatos eléctricos para este prototipo de 500W

Cantidad	Artefactos	Potencia Individual (W)	Potencia total (W)	Horas de Uso (h)	Energía (W/h)
5	Focos led	12 W	60 W	2 horas al día	120 Wh
2	Laptop	65 W	130 W	2 horas al día	260 Wh
3	Cargador Móvil	10 W	30 W	2 horas al día	60 Wh
1	Televisor Led	150 W	150 W	2 horas al día	300 Wh

Nota. La tabla muestra los datos de potencia de algunos artefactos eléctricos.

Potencia total de todos los artefactos: 370 W

Energía total en el día por 2 horas: 740 Wh

La potencia total de los artefactos fue de 370 W estaría en el rango ya que el inversor su potencia máxima es de 500W y tiene una eficiencia del 90% que sería 450 W que funciona sin ningún problema.

Calculamos el tiempo de descarga de la batería con la potencia total de 370 W con la ecuación 4.

Ecuación 4

Cálculo del tiempo de descarga de la batería

$$Tiempo\ máximo = \frac{Capacidad\ de\ la\ batería\ x\ tensión\ de\ la\ batería\ x\ eficiencia\ del\ inversor}{Potencia\ del\ dispositivo}$$

$$Tiempo\ máximo = \frac{50\ Ah\ x\ 12.7\ V\ x\ 0.9}{370\ W}$$

$$\text{Tiempo máximo} = 1.54 \text{ h}$$

Calculamos la duración de la carga con cada artefacto de la tabla 12 aplicando la ecuación 2.

Tabla 12

Cálculo de la duración de la batería conectada a cada artefacto

Equipos Eléctricos	Potencia de consumo (W)	Tiempo máximo de uso (h)
Foco led	12 W	48h
Laptop	65 W	9h
Cargador Móvil	10 W	54.15h
Televisor Led	200 W	3h

Nota. La tabla muestra la duración de la batería con cada equipo eléctrico.

Estos cálculos son teóricos de cada uno de los artefactos durarían encendidos.

Resultados

Con la implementación del prototipo de un sistema fotovoltaico lo que se busco fue reducir el consumo eléctrico de una vivienda, a través de la producción de energía renovables y limpias con la instalación de un panel solar de 50W que con una radiación óptima puede alcanzar 75.29 W con un voltaje de 21.7 de producción según las mediciones realizadas esta energía llega al regulador de carga el cual lo disminuye a 13.7 V el máximo al que puede llegar a carga la batería ya que no puede exceder este porque podría causar daños a la batería, la potencia total de generación de este sistema fue de 370 W por lo cual se optó por un inversor de 500W que es suficiente para abastecer de energía a este sistema, una vez realizados los cálculos de la potencia de algunos artefactos eléctricos los cuales van a funcionar por un determinado tiempo que fue de 2 horas días con todos los elementos conectados a la vez y con la batería totalmente cargada y solo descargando hasta un 80 % , el consumo de energía de todos esos artefactos fue de 740 Wh al día, con una radiación óptima de 2 horas podríamos cargar la batería en el mismo aproximadamente y utilizarla al mismo tiempo esto nos daría como resultado 1480 Wh horas al día que nos ayudaría en gran manera a la reducción del consumo de energía eléctrica.

Según el INEC 2012 consumo promedio mensual de energía eléctrica de los hogares ecuatorianos a nivel nacional es mayor a 138 Kwh con lo cual calculamos los Kwh que produciría nuestro sistema multiplicando 740 Wh por 0.2 horas que lo vamos a utilizar y por 30 días el resultado es 4.44 Kwh lo cual representa un ahorro del 3.18 % de reducción de energía mensual.

Análisis de la aplicación para la implementación de una casa tipo, del sistema fotovoltaico deseado.

Para este análisis vamos hacer con 3 casas tipo: Básica, media y alta en la cual vamos a calcular la energía total de cada una de ellas como ejemplos de consumo de electricidad para dimensionar el sistema solar fotovoltaico adecuado, primero vamos a calcular la hora solar pico promedio en Ecuador utilizando la ecuación 5.

