



Powered by
Arizona State University

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero en
Mecánica Automotriz**

Autores: Eduardo Porfirio Pérez Guamán

Juan Francisco Murillo Intriago

Tutor: Ing. Fernando Gómez Berrezueta

**Implementación de un Sistema de Árbol Eléctrico
Utilizando Paneles Solares Monocristalinos para Recarga
de Vehículos Eléctricos**

Guayaquil-Ecuador |2024

Certificado de Autoría

Nosotros, Eduardo Porfirio Pérez Guamán y Juan Francisco Murillo Intriago, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Eduardo Porfirio Pérez Guamán

C.I.: 0951951342

Juan Francisco Murillo Intriago

C.I.: 1718519679

Aprobación del Tutor

Yo, Fernando Gómez Berrezueta certifico que conozco a los autores del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Ing. Fernando Gómez Berrezueta, MsC.

Director de Proyecto

Dedicatoria

Este proyecto de titulación está dedicado a todas las personas que han sido una fuente inagotable de apoyo, inspiración y aliento durante este arduo camino académico. En primer lugar, quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi familia por su amor incondicional, paciencia y comprensión. Su constante apoyo emocional ha sido fundamental para mi éxito y dedicación a este proyecto.

Por último, dedico este trabajo a todas las personas que, de alguna manera, han contribuido a mi crecimiento académico y personal. Su influencia ha dejado una marca indeleble en mi vida y en este proyecto. Que este trabajo sea un pequeño tributo a su generosidad y sabiduría.

Gracias a todos los que han formado parte de este viaje. Este logro no habría sido posible sin su apoyo inquebrantable.

Juan Murillo

Dedicatoria

A mis amigos y seres queridos, quienes han estado a mi lado brindándome palabras de aliento y motivación en los momentos difíciles. Su amistad ha sido mi roca, manteniéndome fuerte incluso cuando las cosas se volvían difíciles.

Agradezco también a todos aquellos que de alguna manera contribuyeron a este proyecto, ya sea con su tiempo, conocimiento o apoyo emocional. Cada pequeño gesto ha sido valioso y significativo.

Este logro es el resultado del esfuerzo colectivo de muchas personas y quiero expresar mi sincero agradecimiento a todos ustedes. Este proyecto de grado lleva impreso no solo mi trabajo y dedicación, sino también el apoyo incondicional de todos los que han estado a mi lado.

Con gratitud.

Eduardo Pérez

Agradecimiento

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de alguna manera en la realización de este proyecto de grado. En primer lugar, quiero agradecer

a mi asesor Fernando Gómez Berrezueta por su orientación experta y apoyo constante durante todo el proceso de investigación y escritura. Su dedicación y conocimientos fueron fundamentales para el éxito de este trabajo.

También quiero agradecer a mis compañeros de clase y amigos por su aliento y motivación.

Sus sugerencias y comentarios fueron invaluable para mejorar este proyecto. Agradezco profundamente a mi familia por su apoyo incondicional y amor durante todos estos años de estudio. Su confianza en mí fue mi principal fuente de inspiración.

Finalmente, quiero expresar mi gratitud a todas las personas que participaron en la realización del proyecto, sin su colaboración este trabajo no habría sido posible. Este proyecto no solo es el resultado de mi esfuerzo individual, sino también el producto del apoyo y colaboración de muchas personas maravillosas. Estoy profundamente agradecido por todas las contribuciones que hicieron posible este logro.

¡¡¡Muchas gracias!!!

Juan Murillo

Agradecimiento

Quisiera expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de esta tesis.

En primer lugar, quiero agradecer a mi asesor, Fernando Gómez Berrezueta, por su orientación experta y apoyo constante a lo largo de este proceso. Sus conocimientos y consejos fueron fundamentales para dar forma a esta investigación.

Agradezco sinceramente a mi familia por su inquebrantable apoyo y comprensión durante este viaje académico. Su aliento y amor incondicional fueron mi mayor motivación para seguir adelante, incluso en los momentos más desafiantes.

También quiero expresar mi gratitud a mis amigos y colegas que me brindaron su ayuda y aliento en diversas etapas de este proyecto. Sus ideas y comentarios fueron invaluable para mejorar la calidad de este trabajo.

Además, agradezco a la Universidad Internacional Ecuador por su generoso financiamiento y recursos que hicieron posible llevar a cabo esta investigación.

Finalmente, mi agradecimiento especial va para todas las personas que participaron en este estudio. Su colaboración y contribuciones fueron esenciales para la recopilación de datos y el éxito general de este trabajo.

Gracias a todos los que, de una forma u otra, contribuyeron a esta tesis. Su apoyo ha sido invaluable y aprecio profundamente todas sus contribuciones.

¡¡¡Muchas gracias!!!

Eduardo Pérez

Índice General

| | |
|--|-------|
| Certificado de Autoría..... | iii |
| Aprobación del Tutor..... | iv |
| Dedicatoria..... | v |
| Dedicatoria..... | vi |
| Agradecimiento..... | vii |
| Agradecimiento..... | viii |
| Índice General..... | ix |
| Índice de Figuras..... | xiii |
| Índice de Tablas..... | xvi |
| Resumen..... | xvii |
| Abstract..... | xviii |
| Capítulo I..... | 1 |
| Antecedentes..... | 1 |
| 1.1 Tema de Investigación..... | 1 |
| 1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema..... | 1 |
| 1.2.1 Planteamiento del Problema..... | 2 |
| 1.2.2 Formulación del Problema..... | 5 |
| 1.2.3 Sistematización del Problema..... | 5 |
| 1.3 Objetivos de la Investigación..... | 5 |
| 1.3.1 Objetivo General..... | 5 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos..... | 5 |
| 1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación..... | 6 |
| 1.4.1 Justificación Teórica..... | 6 |
| 1.4.2 Justificación Metodológica..... | 6 |

| | | |
|---|---|----|
| 1.4.3 | <i>Justificación Práctica</i> | 6 |
| 1.4.4 | <i>Delimitación Temporal</i> | 7 |
| 1.4.5 | <i>Delimitación Geográfica</i> | 7 |
| 1.4.6 | <i>Delimitación del Contenido</i> | 7 |
| 1.5 | <i>Hipótesis</i> | 7 |
| Capítulo II | | 8 |
| Marco Referencial | | 8 |
| 2.1 | <i>Marco Teórico</i> | 8 |
| 2.1.1 | <i>Conceptos Preliminares</i> | 8 |
| 2.1.2 | <i>Potencial Solar</i> | 9 |
| 2.1.3 | <i>Conceptos Básicos de las Energías Renovables</i> | 9 |
| 2.1.4 | <i>Árbol Solar</i> | 9 |
| 2.1.5 | <i>Micromovilidad y Vehículos Eléctricos</i> | 10 |
| 2.1.6 | <i>Módulo Solar</i> | 11 |
| 2.2 | <i>Marco Conceptual</i> | 12 |
| 2.2.2 | <i>Celda Solar</i> | 12 |
| 2.2.3 | <i>Cristal Individual - Células de Silicio</i> | 12 |
| 2.2.4 | <i>Módulo Fotovoltaico (FV)</i> | 17 |
| 2.2.5 | <i>Conectores Fotovoltaicos MC4</i> | 18 |
| 2.2.6 | <i>Batería</i> | 19 |
| 2.2.7 | <i>Inversores para Sistemas FV Autónomos</i> | 21 |
| 2.2.8 | <i>Inversores para Sistemas FV Conectados a la Red</i> | 22 |
| 2.2.9 | <i>Clasificación de Inversores para Sistemas FV Conectados a la Red</i> | 23 |
| Capítulo III | | 26 |
| Requerimientos y Equipos para el Proceso de Carga | | 26 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.1 | Normas..... | 26 |
| 3.2 | Normativas Módulos Fotovoltaicos..... | 27 |
| 3.3 | Norma IEC 61215 - Módulos Fotovoltaicos para Uso Terrestre..... | 28 |
| 3.4 | Ensayos de Caracterización | 29 |
| 3.5 | Ensayos de Degradación | 29 |
| 3.5.1 | <i>Métodos</i> | 29 |
| 3.5.2 | <i>Ensayos Diagnósticos</i> | 30 |
| 3.5.3 | <i>Norma IEC 61730 - Seguridad de los Módulos Fotovoltaicos</i> | 31 |
| 3.5.4 | <i>Norma IEC TS 60904-13:2018 - Electroluminiscencia de Módulos Fotovoltaicos</i> | 35 |
| 3.6 | Normativa de Inversores | 39 |
| 3.6.1 | <i>Norma IEC 61683:2000</i> | 39 |
| 3.6.2 | <i>Norma EN 50530:2000</i> | 39 |
| 3.6.3 | <i>Norma IEC 61727:2004</i> | 40 |
| 3.6.4 | <i>Norma EN 50524</i> | 40 |
| 3.6.5 | <i>Norma IEC 62109</i> | 40 |
| | Capítulo IV..... | 41 |
| | Implementación del Árbol Solar..... | 41 |
| 4.1 | Parámetros Fundamentales | 41 |
| 4.2 | Características Árbol Solar UIDE..... | 43 |
| 4.2.1 | <i>Panel solar Monocristalino 300W</i> | 43 |
| 4.1.2 | <i>Panel Policristalino 150W</i> | 46 |
| 4.2 | Sistema de Gestión de Energía | 49 |
| 4.3 | Batería de Gel 12V-100AH REF. FLG 121000..... | 51 |
| 4.4 | Proceso de Carga de Baterías Árbol Eléctrico | 54 |
| 4.3.1 | <i>Fase de Carga</i> | 55 |

| | |
|---|----|
| 4.3.2 Fase de Absorción..... | 56 |
| 4.3.3 Fase de Flotación | 56 |
| 4.3.4 Análisis de Fallas de Inversores | 56 |
| 4.4 Estimación de la Energía Producida y Disponible del Árbol Solar | 57 |
| 4.5 Escenarios para la Estimación de Energía y Eficiencia del Sistema | 59 |
| 4.5.1 Escenario 1 - Combinación de Equipos..... | 63 |
| 4.5.2 Escenario 2 - Sólo Laptops..... | 65 |
| 4.5.3 Escenario 3 - Sólo Celulares | 67 |
| Conclusiones | 69 |
| Recomendaciones | 71 |
| Bibliografía | 72 |
| Anexos | 75 |
| Rendimiento de los Paneles Solares | 75 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 <i>Generación Moderna de Energía Renovable por Fuente, Mundo</i> | 3 |
| Figura 2 <i>Conjunto Fotovoltaico</i> | 4 |
| Figura 3 <i>Radiación Solar</i> | 9 |
| Figura 4 <i>Árbol Solar</i> | 10 |
| Figura 5 <i>Módulo Solar</i> | 11 |
| Figura 6 <i>Proceso para Obtención de Silicio Puro</i> | 13 |
| Figura 7 <i>Celda Típica de Silicio Monocristalino</i> | 14 |
| Figura 8 <i>Superficie de Celda Texturizada</i> | 15 |
| Figura 9 <i>Contactos sobre Diseño de Rejilla de Celda</i> | 15 |
| Figura 10 <i>Configuraciones de Celdas en Serie y Paralelo</i> | 17 |
| Figura 11 <i>Conector MC4</i> | 19 |
| Figura 12 <i>Baterías para Sistemas Fotovoltaicos Autónomos</i> | 20 |
| Figura 13 <i>Inversores Utilizados para Maximizar el Poder de Salida</i> | 22 |
| Figura 14 <i>Inversores Centrales</i> | 23 |
| Figura 15 <i>Inversores Modulares o String Inverters</i> | 23 |
| Figura 16 <i>Diferencias entre Sistemas Fotovoltaicos Autónomos y Conectados a la Red</i> | 24 |
| Figura 17 <i>Enfoque de la Certificación de Producto</i> | 26 |
| Figura 18 <i>Organismos Certificadores de Sistemas Fotovoltaicos</i> | 27 |
| Figura 19 <i>Principales Normas en Sistemas Fotovoltaicos</i> | 28 |
| Figura 20 <i>Esquema de Ensayos Norma IEC 61215</i> | 28 |
| Figura 21 <i>Esquema para la Medida de la Temperatura de Operación Nominal de Módulo</i> | 29 |
| Figura 22 <i>Esquema para Ensayos de 50 y 200 Ciclos Térmicos</i> | 30 |
| Figura 23 <i>Esquema para Ensayos de 50 y 200 Ciclos Térmicos</i> | 31 |
| Figura 24 <i>Set-up para Ensayo de Electroluminiscencia en Laboratorio</i> | 36 |

| | | |
|-----------|--|----|
| Figura 25 | <i>Presencia de Distintos Tipos de Grietas (A)</i> | 36 |
| Figura 26 | <i>Patrones de Degradación por Degradación Potencial Inducida (B)</i> | 37 |
| Figura 27 | <i>Corrosión Metalización por Humedad (C)</i> | 37 |
| Figura 28 | <i>Interrupción Fingers Metalización (D)</i> | 38 |
| Figura 29 | <i>Discontinuidad en los Tablings (E)</i> | 38 |
| Figura 30 | <i>Presencia de Grietas en Pruebas Electroluminiscencia</i> | 39 |
| Figura 31 | <i>Plataforma del Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica</i> | 42 |
| Figura 32 | <i>Panel Solar Monocristalino Marca Powest</i> | 43 |
| Figura 33 | <i>Dimensiones Panel Solar Marca Powest 300W</i> | 45 |
| Figura 34 | <i>Panel Solar Policristalino Marca Powest</i> | 47 |
| Figura 35 | <i>Módulo para la Gestión de Energía Marca Powest</i> | 50 |
| Figura 36 | <i>Especificaciones Técnicas Módulo de Gestión 3KVA24V</i> | 51 |
| Figura 37 | <i>Batería de Gel 12V-100AH REF. FLG 121000</i> | 52 |
| Figura 38 | <i>Dimensiones Batería de Gel 12V-100AH REF. FLG 121000</i> | 52 |
| Figura 39 | <i>Especificaciones Técnicas Módulo de Gestión 3KVA24V</i> | 53 |
| Figura 40 | <i>Árbol Eléctrico UIDE</i> | 54 |
| Figura 41 | <i>Esquema del Sistema Fotovoltaico</i> | 55 |
| Figura 42 | <i>Probabilidad de Fallas en Sistemas Fotovoltaicos</i> | 57 |
| Figura 43 | <i>Potencia Pico</i> | 58 |
| Figura 44 | <i>Ubicación de los Conectores de Carga para Definir Escenarios de Carga</i> | 59 |
| Figura 45 | <i>Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica de la Comisión Europea</i> | 60 |
| Figura 46 | <i>Ubicación del Árbol Eléctrico</i> | 61 |
| Figura 47 | <i>Ingreso de Información para la Estimación de Rendimiento</i> | 62 |
| Figura 48 | <i>Ingreso de Información para la Estimación de Rendimiento</i> | 63 |
| Figura 49 | <i>Ingreso de Información para la Estimación de Rendimiento</i> | 65 |

| | | |
|-----------|--|----|
| Figura 50 | <i>Ingreso de Información para la Estimación de Rendimiento</i> | 65 |
| Figura 51 | <i>Probabilidad del Estado de Carga de la Batería al Final del Día</i> | 66 |
| Figura 52 | <i>Ingreso de Información para la Estimación de Rendimiento</i> | 67 |
| Figura 53 | <i>Probabilidad del Estado de Carga de la Batería al Final del Día</i> | 68 |

Índice de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1 <i>Diferencias entre los Sistemas Solares Conectados y Desconectados</i> | 25 |
| Tabla 2 <i>Clasificación de Ensayos de Seguridad</i> | 32 |
| Tabla 3 <i>Ensayos de Seguridad del Sistema Fotovoltaico</i> | 33 |
| Tabla 4 <i>Ensayos de Seguridad del Sistema Fotovoltaico</i> | 34 |
| Tabla 5 <i>Especificaciones de los Paneles</i> | 44 |
| Tabla 6 <i>Características del Panel Monocristalino 300W</i> | 46 |
| Tabla 7 <i>Especificaciones del Panel Policristalino 150W</i> | 48 |
| Tabla 8 <i>Especificaciones del Panel Policristalino 150W</i> | 49 |
| Tabla 9 <i>Resumen Estimación de Resultados Escenario 1</i> | 64 |
| Tabla 10 <i>Resumen Estimación de Resultados Escenario 2</i> | 66 |
| Tabla 11 <i>Resumen Estimación de Resultados Escenario 3</i> | 68 |

Resumen

El proyecto tiene como objetivo principal implementar un sistema innovador de recarga para bicicletas eléctricas utilizando energía solar. Se propone la instalación de un "Árbol Eléctrico" equipado con paneles solares monocristalinos en las instalaciones de la Escuela de Ingeniería. Este árbol proporcionará una fuente de energía sostenible y gratuita para recargar bicicletas eléctricas, promoviendo así la movilidad sostenible y reduciendo la dependencia de combustibles fósiles. Inicialmente se investiga y compara distintos tipos de paneles solares, como paneles monocristalinos, policristalinos y de película delgada, para determinar su eficiencia y rendimiento en condiciones específicas. Se diseña una estructura que integre paneles solares monocristalinos en forma de hojas para capturar la energía solar de manera eficiente. Además, se incorporan sistemas de almacenamiento de energía y estaciones de carga para bicicletas eléctricas. Al proporcionar una fuente de energía gratuita para las bicicletas eléctricas, se fomentará el uso de vehículos no contaminantes, contribuyendo así a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y mejorando la calidad del aire en áreas urbanas.

Palabras Clave: bicicletas eléctricas, movilidad sostenible, paneles fotovoltaicos, árbol eléctrico.

Abstract

The main objective of the project is to implement an innovative charging system for electric bicycles using solar energy. The installation of an "Electric Tree" equipped with monocrystalline solar panels is proposed in the facilities of the School of Engineering. This tree will provide a free, sustainable source of energy to recharge electric bicycles, thus promoting sustainable mobility and reducing dependence on fossil fuels. Initially, different types of solar panels, such as monocrystalline, polycrystalline and thin film panels, are investigated and compared to determine their efficiency and performance under specific conditions. A structure is designed that integrates monocrystalline solar panels in the shape of leaves to capture solar energy efficiently. In addition, energy storage systems and charging stations for electric bicycles are incorporated. By providing a free energy source for electric bicycles, the use of non-polluting vehicles will be encouraged, thus contributing to the reduction of greenhouse gas emissions and improving air quality in urban areas.

Keywords: electric bicycles, sustainable mobility, photovoltaic panels, electric tree.

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Tema de Investigación

Implementación de un sistema de árbol eléctrico utilizando paneles solares monocristalinos para recarga de vehículos eléctricos.

1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

La alta demanda del uso de combustibles de origen fósil a nivel mundial cada día crece sobremanera lo que origina que se plantee el uso de nuevas fuentes de energías como las fuentes renovables como la energía hidráulica, solar, eólica, entre otras (Ajayan, 2020).

La energía busca convertir directamente la radiación solar en energía eléctrica (efecto fotoeléctrico), en el cual las celdas fotovoltaicas circulan la luz solar entre sus dos caras produciendo corriente eléctrica. Las instalaciones comunes de sistemas fotovoltaicos cuentan con elementos encargados de regular, producir, almacenar y transformar la energía (Triana, 2020).

Actualmente la energía solar se presenta como una de las alternativas más eficientes y de valor económico más accesible en comparación de otros tipos de energías renovables; se define que un sistema de energía renovable sea eficiente, este debe de capturar la mayor cantidad de energía recibida en un lugar determinado (Toranzo; Cervantes, 2015).

La energía solar fotovoltaica transforma los rayos en electricidad a través de los paneles solares o de las células fotovoltaicas. Los paneles solares están fabricados por silicio que, al ser excitado por la luz solar, permite que se muevan los electrones y se genere corriente eléctrica.

1.2.1 Planteamiento del Problema

Uno de los problemas para la implementación de autos eléctricos son las estaciones de recarga. Frente a esto aparece el Energy Tree, un proyecto que bajo la apariencia de un árbol puede generar energía eléctrica.

Algunos países ya están implementando esta tecnología, por ejemplo, la Junta de Gobierno Local de Valencia, a iniciativa de la concejalía de Emergencia Climática y Transición Energética, ha aprobado la instalación de cuatro puntos de recarga para bicicletas, scooters y monopatines, así como teléfonos y otros dispositivos, que tendrán forma de árbol, además de tres instalaciones de pavimento generadores de energía eléctrica en distintos puntos de la ciudad (Valenciaplaza.com, 2022).

Para reducir las emisiones de CO₂ y la contaminación atmosférica local, el mundo necesita cambiar rápidamente hacia fuentes de energía bajas en carbono: tecnologías nucleares y renovables.

Las energías renovables desempeñan un papel clave en la descarbonización de nuestros sistemas energéticos en las próximas décadas. Pero ¿con qué rapidez está cambiando la producción de energía renovable? ¿Qué tecnologías parecen más prometedoras para transformar nuestra combinación energética?

