

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE ELECTRICIDAD



## INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR, MODALIDAD PRESENCIAL

**TEMA:**

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA EN LA GENERACIÓN ELÉCTRICA DE PANELES FOTOVOLTAICOS CON Y SIN SEGUIMIENTO SOLAR.

Trabajo de Grado previo a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico

**Línea de investigación:** Biotecnología, energía y recursos naturales renovables

**AUTOR:**

Ronald David Erazo León

**DIRECTOR:**

MSc. Julio Esteban Guerra Masson

Ibarra, julio 2024



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A**  
**FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>	
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1004734057
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Ronald David Erazo León
<b>DIRECCIÓN:</b>	Otavalo
<b>EMAIL:</b>	rderazol@utn.edu.ec
<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0962546307

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	Estudio de la influencia en la generación eléctrica de paneles fotovoltaicos con y sin seguimiento solar.
<b>AUTOR (ES):</b>	Ronald David Erazo León
<b>FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA</b>	22/07/2024
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero Eléctrico
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	MSc. Julio Esteban Guerra Masson



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE ELECTRICIDAD**



## 2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 23 días del mes de Julio de 2024

**EL AUTOR:**

Ronald David Erazo León  
C.I. 1004734057



**CERTIFICADO DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN  
CURRICULAR**

Yo, MSc. Julio Esteban Guerra Masson en calidad de director del señor estudiante Erazo León Ronald David, certifico que ha culminado con las normas establecidas en la elaboración del Trabajo de Integración Curricular con el tema: "ESTUDIO DE LA INFLUENCIA EN LA GENERACIÓN ELÉCTRICA DE PANELES FOTOVOLTAICOS CON Y SIN SEGUIMIENTO SOLAR."

Para la obtención del título de Ingeniero Eléctrico, aprobado la defensa, impresión y empastado.

.....  
MSc. Julio Esteban Guerra Masson

**DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE ELECTRICIDAD**



**DEDICATORIA**

*A mis padres, Laura y Ramiro*

*A mis hermanos Paola, Andrés y Jordán*

***Ronald***



## AGRADECIMIENTO

El presente trabajo está dirigido a mi querida familia, cuyo amor incondicional y apoyo constante han sido la luz que ha guiado mi camino. A mis padres, mi madre Laura León y mi padre Ramiro Erazo, que con su esfuerzo y sacrificio me han enseñado el valor de la perseverancia y la importancia de seguir mis sueños. De igual forma a mis hermanos Paola, Andrés y Jordan, compañeros de vida, que con su alegría y complicidad han hecho más llevadero cada desafío. Este logro es también suyo, porque sin ustedes, nada de esto habría sido posible.



## Contenido

RESUMEN .....	13
ABSTRACT .....	14
<b>CAPITULO I</b> .....	15
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	15
1.1 Problema de Investigación.....	15
1.1.1 Problemática a investigar .....	15
1.1.2 Formulación de la pregunta de investigación .....	15
1.2 Objetivos .....	16
1.2.1 Objetivo general.....	16
1.2.2 Objetivos específicos.....	16
1.3 Alcance y delimitación .....	16
CAPITULO II.....	17
MARCO TEÓRICO .....	17
2.1 Antecedentes .....	17
2.2 Energía Solar.....	19
2.2.1 Radiación Solar .....	20
2.2.2 Efecto fotovoltaico .....	23
2.2.3 Aplicaciones de la energía solar .....	24
2.3 Sistemas de generación fotovoltaica.....	25
2.3.1 Celdas fotovoltaicas .....	26
2.3.1.1 Silicio cristalizado .....	26
2.3.1.2 Thin film .....	27
2.3.1.3 CIS .....	28
2.3.1.4 Teluro de Cadmio.....	29



2.3.2 Paneles fotovoltaicos.....	29
2.3.3 Centrales solares .....	30
2.4 Paneles Solares .....	30
2.4.1 Estructuras en paneles solares .....	30
2.4.2 Sistemas de seguimiento solar .....	33
2.4.2.1 Estructura de seguimiento solar de un eje .....	33
2.4.2.2 Estructura de seguimiento solar de dos ejes .....	34
CAPITULO 3 .....	35
MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
3.1 Métodos usados en el proyecto .....	35
3.2 Tipo de investigación.....	36
3.3 Diseño de investigación .....	36
3.4 Metodología del proyecto .....	36
3.5 Numero de muestras de días colocación.....	38
3.6 Ecuaciones eléctricas para el dimensionamiento de los paneles solares .....	38
3.6.1 Potencia generada .....	39
3.6.2 Eficiencia eléctrica .....	39
3.6.3 Ángulo de colocación del panel fijo.....	40
3.7 Equipos .....	40
3.7.1 Paneles fotovoltaicos.....	40
3.7.2 Datos eléctricos de la placa de características del panel fotovoltaico.....	41
3.7.3 Microcontrolador .....	41
3.7.4 Regulador de carga solar .....	42
3.7.5 Elementos electrónicos.....	43
3.8 Software .....	45





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE ELECTRICIDAD**



3.8.1 SolidWorks .....	45
3.8.2 Proteus .....	45
3.8.3 Arduino IDE .....	46
3.8.4 ThingSpeak .....	46
3.8.5 Excel .....	46
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>47</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>47</b>
4.1 Planeación de la medición de generación eléctrica .....	47
4.2 Cálculo de numero de muestras .....	47
4.3 Tensión y corriente eléctrica a hora pica .....	47
4.3.1 Tensión generada en el panel fotovoltaicos a mediodía.....	47
4.3.2 Corriente generada en el panel fotovoltaicos a mediodía.....	48
4.3.3 Selección Regulador de carga.....	49
4.4 Selección Microcontrolador.....	49
4.5.1 Selección de la estructura del conjunto de paneles fotovoltaicos .....	50
4.5.2 Selección de la base de paneles .....	50
4.5.3 Selección de la estructura de soporte de los paneles solares .....	50
4.5.4 Diseño 3D de la estructura de paneles fotovoltaicos .....	50
4.5.5 Sistema Fijo .....	51
4.5.6 Sistema de seguimiento solar.....	52
4.6 Circuito de seguimiento solar .....	52
4.7 Esquemático de conexión eléctrica y electrónica .....	53
4.8 Adquisición de datos.....	54
4.8.1 Selección sensor de Voltaje FZ0430.....	56
4.8.2 Selección sensor de Corriente ACS712.....	56



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE ELECTRICIDAD**



4.8.3 Visualización de datos en tiempo real .....	56
4.9 Instalación del sistema .....	57
4.10 Adquisición de datos de generación eléctrica Semana 1 .....	57
4.11 Adquisición de datos de generación eléctrica Semana 2 .....	59
4.12 Adquisición de datos de generación eléctrica Semana 3 .....	60
4.13 Adquisición de datos de generación eléctrica Semana 4 .....	62
4.14 Adquisición de datos de generación eléctrica Semana 5 .....	64
4.15 Adquisición de datos de generación eléctrica Semana 6 .....	65
4.16 Adquisición de datos de generación eléctrica Semana 7 .....	67
4.17 Adquisición de datos de generación eléctrica Semana 8 .....	68
4.18 Eficiencia eléctrica Total .....	70
CONCLUSIONES.....	72
RECOMENDACIONES .....	73
REFERENCIAS .....	74



## INDICE DE CONTENIDOS

### INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Tipos de Radiación Solar.....	21
<b>Figura 2.</b> Atlas Solar del Ecuador .....	21
<b>Figura 3.</b> Movimiento aparente del sol durante el día y el año .....	23
<b>Figura 4.</b> Incidencia de un fotón sobre un material semiconductor .....	23
<b>Figura 5.</b> Taxonomía de la aplicación de la energía solar .....	25
<b>Figura 6.</b> Tipos de celdas solares .....	26
<b>Figura 7.</b> Celda de silicio monocristalino.....	27
<b>Figura 8.</b> Celda de silicio policristalino .....	27
<b>Figura 9.</b> Funcionamiento de una celda de silicio amorfo .....	28
<b>Figura 10.</b> Celda de cobre indio galio y diselenuro .....	28
<b>Figura 11.</b> Celda de telurio de cadmio.....	29
<b>Figura 12.</b> Estructura de un módulo de panel solar.....	31
<b>Figura 13.</b> Uso del regulado en un panel solar .....	32
<b>Figura 14.</b> Sistema de panel fotovoltaico completo .....	33
<b>Figura 15.</b> Metodología empleada previo al análisis comparativo .....	37
<b>Figura 16.</b> Recomendación de inclinación de paneles fotovoltaicos según su latitud ....	40
<b>Figura 17.</b> Medición de tensión en paneles fotovoltaicos .....	48
<b>Figura 18.</b> Medición de corriente en paneles fotovoltaicos.....	49
<b>Figura 19.</b> Diagrama 3D del conjunto de paneles fotovoltaicos .....	51
<b>Figura 20.</b> Diagrama 3D del panel fijo .....	51
<b>Figura 21.</b> Diagrama 3D del panel con seguimiento solar .....	52
<b>Figura 22.</b> Imagen de puntos de distribución de fotorresistencias.....	53
<b>Figura 23.</b> Diagrama general eléctrico y electrónico .....	54