Ecuación 5

$$HSP = \frac{\text{Insolación en el Ecuador (Wh/m}^2\text{)}}{1000 \text{ (Wh/m}^2\text{)}}$$

$$HSP = \frac{4575 \text{ (Wh/m}^2\text{)}}{1000 \text{ (Wh/m}^2\text{)}}$$

$$HSP = 4.57 \text{ h}$$

Ejemplo de cálculo de la potencia total de los artefactos para una casa tipo: Básico

Tabla 13

Ejemplos de artefactos eléctricos una casa tipo básico.

Cantidad	Artefactos	Potencia Individual (W)	Potencia total (W)	Horas de Uso (h)	Energía (W/h)
5	Focos led	12 W	60 W	5 horas al día	300 Wh
1	Laptop	65 W	65 W	3 horas al día	195 Wh
2	Cargador Móvil	10 W	20 W	3 horas al día	50 Wh
1	Televisor Led	150 W	150 W	5 horas al día	750 Wh
1	Refrigeradora	500 W	500 W	14 horas al día	7000 Wh
1	Radio	30 W	30 W	10 horas al día	300 Wh
1	Router	5 W	5 W	24 horas al día	120 Wh

Nota. La tabla muestra los datos de potencia de algunos artefactos eléctricos de una casa tipo básica.

Potencia total de todos los artefactos: 830 W

Energía total en el día: 8715 Wh

Con esta energía calculada de la casa tipo básica, en un día tenemos 8715 Wh hacemos el cálculo para determinar cuántos paneles necesitamos como es un consumo medianamente alto vamos a elegir un panel de 400 W. Dividimos los 8715 Wh para 400W y nos da 21.78 y este valor lo dividimos para las horas solar pico que cálculos con la ecuación 5 tenemos 4.76 lo cual redondeando el resultado nos da 5 que sería la cantidad de paneles para este sistema y un inversor de 1000W por la potencia generada por todos los artefactos.

Ejemplo del dimensionamiento del regulador de carga

La corriente media producida por un panel solar de 400 W es de entre 9 y 10 amperios, por lo que un regulador de carga solar con una potencia de 15 amperios es suficiente.

Ejemplo del cálculo de las baterías

En este caso, vamos a seleccionar baterías de gel de ciclo profundo para una autonomía de uso de 7 días de la semana que va a funcionar solo con energía solar fotovoltaica con la energía total calculada por día de 8715 W multiplicamos por el 60 % que sería la cantidad a utilizar en la noche como ejemplo y nos da como resultado 5229W.

Ahora elegimos una batería de 12v a 250Wh como ejemplo para calcular cuántas baterías necesitaría para este sistema aislado calculamos primero la cantidad de energía que produce la batería multiplicando su voltaje por la corriente y nos da como resultado 3000 Wh y esto lo multiplicamos por 0.8 que sería el porcentaje de descarga de las batería de gel el cual nos da como resultado 2400 Wh y la energía que necesitamos para abastecer nuestra casa es de 8715 W lo dividimos para 2400 Wh y nos da como resultado de 3.6 que aproximando sería 4 baterías para este sistema fotovoltaico de una casa tipo básica.

Ejemplo de cálculo de la potencia total de los artefactos para una casa tipo: Media

Tabla 14

Ejemplos de artefactos eléctricos en una casa tipo media

Cantidad	Artefactos	Potencia Individual (W)	Potencia total (W)	Horas de Uso (h)	Energía (W/h)
10	Focos led	12 W	120 W	5 horas al día	600 Wh
3	Laptop	65 W	195 W	3 horas al día	585 Wh
5	Cargador Móvil	10 W	50 W	3 horas al día	150 Wh
3	Televisor Led	150 W	450 W	5 horas al día	2250 Wh
1	Refrigeradora	500 W	500 W	14 horas al día	7000 Wh
1	Radio	30 W	30 W	10 horas al día	300 Wh
1	Router	5 W	5 W	24 horas al día	120 Wh
1	licuadora	500 W	500 W	1 hora al día	500 Wh
1	Microondas	1000 W	1000 W	0.3 horas al día	300 Wh
1	Lavadora	800 W	800 W	1 hora al día	800 Wh
1	Plancha	1200 W	1200W	0.3 horas al día	360 Wh
1	Tv cable	35 W	35 W	5 horas al día	175 Wh

Nota. La tabla muestra los datos de potencia de algunos artefactos eléctricos de una casa tipo media.