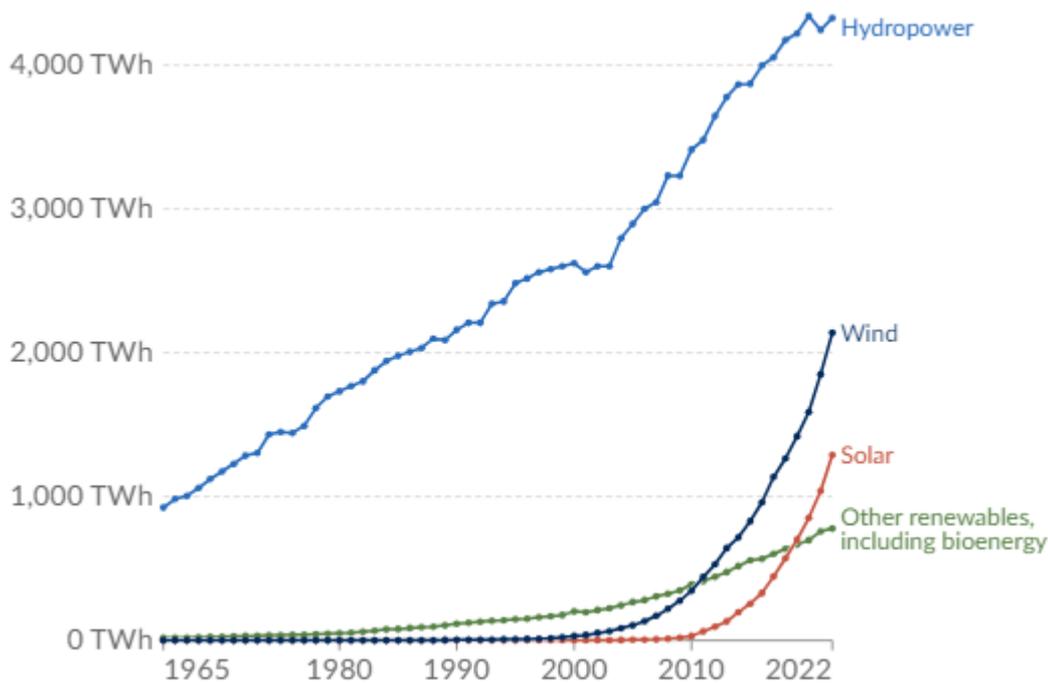
Las fuentes de energía renovables incluyen la energía hidroeléctrica, solar, eólica, geotérmica, bioenergía, undimotriz y mareomotriz.

No incluyen los biocombustibles tradicionales, que pueden ser una fuente de energía clave, especialmente en los países de bajos ingresos.

En 2019, alrededor del 11% de la energía primaria mundial provino de tecnologías renovables. El consumo de energía representa la suma de la electricidad, el transporte y la calefacción (Figura 1).

Figura 1

Generación Moderna de Energía Renovable por Fuente, Mundo



Fuente: Datos anuales de electricidad de Ember; la Revista Europea de Electricidad de Ember; Estadística del Instituto de Energía. Revisión de la energía mundial. OurWorldInData.org/energía-renovable.

Con la creciente amenaza del cambio climático debido a la liberación excesiva de emisiones de carbono, muchas naciones buscan alternativas de energía limpia para reemplazar los combustibles fósiles tradicionales.

De todas las alternativas de energía limpia, podría decirse que la solar ha sido la más cara, aunque los precios han ido bajando. Sin embargo, después de considerar los pros y los contras junto con la expectativa de que los precios seguirán bajando, el futuro de la energía solar parece bastante brillante (Investopedia.com, 2023).

La luz radiante y el calor del sol tienen un potencial energético abundante. La energía tiene potencial para ser utilizada más intensivamente en el presente y en el futuro.

Durante el siglo pasado, el mundo ha estado utilizando combustibles fósiles como el petróleo crudo y el carbón como combustible. Sin embargo, tienen impactos socioambientales negativos inducidos por el carbono, emisiones de dióxido de carbono a pesar de ser más convenientes y baratas que otras fuentes alternativas.

Según Baljit y Othman (2009), los combustibles fósiles se están agotando gradualmente y las centrales eléctricas están teniendo un gran impacto en el clima global y las demandas de energía están aumentando. Esto atrajo a científicos para explorar fuentes de energía más limpias y ambientalmente benignas, como la solar; que es respetuosa con el medio ambiente, está disponible en abundancia y puede suministrarse sin ningún tipo de impacto medioambiental (Tyagi et al., 2012).

Varios módulos forman un panel fotovoltaico típico que se puede conectar en una configuración de cadena para lograr la corriente y el voltaje deseados en la entrada del inversor. Un número de paneles fotovoltaicos conectados en una configuración de cadena se conoce típicamente como conjunto fotovoltaico (Figura 2).

Figura 2

Conjunto Fotovoltaico



Tomado de: <https://etap.com/es/renewable-energy/photovoltaic-array-fundamentals>

1.2.2 Formulación del Problema

¿La energía solar se ha convertido en una de las alternativas más eficientes para solucionar problemáticas energéticas, siendo una herramienta sumamente importante para el desarrollo sostenible y un avance a las generaciones futuras, es posible su uso en sistemas de carga de vehículos?

1.2.3 Sistematización del Problema

- ¿Cuáles son las novedades relacionadas al principio de funcionamiento y características de cada elemento de los sistemas fotovoltaicos autónomos y conectados a red?
- ¿Cuáles son los requerimientos y equipos de comprobación usados en el proceso de carga de los vehículos eléctricos para micromovilidad?
- ¿Qué cantidad de energía es producida y está disponible del Árbol Solar en función del tipo de paneles utilizados?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

- Implementar un sistema de árbol fotovoltaico mediante paneles monocristalinos siguiendo las normativas y especificaciones técnicas para la recarga de vehículos eléctricos utilizados en micromovilidad.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar un estudio del principio de funcionamiento y características de cada elemento de los sistemas fotovoltaicos autónomos y conectados a red.
- Establecer los requerimientos y equipos de comprobación usados en el proceso de carga de los vehículos eléctricos para micromovilidad.
- Estimar la energía producida y disponible del Árbol Solar en función del tipo de paneles utilizados.

1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación

La presente investigación se enfoca en implementar un sistema de árbol eléctrico que utiliza paneles monocristalinos para recarga de vehículos eléctricos usados en micromovilidad, para lo cual se determinan los factores más importantes.

1.4.1 Justificación Teórica

Para implementar el árbol de energía solar, se realiza una estimación de las necesidades de carga de los vehículos eléctricos para micromovilidad en la ciudad de Guayaquil, se obtendrán datos para evaluar el recurso energético que puede usar para el proceso de carga de vehículos eléctricos usados en la ciudad. El agotamiento de fuentes de combustibles fósiles, el cambio climático, y el incremento de la demanda energética vuelven indispensables fuentes de energía renovables, en Ecuador y el mundo.

1.4.2 Justificación Metodológica

La aplicación de técnicas o mecanismos que permiten a los conductores comprender los factores que influyen en la incidencia de una conducción eficiente y como estas se ven reflejadas en la reducción en el consumo de combustible, por ende, presenta disminución en las emisiones gases de efecto invernadero (GEI). Estas técnicas han sido ampliamente estudiadas a lo largo del tiempo con la finalidad de impulsar a los conductores a poner en práctica acciones de manejo eficiente. Considerando que la conducción ecológica es la implementación de una serie de estrategias, incluidas técnicas de conducción, mantenimiento del vehículo y acciones no relacionadas con la conducción, que reducen la cantidad de combustible que usa el vehículo.

1.4.3 Justificación Práctica

Es de conocimiento general que el parque automotor es uno de los sectores que presentan un alto consumo de combustibles fósiles lo cual repercute en la emisión directa de GEI que han contribuido al cambio climático global, para lo cual se han impulsado mecanismos

sostenibles y eficientes que contribuyan a la reducción en la emisión de estos gases (Posso Espinosa, 2020).

El resultado de la investigación permite dar a conocer como la implementación de técnicas de conducción eficiente pueden significar un cambio en el consumo de combustible y en la disminución en las emisiones de GEI considerando los vehículos M1 en Guayaquil.

1.4.4 Delimitación Temporal

El proyecto se realiza desde el mes de enero de 2023 hasta octubre de 2023, periodo de tiempo en el que se permite ejecutar la investigación y desarrollar el proyecto.

1.4.5 Delimitación Geográfica

El sistema de árbol eléctrico de paneles monocristalinos en la ciudad de Guayaquil se implementa en la Universidad Internacional del Ecuador sede Guayaquil en la Escuela de Ingeniería Automotriz, el proyecto sirve como fuente de energía para recarga de los vehículos eléctricos para micromovilidad.

1.4.6 Delimitación del Contenido

Se estima el potencial solar en la Universidad Internacional del Ecuador para un sistema de árbol solar con paneles monocristalinos, se determina el potencial necesario para recarga de los vehículos eléctricos para micromovilidad.

Al final y de manera concisa se detallan las conclusiones y recomendaciones que se obtienen después de obtener los resultados.

1.5 Hipótesis

La implementación de un árbol solar en la Escuela de Ingeniería Automotriz aprovechará eficientemente la energía solar, y servirá como fuente de energía renovable y amigable con el medioambiente para recarga de vehículos eléctricos usados en micromovilidad.

Capítulo II

Marco Referencial

2.1 Marco Teórico

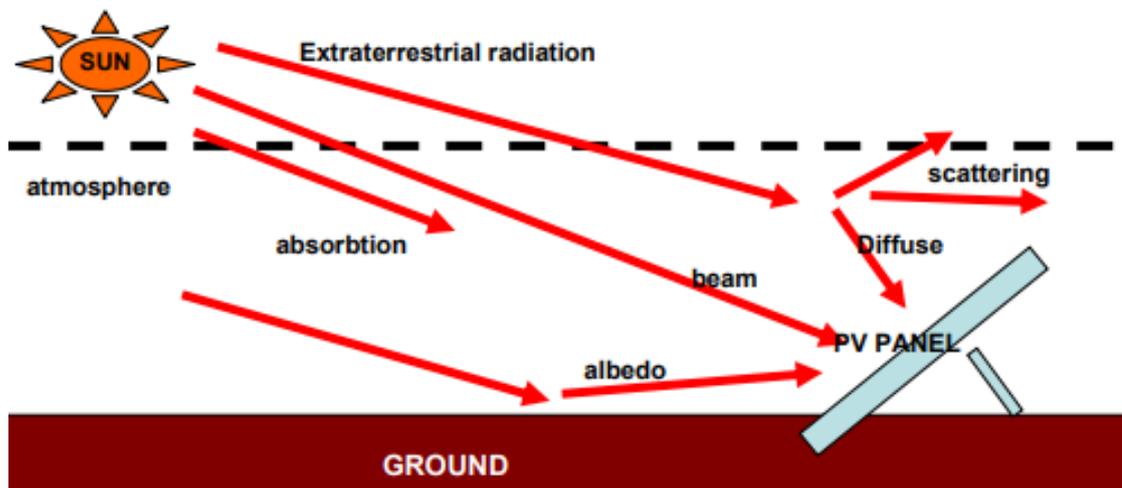
La base de la tecnología fotovoltaica se ha establecido sobre el principio de efecto fotovoltaico que fue observado por primera vez en 1839 por Edmond Becquerel, para el mejoramiento de los servicios públicos, donde este tipo de energía podría tener una gran incidencia, y un cambio progresivo en la manera del uso de la energía, para ello, es importante tener en cuenta la tecnología fotovoltaica para la consecución de energía, dado que los sistemas fotovoltaicos funcionan con dicho efecto para convertir la energía lumínica del sol en energía eléctrica.

En la actualidad existen dos grandes técnicas para la generación de energía eléctrica solar: la generación fotovoltaica y generación de energía solar. Hay algunas ventajas de la tecnología solar fotovoltaica, como la ausencia de ruido, fricción mecánica y piezas giratorias, pero existen altos costos de generación y problemas de ineficiencia (Fraunhofer.de, 2023)

2.1.1 *Conceptos Preliminares*

El calor y la luz del sol proporcionan una fuente de energía que puede utilizarse en diversas maneras. Hay variedades de tecnologías solares que se han desarrollado, incluidas sistemas de calefacción solar, refrigeración y sistemas solares fotovoltaicos. El diseño del sistema fotovoltaico depende de evaluación de la radiación solar del sol.

El sol actúa como emisor de radiación solar, con promedio de $1000\text{W}/\text{m}^2$ en condiciones de prueba estándar. Se muestra en la Figura 3 que cuando la radiación solar ingresa a la atmósfera terrestre, parte de la energía incidente siendo eliminado por dispersión y absorción por partículas en la tierra.

Figura 3*Radiación Solar*

Tomado de: http://utpedia.utp.edu.my/id/eprint/819/1/FINAL_REPORT.pdf

2.1.2 Potencial Solar

Es la energía que emite el sol en forma de radiación electromagnética y llega a la atmósfera. La unidad de medida de esta energía son los vatios por metro cuadrado (W/m^2) (Viloria et al., 2012).

2.1.3 Conceptos Básicos de las Energías Renovables

Las energías renovables a aquellas fuentes energéticas basadas en la utilización del sol, el viento, el agua o la biomasa vegetal o animal. No utilizan, como las convencionales, combustibles fósiles, sino recursos capaces de renovarse ilimitadamente. Su impacto ambiental es de menor magnitud dado que además de no emplear recursos finitos, no generan contaminantes (Triana, 2020).

2.1.4 Árbol Solar

Un árbol solar es un sistema fotovoltaico de visibilidad tecnológica y paisajística que aprovecha la energía solar para producir energía eléctrica.

El voltaje por generar, para el caso de árboles solares, puede ser:

- Voltaje de Corriente Directa (VCD) – 12V.

- Voltaje de Corriente Alterna (VCA) – 220V.

En Israel se instaló una tecnología llamada e-Tree el cual cuenta con varios paneles solares que le permiten la carga para aparatos eléctricos y conexión Wi-fi gratuita (Figura 4). La energía producida por el sistema activa una pantalla que proporciona contenidos de educación ambiental e información sobre distintos indicadores medioambientales a los turistas (Triana, 2019).

El E-Tree se ha incorporado en el parque Ramat Hanadiv en Zichron Ya'acov, un parque israelí que trata de concienciar a sus turistas de la importancia de la huella ecológica (Velez, 2018).

Figura 4

Árbol Solar



Tomado de: <https://www.greenenergy.com.pe/arboles-solares/>

2.1.5 Micromovilidad y Vehículos Eléctricos

La micromovilidad se refiere a una modalidad de transporte que ocurre a través de vehículos muy ligeros como patinetes eléctricos, monopatines eléctricos, bicicletas compartidas y bicicletas con asistencia como las bicilec/pedelec.

Aunque no existe una definición universal de micromovilidad, el Instituto de Políticas para el Transporte y Desarrollo (ITPD) define como vehículos de micromovilidad aquellos con propulsión humana o eléctrica que pueden ser compartidos o particulares y de velocidad baja (hasta 25 km/h) o algunas veces moderada (hasta 45 km/h). Otras definiciones se basan en una masa bruta del vehículo de hasta 500 kg (Micromovilidad, 2023).

2.1.6 Módulo Solar

El módulo fotovoltaico, también conocido como panel o placa solares, es el dispositivo que capta la energía solar para iniciar el proceso de transformación en energía sostenible. El material semiconductor del que está recubierto que suele ser el silicio, un elemento básico para cada una de las células solares es sensible a la luz y genera electricidad al recibir la radiación solar gracias al fenómeno físico conocido como efecto fotovoltaico (Figura 5).

Figura 5

Módulo Solar



Tomado de: <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/fotovoltaica/>

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 *Módulo Solar Monocristalino*

Según Gary Cook, Lynn Billman y Rick Adcock en su publicación “Fundamentos Fotovoltaicos” para el Departamento de Energía de los Estados Unidos (1995), describen conceptos importantes para el desarrollo de esta investigación que se describen dentro de esta sección.

2.2.2 *Celda Solar*

La celda es el elemento práctico más pequeño que aprovecha el efecto fotovoltaico para generar electricidad. Aunque hay muchos materiales semiconductores disponibles, el silicio monocristalino es actualmente la opción más popular para las celdas comerciales (Cook et al., 1995).

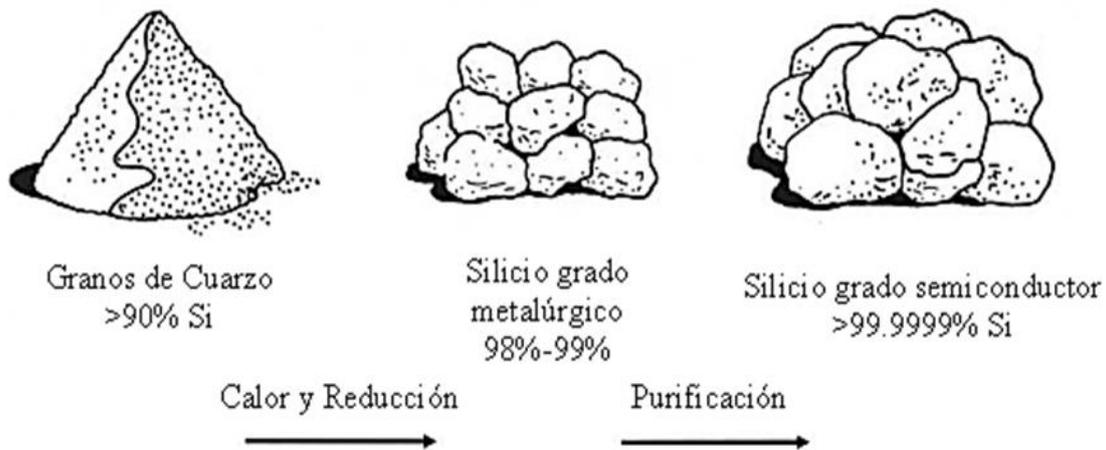
2.2.3 *Cristal Individual - Células de Silicio*

El silicio uno de los materiales más desarrollados para esta aplicación tiene propiedades que, Cook G., Billman L. y Adcock R. (1995) en su trabajo Fundamentos Fotovoltaicos para el Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE) afirma:

El silicio es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre (el oxígeno es el más abundante). El silicio se presenta con mayor frecuencia en la naturaleza como dióxido de silicio (sílice, SiO_2) y como silicatos (compuestos que contienen silicio, oxígeno, metales, y tal vez hidrógeno).

La arena y el cuarzo son dos de sus formas más comunes. La arena generalmente es demasiado impura para ser procesada en silicio, pero los depósitos de cuarcita de alto grado pueden tener casi un 99% de sílice puro (Figura 6).

Esta sílice se procesa en un 98%-99% de silicio de grado metalúrgico para convertirlo en el silicio que finalmente se convierte en el material básico de una celda solar de silicio.

Figura 6*Proceso para Obtención de Silicio Puro*

Tomado de: <https://www.nrel.gov/docs/legosti/old/16319.pdf>

Para obtener el silicio puro requerido para las células solares, los granos de cuarcita, que son 90 % de silicio, se calientan y reducen para producir silicio de grado metalúrgico, que tiene una pureza del 98 % al 99 %.

Luego, este material se refina para producir silicio de grado semiconductor, un producto que tiene al menos un 99,9999 % de silicio puro.

Para convertir este silicio de alta pureza en un solo cristal, generalmente se usa el método Czochralski (Cz) o el método de la zona de flotación (FZ).

En el proceso Cz, un cristal semilla se sumerge en un crisol de silicio fundido y se extrae lentamente, extrayendo un monocristal cilíndrico.

En el proceso FZ, una barra de silicio se coloca encima de un cristal semilla y se baja a través de bobinas electromagnéticas, que calientan y derriten el silicio para formar un solo cristal.

Después del crecimiento, los monocristales cilíndricos se cortan en finas obleas para su procesamiento en células.

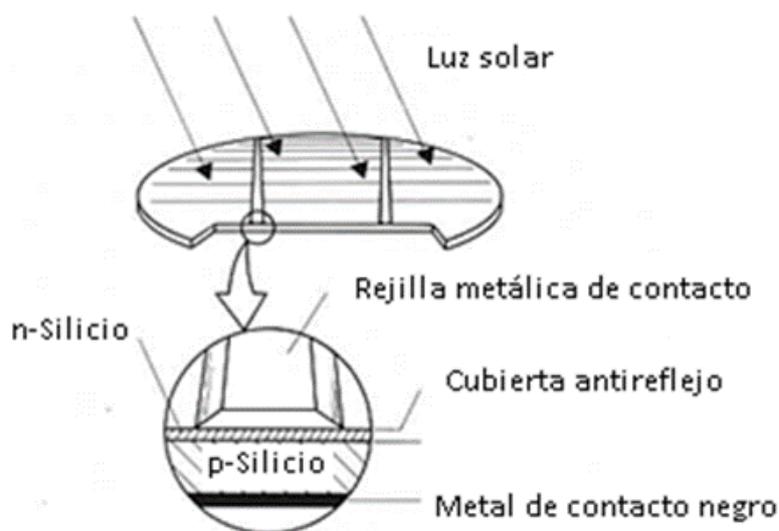
Se puede evitar algunos de los gastos de los procesos Cz y Fz haciendo crecer láminas cristalinas planas de silicio.