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE ELECTRICIDAD**



<b>Figura 24.</b> Diagrama del circuito de adquisición de datos .....	55
<b>Figura 25.</b> Diagrama de conexión del circuito de adquisición de datos .....	55
<b>Figura 26.</b> Interfaz Thingspeak con visualización de datos de generación fotovoltaica .	57
<b>Figura 27.</b> Instalación del sistema de paneles fijo y conseguimiento .....	57
<b>Figura 28.</b> Datos generación eléctrica semana 1 .....	58
<b>Figura 29.</b> Datos generación eléctrica semana 2 .....	59
<b>Figura 30.</b> Datos generación eléctrica semana 3 .....	61
<b>Figura 31.</b> Datos generación eléctrica semana 4 .....	62
<b>Figura 32.</b> Generación eléctrica en el primer mes .....	64
<b>Figura 33.</b> Datos generación eléctrica semana 5 .....	64
<b>Figura 34.</b> Datos generación eléctrica semana 6 .....	66
<b>Figura 35 .</b> Datos generación eléctrica semana 7 .....	67
<b>Figura 36.</b> Datos generación eléctrica semana 8 .....	69
<b>Figura 37.</b> Generación eléctrica en el segundo mes .....	70



## INDICE DE TABLAS

<b>TABLA I.</b> Placa de características del panel fotovoltaico. ....	41
<b>TABLA II.</b> Ponderación realizada para la selección del microcontrolador. ....	42
<b>TABLA III.</b> Características técnicas materiales eléctricos y electrónicos.....	43
<b>TABLA IV.</b> Eficiencia eléctrica en la Semana 1.....	59
<b>TABLA V.</b> Eficiencia eléctrica en la Semana 2. ....	60
<b>TABLA VI.</b> Eficiencia eléctrica de la Semana 3.....	62
<b>TABLA VII.</b> Eficiencia eléctrica de la Semana 4. ....	63
<b>TABLA VIII.</b> Eficiencia eléctrica de la Semana 5.....	65
<b>TABLA IX.</b> Eficiencia eléctrica de la Semana 6.....	66
<b>TABLA X.</b> Eficiencia eléctrica de la Semana 7. ....	68
<b>TABLA XI.</b> Generación eléctrica en la Semana 8.....	69
<b>TABLA X.</b> Eficiencia eléctrica total. ....	71



## RESUMEN

En la actualidad, debido a la demanda energética y la necesidad de fuentes alternativas de generación eléctrica independientes de las redes de distribución han generado una necesidad de sistemas más eficientes y limpios. De estos uno de los más importantes es el enfoque en el desarrollo de paneles fotovoltaicos y las tecnologías de seguimiento solar en base a esto, cuyo fin es maximizar la generación eléctrica a lo largo del día. El objetivo de este trabajo se basa en el estudio de generación eléctrica mediante una comparativa entre un panel fotovoltaico con estructura fija y otro con seguimiento solar de dos ejes, los mismos se los dimensiono y construyo acorde a la metodología planteada, para que posteriormente se les sometiera a iguales condiciones de radiación solar a lo largo de dos meses. Una vez implementado ambos casos de estudio y puesto a prueba se realizó un análisis obteniendo los siguientes resultados en donde se evidencia que existe un aumento significativo en la generación eléctrica obtenida por el panel con seguimiento solar con un promedio total del 10,62% para el primer mes de estudio y 9,27% para el segundo mes de estudio, esto nos indica la importancia de considerar sistemas de seguimiento solar para maximizar la captación de energía lo que puede traducirse en una mejora significativa en el rendimiento a largo plazo y la sostenibilidad del sistema de captación de energía solar mediante paneles solares con seguimiento.

**Palabras claves:** generación fotovoltaica, eficiencia energética, comparativa, panel solar con estructura fija, seguimiento solar de dos ejes.



## ABSTRACT

Currently, due to energy demand and the need for alternative sources of electricity generation independent of distribution networks, there has been a need for more efficient and clean systems. Among these, one of the most important is the focus on the development of photovoltaic panels and solar tracking technologies, with the aim of maximizing electricity generation throughout the day. The objective of this work is based on the study of electric generation through a comparison between a photovoltaic panel with a fixed structure and another with dual-axis solar tracking, both of which were sized and built according to the proposed methodology, so that they were subsequently subjected to the same conditions of solar radiation over two months. Once both case studies were implemented and tested, an analysis was carried out, obtaining the following results where it is evident that there is a significant increase in the electrical generation obtained by the panel with solar tracking, with an overall average of 10.62% for the first month of study and 9.27% for the second month of study. This indicates the importance of considering solar tracking systems to maximize energy capture, which can translate into a significant improvement in long-term performance and sustainability of the solar energy capture system using solar panels with tracking.

**Keywords:** photovoltaic generation, energy efficiency, comparative, fixed structure solar panel, dual-axis solar tracking.



## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN

Estudio de la influencia en la generación eléctrica de paneles fotovoltaicos con y sin seguimiento solar.

#### **1.1 Problema de Investigación**

##### ***1.1.1 Problemática a investigar***

Los niveles de contaminación mundial debido al uso continuo de fuentes no renovables han desencadenado consecuencias tales como el efecto invernadero, el calentamiento global y el deterioro de ecosistemas terrestres y marinos. Ante esta situación, crece el interés por el aprovechamiento de fuentes limpias para la generación de electricidad. Entre dichas fuentes destaca la energía solar que figura como una alternativa de alto potencial especialmente en regiones intertropicales [1].

Ecuador al tener una buena ubicación geográfica y climática, es capaz de albergar sistemas de generación con paneles solares, pero en la mayoría de los casos están dirigidos al uso auxiliar o complementario a las redes eléctricas, ya que los sistemas de generación fotovoltaica siguen en continua innovación por lo que no terminan siendo muy eficientes como para remplazar a los métodos tradicionales.

Ahora bien, este problema ha provocado un desarrollo en las tecnologías de generación fotovoltaica, y con esto una evolución tanto en la calidad de fabricación de las celdas solares como en los métodos de captación de irradiación solar. En este contexto se debe considerar otros aspectos igual de importantes, tales como la posición angular de irradiación solar y las condiciones climáticas del lugar de instalación.

Debido a esto, una característica muy crucial es la dirección con la que incide el sol sobre los paneles solares, en la mayoría de los sistemas fotovoltaicos las estructuras son fijas, por lo que están limitados en la obtención de energía a lo largo del día, obteniendo así una máxima generación eléctrica solo pocas horas al día.

##### ***1.1.2 Formulación de la pregunta de investigación***

¿De qué manera influye en la generación eléctrica los paneles fotovoltaicos con y sin seguimiento solar?





## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo general

Estudiar la influencia en la generación eléctrica de paneles fotovoltaicos para la mejora en la captación de luz mediante un sistema con y sin seguimiento solar.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Describir los sistemas y tecnologías de generación fotovoltaica en paneles solares.
- Implementar un sistema de paneles solares con y sin seguimiento solar para la adquisición de datos.
- Evaluar los resultados de generación fotovoltaica de los paneles solares con y sin seguimiento solar.

## 1.3 Alcance y delimitación

Para el desarrollo del presente estudio se llevará a cabo una revisión bibliográfica sobre celdas solares haciendo énfasis en la generación eléctrica, los sistemas de seguimiento solar y los tipos de estructuras, además del funcionamiento de estos ante condiciones de radiación solar. Con esto se implementará dos celdas solares, una con estructura fija y otra con una estructura móvil, esta última presentará un sistema de seguimiento solar usando sensores de temperatura. Además, es necesario un registro de datos de generación fotovoltaica en ambos casos de estudio, por lo que se conectará un sistema de adquisición de datos utilizando un microcontrolador.

Posteriormente, se instalará ambas celdas en los establecimientos de la carrera de Ingeniería Eléctrica (CIELE) de la Universidad Técnica del Norte, el sistema se lo colocará en función de la trayectoria del Sol durante el día y se mantendrá en esas condiciones de operación alrededor de tres meses, por último, se realizará un análisis comparativo entre los datos de generación fotovoltaica obtenidos por la celda con estructura fija y la celda con seguimiento solar.



## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 1.1 Antecedentes

El desarrollo de las tecnologías y la necesidad continua de obtener energía eléctrica con fuentes renovables ha influenciado el desarrollo de paneles solares. En torno a esto se ha desarrollado diversos mecanismos para la captación de luz solar pero que en su mayoría son estáticos captando energía solar pocas horas al día lo que lo hace muy poco eficiente, por consiguiente, se han creado mecanismos dinámicos capaces de dar un seguimiento solar aumentando así el tiempo en el que incide el sol sobre el mismo.

En investigaciones realizadas anteriormente de entre las cuales se encontró a Ziemelis quien realizó un estudio de paneles solares fijos en la Universidad de Latvia, durante 142 días puso a prueba un par de paneles solares con estructura fija y un ángulo de inclinación de 42° al Sur, a diferentes climas obteniendo un promedio de producción de energía de 254kWh[2].

La estructura fija en paneles solares no es muy eficiente por lo que se han desarrollado estructuras con capacidad de seguimiento, entre los diseños está el de un sistema de seguimiento solar de un eje referido a la fecha y la hora en la Universidad de Rajabhat, Tailandia. Este mecanismo es capaz de girar en función de la longitud, utilizando datos estadísticos de la posición del sol a cierta hora del día, es decir con un sistema de hora y ángulo de colocación. El mismo se puso a prueba 10 veces en el mes de octubre obteniendo una mejora de casi el 15% de producción solar respecto a paneles con sistema de colocación fijo[3].

Actualmente está en desarrollo los sistemas de seguimiento solar de 2 ejes un ejemplo claro es el presentado por Angulo, en su artículo sobre el desarrollo y evaluación de la precisión de un seguidor solar precomercial de doble eje para módulos fotovoltaicos de concentración, describe el diseño y construcción de un sistema de seguimiento solar de doble eje de alta precisión.[4]

Este mismo fue evaluado en función de la norma 62817 de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) en ambientes con cielos despejados, así como en nublados obteniendo



un aumento de la generación eléctrica de hasta un 37.5% en comparación con los paneles fijos.

Además, la implementación de sistemas de seguimiento solar de dos ejes puede contribuir significativamente a la reducción de la huella de carbono, al permitir una generación de energía más limpia y sostenible. A medida que la tecnología continúa avanzando y los costos de producción disminuyen, es probable que veamos una adopción más amplia de estos sistemas en proyectos de energía solar a gran escala, así como en aplicaciones residenciales y comerciales.

Por otra parte, en el diseño de Pelayo López de un sistema fotovoltaico con seguimiento solar de dos ejes el cual varía principalmente del anterior en la ubicación de los ejes de rotación, al ser puesto a prueba en diferentes climas durante 30 días obtuvo una mejora promedio del 25,8% frente a paneles fijos[4]. Este sistema representa una innovación significativa en la captación de energía solar. A diferencia de los paneles fijos, que permanecen estáticos, los seguidores solares de dos ejes se adaptan dinámicamente para maximizar la eficiencia.

Es posible reducir costos evitando usar sensores, describe un seguidor solar sin sensores basado en la posición del sol, mecánicamente es un panel solar de 2 ejes, pero varía en su programación ya que usa datos estadísticos de la posición del sol en dirección de la latitud y longitud para determinadas horas del día. Esta técnica permite obtener un sistema muy coherente con la iluminación máxima e independiente de las condiciones meteorológicas del lugar[5].

En algunos diseños es posible producir energía incluso en la noche, un ejemplo claro es el presentado por Francis que utiliza un método artificial de producción de infrarrojos obteniendo una producción de energía estándar en el día y de 0.03 amperios en horas de la noche[1]. Este enfoque se basa en la captación de radiación infrarroja emitida por la Tierra y otros objetos circundantes, incluso cuando no hay luz solar directa. El principio detrás de esto es que todos los objetos emiten radiación térmica en forma de infrarrojos, independientemente de la hora del día. El dispositivo de Francis aprovecha esta radiación para generar electricidad, lo que lo convierte en un sistema innovador y prometedor.



El problema principal de estos diseños mecánicos es que presentan ciertos inconvenientes tanto económicos como técnicos, según Yun en su artículo sobre las células solares de Silicio cristalino auto transformables con seguimiento, explica que los sistemas de seguimiento solar mecánicos son complejos, caros y no se los puede utilizar cuando se desea captar luz incidente omnidireccional, además propone el desarrollo de un sistema de módulos de células solares bidimensionales en (2D) y tridimensionales (3D) combinando el seguimiento solar con la estructura de arco esto permite obtener un aumento del 60% de la producción de electricidad en el transcurso de un día con buena recepción solar.[6]

Para que un panel solar sea lo suficientemente rentable debe cumplir una serie de características técnicas y económicas, deben ser fácilmente accesibles, baratos, estables y solubles para ser procesados con el rodillo. Debido a esto los elementos más viables son los polímeros en su revista científica explica que los polímeros conjugados son excelentes candidatos para el uso en electrónica y fotovoltaica de bajo costo, debido a que estas alcanzan eficiencias de conversión de energía del 5%.

## **1.2 Energía Solar**

La energía solar es un tipo de energía renovable de alto uso en la actualidad y que además no genera gran impacto en el medio ambiente debido a que las energías renovables son aquellas que poseen un potencial inagotable, que provienen de la energía que llega a nuestro planeta de forma continua, como consecuencia de fenómenos naturales. Se obtiene de los flujos continuos o repetitivos de energía que se producen en el entorno natural y comprende tecnologías de baja emisión de carbono.

En esta se incluyen las fuentes y tecnologías para el aprovechamiento de la energía solar, energía eólica, energía hidráulica, minihidráulica, mareomotriz, y la energía proveniente de la biomasa y la energía geotérmica.

Otro aspecto para considerar es el efecto económico que significa el uso de fuentes renovables que es positivo y considerable en el crecimiento económico para varios países que poseen fuentes de energía renovables.



Uno de los fuentes de energía renovables más utilizadas en la actualidad es la energía solar ya que la enorme cantidad de energía solar alcanzable diariamente lo convierte en un recurso muy atractivo para la generación eléctrica [7]. Además, que esta fundamental para la vida en la tierra, es parte de varios ciclos naturales necesarios para el transcurso normal de los seres vivos. La energía solar fotovoltaica en conjunto con la eólica es de las más utilizadas e implementadas, esto se debe a que brinda soluciones a un gran número de problemáticas.

Esta energía solar se desplaza a través del espacio en forma de radiación electromagnética, llegando una parte de esta energía a la atmósfera. De esta energía que llega a la atmósfera, una parte es absorbida por la atmósfera y por el suelo, y otra parte es reflejada directamente al espacio desde el suelo[8].

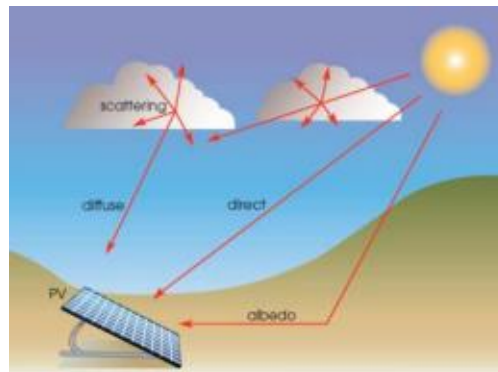
Aunque un problema muy evidente es que la energía solar fotovoltaica, al igual que otras energías renovables como la eólica, ha sido considerada tradicionalmente como una fuente de energía no fiable debido a su dependencia para producir energía de las condiciones meteorológicas y del ángulo de incidencia [9].

### ***2.2.1 Radiación Solar***

La radiación solar obtenida La radiación solar que llega a la superficie terrestre es la principal fuente de energía para la vida en el planeta, y esta gobierna diversos procesos superficiales como la evaporación, la fotosíntesis de las plantas, el ciclo hidrológico y el carbono terrestre relacionado ciclo

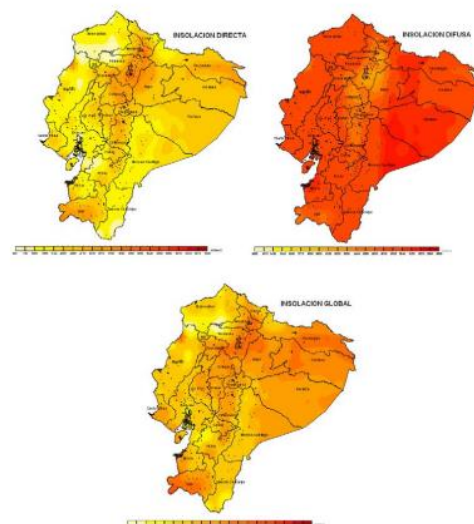
Esta radiación llega en forma de energía radiante procedente del Sol a la superficie de la Tierra ya sea en forma de infrarrojo, luz visible y ultravioleta.