Potencia total de todos los artefactos: 4885 W

Energía total en el día: 13140 Wh

Ejemplo de cálculo de la potencia total de los artefactos para una casa tipo: Alta

Tabla 15

Ejemplos de artefactos eléctricos en una casa tipo alta.

Cantidad	Artefactos	Potencia Individual (W)	Potencia total (W)	Horas de Uso (h)	Energía (W/h)
15	Focos led	12 W	180 W	5 horas al día	900 Wh
3	Laptop	65 W	195 W	3 horas al día	585 Wh
5	Cargador Móvil	10 W	50 W	3 horas al día	150 Wh
3	Televisor Led	150 W	450 W	5 horas al día	2250 Wh
1	Refrigeradora	500 W	500 W	14 horas al día	7000 Wh
1	Radio	30 W	30 W	10 horas al día	300 Wh
1	Router	5 W	5 W	24 horas al día	120 Wh
1	licuadora	500 W	500 W	1 hora al día	500 Wh
1	Microondas	1000 W	1000 W	0.3 horas al día	300 Wh
1	Lavadora	800 W	800 W	1 hora al día	800 Wh
1	Secadora	700 W	700 W	1 hora al día	700 Wh
1	Plancha	1200 W	1200W	0.3 horas al día	360 Wh
1	Tv cable	35 W	35 W	5 horas al día	175 Wh

Cantidad	Artefactos	Potencia Individual (W)	Potencia total (W)	Horas de Uso (h)	Energía (W/h)
1	Consola de videojuegos	150 W	150 W	3 horas al día	450 Wh
1	Bomba de agua	300 W	300W	2 horas al día	600 W
1	Ducha eléctrica	1500 W	1500 W	1 hora	1500 W

Nota. La tabla muestra los datos de potencia de algunos artefactos eléctricos de una casa tipo alta.

Potencia total de todos los artefactos: 7595 W

Energía total en el día: 16690 Wh

Como observamos en la tabla 16, se realiza la comparación de estos 3 tipos de casas según su consumo de energía, se calculó posteriormente los diferentes elementos de un sistema fotovoltaico tipo básico y se realizó el mismo procedimiento para el tipo medio y alto y se detallará los mismo a continuación.

Tabla 16

Comparación de consumo eléctricos y elementos a necesitar para una instalación solar fotovoltaica aislada para una casa tipo: Básica, media, alta

Tipo de casa	Consumo de todos los artefactos	Consumo al día	Número de paneles	Regulador	Baterías	Inversor	Costo
Básica	830 W	8715 Wh	5	15 A	4	1000 W	2310 \$
Medio	4885 W	13140 Wh	8	15 A	6	6000 W	3750 \$
Alta	7595 W	16690 Wh	10	15 A	7	8000 W	4550 \$

Nota. La tabla muestra los datos de obtenido para la instalación de un sistema fotovoltaico para diferentes tipos de casas.

Los cálculos de los elementos para una instalación fotovoltaica son proporcionales a la cantidad de consumo de cada tipo de casa, es decir si tenemos más gasto de electricidad de los artefactos necesitamos abastecer al sistema de más paneles, cantidad de baterías y aumentar la potencia del inversor para que pueda trabajar correctamente cabe recalcar el

dimensionamiento del sistema fotovoltaico en los 3 tipos de casas se tomó como referencia, paneles de 400W a 12 V, regulador de 15 A y batería de 12V a 250 Ah como ejemplo.

Además, se tomó como referencia el costo de todos los elementos de un sistema fotovoltaico que se dimensionó como se observa en la tabla16, se realizó el cálculo total de lo que costaría una implementación según el tipo de casa.

Capítulo IV

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Se investigó diferentes tipos de sistemas fotovoltaicos que pueden implementarse y de las diferentes formas de ensamblarlos utilizando las partes necesarias del sistema fotovoltaico para aprovechar el gran potencial energético que posee el Ecuador mostrado en la insolación global medida por el CONELEC obteniendo un resultado favorable para la implementación de estos sistemas.