La técnica de la red dendrítica utiliza semillas parecidas a alambres para extraer el silicio de la masa fundida; una red de silicio monocristalino se forma entre las semillas. Después de fabricar la oblea de silicio, se construye la celda fotovoltaica.

La celda típica (Figura 7) consta de una rejilla, un revestimiento antirreflectante, n-silicio, p-silicio y un contacto de metal posterior. El revestimiento antirreflectante, fabricado con capas de monóxido de silicio, reduce el reflejo de la luz en la superficie superior de la celda.

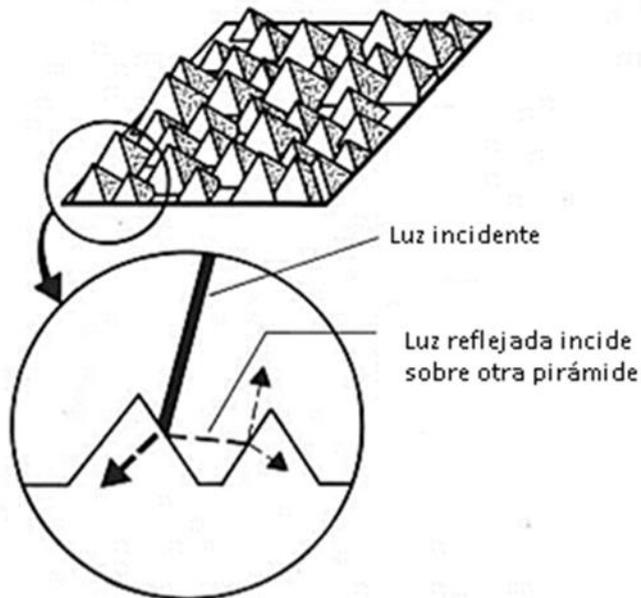
Figura 7

Celda Típica de Silicio Monocristalino



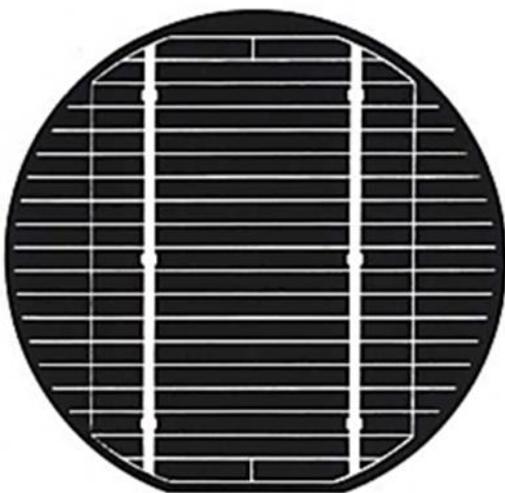
Tomado de: <https://www.nrel.gov/docs/legosti/old/16319.pdf>

Otra forma de reducir la reflexión es texturizar la superficie superior de una celda. La combinación de texturizado con revestimiento antirreflectante puede reducir el reflejo a menos del 2 % de la luz entrante (Figura 8).

Figura 8*Superficie de Celda Texturizada*

Tomado de: <https://www.nrel.gov/docs/legosti/old/16319.pdf>

Los contactos eléctricos conectados a una celda fotovoltaica recogen los portadores de carga fotogenerados y permiten que la celda se convierta en parte de un circuito eléctrico (Figura 9).

Figura 9*Contactos sobre Diseño de Rejilla de Celda*

Tomado de: <https://www.nrel.gov/docs/legosti/old/16319.pdf>

El silicio monocristalino es solo uno de los muchos materiales semiconductores adecuados para fotovoltaica. Las características importantes de los materiales fotovoltaicos incluyen propiedades electrónicas, absorptividad, ancho de banda y costo.

Además del silicio monocristalino, los materiales fotovoltaicos más importantes de la actualidad incluyen silicio semicristalino, silicio amorfo, películas delgadas policristalinas y arseniuro de galio.

2.2.4 Sistema Fotovoltaico On Grid y Off-Grid

On grid: Los sistemas On Grid, se caracterizan por devolver energía sobrante a la red eléctrica de la empresa proveedora de energía, en lugar de almacenarla en baterías. De esta forma, la empresa abona al cliente la energía generada

Off grid: Un sistema Off Grid, es un sistema de generación fotovoltaica autónomo que no se encuentra conectado a la red eléctrica. Este sistema se compone por paneles solares, regulador de carga, un inversor y baterías solares. Con este equipamiento obtendrás un sistema de generación de energía eléctrica aislado, sin necesidad de la conexión a la red Eléctrica.

Básicamente, los componentes de una central fotovoltaica para autoconsumo son 8, más uno opcional y apenas varían si la misma está conectada a la red eléctrica o aislada. La única diferencia entre ambos sistemas es que, en el caso de las instalaciones aisladas, la electricidad no utilizada puede almacenarse en baterías solares. Por lo demás, tanto las partes de los paneles fotovoltaicos, como los componentes de instalación de ambas opciones tienen los siguientes elementos en común:

- Un conjunto de paneles fotovoltaicos.
- Optimizadores.
- Reguladores de carga.
- Inversores de corriente.
- Soportes.

- Baterías.
- Equipos de seguridad y conexión a tierra.
- Cableado eléctrico.
- Seguidores solares (opcionales).

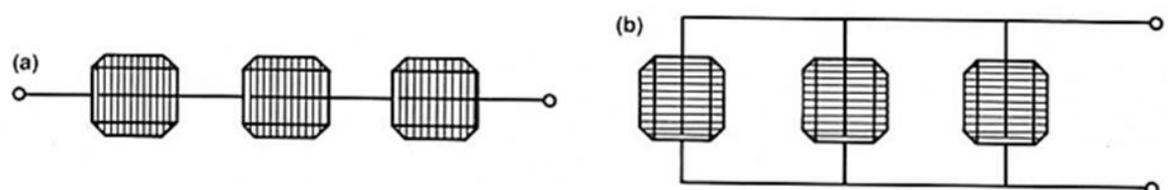
2.2.5 Módulo Fotovoltaico (FV)

Un panel fotovoltaico es un conjunto interconectado de celdas solares y es el componente básico de un sistema fotovoltaico. Un panel o módulo fotovoltaico se compone de una parte frontal transparente, con un perfil de goma, un vidrio frontal, un material de incrustamiento, encapsulado, celdas solares y lámina posterior. Está enmarcado con un marco de aluminio anodizado, en ocasiones con un acero inoxidable o con un marco de plástico. El material de la parte delantera (superestrato) es generalmente baja en hierro y el vidrio templado (Figura 10).

Los materiales posteriores comúnmente utilizados (sustratos) son el etileno-vinilo-acetato (EVA) y el polivinilo butiral (PVB). De acuerdo con la tecnología utilizada en las celdas solares, los paneles fotovoltaicos están clasificados como monocristalinos, policristalinos y paneles solares amorfos, y estos últimos también se conocen como paneles de película delgada o capa fina (Cook et al., 1995).

Figura 10

Configuraciones de Celdas en Serie y Paralelo



Tomado de: <https://www.nrel.gov/docs/legosti/old/16319.pdf>

El rendimiento de un panel fotovoltaico es generalmente medido en condiciones standard de ensayo (Standard Test Conditions o STC): radiación de 1000 W/m² (incidencia normal), distribución espectral AM 1.5 y temperatura de la célula a 25 ° C.

La medida más interesante es la eficiencia del panel, o qué porcentaje de energía de la luz que incide en el panel se convierte en electricidad.

La eficiencia de la celda solar no es igual a la eficiencia del panel.

La eficiencia del panel es generalmente de 1 a 3% inferior a la eficiencia de las celdas solares debido a la reflexión de vidrio, marco de sombra, las temperaturas más altas, etc.

Los paneles solares soportan el calor, el frío, lluvia y granizo durante muchos años.

Los módulos fotovoltaicos de silicio cristalino garantizan una producción eléctrica durante 10 años en el 90% de la producción de potencia nominal y 25 años en un 80%.

El panel solar monocristalino cuenta con unas excelentes características técnicas para climas que habitualmente tienen nubes, tormentas y con temperaturas máximas no muy altas, esto es debido a que la sensibilidad del panel solar monocristalino consigue la máxima radiación solar en bajas temperaturas y no resiste demasiado bien el sobrecalentamiento.

2.2.6 Conectores Fotovoltaicos MC4

El MC4 (significa el fabricante Multi-Contact y el 4 para el pin de contacto de 4 mm de diámetro) es un conector de un solo contacto, utilizado de forma generalizada para paneles fotovoltaicos (Figura 11).

Los conectores MC4 permiten que se puedan crear fácilmente cadenas de paneles, juntando a mano los conectores de paneles adyacentes, aunque requiere una herramienta para desconectarlos, a fin de asegurar que no se desconectan accidentalmente cuando se tira de ellos (PanelFotovoltaico, 2023).

Figura 11*Conector MC4*

Tomado de: <https://solarever.com.mx/producto/conectores-mc4/>

Los MC4 y productos compatibles son universales en el mundo solar hoy en día, equipando a la inmensa mayoría de paneles solares producidos a partir de 2011.

Originalmente preparados para 600 V, las versiones actuales están capacitadas para 1500 V, lo que permite que se creen cadenas de paneles aún mayores (PanelFotovoltaico, 2023).

2.2.7 Batería

En sistemas fotovoltaicos autónomos, el uso directo de la energía como medio de almacenamiento puede no ser deseable o incluso imposible. En tales casos, las baterías son la alternativa más común.

Pero las baterías tienen algunos inconvenientes. Por ejemplo, disminuyen la eficiencia del sistema fotovoltaico, ya que solo se puede recuperar aproximadamente el 80% de la energía canalizada hacia ellos.

También se suman al gasto del sistema fotovoltaico y duran solo entre cinco y diez años. Ocupan un espacio considerable, plantean algunos problemas de seguridad y requieren mantenimiento periódico.

Al igual que las celdas fotovoltaicas, las baterías (Figura 12) son dispositivos de corriente continua y son directamente compatibles solo con descargas.

Figura 12

Baterías para Sistemas Fotovoltaicos Autónomos



Tomado de: <https://www.nrel.gov/docs/legosti/old/16319.pdf>

Respecto a las baterías para esta aplicación, Cook G., Billman L. y Adcock R. (1995) en su trabajo “Fundamentos Fotovoltaicos” para el Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE) afirma:

En el lado positivo, las baterías no solo almacenan energía eléctrica, sino que también pueden servir como acondicionadores de energía. Al ser parte del circuito en el que fluye la electricidad del suministro FV, la batería mantiene la carga eléctrica casi constante y el conjunto fotovoltaico puede diseñarse para operar más cerca de su potencia de salida óptima.

Hoy en día, existen varios tipos de baterías diseñadas específicamente para sistemas fotovoltaicos; las más comunes son las baterías de plomo-ácido y las baterías de níquel-cadmio. Aunque las baterías de níquel cadmio cuestan más que sus contrapartes de plomo-ácido, generalmente duran más, requieren menos mantenimiento y pueden resistir más condiciones extremas.

La mayoría de las baterías deben protegerse contra sobrecargas y descargas excesivas, que pueden provocar la pérdida de electrolitos e incluso dañar o arruinar las placas de la batería.

La protección suele estar a cargo de un controlador de carga, que también mantiene el voltaje del sistema.

La mayoría de los controladores de carga también tienen un mecanismo que evita que la corriente fluya de la batería al arreglo durante la noche. Un mecanismo de estado sólido que hace esto es un diodo de bloqueo, que restringe el flujo de electricidad en una dirección, impidiendo que la electricidad entre en la matriz y protegiendo así la matriz de daños y ahorrando energía.

2.2.8 Inversores para Sistemas Fotovoltaicos Autónomos

Los acondicionadores de energía procesan la electricidad producida por un sistema fotovoltaico para que sea adecuada para satisfacer las demandas específicas de la carga. Aunque la mayor parte de este equipo es estándar, es extremadamente importante hacer coincidir las capacidades de estos dispositivos con las características de la carga.

Los acondicionadores de energía pueden tener que limitar la corriente y el voltaje para maximizar la potencia de salida, convertir la potencia en potencia de Corriente Alterna (CA), hacer coincidir la electricidad de CA convertida con una utilidad red eléctrica de CA, y salvaguardar el sistema de red de servicios públicos y su personal de posibles daños durante las reparaciones.

Los requisitos de los acondicionadores de energía generalmente dependen del tipo de sistema con el que están integrados y las aplicaciones de ese sistema.

Para las aplicaciones de, el acondicionamiento de energía a menudo se logra con reguladores, que controlan la salida a un nivel constante de voltaje y corriente para maximizar la salida.

Para las cargas de corriente alterna, el acondicionamiento de energía debe incluir un inversor que convierta la corriente continua generada por el conjunto de elementos fotovoltaicos en corriente alterna.

Esencialmente, un inversor (Figura 13) es un conjunto de interruptores automáticos que proporcionan inversiones de polaridad de la matriz solar. La forma de la forma de onda de salida está determinada por la calidad y el costo del inversor.

Figura 13

Inversores Utilizados para Maximizar el Poder de Salida



Tomado de: <https://ecofener.com/>

2.2.9 Inversores para Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red

La mayoría de los demás equipos relacionados con la energía se colocan en un sistema fotovoltaico porque el sistema está conectado a una red eléctrica. En tales casos, es importante que los medidores registren las cantidades de electricidad que se venden y se compran a la empresa de servicios públicos. Otros elementos del equipo del sistema fotovoltaico que las empresas de servicios públicos pueden requerir son interruptores de bloqueo automático o transformadores de aislamiento.

Los dispositivos aseguran que los sistemas fotovoltaicos y de red pública se separen si hay una falla en la red. Si se permitiera que un sistema fotovoltaico enviara electricidad a una red de servicios públicos que está apagada, esto crearía un peligro para la seguridad de los trabajadores de servicios públicos.

2.2.10 Clasificación de Inversores para Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red

Los inversores solares de conexión a red son dispositivos básicos en instalaciones de energía renovable, ya que su función reside en cambiar el voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o diseñador. A continuación, se muestran varias configuraciones que permiten a un sistema fotovoltaico conectarse a la red.

- Inversores centrales (Figura 14).
- Inversores modulares (Figura 15).
- Microinversores.

Figura 14

Inversores Centrales



Tomado de: <https://www.nrel.gov/docs/legosti/old/16319.pdf>

Figura 15

Inversores Modulares o String Inverters



Tomado de: <https://www.nrel.gov/docs/legosti/old/16319.pdf>

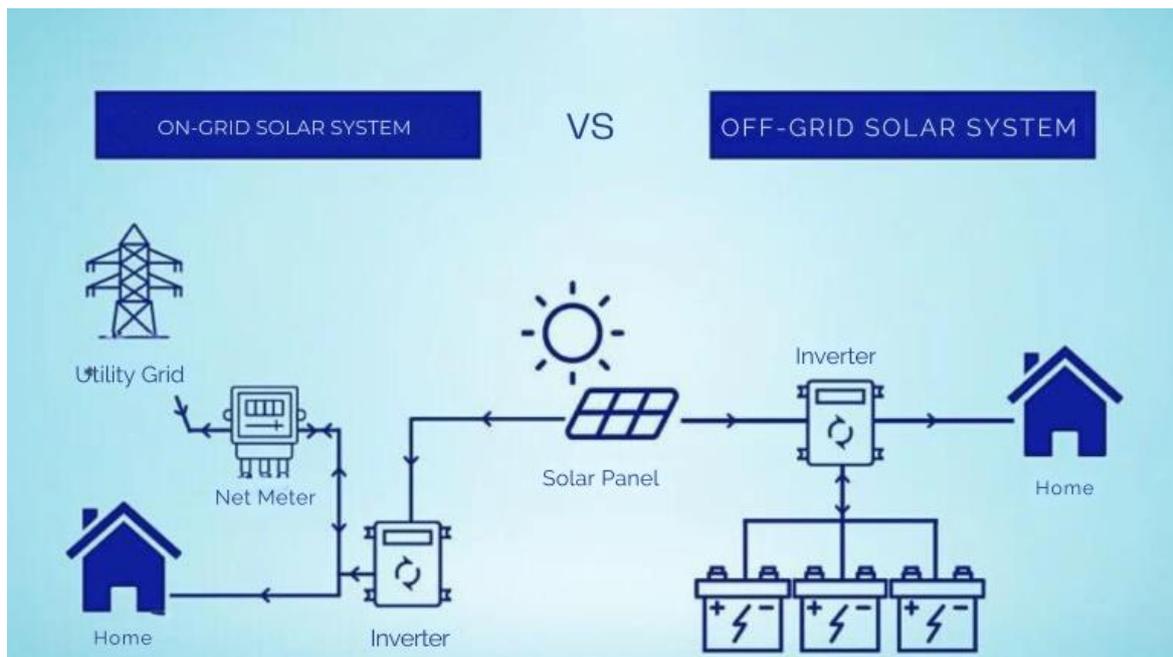
2.2.11 Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

Estos sistemas se definen como formas para generar energía solar por medio de proyectos fotovoltaicos, siendo los sistemas off grid instalaciones completamente independientes, mientras que los on grid se respaldan por la red eléctrica. Hay dos tipos principales de sistemas solares: conectados a la red y fuera de la red.

Los sistemas conectados a la red se conectan a la red eléctrica y complementan la energía que recibe de su empresa de servicios públicos. Por el contrario, los sistemas fuera de la red son completamente independientes y dependen del almacenamiento en baterías (Figura 16).

Figura 16

Diferencias entre Sistemas Fotovoltaicos Autónomos y Conectados a la Red



Tomado de: <https://avaada.com/difference-between-on-grid-and-off-grid-solar-system/>

Existen varias diferencias entre los sistemas solares conectados y desconectados de la red, en la Tabla 1 se pueden apreciar algunas de estas diferencias.

Tabla 1*Diferencias entre los Sistemas Solares Conectados y Desconectados*

| Aspectos | Sistemas On-Grid | Sistemas Off-Grid |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Conexión a la Red | <ul style="list-style-type: none"> • Están conectados a la red eléctrica. Generan energía durante el día y devuelven el exceso de energía a la red. Cuando los paneles solares no generan electricidad, el sistema toma energía de la red | <ul style="list-style-type: none"> • No dependen de la red. Almacenan el exceso de energía en baterías y dependen completamente de esta energía almacenada para obtener energía cuando no brilla el sol. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Almacenamiento de energía | <ul style="list-style-type: none"> • No requiere baterías para almacenar el exceso de energía para su uso durante días nublados o de noche. | <ul style="list-style-type: none"> • Requerir baterías para almacenar el exceso de energía para su uso durante días nublados o por la noche. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Costo | <ul style="list-style-type: none"> • Menos costoso que fuera de la red | <ul style="list-style-type: none"> • Más caro debido al coste de las baterías y del equipo adicional necesario para el almacenamiento de energía. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento | <ul style="list-style-type: none"> • El mantenimiento de los sistemas conectados a la red es generalmente más sencillo, ya que no requieren mantenimiento de la batería. | <ul style="list-style-type: none"> • Requiere más mantenimiento |
| <ul style="list-style-type: none"> • Aseguramiento de la energía | <ul style="list-style-type: none"> • Cuando la red funciona correctamente, tiene un alto grado de confiabilidad. Sin embargo, podrían sufrir cortes de energía si falla la red. | <ul style="list-style-type: none"> • Ofrece energía confiable, incluso durante cortes de red, lo que los hace adecuados para áreas remotas o rurales donde el acceso a la red no es confiable. |

Capítulo III

Requerimientos y Equipos para el Proceso de Carga

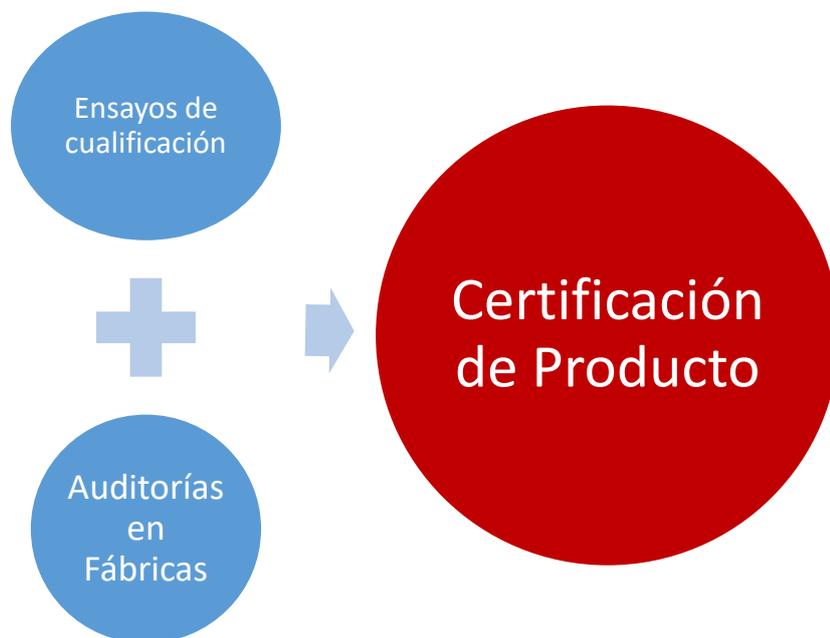
En este capítulo se definen los requerimientos y equipos usados dentro del proceso de carga para vehículos eléctricos que apoyan al micromovilidad y se especifican las normas para los diferentes componentes del árbol eléctrico.