Además esta radiación es de dos tipos directa y difusa, siendo la directa aquella que se recibe en la superficie terrestre sin que haya sufrido ningún proceso que lo distorsione al pasar por la atmosfera y la difusa aquella que se recibe después de que la luz solar cambio su dirección debido a los procesos de refracción y reflexión[9]. Aunque como se puede visualizar en la figura 1, también puede dividirse en tres componentes con la radiación del tipo albedo o reflejada, que es la que surge del reflejo de la superficie terrestre, la suma de todas esta corresponde a la radiación global.



**Figura 1.** Tipos de Radiación Solar[10].

Ecuador es un país con características topográficas muy variadas, de gran diversidad climática y condiciones únicas que le confieren un elevado potencial de energías renovables y limpias, en la Figura 2 se puede ver la radiación directa, difusa y total sobre el Ecuador y contiene los promedios mensuales de cada ellos [11].



**Figura 2.** Atlas Solar del Ecuador [11].

### 1.2.1.1 Radiación Directa

La radiación directa es la radiación que nos llega directamente del Sol; sin haber incidido con nada por el camino y, por tanto, sin haberse desviado ni cambiado de dirección. Esta radiación es la que produce las sombras. Es el tipo de radiación predominante en un día soleado.



### **1.2.1.2 Radiación difusa**

La radiación difusa es aquella recibida de la atmósfera como consecuencia de la dispersión de parte de la radiación del sol en la misma. Esta energía puede suponer aproximadamente un 15% de la radiación global en los días soleados, pero en los días nublados, en los cuales la radiación directa es muy baja, la radiación difusa supone un porcentaje mucho mayor. Por otra parte, las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben.

### **1.2.1.3 Radiación reflejada**

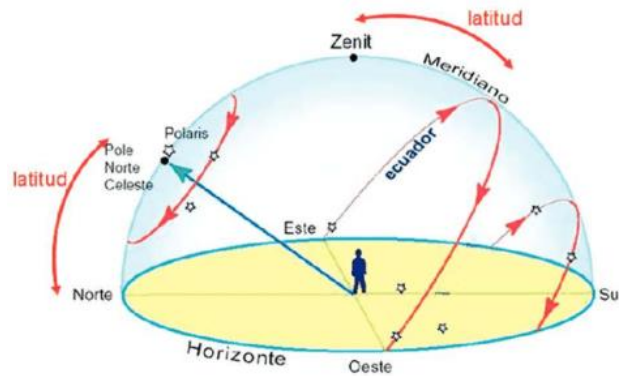
La radiación reflejada es, como su propio nombre indica, aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, también llamado albedo. Por otra parte, las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, porque no reciben radiación de la superficie terrestre, mientras que las superficies verticales son las que más reciben.

### **1.2.1.4 Geometría de la radiación Solar**

Una característica en la radiación solar es el ángulo de incidencia sobre una determinada área en la superficie de la tierra, ciertos factores influyen en la cantidad de radiación, puede ser el movimiento de rotación y traslación, la inclinación terrestre y los fenómenos climáticos[12].

Cuando el ángulo de incidencia apunta directamente al sol, la matriz fotovoltaica recibirá la luz solar máxima. Debido a esto es necesario un sistema para seguir al sol en su movimiento aparente durante el día y el año, como se puede ver en la figura 3. Por lo que se requiere un ajuste de dos ángulos el de elevación para seguir el movimiento diario del sol y el ángulo azimut para el seguimiento anual de la trayectoria solar.



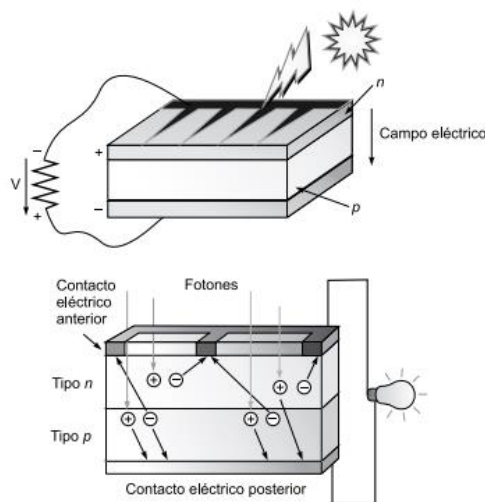


**Figura 3.** *Movimiento aparente del sol durante el día y el año*[13].

**2.2.2 Efecto fotovoltaico**

El fenómeno de conversión de energía solar en energía eléctrica es llamado efecto fotovoltaico. Cuando se ioniza la radiación es absorbida, una fuerza electromotriz es generada, los paneles solares son usados para transformar energía de la luz solar en electricidad [14].

Si la luz incide y los fotones comunican energía a los electrones del semiconductor como se ve en la figura 4, algunos de estos electrones pueden atravesar la barrera de potencial, siendo expulsados fuera del semiconductor a través de un circuito exterior: se produce una corriente eléctrica. Los electrones, tras recorrer el circuito externo vuelven a entrar en el semiconductor por la cara opuesta.



**Figura 4.** *Incidencia de un fotón sobre un material semiconductor*[15].





La existencia de la unión p-n hace posible la presencia de un campo eléctrico en la célula, con la dirección del lado n al lado p, que separa los pares electrón hueco: los huecos, cargas positivas, los dirige hacia el contacto del lado p, lo que provoca la extracción de un electrón desde el metal que constituye el contacto; los electrones, cargas negativas, los dirige hacia el contacto del lado n, inyectándolos en el metal. Esto hace posible el mantenimiento de una corriente eléctrica por el circuito exterior y, en definitiva, el funcionamiento de la célula como generador fotovoltaico.

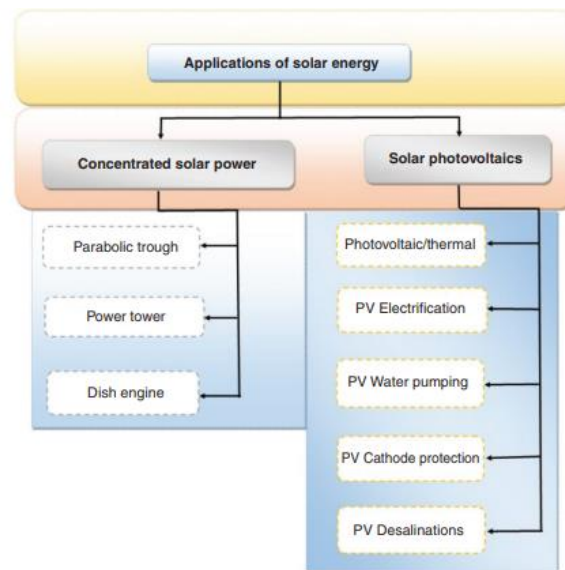
La celda de material semiconductor no almacena la energía solo la transforma de la radiación solar, por esto el material es muy importante y no todos los fotones se comportan del mismo modo en la producción de electricidad por el efecto fotovoltaico por lo que unas frecuencias son más apropiadas que otras para producir dicho efecto[8].

### ***2.2.3 Aplicaciones de la energía solar***

A nivel mundial, ha habido un crecimiento en las aplicaciones de energía solar, ya que puede utilizarse para generar electricidad, desalinizar agua y generar calor, etc. La taxonomía de aplicaciones de la energía solar se encuentra visible en la figura 5 donde se detalla la taxonomía de la energía solar en función de las aplicaciones de esta.

Las celdas solares son dispositivos que convierten la luz del sol directamente en electricidad; Los materiales semiconductores típicos se utilizan para formar un dispositivo de celda solar fotovoltaica. Las características de estos materiales son basadas en átomos con cuatro electrones en su órbita exterior o capa.

Los dispositivos fotovoltaicos, a veces llamados células solares, son dispositivos electrónicos que convierten la luz del sol en energía eléctrica. Los PV también son una de las tecnologías de energía renovable de rápido crecimiento en la actualidad[7].



**Figura 5.** Taxonomía de la aplicación de la energía solar [7]

La tecnología fotovoltaica es capaz de competir con otros sistemas de generación eléctrica, puntualmente en casos donde sea muy difícil la transmisión y distribución de energía eléctrica o a su vez los costos de implementación y mantenimiento sean muy grandes para cada caso.

Ah nivel de alta generación fotovoltaica uno de los usos actuales de la energía solar, es el enfocado en las centrales fotovoltaicas y huertos solares que consiste en un conjunto de instalaciones fotovoltaicas que reciben y convierten la luz solar con el fin del autoabastecimiento o a su vez la venta de electricidad a la red eléctrica.

Entre otras aplicaciones especiales del efecto fotovoltaico, es el uso de esta tecnología en el espacio que debido a su ubicación es muy difícil transmitir energía eléctrica, como el caso de satélites de comunicación, sistemas de telecomunicaciones o la estación espacial internacional [16].