Para la realización del prototipo se obtuvo las características técnicas de los elementos que lo integran como el tipo de panel usa de 50 W, la potencia del inversor que se utilizó en este caso de 500 W, la batería de gel de ciclo profundo para garantizar una mayor vida útil, así como los elementos de protección e indicadores usados en el panel de control del prototipo y el tipo de cable que cumpla con los cálculos obtenidos de calibre AWG #14 para garantizar el correcto desempeño del prototipo en favor de poder reducir el consumo de una vivienda al proveer de corriente alterna para ciertos equipos como pueden ser luminarias, Laptops, Televisores y cargadores móviles.

Se realizó la construcción con el ensamblaje de los elementos seleccionados fijándolos en una base de acero de $\frac{3}{4}$ pulgada x 2mm de espesor que soportara el panel solar, la batería y el gabinete metálico con las conexiones del inversor y regulador de carga para protegerlos además de la conexiones de seguridad como breaker y los indicadores luminosos de funcionamiento que forman parte del prototipo permitiendo el ajustar la orientación del panel al ángulo de 23.45° en dirección a la línea ecuatorial para obtener un óptimo aprovechamiento de la radiación solar.

Finalmente tras la implementación las pruebas de funcionamiento del prototipo se tiene la capacidad máxima que podía suministrar sería de 450 W. para los equipos conectados a la red del prototipo, además el tiempo de carga de la batería en días con una radiación óptima sería

de 2 horas aproximadamente y tras las mediciones realizadas en el panel se determinó que en un día con radiación solar optima se consigue un voltaje máximo 21.7 V los cuales son regulados a 13.8V para la carga de la batería sea la adecuada mediante el regulador.

Recomendaciones

Realizar un mantenimiento del panel cada seis meses mediante una limpieza del panel para asegurar el óptimo aprovechamiento de la radiación solar.

Revisar por lo menos cada tres meses el estado de las baterías y si se ha detectado algún cambio físico en el exterior de la misma como hinchamiento o goteo del electrolito reemplazar lo más pronto posible.

Evitar instalar el prototipo en lugares donde las sombras de estructuras aledañas puedan cubrir el panel solar impidiendo que la radiación solar llegue de forma directa.

Antes de cualquier implementación de un sistema fotovoltaico se debe primero recabar estudios previos de la radiación solar para el área donde se vayan a instalar.

Se recomienda siempre realizar primero un análisis de la potencia que se va a necesitar para el hogar en donde se vaya a instalar un tejado fotovoltaico, determinando así la potencia del inversor a usarse y la cantidad de baterías necesarias para el sistema.

Bibliografía

- Andres, I. (2019). CAPITULO 7 Inversores. *Academia.edu*, 95.
- Aparicio, M. P. (2016). *Energía solar fotovoltaica: 3a edición*. Obtenido de <https://n9.cl/v9xrn>
- Arencibia-Carballo, G. (2016). La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica. *Revista Electrónica de Veterinaria*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/636/63647456002.pdf>
- ASKINS, S. A. (2019). Sistema fotovoltaico de alta eficiencia para tejado. *Energética XXI* , 184-185.
- Barrio, M. (2012). Panel solar/modulo fotovoltaico. En M. Barrio, *Instalaciones solares fotovoltaicas* (pág. 19). Tecnicas Marcombo.
- Carrillo y Carreño. (2021). *Documentación para la inscripción del medidor bidireccional en un sistema Fotovoltaico*. Obtenido de <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7015/F-DC-25%20Informe%20final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carrillo y Garza. (2021). *e-xxi.com*. Obtenido de e-xxi.com: <http://e-xxi.com/index.php/blog/15-e-xxi-blog/86-tipos-de-cable-para-instalaciones-solares-fotovoltaicas-2>
- CEMAER. (2016). *Blog de CEMAER*. Obtenido de Blog de CEMAER: <https://www.cemaer.org/como-funciona-un-panel-solar/>
- CENTElsa. (2020). Cables para el aprovechamiento de la energía solar. *RoHS*, 7.
- Christian, H. (2013). REGULADOR DE PANEL SOLAR - BATERÍA - CARGA CON MICROCONTROLADOR PIC. *Universidad de Piura*, 25.
- CONELEC. (2008). *Atlas Solar Del Ecuador*. Quito: CIE.
- conermex. (2022). *www.conermex.com.mx*. Obtenido de www.conermex.com.mx: <https://www.conermex.com.mx/blog-sombrasenpaneles.html>
- ESCOBAR, V. (2019). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CABLEADO ELÉCTRICO Y CONTROL DE CARGA DE LAS BATERÍAS PARA UN PROTOTIPO DE AUTO ELÉCTRICO BIPLAZA UTA-CIM17. *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO*, 48.