3.1 Normas

Es importante que los componentes del sistema cuenten con el cumplimiento de normas o certificaciones que, desde el punto de vista del usuario final, sirvan para asegurar que los productos son confiables, tengan un funcionamiento razonable y mantenido durante años, así como evitar riesgos durante la instalación y operación del sistema (Figura 17).

Figura 17

Enfoque de la Certificación de Producto



Desde el punto de vista de diseñadores y fabricantes, las normas y certificaciones permiten poner a prueba los diseños frente a parámetros comunes y definir el alcance de las garantías.

Existen distintos tipos de certificados, que dependen del esquema de certificación, normal y nivel de inspección de la producción. Los más frecuentes en componentes fotovoltaicos son los certificados de conformidad y de producto.

3.2 Normativas Módulos Fotovoltaicos

Según Díaz, J. (2017) en su trabajo “Últimos desarrollos en métodos de ensayo para sistemas fotovoltaicos” para el Centro Nacional de Energías Renovables Gobierno de España, indica que existen distintos organismos normalizadores a nivel global, la figura 18 muestra varios de estos organismos, las certificaciones más extendidas están basadas en la normativa UL (Underwriters Laboratories) e IEC (International Electrotechnical Commission).

Figura 18

Organismos Certificadores de Sistemas Fotovoltaicos



Tomado de: <https://www.irena.org/>

A continuación, se mencionan las normas (Figura 19) bajo las cuales los laboratorios acreditados prueban los productos para la emitir los certificados que aseguran, mediante auditorías de fabricación, que los procesos usados para los productos probados en los laboratorios se mantienen para toda la producción vendida: 60891, 60904, 61194, 61215, 61345, 61646, 61683, 61702, 61721, 61727, 61730, 61829, 61853, 62093, 62108, 62109, 62116, 62124, 62257, 62446.

Figura 19

Principales Normas en Sistemas Fotovoltaicos



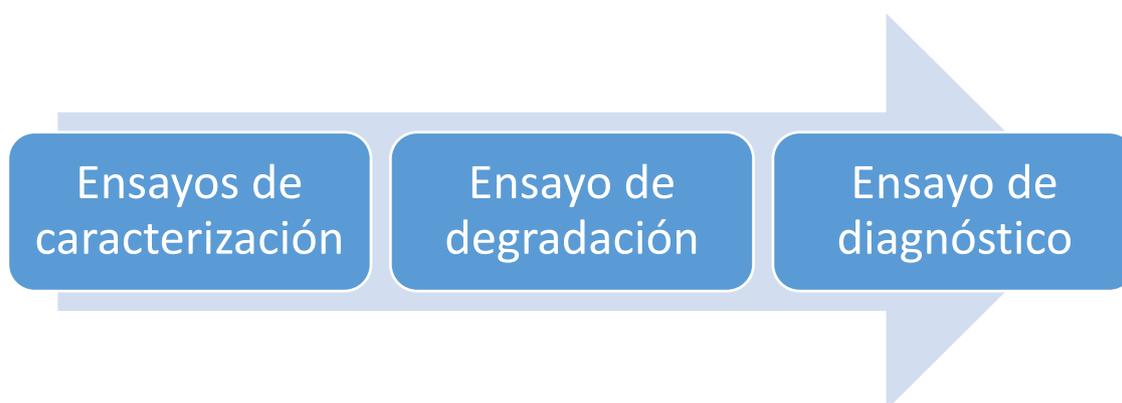
Tomado de: <https://www.irena.org>

3.3 Norma IEC 61215 - Módulos Fotovoltaicos para Uso Terrestre

La norma IEC 61215 orienta sobre las cualidades del diseño y homologación de los módulos fotovoltaicos para uso terrestre (Figura 20). En su parte 1-1 indica los requisitos especiales de ensayo para los módulos fotovoltaicos de silicio cristalino (Díaz, 2017).

Figura 20

Esquema de Ensayos Norma IEC 61215



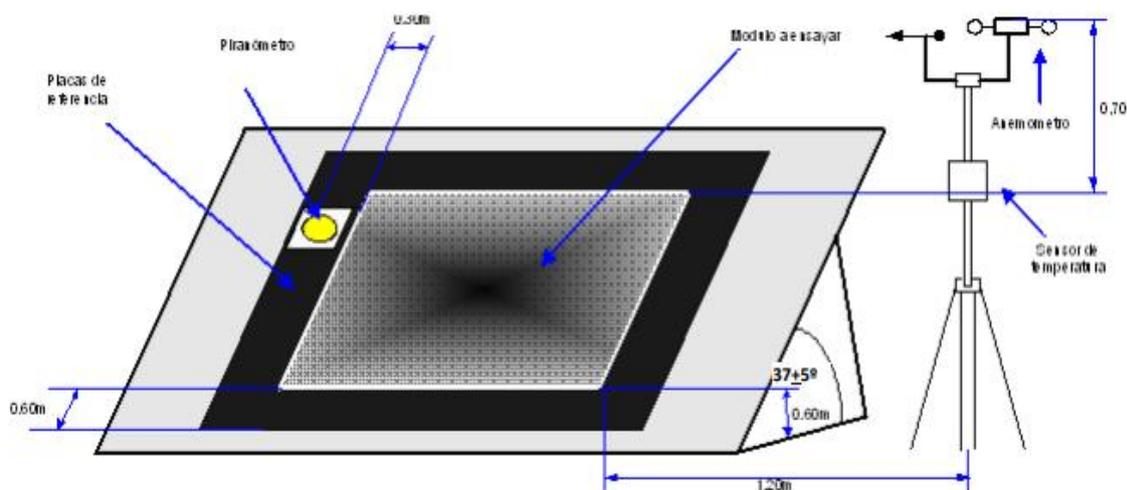
3.4 Ensayos de Caracterización

Según esta normativa se consideran en la fase de caracterización se contemplan:

- Coeficientes de temperatura.
- Medida de la temperatura de operación nominal de módulo (Figura 21).
- Funcionamiento CEM (compatibilidad electromagnética).
- Funcionamiento a la NMOT (temperatura nominal de funcionamiento del módulo).
- Funcionamiento a baja irradiancia.

Figura 21

Esquema para la Medida de la Temperatura de Operación Nominal de Módulo



Tomado de: <https://www.irena.org>

3.5 Ensayos de Degradación

3.5.1 Métodos

En la fase de degradación se realizan ensayos ambientales (temperatura, humedad, radiación), eléctricos (puntos calientes) y mecánicos (carga mecánica, robustez de terminales, granizo).

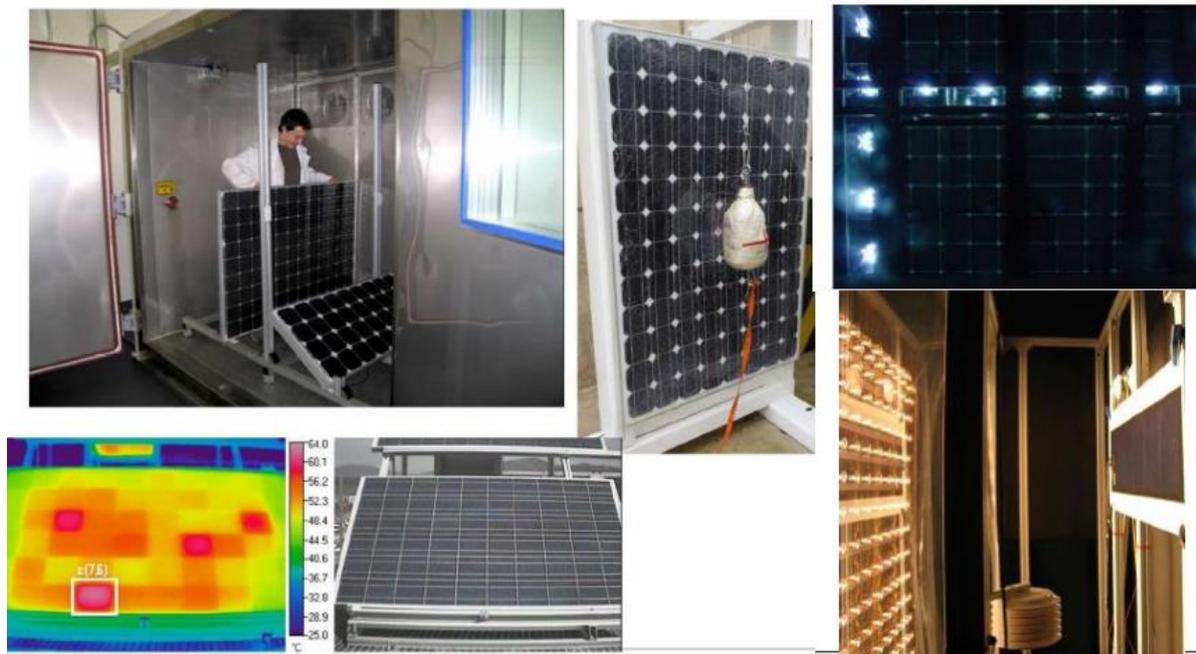
A continuación, se detallan los ensayos dentro de esta fase:

- Ensayo de exposición exterior.

- Ensayo de puntos calientes.
- Ensayo acondicionamiento radiación ultravioleta (UV).
- Ensayo de 200 ciclos térmicos.
- Ensayo de 50 ciclos térmicos (Figura 22).
- Ensayo de humedad-congelación.
- Ensayo de calor húmedo.
- Ensayo de robustez de terminales.
- Ensayo de carga mecánica estática.
- Ensayo de granizo.

Figura 22

Esquema para Ensayos de 50 y 200 Ciclos Térmicos



Tomado de: <https://www.irena.org>

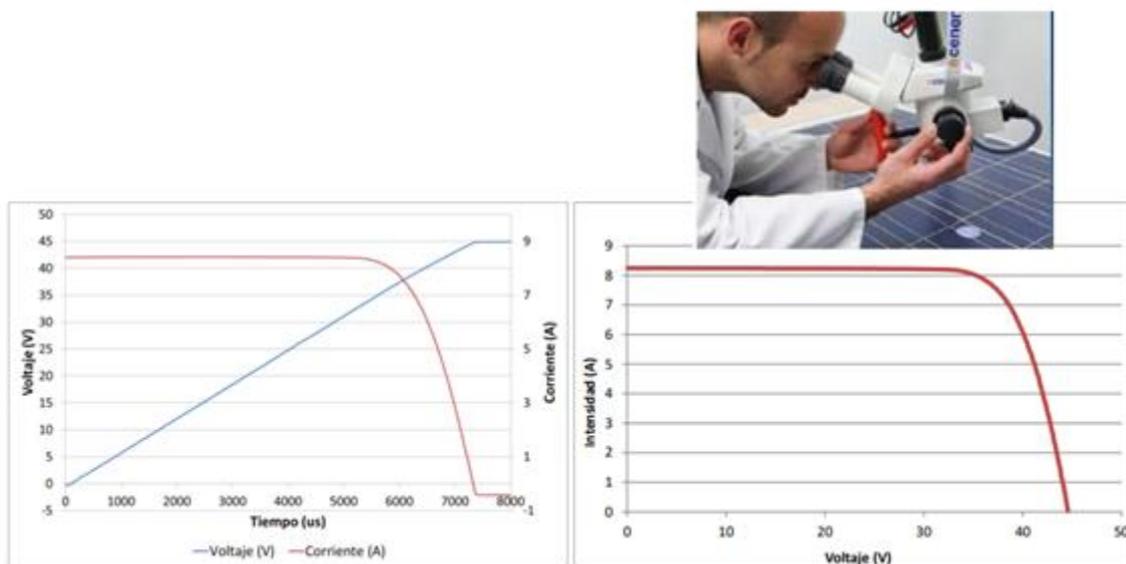
3.5.2 Ensayos Diagnósticos

En la fase diagnóstica se requieren de varios ensayos (Figura 23) que también son ensayos de caracterización y se emplean como criterio de aceptación / rechazo para ensayos que producen algún tipo de degradación.

- Ensayos de inspección visual
- Potencia máxima
- Ensayos de aislamiento
- Ensayos de corriente de fuga en mojado.

Figura 23

Esquema para Ensayos de 50 y 200 Ciclos Térmicos



Tomado en el dominio público <https://www.irena.org>

3.5.3 Norma IEC 61730 - Seguridad de los Módulos Fotovoltaicos

La norma IEC 61730 especifica los requisitos de construcción para la calificación en seguridad de los módulos fotovoltaicos. Esta norma se divide en dos partes que se detallan a continuación:

- IEC61730-1: Describe los requisitos fundamentales de construcción.
- IEC61730-2: Describe los requisitos de ensayo.

Esta norma está diseñada para coordinarse con la normativa IEC61215. Los módulos fotovoltaicos pueden instalarse en numerosas aplicaciones diferentes. Por tanto, es importante evaluar los riesgos potenciales asociados a dichas aplicaciones y evaluar la construcción del módulo de forma consecuente (Díaz, 2017).

Los ensayos de seguridad y los requisitos constructivos (Tabla 2) para tener en cuenta dependen de la clase de aplicación.

Tabla 2

Clasificación de Ensayos de Seguridad

| CLASE A | CLASE B | CLASE C |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Acceso general, tensión peligrosa, aplicaciones de potencia peligrosa • Sistemas que operan a más de 120 V de CC (Corriente Continua) | <ul style="list-style-type: none"> • Acceso restringido, tensión peligrosa, aplicaciones de potencia peligrosa • Sistemas protegidos del acceso público | <ul style="list-style-type: none"> • Tensión limitada • Sistemas que operan a menos de 120V de CC |

Muchas organizaciones han establecido estándares que abordan la seguridad, el diseño, la instalación y el monitoreo de los componentes del sistema fotovoltaico.

Los estándares son normas o requisitos que establecen una base para el entendimiento y juicio común de materiales, productos y procesos. Las normas son una herramienta invaluable en la industria y los negocios, porque agilizan las prácticas comerciales y brindan igualdad de condiciones para que las empresas desarrollen productos y servicios. También son fundamentales para garantizar que los productos y servicios sean seguros para los consumidores y el medio ambiente.

Los procedimientos de calificación se realizan para unos materiales y procesos de fabricación concretos. Cualquier cambio en dichos elementos deben ser evaluados por la entidad certificadora y establecer los ensayos a realizar (Tabla 3 y Tabla 4).

Tabla 3*Ensayos de Seguridad del Sistema Fotovoltaico*

| Ensayo | Descripción |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Ensayos de preacondicionamiento | <ul style="list-style-type: none"> • MST51 – Ciclos térmicos • MST52 – Humedad Congelación • MST53 – Calor húmedo • MST54 – Preacondicionamiento UV |
| <ul style="list-style-type: none"> • Ensayos de inspección general | <ul style="list-style-type: none"> • MST01 – Inspección Visual |
| <ul style="list-style-type: none"> • Ensayos relativos al riesgo de choque eléctrico | <ul style="list-style-type: none"> • MST11 – Ensayo de accesibilidad • MST12 – Ensayo de susceptibilidad al cortado • MST13 – Ensayo de continuidad de puesta a tierra • MST14 – Ensayo de impulsos de tensión • MST16 – Ensayo de rigidez dieléctrica • MST17 – Ensayo de corriente de fugas en mojado • MST42 – Ensayo de robustez de terminales |

Tabla 4*Ensayos de Seguridad del Sistema Fotovoltaico*

| Ensayo | Descripción |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Ensayos relativos al riesgo de fuego | <ul style="list-style-type: none"> • MST21 – Ensayo de temperatura • MST22 – Ensayo de puntos calientes • MST23 – Ensayo de resistencia al fuego • MST25 – Ensayo térmico del diodo de paso • MST26 – Ensayo de sobrecarga de corriente inversa |
| <ul style="list-style-type: none"> • Ensayos relativos a las tensiones mecánicas | <ul style="list-style-type: none"> • MST32 – Ensayo de rotura del módulo • MST34 – Ensayo de carga mecánica |
| <ul style="list-style-type: none"> • Ensayo relativos a componentes | <ul style="list-style-type: none"> • MST15 – Ensayo de descargas parciales • MST33 – Ensayo de doblado de conductos • MST44 – Ensayo de las aperturas precortadas de la caja de conexiones |

*MST: Ensayo de seguridad de módulo

Las normas IEC de cualificación de módulos no garantizan el funcionamiento a largo plazo (fiabilidad) ni predicen tiempos de vida (durabilidad). La tendencia actual es la de incrementar las severidades especificadas en la norma IEC 61215 de la siguiente manera:

- Aumentar el número de ciclos y duración de la prueba, típicamente por un factor de aproximadamente 2 X.
- El aumento de los límites de temperatura superior (por ejemplo, 90°C en lugar de 85°C en ciclos térmicos).

- Someter a los mismos módulos a varios ensayos climáticos que en la norma original irían en distintas secuencias.
- Aplicar corriente en ensayos para representar las condiciones reales de operación (calor húmedo con corriente).
- Añadir cargas dinámicas y estáticas para simular la acción del viento y la nieve
- Incrementar el número y tipo de evaluaciones y diagnósticos intermedios (EL, aislamientos, curvas de oscuridad, etc.).

3.5.4 Norma IEC TS 60904-13:2018 - Electroluminiscencia de Módulos Fotovoltaicos

La electroluminiscencia (EL; Figura 24) es la herramienta básica para garantizar la calidad de los módulos fotovoltaicos. La norma IEC TS 60904-13:2018(E) especifica métodos para:

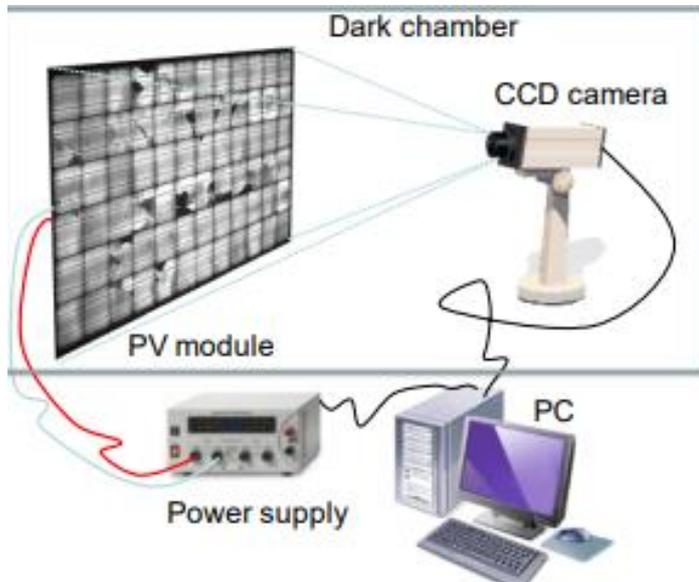
- Capturar imágenes de electroluminiscencia de módulos fotovoltaicos.
- Procesar imágenes para obtener métricas sobre las imágenes tomadas en términos cuantitativos.
- Proporcionar orientación para interpretar cualitativamente las imágenes para las características de la imagen que se observan.

Los ámbitos de aplicación de esta norma se detallan a continuación:

- Proceso de fabricación de módulos y células: Control de producción.
- Aseguramiento de la calidad en origen y en destino de los módulos fotovoltaicos.
- Control de las garantías de las instalaciones fotovoltaicas.
- Caracterización módulos “pre” y “post” ensayos de envejecimiento.
- Centros de I+D+i.