### 1.3 Sistemas de generación fotovoltaica

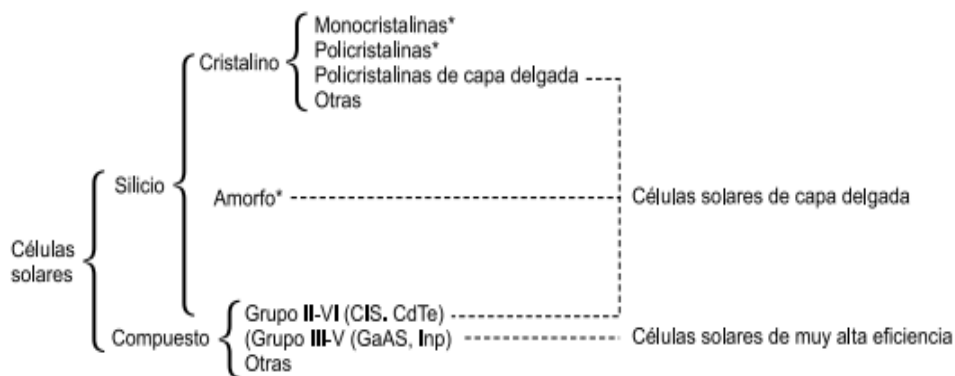
El panel solar consta de una serie de células solares, transforma la energía del sol en energía eléctrica. Si el panel solar es continuamente alineado junto con la rotación del sol, se puede obtener mayor eficiencia [17].



**1.3.1 Celdas fotovoltaicas**

Es la base que permite transformar la energía solar en energía eléctrica, la incidencia de la radiación solar sobre la celda crea una diferencia de potencial y con esto una corriente aprovechable [18]

Existen diferentes tecnologías de desarrollo en células fotovoltaicas disponibles en el mercado, con diferentes características y precios, las más comunes se clasifican como se puede ver en la figura 6.



**Figura 6.** Tipos de celdas solares[8]

**1.3.1.1 Silicio cristalizado**

La principal ventaja es que logra una eficiencia media a un coste medio, es decir se mantiene en un rango cómodo de rango en calidad – precio. Posee una capa antirreflejante y una superficie frontal con pirámides invertidas que minimizan las pérdidas ópticas. La oblea de silicio tiene un espesor de 400 micrómetros, ofreciendo una larga trayectoria óptica y, por lo tanto, aumentando la absorción de fotones.

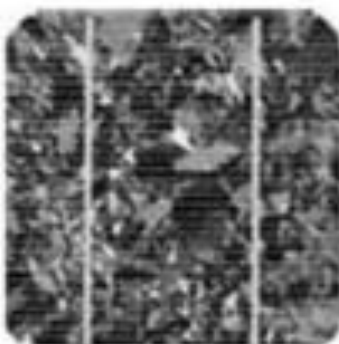
Una capa dieléctrica de SiO<sub>2</sub> se inserta entre la oblea de silicio y un conductor de aluminio con el fin de obtener una superficie altamente reflectante en la parte trasera de la célula. Debido a estas características existen algunos tipos de células de silicio cristalizado.

El silicio monocristalino es el que más abunda en el mercado, el silicio se purifica, funde y cristaliza en lingotes estos a su vez son cortados en finas obleas para hacer las células individuales tienen un color uniforme azul o negro como se ve en la figura 7.



**Figura 7.** Celda de silicio monocristalino[8].

El silicio policristalino varía del monocristalino en la calidad de silicio usado para la fabricación de las celdas solares, se reduce a eficiencia de la celda, pero también el precio, la superficie de este tipo de celdas está compuesta por patrones cristalinos aleatorios como se observa en la figura 8.



**Figura 8.** Celda de silicio policristalino[8].

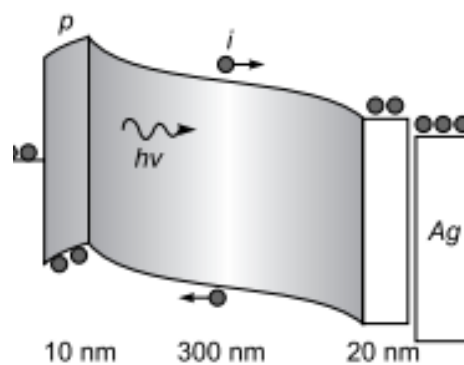
El silicio ribbon se fabrica mediante el estiramiento del silicio fundido en lugar del lingote usado para los silicios monocristalinos y policristalinos, al tener un recubrimiento anti reflectivo tiene una apariencia prismático multicolor.

### ***1.3.1.2 Thin film***

A diferencia de las celdas solares convencionales es menos eficiente pero más barato, ligero y es extremadamente robusto por lo que es óptimo en la colocación en techos y fachadas. Los módulos PV tienen un precio por vatio más barato y menos sensibles a la elevación de temperaturas. Aunque presenta un problema cuando uno de los módulos PV



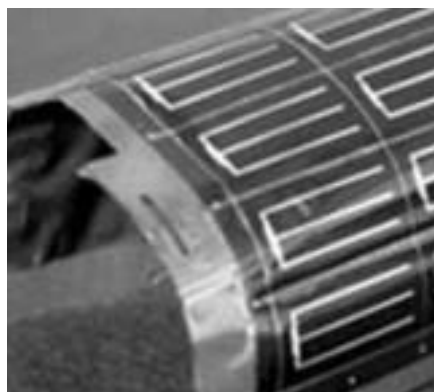
que componen la serie, tiene un nivel de resultado inferior a otros, se reducirá la potencia de salida para todos los demás módulos PV de la serie, al nivel de potencia del más débil. De este tipo de celdas uno de los más usados es el de silicio amorfo como se observa en la figura 9, el cual ofrece una mayor absorptividad por lo que su espesor es mucho menor, generalmente consiste en una célula amorfa de una unión  $p-i-n$ , una capa transparente de óxido conductor TCO en la parte frontal y una capa metálica como contacto y reflecto trasero. Debido a esto las células presentan menos costos de fabricación, aunque sufre una degradación al inicio de la operación.



**Figura 9.** Funcionamiento de una celda de silicio amorfo[8].

### 1.3.1.3 CIS

Otro tipo de célula es la de cobre indio galio y diselenuro (CIS  $\text{CuInSe}_2$ ) que se observa en la figura 10, este presenta mayor potencia debido a su alta eficiencia y bajo costo. Además, de todos los tipos de thin film es el que mayor coeficiente de absorción presenta al grado de que el 99% de los fotones son absorbidos.

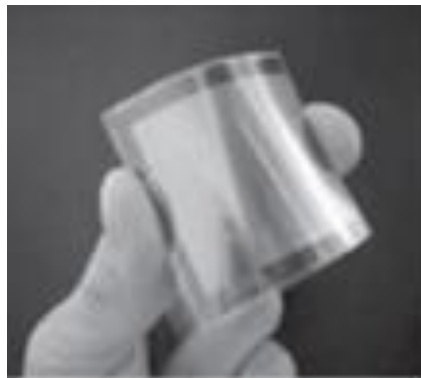


**Figura 10.** Celda de cobre indio galio y diselenuro[8].



#### **1.3.1.4 Teluro de Cadmio**

Una de las tecnologías thin film que está en desarrollo en la actualidad es la de teluro de cadmio como se muestra en la figura 11, que constituye una célula de teluro de cadmio formada por una capa del tipo p, unida a una fina capa del tipo n de CdS y por otra capa de TCO, conectada con el contacto eléctrico, esta tipo de estructura presenta una posible desarrollo a larga escala por la facilidad de la manufactura con múltiples técnicas pero ha altos costos.[8]



**Figura 11.** Celda de teluro de cadmio[8].

#### **1.3.2 Paneles fotovoltaicos**

Las células solares proporcionan valores de tensión y corriente muy pequeños en comparación a los requeridos normalmente por los aparatos convencionales, además de ser extremadamente frágiles y eléctricamente no aisladas. Es por ello, que su utilización exige la interconexión de varias células para aumentar su voltaje y su intensidad, y la protección y ensamblaje del conjunto para constituir una única estructura: los paneles fotovoltaicos [8].

Los paneles fotovoltaicos son un conjunto de celdas fotovoltaicos conectados entre sí, que unidos generan un una diferencia de voltaje considerable en función del tamaño, número y calidad de las celdas fotovoltaicas[18].

Dependiendo de la instalación que se está desarrollando y la aplicación de la misma, se puede utilizar un solo panel o un conjunto de paneles que montados en grupos sobre un determinado soporte y conectados entre sí eléctricamente. Según la conexión eléctrica se puede obtener un mayor corriente o voltaje, la conexión en serie permite aumentar la



tensión final en los extremos del sistema equivalente, mientras que la conexión en paralelo permite un aumento en la corriente total.