- Germán, M. (2015). Características energéticas de una placa fotovoltaica, por variación de ángulo de inclinación, frente a la radiación solar en Ecuador. *YACHANA REVISTA CIENTÍFICA*, 169.
- GUSTAVO GONZÁLEZ, JUAN ZAMBRANO y EDISON ESTRADA. (2014). *Estudio, diseño e implementación de un sistema de energía solar en la comuna puerto roma de la isla mondragon del golfo de guayaquil, provincia del guayas*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana.
- Hernandez, P. (2014). *Radiacion directa, difusa y reflejada*. Arquitectura Eficiente.
- IDEOMAAATIC. (2018). *www.ideomaticsrl.com*. Obtenido de *www.ideomaticsrl.com*:
<https://www.ideomaticsrl.com/post/cuidado-de-baterias-plomo-acido>
- KARLANN, R. (2017). ANÁLISIS DE DESEMPEÑO ENTRE UNA BATERÍA AGM Y PLOMO ACIDO. *INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL*, 42.
- Mendez y Cuervo. (2008). *Distribucion electrica Energia solar fotovoltaica*. Madrid: Confemetal.
- Morales, C. (2017). *Estudio energético en sistemas fotovoltaicos empleando seguimiento solar en regiones ecuatoriales*. Tesis , Quito. Obtenido de
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17441/1/CD-7940.pdf>
- Parrado y Sanguino . (2021). *Regulador de carga para baterías en una instalación fotovoltaica*. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/59746>
- PEÑA A., GUTIERREZ D. y CALDAS F. (2017). *Diseño e implementación de un sistema solar fotovoltaico para la generación de energía eléctrica con potencia activa de 1 kw*. Villavicencio: Universidad Cooperativa De Colombia.
- Plá, J., Perez, M. y Durán, J. (2016). Energía solar fotovoltaica. *Energia solar*. Obtenido de https://ancefn.org.ar/user/FILES/PUBLICACIONES/Energia_Solar.pdf#page=6
- PROVIENTO SA. (2020). *proviento.com.ec*. Obtenido de *proviento.com.ec*:
<https://proviento.com.ec/inversores/44-inversor-1500w-12-o-24v-onda-sinoidal.html>
- Ramírez, M. (2020). *Energía solar fotovoltaica*. Obtenido de <https://n9.cl/k8cpd>
- RENOVA. (2021). *www.renova-energia.com*. Obtenido de Renovaenergía S.A.:
<https://www.renova-energia.com/categoria-producto/controladores-de-carga-pwm/>

ROBERTO, D. (2018). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PARA LA PROTECCIÓN DE MÓDULOS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN EN LA ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS. *ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL*, 28-32.

Tejara, S. M. (2017). *Caracterización del recurso solar para el análisis de la producción de centrales termo solares*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Torre E, N, & Tipán L, F., (2021). Caracterización de Energía Solar Fotovoltaica utilizando el Modelo Aniso Trópico de Muneer. *Universidad Politécnica Salesiana*, 65.

Ujaen. (2022). *www.ujaen.es*. Obtenido de *www.ujaen.es*:
http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/05_tipos/02_conec_red/01_basico/2_conec_red.htm

Vaca, D. (2018). *VALIDACIÓN DE DATOS SATELITALES DE RADIACIÓN SOLAR UTILIZANDO MEDICIONES TERRESTRES PARA EL ECUADOR*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19516>

Velásquez y Ramírez. (2021). *Energía Solar Fotovoltaica Con Sistema De Almacenamiento De Baterías Para El Suministro De Energía Eléctrica En La Zona No interconectada Del Municipio de Inírida, Colombia*. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/29658>

Anexos