Figura 24

Set-up para Ensayo de Electroluminiscencia en Laboratorio

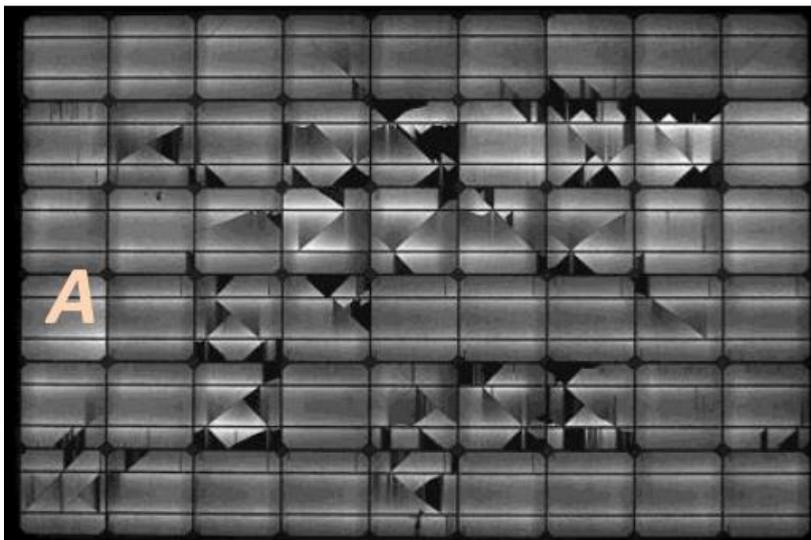


Tomado de: <https://www.cener.com/areas-de-investigacion/departamento-solar-fotovoltaica/fichas-tecnicas-de-producto/>

La técnica de EL se utiliza para la detección de distintos tipos de defectos que pueden estar presentes en los módulos fotovoltaicos y se muestran en las figuras 25 a 30:

Figura 25

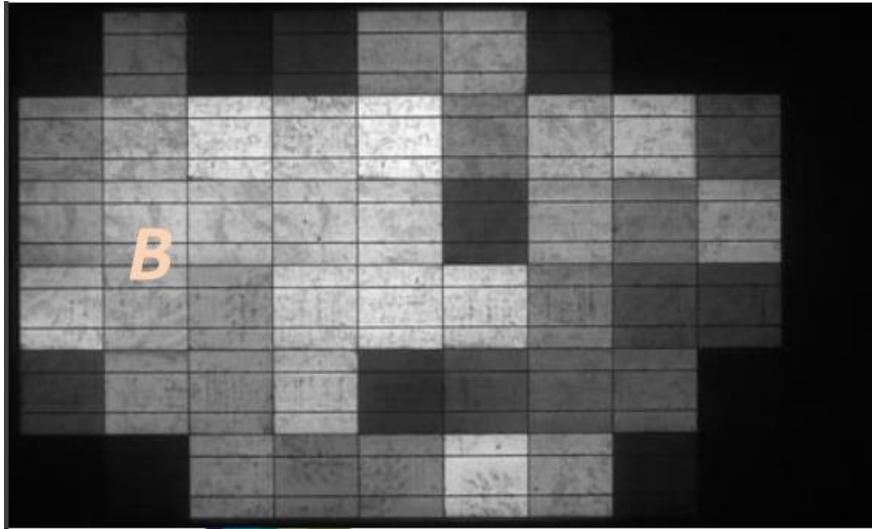
Presencia de Distintos Tipos de Grietas (A)



Tomado de: <https://www.cener.com/>

Figura 26

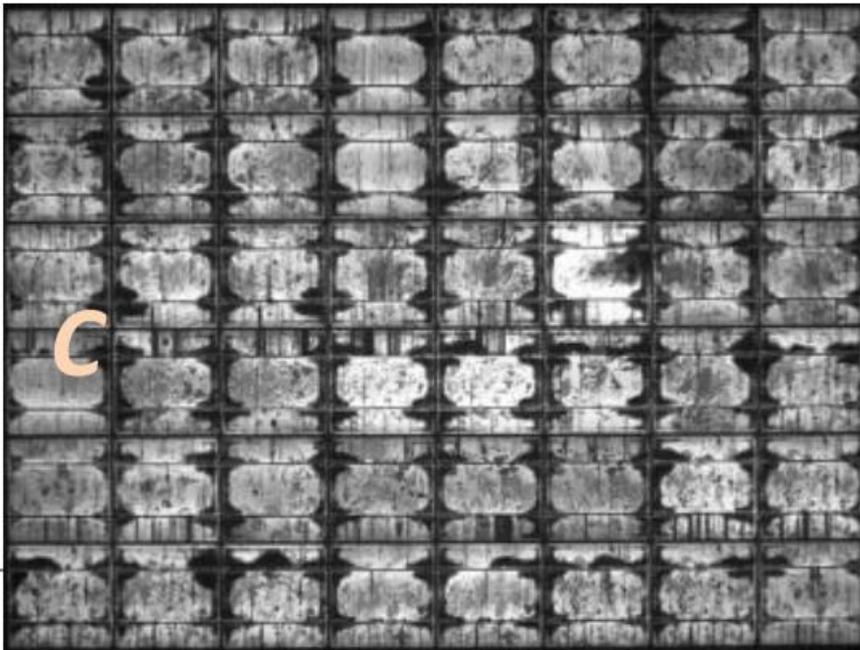
Patrones de Degradación por Degradación Potencial Inducida (B)



Tomado de: <https://www.cener.com/areas-de-investigacion/departamento-solar-fotovoltaica/fichas-tecnicas-de-producto/>

Figura 27

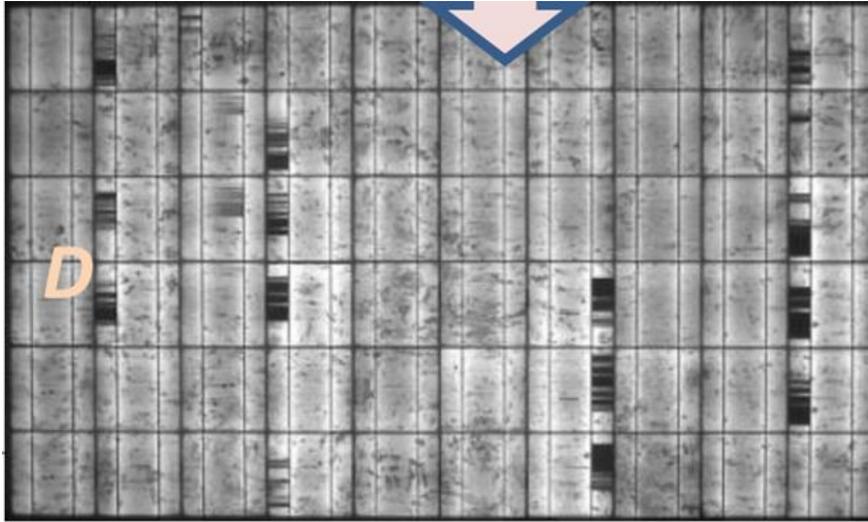
Corrosión Metalización por Humedad (C)



Tomado de: <https://www.cener.com/areas-de-investigacion/departamento-solar-fotovoltaica/fichas-tecnicas-de-producto/>

Figura 28

Interrupción Fingers Metalización (D)



Tomado de: <https://www.cener.com/areas-de-investigacion/departamento-solar-fotovoltaica/fichas-tecnicas-de-producto/>:

Figura 29

Discontinuidad en los Tabbings (E)

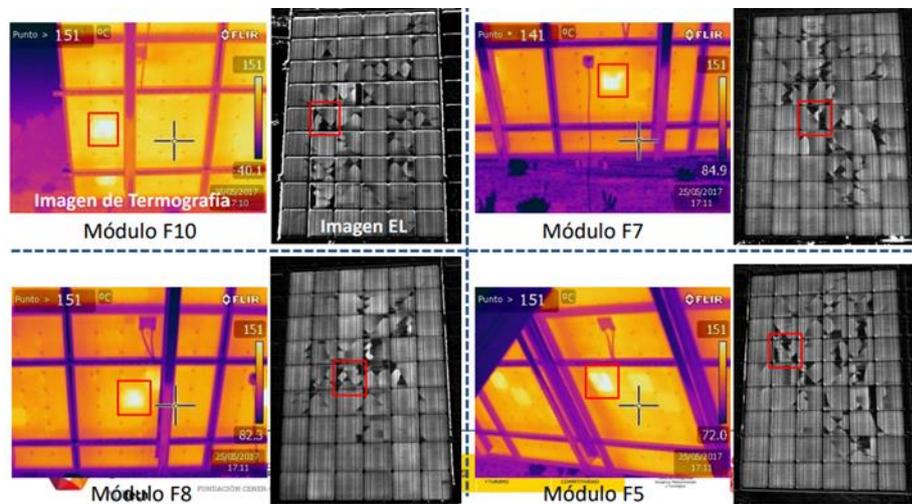


Tomado de: <https://www.cener.com/areas-de-investigacion/departamento-solar-fotovoltaica/fichas-tecnicas-de-producto/>

Algunos ejemplos de EL muestran la presencia importante de grietas en varios de los módulos luego de ensayos realizados en pruebas como se puede apreciar en la Figura 30.

Figura 30

Presencia de Grietas en Pruebas Electroluminiscencia



Tomado de: <https://www.cener.com/areas-de-investigacion/departamento-solar-fotovoltaica/fichas-tecnicas-de-producto/>

3.6 Normativa de Inversores

Según Díaz (2017), las normas existentes aplicables a inversores fotovoltaicos cubren principalmente los objetivos de asegurar la calidad de onda, el rendimiento, la seguridad eléctrica y la compatibilidad con los requisitos de red y del operador del sistema. Las principales normas internacionales se mencionan a continuación.

3.6.1 Norma IEC 61683:2000

Sistemas fotovoltaicos - Acondicionadores de potencia - Procedimiento para medir la eficiencia. Establece el procedimiento de medición, las condiciones de ensayo y el método de cálculo del rendimiento de un inversor fotovoltaico (tanto aislado como de conexión a red).

3.6.2 Norma Europea EN 50530:2000

Eficiencia global de los inversores fotovoltaicos conectados a la red. Métodos de prueba para medir la eficiencia estática y dinámica de los inversores fotovoltaicos. Basada en la norma IEC 61683, se añaden nuevas condiciones de ensayo y se redefine el concepto de rendimiento

del inversor incluyendo el sistema MPPT (Maximum Power Point Tracker - Seguidor del Punto de Máxima Potencia) como factor a considerar.

3.6.3 Norma IEC 61727:2004

Características de la interfaz de utilidad se aplica a sistemas fotovoltaicos interconectados a una red de distribución eléctrica y operando en paralelo con ella. En dichos sistemas se define el uso de inversores de estado sólido con sistemas anti-isla y diversos requisitos de interconexión de los sistemas fotovoltaicos a la red.

3.6.4 Norma EN 50524

Hoja de datos y placa de características para inversores fotovoltaicos. Define la placa de características que debe tener un inversor fotovoltaico y la información contenida en ella.

3.6.5 Norma IEC 62109

Seguridad de los convertidores de potencia para su uso en sistemas de energía fotovoltaica tiene como objeto asegurar que el diseño y los métodos de construcción utilizados son seguros para el operador y el área que los rodea.

Capítulo IV

Implementación del Árbol Solar

4.1 Parámetros Fundamentales

En el proyecto para la implementación del árbol solar se ha determinado el uso de paneles monocristalinos y policristalinos para su análisis de eficiencia a lo largo de su vida útil.

La capacidad de generación de energía viene determinada por la generación de energía de los paneles que, de acuerdo con la proyección de consumo por artículos y vehículos que apoyan la micromovilidad, será almacenada en baterías.

Es importante validar las horas pico de sol disponibles en el lugar de la instalación, sin embargo, existen datos históricos y herramientas para pronosticar la radiación prevista. se consideran estudios y reportes de radiación solar en Guayaquil.

Para nuestro sistema de placas solares estos datos serán útiles para prever la energía que producirá. La unidad de medida de la radiación solar se expresa en W/m^2 (Wattios por metro cuadrado). Se habla de radiación solar en términos generales, para referirse a las magnitudes habría que hablar de Irradiancia o de Irradiación.

- Irradiancia: potencia de la radiación solar por unidad de área (W/m^2).
- Irradiación: energía por unidad de área (Wh/m^2).

Para realizar el pronóstico de radiación solar se tiene en cuenta el ángulo de incidencia de radiación solar que depende entre otras de la declinación, latitud, inclinación y ángulo horario. También se tiene muy en cuenta la previsión meteorológica, ya que, por ejemplo, en un día nublado solo se tendría radiación difusa, muy inferior a la radiación directa. Se han considerado la herramienta del Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica (PVGIS) que proporciona información sobre la radiación solar y el rendimiento del sistema fotovoltaico para cualquier lugar de Europa y África, así como de gran parte de Asia y América (Figura 31).

El sistema cuenta con varias características importantes por lo que fue seleccionada para apoyar la estimación la energía producida y disponible del Árbol Solar en función del tipo de paneles utilizados.

- Acceso libre y abierto al potencial de generación de electricidad fotovoltaica (PV) para diferentes tecnologías y configuraciones.
- Disponible en inglés, francés, italiano, español y alemán.
- No hay registro.
- Amplia documentación de apoyo: consulte los enlaces en la parte inferior de esta página.
- Interfaz de Programación de Aplicaciones (API) para necesidades de acceso rápido y automatizado.
- Mapas de recurso solar y potencial fotovoltaico, por país o región, en archivos listos para imprimir.

Figura 31

Plataforma del Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica

The screenshot displays the PVGIS web application interface. At the top, it features the European Commission logo and the title 'PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM'. Below this is a navigation bar with links for 'Home', 'Herramientas', 'Descargas', 'Documentación', and 'Contáctanos'. The main area is split into two panels. The left panel shows a map of Europe with a color-coded solar potential overlay. The right panel contains a form for system configuration. Key elements include:

- Current location:** 60,294, 27,212
- Selected location:** 'Elegir localización'
- Elevation (m):** 60,294
- FVGIS ver:** 52
- Technology:** 'Silicio cristalino' (selected)
- Power:** 1 kWp
- System losses:** 14%
- Mounting options:** 'Posición libre' (selected), with 'Optimizar inclinación' and 'Optimizar inclinación y azimut' as checkboxes.
- Inclination:** 35°
- Azimuth:** 0°
- Electricity price:** 'Precio electricidad FV' section with input fields for 'Coste sistema FV [su d/divisa]', 'Interés [%/año]', and 'Vida útil [años]'.

Tomado de: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis_tools/es/

4.2 Características Árbol Solar UIDE

4.2.1 *Panel solar Monocristalino 300W*

Las características de este panel (Tabla 5) son:

- Máxima durabilidad versus otros módulos fotovoltaicos del mercado.
- Especializados para trabajar en condiciones adversas.
- Mayor rendimiento energético gracias a su vidrio y cristal texturizado avanzado de alta transmisión permite tener mayor eficiencia y transmisión de energía.
- Diseño innovador en sus celdas, permite reducir costos y tiempos de manejo en su instalación (Figura 32 y Figura 33).

Figura 32

Panel Solar Monocristalino Marca Powest



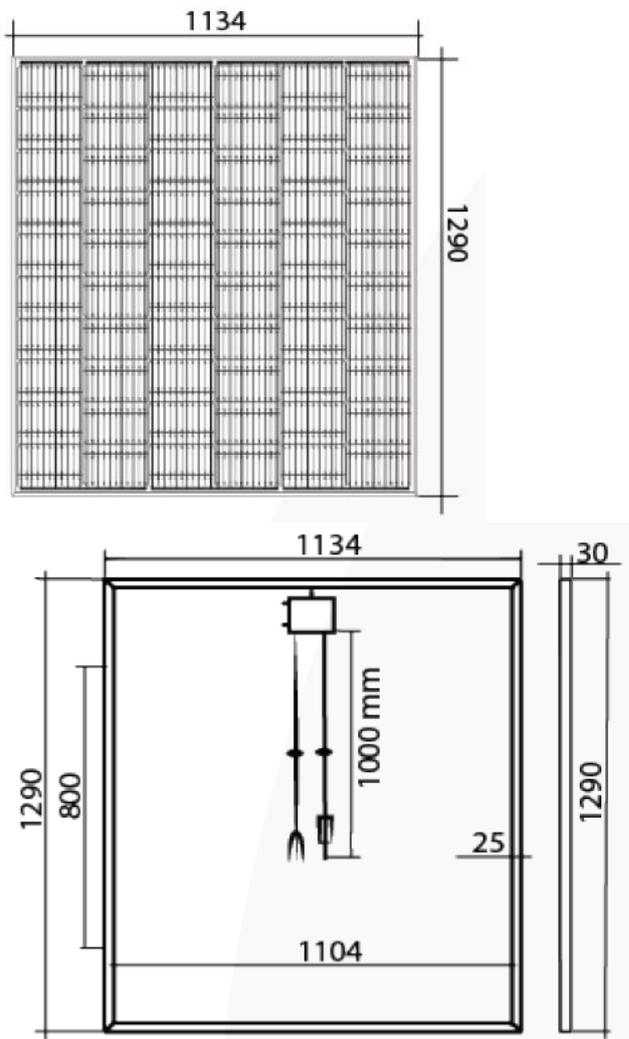
Tomado de: <https://powest.com/landing/#producto>

Tabla 5*Especificaciones de los Paneles*

| Especificaciones Técnicas de Paneles Solares | |
|--|------------------|
| • Tipo de Módulo | • Monocristalino |
| • Código | • NERM300-8300 |
| • Potencia Máxima (Pmax) | • 300 W |
| • Tolerancia de Salida de Potencia | • +-3% |
| • Eficiencia | • 20.50 % |
| • Voltaje en Potencia Máxima (Vmp) | • 34.20 VDC |
| • Corriente Potencia Máxima (Imp) | • 8.78 A |
| • Voltaje de Circuito Abierto (Voc) | • 41.04 VDC |
| • Corriente de Cortocircuito (Isc) | • 9.30 A |
| • Máxima Tensión del Sistema | • 1000 VDC |
| • Máxima serie de Fusible | • 15 A |
| • Caja de Conexiones (grado de protección) | • IP 67 |
| • Rango de Temperatura de Funcionamiento | • -40°C a 85°C |
| • NOCT (Temperatura Nominal de Funcionamiento de la Celda) | • 45 +-2 |

Figura 33

Dimensiones Panel Solar Marca Powest 300W



Tomado de: <https://powest.com/landing/#producto>

Los paneles solares monocristalinos al ser más eficientes pueden producir más electricidad para la misma superficie que ocupan los paneles fabricados con otros materiales. Estos paneles son bastante populares entre los tejados solares de zonas urbanas y rurales.

La tecnología de paneles solares ha mejorado drásticamente a lo largo de los años y ahora se están introduciendo en el mercado una gama de paneles solares innovadores. Hay muchas cosas a considerar cuando se busca instalar un sistema de paneles solares, una de las cuales es qué tipo de paneles solares adquirir (Tabla 6).

Tabla 6*Características del Panel Monocristalino 300W*

| Especificaciones Técnicas de Paneles Solares | |
|---|--|
| • Dimensiones (Alto*Ancho*Profundidad) | • 1290mmx1134mmx30mm |
| • Peso | • 14.3 kg |
| • Celda (cantidad/material) | • 60/120 silicio monocristalino |
| • Clase de Aplicación | • A |
| • Cable (longitud/área transversal) | • 1000 mm/4.2 mm ² |
| • Conector | • MC4 |
| • Calificaciones y Certificados | • IEC ISO 14001:2004, BS OHSAS 18001:2007 |

*OHSAS: Occupational Health and Safety Assessment Series), traducido como “Salud Ocupacional y Series de Evaluación de la Seguridad”

4.1.2 Panel Policristalino 150W

Los paneles fotovoltaicos Powest policristalinos (Figura 34) son ideales para su uso en plantas de energía a gran escala, comerciales e instalaciones residenciales.

Estos paneles fotovoltaicos están en línea con las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC 61215, IEC 61730), e incluyen:

- Pruebas de exposición a exteriores.
- Pruebas de aislamiento.
- Pruebas de resistencia a puntos calientes.
- Pruebas de preacondicionamiento ultravioleta (UV).
- Pruebas de clima (como humedad-calor, ciclo térmico y humedad - congelación).
- Pruebas de carga mecánica.

- Pruebas de fuga de corriente con humedad.
- Pruebas de empuje.
- Pruebas de impacto de granizo.
- Pruebas de continuidad de conexión a tierra.

Figura 34

Panel Solar Policristalino Marca Powest



Tomado de: <https://powest.com/landing/#producto>

Las principales características de estos paneles (Tabla 7 y Tabla 8) son:

- Diodo de derivación que reduce al mínimo la pérdida de potencia por la sombra.
- Alta eficiencia de conversión del módulo (hasta 15,88%), gracias a una innovadora tecnología de fabricación.
- Células solares de alta eficiencia con transmisión y cristal texturizado.
- Vidrio templado con encapsulado de etileno vinil acetato (EVA) y película de protección frente al medio ambiente, con marco de aluminio anodizado, para una protección eficiente bajo condiciones ambientales extremas.

- A prueba de agua (UL94, VO).