A nivel de paneles solares los más comunes y utilizados a nivel general son los conformados por silicio cristalino tanto del tipo monocristalino, así como policristalino. Además se suelen usar también los de silicio amorfo [16].

### ***2.3.3 Centrales solares***

Una central solar es una instalación que permite la conversión de la radiación solar, compuesta por luz, calor y radiación ultravioleta, en energía eléctrica apta para el suministro de hogares e industrias. El proceso de producción de electricidad en una planta solar es totalmente ecológico y no genera elementos contaminantes para el medioambiente. Además, la energía solar es una de las fuentes renovables más eficientes que existen en la actualidad.

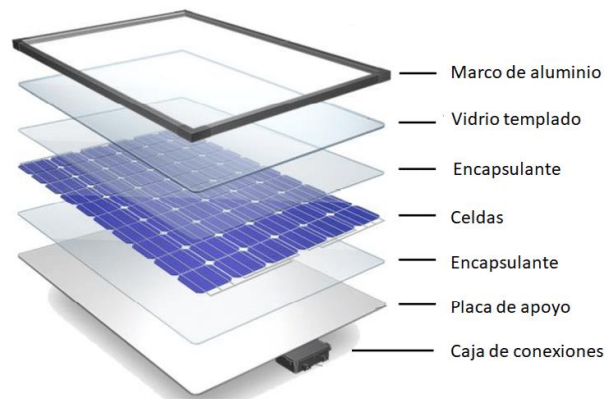
## **1.4 Paneles Solares**

Los paneles solares fotovoltaicos están formados por numerosas celdas que convierten la luz solar en electricidad. Estas celdas, también llamadas células fotovoltaicas, dependen del efecto fotovoltaico. Cuando la energía lumínica incide en dos semiconductores próximos de diferente tipo, se generan cargas positivas y negativas, creando un campo eléctrico capaz de generar una corriente.

### ***1.4.1 Estructuras en paneles solares***

Un panel solar está compuesto por varios elementos necesarios para su correcto funcionamiento, de estos el módulo fotovoltaico es la base para su construcción, como se observa en la figura 12 este posee un encapsulado que protege al módulo de la intemperie, frente a la abrasión, la humedad y los rayos UV, además que mecánicamente protege el sistema frente a las vibraciones. También se coloca un vidrio que recubre el panel solar y sirve como un elemento que aumenta la protección frente a los fenómenos atmosféricos.





**Figura 12.** Estructura de un módulo de panel solar[19].

Internamente posee un conexionado para una fácil instalación. Las células solares que forman el panel van conectadas entre sí en serie o en paralelo su asociación desde el punto de vista eléctrico proporciona el nivel adecuado de tensión e intensidad para el que ha sido diseñado el panel solar.

Todo este sistema debe ser colocado en una estructura de soporte que proporcione una rigidez estructural adecuada y permite que el panel solar se mantenga en acorde a lo diseñado, además que para unir el soporte con el panel solar es necesario un marco del panel.

Para un correcto funcionamiento de la instalación, es necesario el uso de un regulador de carga en la unión entre los paneles fotovoltaicos y las baterías, para evitar situaciones de carga y sobre descarga de la batería aumentando la vida útil de la misma.

El regulador trabaja por tanto en las dos zonas. En la figura 13 se observa que la parte relacionada con la carga tiene como misión garantizar una carga suficiente al acumulador y evitar las situaciones de sobredescarga por lo que en la parte de la descarga se debe asegurar el suministro eléctrico diario suficiente y evitar la descarga excesiva de la batería.





**Figura 13.** *Uso del regulado en un panel solar* [20].

También es vital el uso de baterías ya que la producción eléctrica en los módulos fotovoltaicos no se produce de manera uniforme, sino que presenta variaciones por diferentes motivos, ya sea por la duración de la noche, las estaciones del año u otras condiciones climáticas. Este hecho hace necesario el uso de un sistema de almacenamiento de energía para aquellos momentos en que la radiación recibida sobre el generador fotovoltaico no sea capaz de hacer que la instalación funcione en los valores deseados

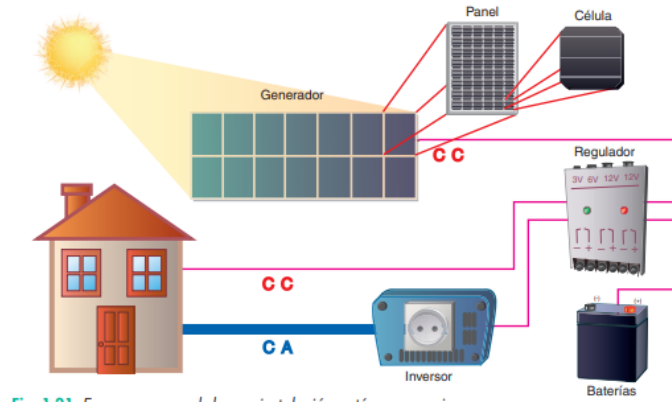
Por lo tanto, se usa las baterías que son dispositivos capaces de transformar energía química en eléctrica y son recargadas desde la electricidad producida por los paneles solares a través de un regulador de carga y pueden en entregar su energía a la salida de la instalación donde es consumida. Entre las razones más importantes del uso de baterías es el almacenamiento de energía durante un número de días, proporcionar una potencia instantánea elevada y fijar el voltaje de trabajo de la instalación.

Finalmente, como se observa en la figura 14 se suele hacer uso de un inversor, este es un elemento imprescindible en las instalaciones conectadas a la red y presente en la mayoría de las instalaciones de sistemas fotovoltaicos, este se encarga de transformar la corriente continua producida por el panel fotovoltaico y almacenada en las baterías en corriente alterna, para el uso en varios electrodomésticos o inyección en la red.

Los inversores para la conexión a la red eléctrica están equipados generalmente con un dispositivo electrónico que permite extraer la máxima potencia, paso por paso, del generador fotovoltaico. Este dispositivo sigue el punto de máxima potencia y tiene



justamente la función de adaptar las características de producción del campo fotovoltaico a las exigencias de la carga.



**Figura 14.** Sistema de panel fotovoltaico completo[21].

**2.4.2 Sistemas de seguimiento solar**

La innovación en los paneles solares dio como resultado una necesidad por aprovechar el recurso solar al máximo, una idea de esto es la de incrementar el ángulo de irradiación mediante un seguimiento solar controlado. Los sistemas de seguimiento han demostrado su eficacia y, por tanto, justifican su precio de coste. ellos orientan los paneles solares y aumentar la conversión de energía solar en electricidad. Los sistemas de posicionamiento funcionan según diferentes métodos y principios [22].

El uso de sistemas de seguimiento solar es muy funcional, ya que la potencia de salida del panel de células solares se ve muy afectada por el ángulo de incidencia de la luz solar y su eficiencia se puede mejorar si el panel de celdas solares está correctamente instalado con el ángulo óptimo [23].

Generalmente, existen dos tipos fundamentales de sistemas de seguimiento solar en función de los grados de libertad, el primero es el de un solo eje y el otro es el de dos ejes, el ultimo es más eficiente, pero requiere más costos de implementación ya que mantiene óptimamente la superficie del panel solar.

**2.4.2.1 Estructura de seguimiento solar de un eje**

Los seguidores de un eje giran alrededor de un solo eje, generalmente orientados de norte a sur, ya que esta configuración da como resultado el mayor rendimiento energético anual.



Aunque debido a que la trayectoria del sol en la esfera celeste durante un año es un modelo bidimensional, un sistema de seguimiento de un solo eje proporciona solo un grado de libertad y no puede lograr la máxima radiación solar todo el tiempo en comparación con un seguimiento de dos ejes.

#### ***2.4.2.2 Estructura de seguimiento solar de dos ejes***

Permiten el movimiento en dos grados de libertad o dos ejes de rotación perpendiculares uno del otro. Este tipo de seguidor se denomina seguidor Acimut – Altitud que tiene el eje primario vertical respecto a la superficie del suelo, este seguidor ubica el panel fotovoltaico frente al Sol girando respecto al ángulo conocido como Acimut, y elevando la inclinación a la altitud en la que se encuentra el Sol.

El empleo de seguidores de dos ejes aumenta aún más la radiación incidente, ya que mantienen la superficie del colector normal al sol y, por lo tanto, eliminan las pérdidas del ángulo de incidencia. Por lo tanto, los seguidores de dos ejes son particularmente adecuados para tecnologías de energía solar de alta concentración, como concentradores de disco parabólico, colectores solares de lentes de Fresnel y energía fotovoltaica de concentración



## CAPITULO 3

### MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación, se presenta los métodos y materiales que se usó para el presente estudio. Como desarrollo subsiguiente a los fundamentos teóricos y dando seguimiento a los objetivos planteados; se realiza la selección y diseño, etapa por etapa, de un conjunto de dos paneles fotovoltaicos fijo y con seguimiento para la adquisición de datos sobre generación eléctrica en cada uno de los paneles solar.