Tabla 7

Especificaciones del Panel Policristalino 150W

| Especificaciones Técnicas de Paneles Solares | |
|---|------------------|
| • Tipo de Módulo | • Policristalino |
| • Potencia Máxima (Pmax) | • 150 W |
| • Tolerancia de Salida de Potencia | • +-5% |
| • Eficiencia | • 15.2 % |
| • Voltaje en Potencia Máxima (Vmp) | • 18.1 VDC |
| • Corriente Potencia Máxima (Imp) | • 8.29 A |
| • Voltaje de Circuito Abierto (Voc) | • 21.05 VDC |
| • Corriente de Cortocircuito (Isc) | • 8.91 A |
| • Máxima Tensión del Sistema | • 1000 VDC |
| • Máxima serie de Fusible | • 15 A |
| • Caja de Conexiones (grado de protección) | • \geq IP 65 |
| • Rango de Temperatura de Funcionamiento | • -40°C a 85°C |
| • Peso | • 10.9 kg |

Tabla 8

Especificaciones del Panel Policristalino 150W

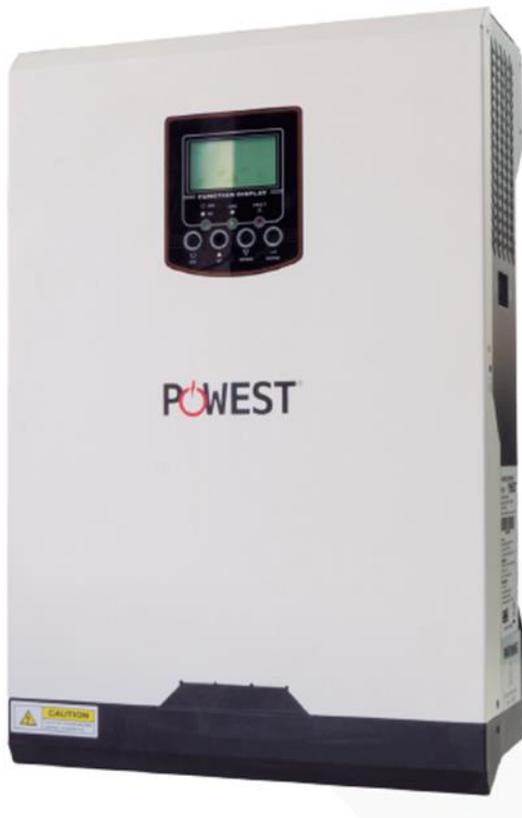
| Especificaciones Técnicas de Paneles Solares | |
|---|--|
| • Dimensiones (Alto*Ancho*Profundidad) | • 1480mmx680mmx35mm |
| • Peso | • 10.9 kg |
| • Celda (cantidad/material/número de barras colectoras) | • 36/silicio multicristalino /4 o 5 |
| • Clase de Aplicación | • A |
| • Cable (longitud) | • 0.9m |
| • Conector | • Plug MC4 / IP65 |
| • Calificaciones y Certificados | • IEC 61215, ISO 14001:2015, BS OHSAS 18001:2007 |

4.2 Sistema de Gestión de Energía

Se ha elegido el sistema de gestión de energía Powest ya que está equipado con un controlador MPTT que gestiona de manera eficiente la energía de sistemas de baterías, paneles solares, generadores eólicos y red eléctrica; logrando un sistema aislado sin cortes de luz (Figura 35). Además, es capaz de trabajar en 19 modos diferentes según la necesidad y la prioridad, equipado con un cargador inteligente que detecta el tipo de batería que se esté implementando.

Figura 35

Módulo para la Gestión de Energía Marca Powest



Tomado de: <https://powest.com/landing/#producto>

Algunas características (Figura 36) relevantes del dispositivo se indican a continuación:

- Señal de salida onda senoidal pura.
- Capacidad de carga solar MPPT controlador.
- Rango de tensión de entrada seleccionable para los electrodomésticos y ordenadores personales.
- Selección de corriente para carga basado en aplicaciones.
- Configurable AC / prioridad de entrada solar a través de ajuste de pantalla de cristal líquido (LCD).
- Compatible con la tensión de red o de un generador.
- Auto reinicio mientras que el AC se está recuperando.
- Protección de sobrecarga y cortocircuito.

- Diseño del cargador de batería inteligente, para un rendimiento optimizado de la batería.
- Función de arranque en frío.
- Funcionamiento en paralelo hasta con 6 unidades.

Figura 36*Especificaciones Técnicas Módulo de Gestión 3KVA24V*

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS UPS HIBRIDA | | |
|--|--|---------------|
| Capacidad | 1KVA 12V | 3KVA 24V |
| Especificaciones de Entrada | | |
| Topología de entrada | Monofásica | |
| Voltaje nominal de entrada | 120VAc | |
| Cantidad de hilos | 3 (Fase +Neutro +GND) | |
| Voltaje permitido por el rectificador | 95 -140 vac | |
| Rango de frecuencia de entrada | 50Hz o 60Hz (Deteccion Automatica) | |
| Limitación de corriente de entrada | 150% sistema inversor y bypass | |
| Conexión | Bomera | |
| Especificaciones de Salida | | |
| Topología de salida | Monofásica | |
| Voltaje nominal de salida | 120VAC | |
| Factor de potencia de Salida | 0,8 | |
| Potencia W | 1000VA/600W | 3000VA/2400 W |
| Tipo de onda de salida | Senoidal pura | |
| Otros voltajes de salida configurables | 110/120VAC | |
| Tiempo de transferencia | 10 / 20 ms | |
| Cantidad de hilos | 3(Fase +Neutro+GND) | |
| Regulación de voltaje | <+/-5% | |
| Sobre tension de energía | 2 * Potencia Nominal por 5 Segundos | |
| Frecuencia nominal de salida | 50Hz/60Hz | |
| Capacidad de sobrecarga | 5s@150% de carga; 10s@110%-150% de carga. | |
| Protecciones corto circuito | Modo línea: Fusible Modo Batería: Circuito electronico | |
| Conexión | Bomera | |
| Eficiencia | Modo Linea 90% | |

Tomado de: <https://powest.com/landing/#producto>

4.3 Batería de Gel 12V-100AH REF. FLG 121000

Se elige una batería para la aplicación de energía renovables con fuente de alimentación ininterrumpida (Uninterruptable Power Supply - UPS) con potencia constante de descarga (Vatios/celda) a 25 °C (77°F).

En las Figuras 37 y 38 se muestran sus especificaciones.

Figura 37

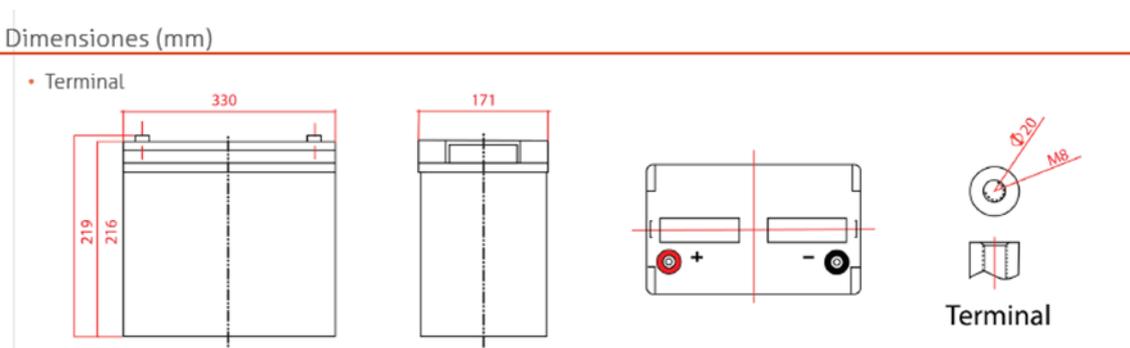
Batería de Gel 12V-100AH REF. FLG 121000



Tomado de: <https://powest.com/landing/#producto>

Figura 38

Dimensiones Batería de Gel 12V-100AH REF. FLG 121000



Tomado de: <https://powest.com/landing/#producto>

En la Figura 39 se muestran las especificaciones Técnicas del módulo de gestión inteligente.

Figura 39*Especificaciones Técnicas Módulo de Gestión 3KVA24V*

| | |
|--|--|
| <u>Voltaje Nominal</u> | <u>12V</u> |
| <u>Capacidad Nominal (20 Hr)</u> | <u>100Ah</u> |
| <u>Dimensiones</u> | <u>Longitud 330±3mm (13.0 ")</u> <u>Ancho 171±2mm (1.85 ")</u> <u>Altura 216±2mm (3.98 ")</u> <u>Altura Total 219±2mm (4.13 ")</u> |
| <u>Peso Aproximado</u> | <u>Aprox. 29.5kg (65.04lbs)</u> |
| <u>Terminal</u> | <u>M8</u> |
| <u>Material del Envase</u> | <u>ABS UL 94-HB (retardante de llama UL94V-0)</u> |
| <u>Capacidad estimada</u> | <u>20h/100Ah (5.00A a 10.5V)</u> <u>10h/93.6Ah (9.36A a 10.5V)</u> <u>5h/83.0Ah (16.6A a 10.5V)</u> |
| <u>Máxima Corriente de Descarga</u> | <u>950A(5S)</u> |
| <u>Resistencia Interna</u> | <u>Carga completa a 25°C: 7.5mΩ</u> |
| <u>Rango de Temperatura de Operación</u> | <u>Descarga: -40 -60°C(-40- 140°F)</u> <u>Carga: -20 -50°C(-4- 122°F)</u> <u>Almacenamiento: -20 -50°C(-4- 122°F)</u> |
| <u>Vida útil</u> | <u>15 años</u> |
| <u>Método de carga (25°C)</u> | <u>Corriente de carga: máx. 19.0A;</u> <u>recomendado 9.50A</u> <u>Carga en flotación: 13,5-13,8 V,</u> <u>recomendado 13,5 V (-18 mV/ °C)</u> <u>Carga de ecualización: 13,8-14,1 V,</u> <u>recomendado 14,1 V (-24 mV/ °C)</u> <u>Ciclo de carga: 14.4-15.0V,</u> <u>recomendado 14.4V(-30mV/ °C)</u> |
| <u>Auto- descarga</u> | <u>3 % de capacidad reducida por mes a 25°C</u> |

Tomado de: <https://powest.com/landing/#producto>

4.4 Proceso de Carga de Baterías Árbol Eléctrico

Según García (2011), el regulador de carga en un sistema de paneles solares básicamente es un dispositivo electrónico que controla constantemente el estado de carga de las baterías para realizar una carga óptima y lograr así, alargar la vida útil de las baterías, por lo que se deduce que se encuentra entre los paneles y las baterías. El control del flujo de energía se realiza mediante el control de los parámetros de intensidad (I) y voltaje (V) que se inyecta a la batería (Figura 40).

Figura 40

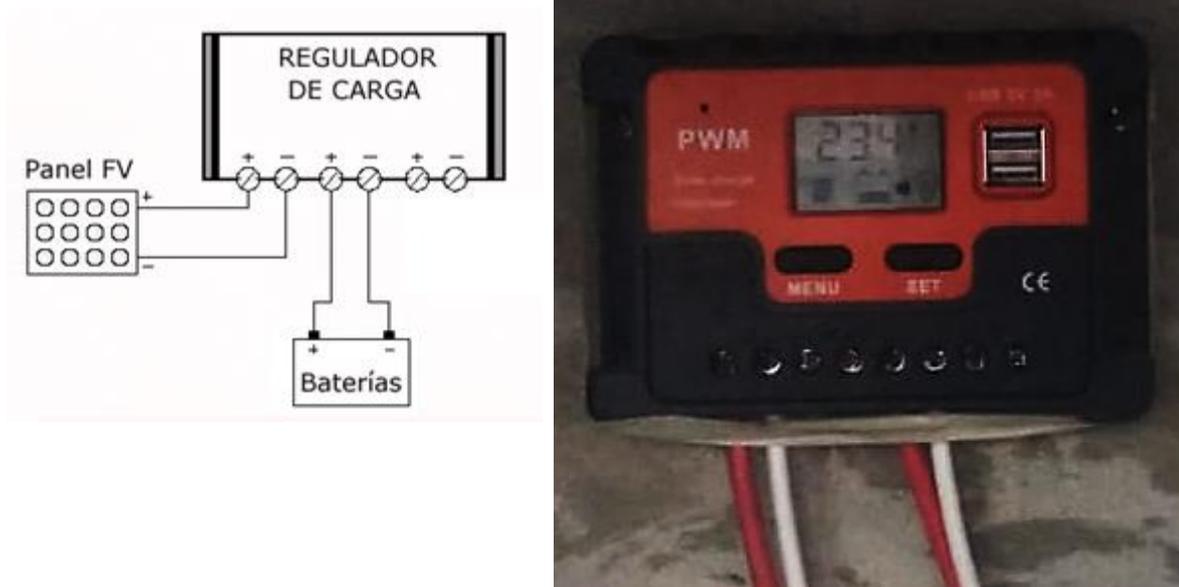
Árbol Eléctrico UIDE



El regulador del grupo solar debe realizar por lo menos dos operaciones: proteger la batería de sobrecarga en momentos de fuerte sol y poco consumo, protegerla de la descarga excesiva en malas condiciones climáticas (Figura 41). Tanto la sobrecarga como la descarga profunda son perjudiciales para una batería (García,2011).

Figura 41

Esquema del Sistema Fotovoltaico



El regulador de carga es necesario, para evitar un excesivo calentamiento en la carga del banco acumulador, evitando en lo posible la evaporación del electrolito de las baterías. El regulador además gestiona el flujo de energía de los paneles (derivando el exceso de energía a una carga ficticia) o el exceso de descarga (por debajo de los 11V) desconectando las baterías, este flujo depende de la energía generada por el campo fotovoltaico y el estado de carga de las baterías, determinando así, las siguientes fases o estados de carga (García,2011).

4.3.1 Fase de Carga

En el momento que se descarga la batería y la energía que se ha producido en el panel fotovoltaico se induce a las baterías la tensión se incrementa en la medida que esta va llegando a su capacidad.

4.3.2 Fase de Absorción

Una vez que la batería alcanza la tensión de absorción (en las baterías de plomo-ácido abiertas 14,4V y en las baterías por separador de vidrio absorbente (Absorbed Glass Mat – AGM) y en las baterías de gel 14,1V), el regulador de carga solar se encargará de mantener el voltaje ligeramente por debajo de este valor e irá reduciendo la corriente hasta que la batería esté prácticamente completa su nivel de carga.

4.3.3 Fase de Flotación

En esta fase el voltaje se reduce a la tensión de flotación (generalmente 13,5 V) y la corriente inyectada se reduce hasta que la batería completa su carga.

Toda la energía adicional que se genere y que es posible inyectar en la batería, se pierde por efecto Joule (calor) en el regulador. Por lo antes dicho, el regulador de carga solar es un dispositivo que protege la batería contra sobrecargas, estableciendo el nivel de carga según resulte conveniente en cada momento. Otra función que se le exige al regulador de carga solar es la protección frente a descargas profunda, esto sólo lo realiza cuando tiene conectado un consumo en corriente continua.

4.3.4 Análisis de Fallas de Inversores

Según Díaz (2017), el inversor fotovoltaico es susceptible a numerosos tipos de fallos, convirtiéndose en el elemento de la instalación fotovoltaica que más eventos de fallos sufre.

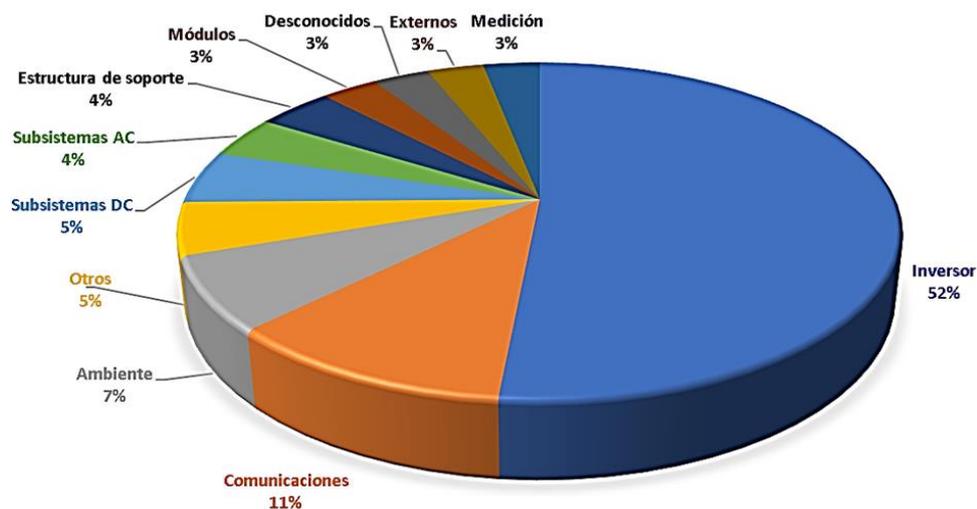
Clasificación de eventos de fallo (Figura 42):

- Relacionado con su funcionamiento interno: Fallos de elementos de conmutación, fallos aislamiento, elementos protección, software, etc.
- Relacionado con la parte DC: Fallo del sistema MPPT, detección errónea de deriva tierra, desajustes niveles tensión/corriente del campo fotovoltaico, etc.
- Relacionado con la parte AC: interferencias electromagnéticas (EMI, Electromagnetic Interference), Distorsión Armónica Total (Total Harmonic

Distortion - THD, inyección de intensidad de corriente, efecto isla, perturbaciones de red (huecos, sobretensiones, etc.).

Figura 42

Probabilidad de Fallas en Sistemas Fotovoltaicos



Tomado de: <https://www.nrel.gov/docs/legosti/old/16319.pdf>

4.4 Estimación de la Energía Producida y Disponible del Árbol Solar

Por las condiciones climáticas que tiene Ecuador, es probable que una placa solar pueda producir entre 250W y 500W de energía por hora de sol. Es importante considerar las de sol disponibles del día, este valor se multiplicará por los vatios por las horas de producción y dividir entre 1000 para obtener la producción en kilovatios (kW) que es la medida estándar con la que se mide el consumo de energía.

Los fabricantes utilizan la hora solar pico para realizar cálculos fotovoltaicos, de forma sencilla se puede decir que la Hora Solar Pico (HSP) es la cantidad de energía solar que recibe un metro cuadrado de superficie. En resumen, si en este lugar existen 5 HSP, se tiene 5 horas de sol que está transmitiendo $1000\text{W}/\text{m}^2$. con lo cual esa superficie habrá recibido ese día $5000\text{Wh}/\text{m}^2$, que es lo mismo que recibir $5\text{kWh}/\text{m}^2$ (Efimarket, 2018).

La Hora Solar Pico (HSP) es la energía que se recibe en horas por m^2 (Figura 43), y esta energía no es la misma dependiendo de la localización (cuanto más cerca del ecuador

mayor será) y por su época del año. No hay el mismo sol en un día de invierno que de verano (Efimarket, 2018).

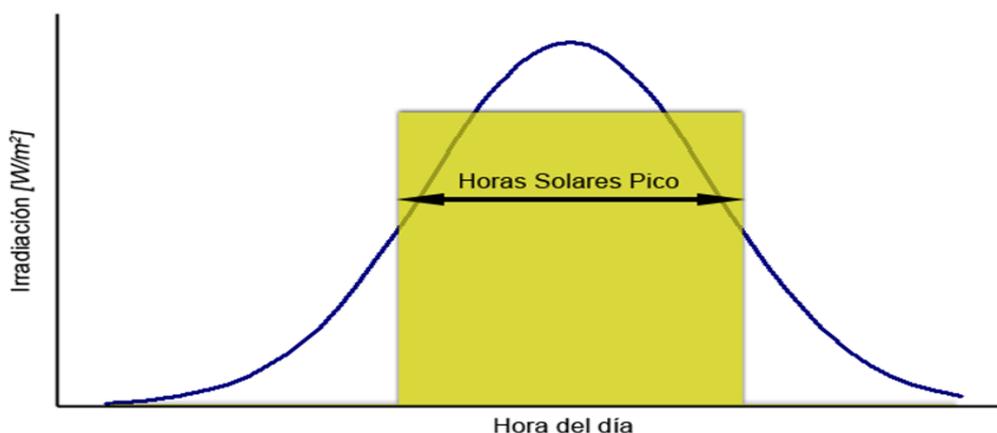
Cuando se dice que, en un lugar se tiene en verano durante un mes una hora solar pico de 7, significa que el sol ese mes aproximadamente va a generar 7000 Wh/m^2 al día (Efimarket, 2018).

Es posible que se va a tener 10 horas de sol en verano, pero por la mañana genera poco y al medio día mucho. En total se tiene 7kWh/m^2 (Efimarket, 2018).

El potencial de la fuente solar todavía está inexplorado. Según información del Ministerio de Energía, considerando la ubicación geográfica privilegiada de Ecuador, se ha identificado una alta radiación que puede ser aprovechada para la generación de energía eléctrica. La disponibilidad del recurso solar, medido como insolación media global, llega a los 4.575 kilovatios hora por metro cuadrado ($\text{Wh/m}^2/\text{día}$). Ese nivel es 40% más alto que el promedio de la región.

Figura 43

Potencia Pico



Tomado de: <https://www.researchgate.net/publication/280959999>

En este caso, la capacidad del árbol eléctrico instalado es de 450W, se multiplica este valor por las horas solar pico en Ecuador que, según estudios es de 4 teniendo 1800W y al convertirlos a kW se está hablando de 1,8 kW.

Respecto a la potencia que necesita un coche eléctrico para cargarse, la mayoría disponen de diferentes velocidades de carga que van desde 1,5 kWh a los 7 kWh. Para poder cargar 200 km de autonomía de un vehículo eléctrico se necesitarían 4 kW durante unas 8 horas aproximadamente.

4.5 Escenarios para la Estimación de Energía y Eficiencia del Sistema

Considerando los componentes instalados con paneles solares con una capacidad de 450 Wp y 12 conectores de carga gracias a las 6 cajas instaladas, como se muestra en la figura 44, se proponen 3 escenarios para la estimar la energía y eficiencia del árbol eléctrico.

Figura 44

Ubicación de los Conectores de Carga para Definir Escenarios de Carga



Se encuentran 12 conectores instalados con los cuales se estimará la carga y eficiencia del sistema bajo escenarios de acuerdo con las condiciones del lugar y horario de clases.

Considerando que en la ubicación donde se encuentra ubicado el árbol eléctrico podrían acceder vehículos que apoyan la micromovilidad como scooters, motos y bicicletas eléctricas, además, que los tomacorrientes al estar disponibles, los estudiantes pueden conectar otros

dispositivos, se consideran consumos promedios para la estimación de carga y eficiencia del sistema instalado.

Según Piquer S. (2023), un ordenador portátil utiliza aproximadamente 50 Wh, mientras que un celular 10 Wh. Por otro lado, el proveedor de bicicletas Biobike menciona en su portal dentro de las preguntas frecuentes que, acorde a la legislación vigente en España, el motor de una bicicleta eléctrica no puede sobrepasar los 25 Km/h y la potencia debe ser inferior a 250W.

Considerando lo antes expuesto, más el número de conectores disponibles y horario de atención de la Universidad, se proponen los siguientes escenarios:

- **Escenario 1:** 1 bicicleta (250W), 4 laptops (50W c/u) y 4 celulares (10W c/u).
- **Escenario 2:** Sólo laptops 12 unidades (50 W c/u).
- **Escenario 3:** Sólo celulares 10 unidades (10 W c/u).

Luego de haber definido los escenarios, se hará uso de la plataforma del sistema de información geográfica fotovoltaica de la Comisión Europea para la estimación de carga y eficiencia del sistema donde lo primero es seleccionar la ubicación donde se ha instalado el árbol eléctrico (Figura 45).

Figura 45

Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica de la Comisión Europea

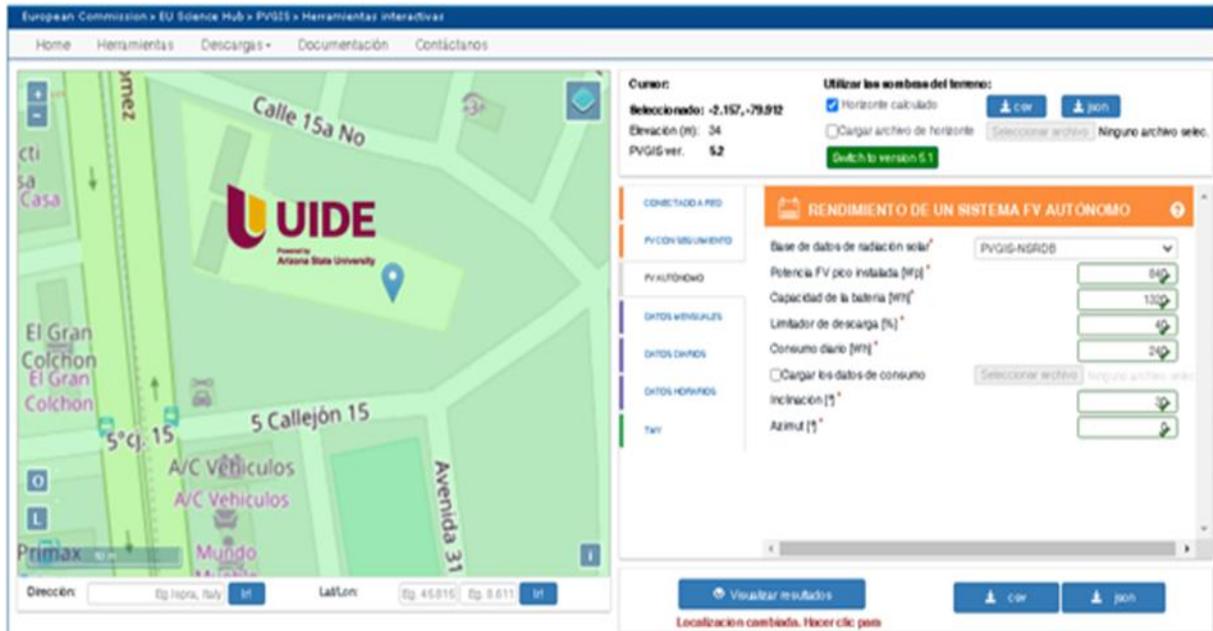
The screenshot displays the PVGIS web interface. On the left, a map of South America is shown with a color-coded solar radiation scale. The right panel contains configuration options for solar system performance. The 'CONECTADO A LA RED' section is active, and the 'RENDIMIENTO DE LOS SISTEMAS FV FUERA DE LA RED' section is also visible. The configuration panel includes fields for 'Potencia fotovoltaica pico instalada [Wp]', 'Capacidad de la batería [Wh]', 'Límite de corte de descarga [%]', 'Consumo por día [Wh]', 'Pendiente [°]', and 'Acimut [°]'. The 'Consumo por día' field is set to 300. The 'Pendiente' field is set to 35, and the 'Acimut' field is set to 0. The 'Consumo por día' field is also set to 300. The 'Pendiente' field is set to 35, and the 'Acimut' field is set to 0. The 'Consumo por día' field is also set to 300. The 'Pendiente' field is set to 35, and the 'Acimut' field is set to 0.

Tomado de: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/tools.html

Para el proyecto se ha seleccionado la sede Guayaquil de la Universidad Internacional del Ecuador dentro del campus de la Escuela de Ingeniería Automotriz (Figura 46).

Figura 46

Ubicación del Árbol Eléctrico



Tomado de: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/tools.html

Habiendo definido el lugar, se consideran los consumos bajos los escenarios planteados, repitiendo para cada escenario los siguientes pasos para las simulaciones:

- Se selecciona un sistema el rendimiento de un sistema fotovoltaico autónomo.
- Se ingresa los datos de los equipos instalados, capacidad total de los paneles 450W, capacidad total de las baterías 2400W/h y potencia del módulo de carga 1500 W.
- El sistema se encarga de sugerir el límite de corte descarga ya que las baterías, especialmente las de plomo-ácido, se degradan rápidamente si se descargan por completo con demasiada frecuencia. Por lo tanto, normalmente se impone un corte, de modo que la carga de la batería no puede bajar de un cierto porcentaje de carga completa. Esto debe ingresarse aquí. El valor predeterminado es 40%.

- Por otro lado, el sistema también sugiere el ángulo de inclinación de los paneles para un montaje fijo (sin seguimiento) ya que para algunas aplicaciones, los ángulos de inclinación y orientación ya se conocerán, por ejemplo, si los módulos fotovoltaicos se van a construir en un techo existente. Sin embargo, si tiene la posibilidad de elegir la pendiente y/o el acimut (orientación), esta aplicación también puede calcular por usted los valores óptimos de pendiente y orientación (asumiendo ángulos fijos para todo el año) (Figura 47).

Figura 47

Ingreso de Información para la Estimación de Rendimiento

The screenshot displays the 'Rendimiento de los sistemas FV fuera de la red' (Off-grid PV system performance) section of the PVGIS tool. It includes a sidebar with navigation options like 'CONECTADO A LA RED', 'FUERA DE LA RED', and 'DATOS MENSUALES'. The main form contains the following fields and controls:

- Cursor:** Seleccionado -2.157, -79.912; Elevación (m): 34; PVGIS ver.: 5.2
- Usar sombras de terreno:**
 - Horizonte calculado
 - Subir archivo de horizonte
 - Buttons: CSV, json
 - Text: Seleccionar archivo, Ninguno archivo selec.
 - Button: Cambiar a la versión 5.1
- Rendimiento de los sistemas FV fuera de la red:**
 - Base de datos de radiación solar: PVGIS-NSRDB
 - Potencia fotovoltaica pico instalada [Wp]: 450
 - Capacidad de la batería [Wh]: 2400
 - Límite de corte de descarga [%]: 40
 - Consumo por día [Wh]:
 - Subir datos de consumo
 - Pendiente [°]: 35
 - Acimut [°]: 0
 - Buttons: Seleccionar archivo, Ninguno archivo selec.

Tomado de: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/tools.html

Los resultados del cálculo del rendimiento del sistema fotovoltaico aislado son de tres tipos diferentes y los informes completos se detallarán dentro de la sección anexos:

- Promedios mensuales y anuales de producción de energía diaria y promedio mensual de energía no captada por batería llena (ambos expresados en Wh).

- Promedios mensuales y anuales de la cantidad de días en los que la batería se llena o descarga.
- Histograma del estado de carga de la batería.

4.5.1 Escenario 1 - Combinación de Equipos

Para el escenario 1 (Figura 48), la potencia total hora requerida es de 490 W y se consideran las horas de jornada laboral para la evaluación (8 horas). Consumo diario 3.92 kW.

Figura 48

Ingreso de Información para la Estimación de Rendimiento

Cursor:

Seleccionado -2.157, -79.912

Elevación (m): 34

PVGIS ver. 5.2

Usar sombras de terreno :

Horizonte calculado

Subir archivo de horizonte

Cambiar a la versión 5.1

↓ CSV
↓ json

Seleccionar archivo Ninguno archivo selec.

CONECTADO A LA RED

FV DE SEGUIMIENTO

FUERA DE LA RED

DATOS MENSUALES

DATOS DIARIOS

DATOS HORARIOS

TMY

📄
RENDIMIENTO DE LOS SISTEMAS FV FUERA DE LA RED
?

| | |
|---|--|
| Base de datos de radiación solar * | PVGIS-NSRDB |
| Potencia fotovoltaica pico instalada [Wp] * | 450 |
| Capacidad de la batería [Wh] * | 2400 |
| Limite de corte de descarga [%] * | 40 |
| Consumo por día [Wh] * | 3.92 |
| <input type="checkbox"/> Subir datos de consumo | Seleccionar archivo Ninguno archivo selec. |
| Pendiente [°] * | 35 |
| Acimut [°] * | 0 |

Tomado de: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/tools.html

El análisis empírico de los datos ha puesto de relieve, a través de la correlación, la presencia de una cierta estructura de dependencia entre la radiación solar y el precio de la electricidad. Además, la radiación solar asume valores mínimos durante la noche (por razones obvias) y valores máximos en las horas centrales del día (13-14 horas). Al mismo tiempo, el precio de la electricidad también adquiere valores más elevados en las horas centrales del día debido a la mayor demanda eléctrica (Tabla 9).

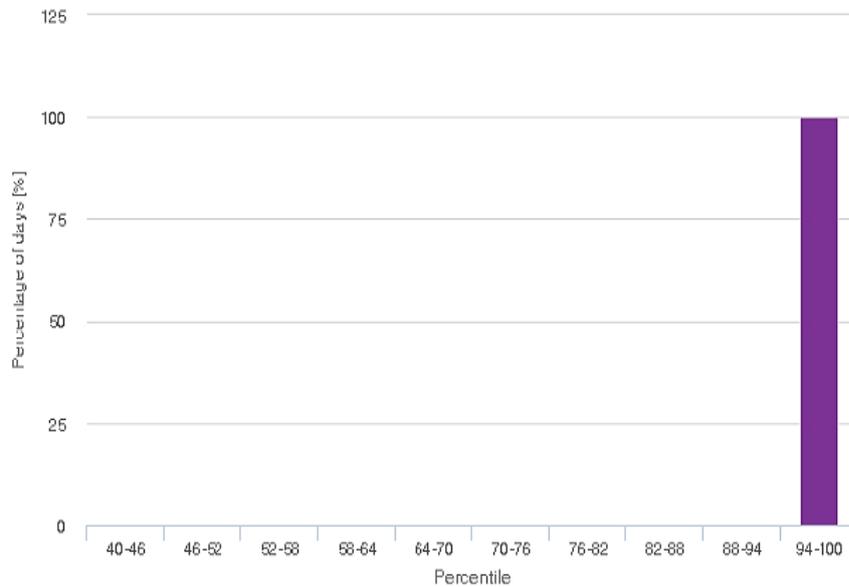
Tabla 9*Resumen Estimación de Resultados Escenario 1*

| Entradas proporcionadas: | |
|--|----------------|
| Ubicación [Lat/Lon]: | -2.157,-79.912 |
| Horizonte: | Calculado |
| Base de datos utilizada: | PVGIS-NSRDB |
| Fotovoltaica instalada [Wp]: | 450 |
| Capacidad de la batería [Wh]: | 2400 |
| Límite de corte de descarga [%]: | 40 |
| Consumo por día [Wh]: | 3.92 |
| Ángulo de inclinación [°]: | 35 |
| Ángulo de acimut [°]: | 0 |
| Salidas de simulación: | |
| Porcentaje de días con batería llena [%]: | 100 |
| Porcentaje de días con batería descargada [%]: | 0 |
| Energía media no captada [Wh]: | 1214.96 |
| Falta energía media [Wh]: | 0 |

Tomado de: <https://powest.com/landing/#producto>

Figura 49

Ingreso de Información para la Estimación de Rendimiento



Nota. 100% de carga al final del día con el Escenario 1. Tomado de: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/tools.html

4.5.2 Escenario 2 - Sólo Laptops

Escenario 1 (Figura 50), la potencia total hora requerida es de 600 W y se consideran las horas de jornada laboral para la evaluación (8 horas). Consumo diario 4.8 kW (Tabla 10).

Figura 50

Ingreso de Información para la Estimación de Rendimiento

Cursor:
Seleccionado -2.157, -79.912
 Elevación (m): 34
 PVGIS ver. 5.2

Usar sombras de terreno :

Horizonte calculado

Subir archivo de horizonte

[Cambiar a la versión 5.1](#)

[↓ CSV](#) [↓ json](#)

Seleccionar archivo Ninguno archivo selec.

CONECTADO A LA RED

FV DE SEGUIMIENTO

FUERA DE LA RED

DATOS MENSUALES

DATOS DIARIOS

DATOS HORARIOS

TMY

RENDIMIENTO DE LOS SISTEMAS FV FUERA DE LA RED

Base de datos de radiación solar * PVGIS-NSRDB

Potencia fotovoltaica pico instalada [Wp] * 450

Capacidad de la batería [Wh] * 2400

Limite de corte de descarga [%] * 40

Consumo por día [Wh] * 4.8

Subir datos de consumo

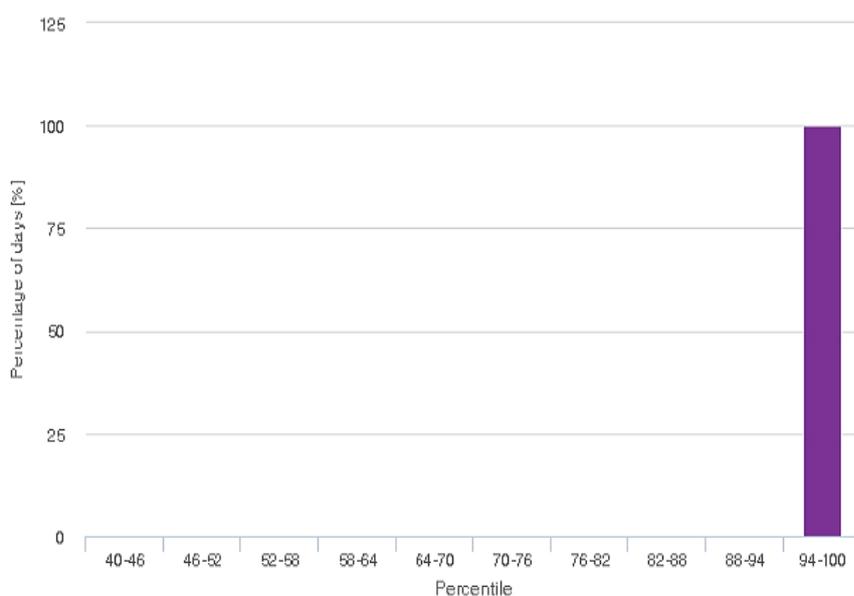
Pendiente [°] * 35

Acimut [°] * 0

Tomado de: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/tools.html

Tabla 10*Resumen Estimación de Resultados Escenario 2*

| Entradas proporcionadas: | |
|--|----------------|
| Ubicación [Lat/Lon]: | -2.157,-79.912 |
| Horizonte: | Calculado |
| Base de datos utilizada: | PVGIS-NSRDB |
| Fotovoltaica instalada [Wp]: | 450 |
| Capacidad de la batería [Wh]: | 2400 |
| Límite de corte de descarga [%]: | 40 |
| Consumo por día [Wh]: | 4.8 |
| Ángulo de inclinación [°]: | 35 |
| Ángulo de acimut [°]: | 0 |
| Salidas de simulación: | |
| Porcentaje de días con batería llena [%]: | 100 |
| Porcentaje de días con batería descargada [%]: | 0 |
| Energía media no captada [Wh]: | 1214.08 |
| Falta energía media [Wh]: | 0 |

Tomado de: <https://powest.com/landing/#producto>**Figura 51***Probabilidad del Estado de Carga de la Batería al Final del Día*

Nota. 100% de carga al final del día con el Escenario 2. Tomado de: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/tools.html

4.5.3 Escenario 3 - Sólo Celulares

Para el escenario 1 (Figura 52), la potencia total hora requerida es de 120 W y se consideran las horas de jornada laboral para la evaluación (8 horas). Dando como resultado un consumo diario 0.96 kW (Tabla 11).

Figura 52

Ingreso de Información para la Estimación de Rendimiento

The screenshot displays the PVGIS web interface for estimating the performance of off-grid solar systems. The interface is divided into several sections:

- Location Information:**
 - Cursor: -2.155, -79.912
 - Seleccionado: -2.157, -79.912
 - Elevación (m): 34
 - PVGIS ver.: 5.2
- Use terrain shadows (Usar sombras de terreno):**
 - Horizonte calculado
 - Subir archivo de horizonte
 - Buttons: [±CSV](#), [±jeon](#)
 - Text: [Seleccionar archivo](#) Ninguno archivo selec.
 - Button: [Cambiar a la versión 5.1](#)
- Navigation Sidebar:**
 - CONECTADO A LA RED
 - FV DE SEGUIMIENTO
 - FUERA DE LA RED
 - DATOS MENSUALES
 - DATOS DIARIOS
 - DATOS HORARIOS
 - TMV
- Performance Estimation Form:**
 - Base de datos de radiación solar: [PVGIS-NSRDB](#)
 - Potencia fotovoltaica pico instalada [Wp]: 450
 - Capacidad de la batería [Wh]: 2400
 - Límite de corte de descarga [%]: 40
 - Consumo por día [Wh]: 0.96
 - Subir datos de consumo
 - [Seleccionar archivo](#) Ninguno archivo selec.
 - Pendiente [°]: 35
 - Acimut [°]: 0

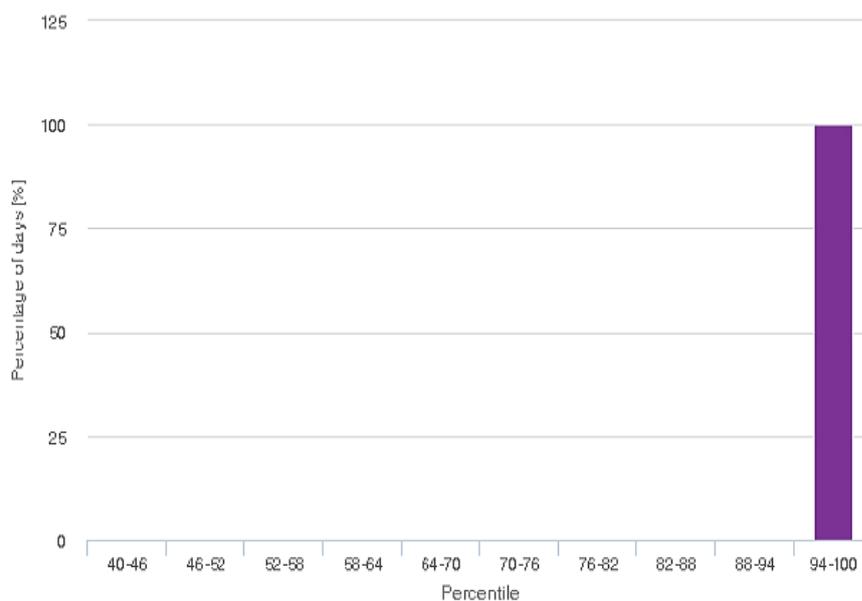
Tomado de: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/tools.html

El rendimiento de un sistema fotovoltaico está determinado por las condiciones climáticas, el equipo utilizado y la configuración del sistema. El rendimiento fotovoltaico se puede medir como la relación entre la producción real de un sistema fotovoltaico y su producción esperada, y esta medición es esencial para el funcionamiento y mantenimiento adecuados de las instalaciones fotovoltaicas.

El principal aporte de energía es la radiación óptica global en el plano del panel solar, que es una combinación de radiación directa y difusa.