El alcance del presente proyecto se divide en dos ámbitos por una parte es del tipo explorativa ya que se obtuvo datos de generación eléctrica en paneles fijos y con seguimiento bajo diversas condiciones, además previo a esto se realizó una investigación de las tecnologías de seguimiento solar para la selección de los elementos que conforman este proyecto. Por otro lado, también esta presenta el alcance de investigación descriptiva, ya que para el desarrollo implica una medición mediante los equipos de obtención y recopilación de datos de generación eléctrica en tiempo real, cuyo fin es la tabulación de los datos obtenidos a lo largo de un período de tiempo y la realización de análisis estadísticos para describir con precisión el comportamiento de los paneles solares en un entorno específico.

#### **3.1 Métodos usados en el proyecto**

Como parte del desarrollo teórico y práctico del presente proyecto, se aplicaron diversos métodos que se detallan a continuación. En primer lugar, se empleó el método documental, donde se estudió diversas fuentes bibliográficas con el objetivo de obtener información detallada sobre el funcionamiento, tipos y configuraciones de paneles fotovoltaicos, además de analizar proyectos previos sobre el tema de este proyecto. El método descriptivo se utilizó para proporcionar una descripción exhaustiva del funcionamiento de los paneles fotovoltaicos y el sistema de seguimiento solar, lo que permitió catalogar los componentes que componen el conjunto en su totalidad, proporcionando una perspectiva sólida para su diseño y posible replicación en diferentes condiciones. Asimismo, se utilizó el método comparativo para llevar a cabo una selección minuciosa de los componentes necesarios para el diseño, evaluando varias opciones de



microcontroladores, dispositivos electrónicos y módulos de control. Finalmente, se empleó el método de simulación el cual desempeñó un papel esencial al permitir la simulación de los circuitos electrónicos de seguimiento solar y control previo a la implementación, lo que posibilitó una evaluación exhaustiva de su funcionamiento y la realización de modificaciones pertinentes según las necesidades identificadas. Estos métodos se combinaron para respaldar el desarrollo sistemático del proyecto acorde con la metodología planteada.

### **3.2 Tipo de investigación**

Para el presente proyecto se usó una investigación del tipo experimental debido a las características de este en el cual se manipula variables de posición e incidencia solar, con el objetivo de observar y medir la generación eléctrica de los paneles fotovoltaicos en tiempo real bajo las condiciones previas de instalación con el fin de determinar la hipótesis establecida en el tema central del proyecto y realizar un análisis comparativo entre las dos condiciones de estudios.

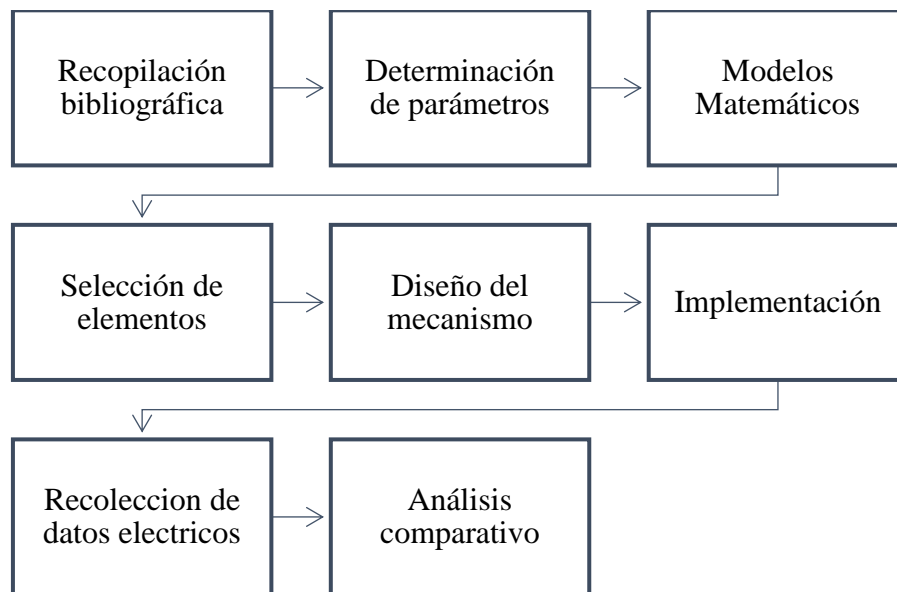
### **3.3 Diseño de investigación**

Como parte de la naturaleza experimental del tipo de investigación y la recopilación de datos de generación eléctrica por efecto fotovoltaico en los paneles solares el diseño de la investigación se centra en la recopilación y análisis de variables cuantitativas, las cuales se obtienen mediante el sistema de recopilación de datos y son recopilados y tabulados para la obtención de graficas estadísticas y porcentuales necesarias para el análisis comparativo.

### **3.4 Metodología del proyecto**

La metodología que se usó para el siguiente proyecto se basa en la ejecución de los objetivos que se plantearon anteriormente de una manera secuencial, con el fin de determinar las técnicas y procesos que permiten llevar a cabo la investigación.

El procedimiento que se llevó a cabo para desarrollo del presente trabajo se dividirá en varios bloques ordenados de forma cronológica y acorde al tema central de investigación el mismo se detalla en la figura 15.



**Figura 15.** Metodología empleada previo al análisis comparativo.

En primera instancia el presente trabajo incluye la recopilación de investigaciones en artículos, revistas científicas, proyectos de grado y sitios web que albergan información de carácter científico, con el fin de obtener información importante para el desarrollo del proyecto.

Los sistemas de seguimiento solar tienen como objetivo desplazar radialmente los paneles solares para maximizar las horas pico de irradiación solar y con esto aumentar la generación eléctrica por efecto fotovoltaico. Como el fin de este proyecto es realizar un análisis comparativo entre las estructuras fijas y con seguimiento solar de los paneles fotovoltaicos, se tomó en consideración los siguientes los parámetros principales; potencia eléctrica, eficiencia eléctrica y voltaje pico.

Para la selección del panel fotovoltaico, es importante considerar los aspectos eléctricos de generación fotovoltaica, de la misma manera que sus dimensiones y peso parámetros permiten que el sistema de seguimiento solar funcione correctamente. En este apartado se obtuvo una lista de proveedores de paneles solares con diferentes especificaciones verificando así el que se ajustó para el presente proyecto. Además, para el apartado de comunicación se seleccionó un microcontrolador que nos ayude tanto al control del sistema de seguimiento solar como al registro de los datos obtenidos de generación eléctrica de los paneles fotovoltaicos.



Diseño del circuito de seguimiento solar: este segmento se centra en el diseño del circuito de seguimiento solar, que nos permita obtener el punto de mayor irradiación solar. Esto se desarrolló en el programa Proteus. Finalmente se llevó a cabo la recopilación de datos en el módulo correspondiente con el fin de determinar la generación eléctrica de cada uno de los paneles fotovoltaicos, así como su respectivo registro en Excel para el desarrollo del análisis comparativo.

### 3.5 Numero de muestras de días colocación

Para el número de muestras totales se aplicó la Ecuación 1, la cual nos ayuda a obtener el tiempo de irradiación de los paneles solares en días, esta es dependiente la población, el margen de error que se desea obtener, la confiabilidad y la desviación estándar.

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N - 1)E^2 + \sigma^2 Z^2} \quad (1)$$

Donde:

n: tamaño de la muestra

N: tamaño de la población

Z: Valor obtenido mediante niveles de confianza, para 95% es de 1,96

E: Margen de error

$\sigma$ : Desviación estándar de la población

### 3.6 Ecuaciones eléctricas para el dimensionamiento de los paneles solares

Para la elección del panel fotovoltaicos es necesario tener en cuenta la variedad de tipos de paneles solares disponibles en el mercado, características eléctricas y tipo de celda. Por lo que para la selección de este se debe considerar los siguientes parámetros eléctricos que se muestran a continuación.

- Dimensiones del panel solar.
- Tipo de celda fotovoltaica.
- Potencia eléctrica.



- Voltaje pico.

### 3.6.1 Potencia generada

La potencia generada por efecto fotovoltaico esta dado por el producto entre el voltaje de salida del panel solar por la intensidad de corriente. Esta potencia está definida a través de la Ecuación 2.

$$P = V * I \quad (2)$$

Donde:

P: es la potencia eléctrica generada en vatios (W).