Tabla 11*Resumen Estimación de Resultados Escenario 3*

| Entradas proporcionadas: | |
|--|----------------|
| Ubicación [Lat/Lon]: | -2.157,-79.912 |
| Horizonte: | Calculado |
| Base de datos utilizada: | PVGIS-NSRDB |
| Sistema Fotovoltaico instalado [Wp]: | 450 |
| Capacidad de la batería [Wh]: | 2400 |
| Límite de corte de descarga [%]: | 40 |
| Consumo por día [Wh]: | 0,96 |
| Ángulo de inclinación [°]: | 35 |
| Ángulo de acimut [°]: | 0 |
| Salidas de simulación: | |
| Porcentaje de días con batería llena [%]: | 100 |
| Porcentaje de días con batería descargada [%]: | 0 |
| Energía media no captada [Wh]: | 1217.92 |
| Falta energía media [Wh]: | 0 |

Figura 53*Probabilidad del Estado de Carga de la Batería al Final del Día*

Nota. 100% de carga al final del día con el Escenario 3. Tomado de: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/tools.html

Conclusiones

Con la realización de este proyecto se determina el principio de funcionamiento y características de cada elemento de los sistemas fotovoltaicos autónomos y conectados a red encontrando diversos materiales para la fabricación de paneles solares gracias al desarrollo de nuevos materiales y configuraciones de acuerdo con el alcance del sistema a implementar.

Es importante establecer los requerimientos en el proceso de carga de los vehículos eléctricos para micromovilidad, los cuales vienen determinados por la potencia y capacidad de baterías del dispositivo. Por tanto, establecer los requerimientos y equipos de comprobación en el proceso de carga de vehículos eléctricos para micromovilidad es fundamental para garantizar la eficiencia, seguridad y confiabilidad de estos sistemas. A través de este proceso, se pueden establecer estándares que aseguren la compatibilidad entre diferentes tipos elementos implementados en el árbol solar y puntos de carga, así como garantizar la seguridad tanto para los usuarios como para los vehículos.

La estimación de la energía producida y disponible del Árbol Solar depende en gran medida del tipo de paneles solares utilizados en su construcción. Los paneles solares pueden ser de diferentes tipos, como paneles de silicio monocristalino, policristalino, o de capa delgada, cada uno con sus propias características y eficiencias energéticas.

La elección del tipo de panel solar afecta directamente la cantidad de energía que el Árbol Solar puede generar y, por ende, su disponibilidad para su uso. En general, los paneles de silicio monocristalino tienden a ser más eficientes en la conversión de la luz solar en electricidad en comparación con los paneles policristalinos y de capa delgada. Esto significa que un Árbol Solar equipado con paneles monocristalinos generará más energía en condiciones ideales.

Además del tipo de panel solar, otros factores como la ubicación geográfica, la inclinación y orientación del Árbol Solar, así como las condiciones climáticas locales, también

influirán en la cantidad de energía producida. Un lugar con muchas horas de sol al día y pocas obstrucciones tendrá un rendimiento superior en comparación con un lugar con menos horas de sol o sombras frecuentes.

En resumen, la elección del tipo de panel solar es un factor crucial para estimar la energía producida y disponible del Árbol Solar. Además, consideraciones adicionales como la ubicación y las condiciones ambientales también desempeñan un papel importante en esta estimación. Es fundamental realizar un análisis detallado de estos factores para obtener una estimación precisa de la energía que un Árbol Solar puede generar y poner a disposición para su uso.

Recomendaciones

Este documento puede ser usado como base para investigaciones futuras relacionadas, dirigidas al uso y aplicación de paneles fotovoltaicos enfocándose en los tipos de consumidores y condiciones ambientales que mejor resultado proporcionen.

Es importante conocer las especificaciones de los vehículos eléctricos o dispositivos de micromovilidad para determinar la potencia máxima requerida.

Determinar las horas necesarias para la carga de los vehículos eléctricos es fundamental para el cálculo de energía demandada y dimensionar la cantidad de paneles solares, así como la capacidad del banco de baterías.

Es posible estimar la energía producida gracias al monitoreo de condiciones climáticas a nivel global. Ecuador gracias a su posición geográfica cuenta con un estimado de 4 horas solares pico, valor con el cual se pueden realizar cálculos o mediante plataformas como el sistema de información geográfica fotovoltaica de la Comisión Europea.

Bibliografía

- Arreola Gómez, R., Quevedo Nolasco, A., Castro Popoca, M., Bravo Vinaja, Á., & Reyes Muñoz, D. (2015). Diseño, construcción y evaluación de un sistema de seguimiento solar para un panel fotovoltaico. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(8), 1715-1727.
- Benavidez, W. (2017). Los árboles y la importancia de los espacios verdes públicos. *Revista Arquitectura+*, 2(3), 22-33.
- Cook G., Billman L. y Adcock R. (1995). *Fundamentos Fotovoltaicos*. Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE).
- Díaz, J. (2017). Últimos desarrollos en métodos de ensayo para sistemas fotovoltaicos. Centro Nacional de Energías Renovables. Gobierno de España. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Events/2017/Sep/Quality-infrastructure/1225_Quality-of-the-PV-System_Javier-Diaz.pdf?hash=C7CB87243CBD7162FB8B4B6463012B2EFB42AB98&la=en
- Efimarket (1 de marzo de 2018). ¿Qué es la Hora Solar Pico (HSP), para qué sirve y cómo calcularlo? <https://www.efimarket.com/blog/la-hora-solar-pico-hsp-sirve-calcularlo/>
- Gangwar, P., Tripathi, R. P., & Singh, A. K. (2021). Solar photovoltaic tree: a review of designs, performance, applications, and challenges. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 1-28.
- Gangwar, P., Kumar, N. M., Singh, A. K., Jayakumar, A., & Mathew, M. (2019). Solar photovoltaic tree and its end-of-life management using thermal and chemical treatments for material recovery. *Case Studies in Thermal Engineering*, 14, 100474.
- García, V. (7 de julio de 2011). Reguladores de Carga. Hispavila. <https://www.hispavila.com/reguladores-de-carga/>

- González Peña, D. (2014). Modelo de innovación y optimización de la energía solar en España. La aplicación de las tecnologías disponibles para el aprovechamiento de recursos, comercialización. *Revista Guillermo de Ockham*, 8(2), 101-114.
- Granda Jaramillo, W. O. (2021). Elaboración de un Manual de Manejo Ecodriving para Vehículos M1 en Guayaquil.
- Lamigueiro, O. P. (2013). Energía solar fotovoltaica. Creative Commons ebook. España. 192pp.
- Lindao Suárez, W. E. (2020). Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en casa comunal de Cooperativa Los Paracaidistas en la ciudad de Guayaquil.
- Méndez Torres, P. W., Gómez Berrezueta, M. F., & Llerena Mena, A. F. (2020). Análisis de la viabilidad para la implementación de vehículo eléctrico que preste servicio de taxi en la ciudad de Cuenca.
- Micromovilidad (10 de junio de 2022). En Wikipedia. <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Micromovilidad&oldid=144115582>
- Mogrovejo León, W. F., & Sarmiento Vintimilla, J. C. (2011). Análisis de factibilidad técnica y económica en la implementación de energía fotovoltaica y termo solar para generación de electricidad y calentamiento de agua mediante paneles solares fijos y con un seguidor de sol de construcción casera, para una vivienda unifamiliar.
- Ospino Castro, A., Robles Algarín, C., & Duran Pabón, A. (2014). Modelado y simulación de un panel fotovoltaico empleando técnicas de inteligencia artificial. *Ingeniería Energética*, 35(3), 225-233.
- Panel Fotovoltaico (18 de agosto de 2023). En Wikipedia. https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Panel_fotovoltaico&oldid=153156620
- Potosinos, U. (2019). Energía solar fotovoltaica.

- Piquer, S. (17 de mayo de 2023). Cómo saber cuánto consume tu portátil. Techadvisor. <https://www.techadvisor.com/article/1405394/cuando-consume-portatil.html>
- Rivero, V. L. R., Mero, C. M. L., Barrezueta, M. F. G., & Jaramillo, W. O. G. (2022). Perspectivas del eco-driving como técnica para reducir el consumo de combustible en la ciudad de Guayaquil: Perspectives of eco-driving as a technique to reduce fuel consumption in the city of Guayaquil. *South Florida Journal of Development*, 3(5), 6226-6235.
- Rúa-Ramírez, E., Mendoza-Jiménez, I., Torres-Suarez, E., Flórez-Serrano, E., & Serrano-Rico, J. (2021). Banco de pruebas didáctico para aprendizaje y medición del rendimiento de paneles solares fotovoltaicos. *Revista UIS ingenierías*, 20(2), 1-10.
- Velez, D., & Juventino, O. (2018). Plan para la implementación de árboles solares en el Parque Papagayo de Acapulco, Guerrero (Master's thesis, Universidad Autónoma de Guerrero (México)).
- Terashima, K., Sato, H., & Ikaga, T. (2020). Development of an environmentally friendly PV/T solar panel. *Solar Energy*, 199, 510-520.
- Triana Andrés. (2020) Propuesta de árbol solar como fuente de energía renovable para la carga de equipos móviles en la sede Bosa Porvenir de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas [Tesis de Pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/24772/TrianaS%c3%a1nchezAndresFelipe2020.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

Anexos

Rendimiento de los Paneles Solares

PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

European Commission

European Commission > EU Science Hub > PVGIS > Interactive tools

Home Tools Downloads Documentation Contact us

Cursor: Selected: -2.157, -79.912
Elevation (m): 34
PVGIS ver. 5.1

Use terrain shadows:
 Calculated horizon
 Upload horizon file
[Switch to version 5.2](#)

[Download CSV](#) [Download JSON](#)

PERFORMANCE OF OFF-GRID PV SYSTEMS

Solar radiation database* PVGIS-NSRDB

Installed peak PV power [Wp]* 450

Battery capacity [Wh]* 2400

Discharge cutoff limit [%]* 40

Consumption per day [Wh]* 0.85

Upload consumption data [Choose File](#) No file chosen

Slope [°]* 35

Azimuth [°]*

Visualize results [Download CSV](#) [Download JSON](#)

Address: [Go!](#) Lat/Lon: [Go!](#)

PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

European Commission

European Commission > EU Science Hub > PVGIS > Interactive tools

Home Tools Downloads Documentation Contact us

Map: Shows a street view of a location. Labels include: Jacuzzi, Practi Casa Practi Casa, El Gran Colchon El Gran Colchon, Raul Gomez, Calle 15a No, Unidad Educativa Bilingue Santa Catalina, 5°cj. 15, 5 Callejón 15, A/C Vehiculos, and Ave.

Address: **Lat/Lon:**

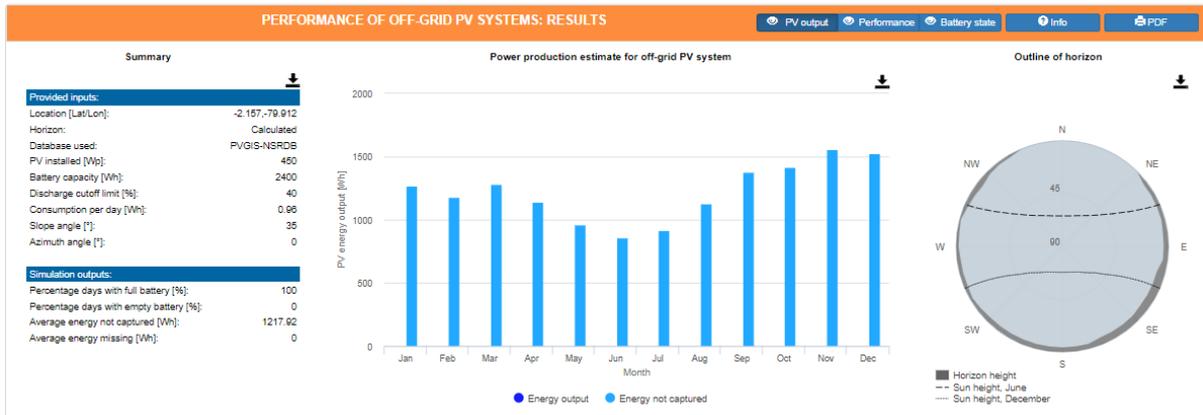
Cursor:
 Selected: -2.157, -79.912
 Elevation (m): 34
 PVGIS ver. 5.1

Use terrain shadows:
 Calculated horizon
 Upload horizon file
 No file chosen

PERFORMANCE OF OFF-GRID PV SYSTEMS

GRID CONNECTED
TRACKING PV
OFF-GRID
 MONTHLY DATA
 DAILY DATA
 HOURLY DATA
 TMY

Solar radiation database
 Installed peak PV power [Wp]
 Battery capacity [Wh]
 Discharge cutoff limit [%]
 Consumption per day [Wh]
 Upload consumption data No file chosen
 Slope [°]
 Azimuth [°]



Summary

Provided inputs:

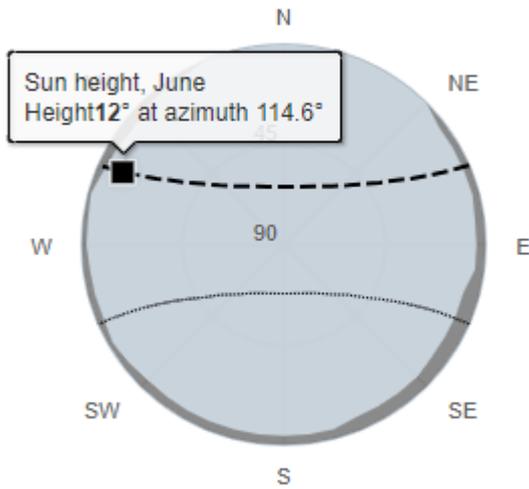
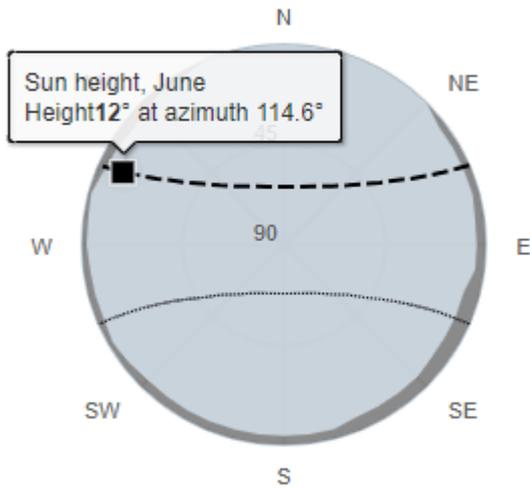
| | |
|-----------------------------|----------------|
| Location [Lat/Lon]: | -2.157,-79.912 |
| Horizon: | Calculated |
| Database used: | PVGIS-NSRDB |
| PV installed [Wp]: | 450 |
| Battery capacity [Wh]: | 2400 |
| Discharge cutoff limit [%]: | 40 |
| Consumption per day [Wh]: | 0.96 |
| Slope angle [°]: | 35 |
| Azimuth angle [°]: | 0 |

Simulation outputs:

| | |
|---|---------|
| Percentage days with full battery [%]: | 100 |
| Percentage days with empty battery [%]: | 0 |
| Average energy not captured [Wh]: | 1217.92 |
| Average energy missing [Wh]: | 0 |

Outline of horizon

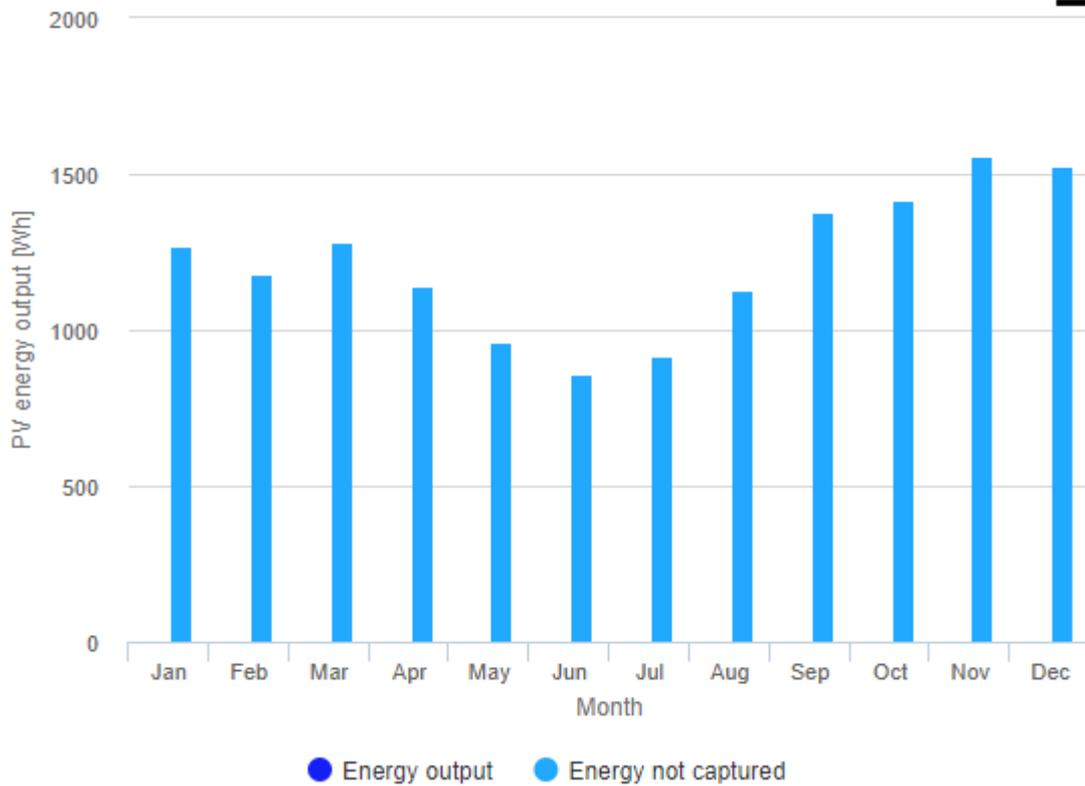
Outline of horizon



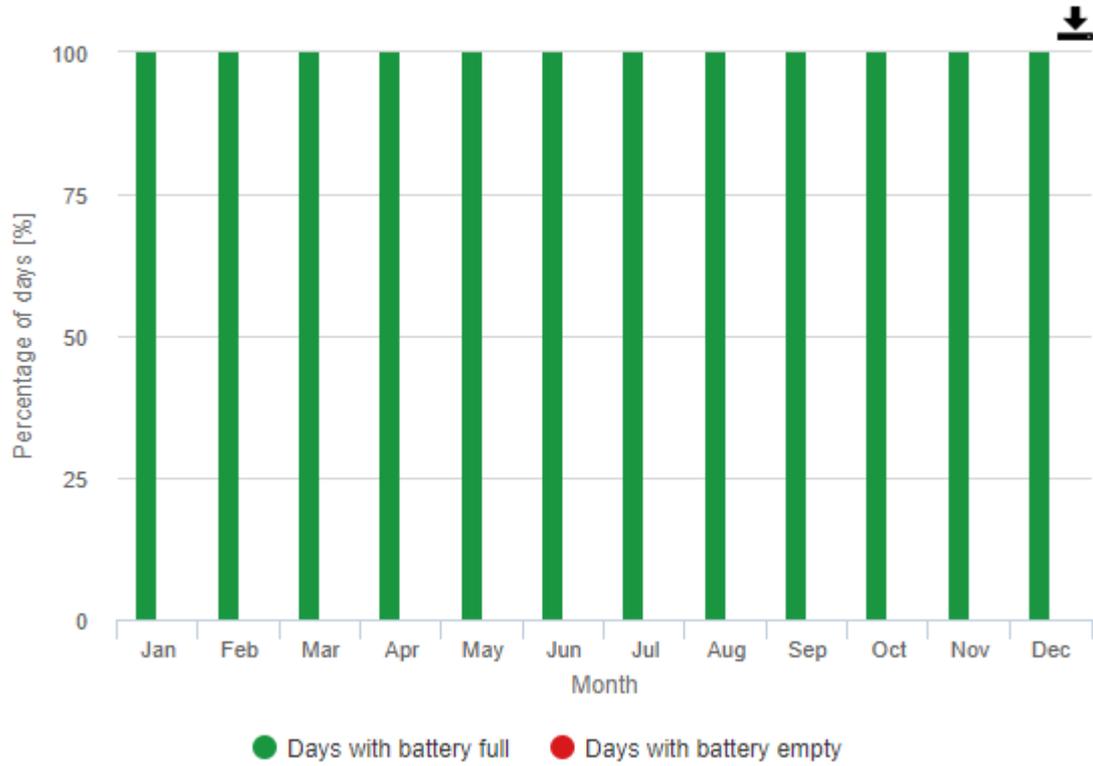
- Horizon height
- - Sun height, June
- Sun height, December

- Horizon height
- - Sun height, June
- Sun height, December

Power production estimate for off-grid PV system



Battery performance for off-grid PV system



Probability of battery charge state at the end of the day