V: es el voltaje de salida en voltios (V).

I: es la intensidad de corriente en amperios (A).

### 3.6.2 Eficiencia eléctrica

La eficiencia eléctrica en los paneles solares esta dado por la razón entre la potencia generada por el panel fotovoltaico y la potencia máxima de este por el cien por ciento, se la define de acuerdo con la Ecuación 3.

$$Eficiencia(\%) = \frac{P_{generada}}{P_{max}} * 100\% \quad (3)$$

Datos:

*Eficiencia*(%): Eficiencia porcentual

*P<sub>generada</sub>*: es la potencia eléctrica generada en vatios (W).

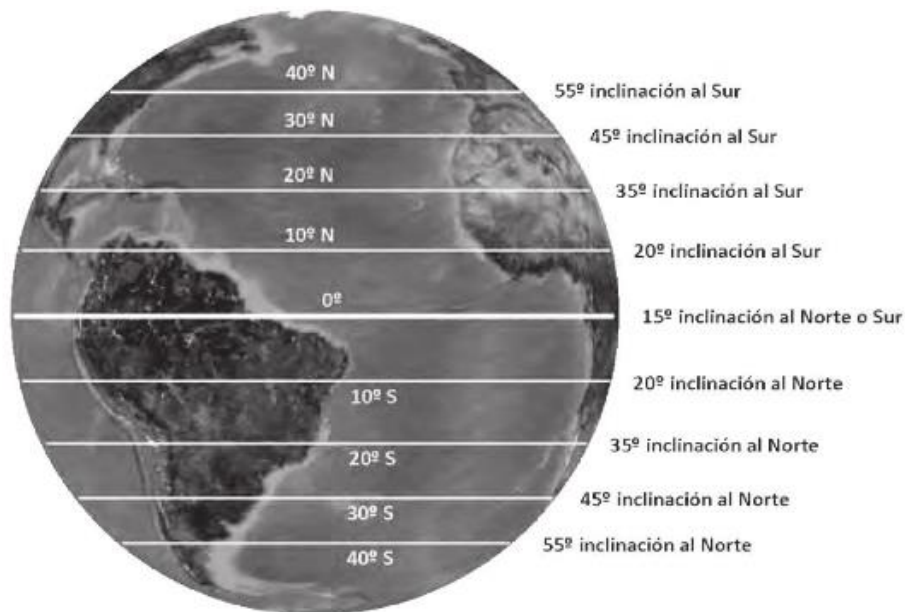
*P<sub>max</sub>*: es la potencia máxima del panel solar en vatios (W).





### 3.6.3 Ángulo de colocación del panel fijo

Para el caso del panel fijo, se lo debe colocar en una posición fija con el fin de obtener el ángulo óptimo de inclinación, este depende de una serie de factores entre los que se hallan: la latitud de emplazamiento, el método usado para dimensionar el sistema y la evolución del sol durante el año, pero es posible obtener un ángulo aproximado de colocación en función de la latitud del lugar de instalación.



**Figura 16.** Recomendación de inclinación de paneles fotovoltaicos según su latitud[24].

## 3.7 Equipos

Para el desarrollo del análisis respectivo parte del tema central de este proyecto es necesario el uso de herramientas y equipos mediante los cuales se toma mediciones físicas de variables eléctricas. A continuación, se detallan uno por uno los equipos usados a lo largo del estudio.

### 3.7.1 Paneles fotovoltaicos

Se adquirió un par de paneles fotovoltaicos de similares características y comprobado los parámetros matemáticos parte de la investigación y análisis comparativo respectivo, con esto se determinó que es necesario realizar las mediciones tanto del voltaje como de la



corriente que genera el panel solar a pleno ángulo de incidencia solar es decir en horas del mediodía.

### 3.7.2 Datos eléctricos de la placa de características del panel fotovoltaico

Los datos eléctricos que nos ofrece el fabricante en la placa de características de los paneles solares, es de suma importancia para el cálculo de la eficiencia en la generación eléctrica de estos, una vez revisado se puso énfasis en el valor de voltaje y corriente máxima dándonos los siguientes datos:

Para el caso del voltaje máximo se obtuvo un valor de 21.3 voltios, mientras que para la corriente máxima es de 1.8 amperios, estos datos se pueden apreciar en la tabla 1.

**TABLA I.** Placa de características del panel fotovoltaico.

<b>Placa de características del panel fotovoltaico</b>	
Tipo de módulo	Policristalino – Silicio multicristalino
Potencia Máxima	30W
Voltaje (Vmp)	18V
Corriente (Imp)	1.67A
Voltaje de circuito abierto	21.3V
Corriente de cortocircuito	1.8A
Peso	2.8kg

### 3.7.3 Microcontrolador

Para la selección del microcontrolador se colocó diferentes opciones que nos ofrece el mercado, como se observa en la tabla 2, mediante una ponderación en la cual damos un valor en un rango de entre 1 y 10, se obtuvo la opción más viable para la implementación del prototipo.



**TABLA II.** Ponderación realizada para la selección del microcontrolador.

Factores	P (%)	Arduino Mega 2560			Arduino Uno			ESP 32		
		E	C	Pond.	E	C	Pond.	E	C	Pond.
Precio	25	20\$	5	125	12\$	10	250	15\$	8	200
Dimensiones	10	101,52x 53 ,3 mm	5	50	68.6 x 53.4 mm	7	70	51 x 23 mm	10	100
Procesador	10	ATmega 2560	8	80	ATmega 328P	7	70	dual core Xtensa® LX6	10	100
Memoria Flash KB	10	256	10	100	32	5	50	256	10	100
Pines digitales	10	54	10	100	14	5	50	34	8	80
Pines analógicos	5	16	10	50	6	7	35	18	10	50
Puertos Serie	10	3	8	80	1	4	40	3	8	80
Wifi/Bluetooth	20	Módulo externo	5	100	Módulo externo	5	100	Integrada	10	200
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>			<b>685</b>			<b>665</b>			<b>910</b>

Se usó el microcontrolador ESP 32, debido a los aspectos técnicos que ofrece, en especial en la parte de comunicación que para el proyecto es de suma importancia, ya que este debe enviar información mediante el sistema de adquisición de datos.

### **3.7.4 Regulador de carga solar**

Al emplearse dos paneles solares de las mismas características es necesario un regulador de carga que pueda tolerar los parámetros máximos eléctricos. Para esto se empleó la Ecuación 4 que permite calcular la corriente que debe manejar el regulador solar, además los datos de la tabla 1 permite precisar específicamente el tipo de regulador apropiado.



$$I_{reg} = N_{paneles} * I_{cc} * 1,25$$

(4)

Donde:

$I_{reg}$ : Corriente del regulador solar





$N_{paneles}$ : Número de paneles

$I_{cc}$ : Corriente de cortocircuito



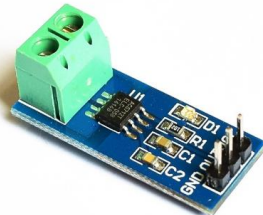


### 3.7.5 Elementos electrónicos

Los materiales electrónicos empleados para la elaboración del circuito de seguimiento solar, así como los actuadores y elementos para la adquisición de datos de potencia eléctrica se los presenta en la tabla 3.

**TABLA III.** Características técnicas materiales eléctricos y electrónicos.

Dispositivo	Imagen	Datos
Fotorresistencias		<ul style="list-style-type: none"> <li>• V(max): 150Vdc</li> <li>• P(max): 100Mw</li> <li>• Resistencia: 0,5kΩ (luz día), 3MΩ (oscuridad)</li> </ul>
Resistencias		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia: 1kΩ</li> <li>• Potencia: 1W</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia: 330Ω</li> <li>• Potencia: 1W</li> </ul>
Leds		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Color: Rojo</li> <li>• Tamaño: 5mm</li> </ul>



<p>Servomotores MG996R</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Torque: 10.4kg/cm (4.8V), 13kg/cm (6V)</li> <li>• Voltaje de operación: 4.8 – 7.2V</li> <li>• Tamaño: 40,6 x 19,8 x 42,9 mm</li> <li>• Peso: 55g</li> </ul>
<p>Sensor de Voltaje FZ0430</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrada de voltaje: 0v a 25v DC.</li> <li>• Voltaje máximo: 25V</li> <li>• Rango de detección de voltaje: 24,41mV – 25V.</li> </ul>
<p>Sensor de corriente ACS712</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrada de voltaje: 5V</li> <li>• Rango de detección de corriente: -20 A a 20 A.</li> <li>• Sensibilidad: 100 mV/A</li> </ul>
<p>Regulador de carga</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltaje Nominal: 12V/24V</li> <li>• Corriente nominal: 20A</li> <li>• Voltaje de entrada max: 50V</li> <li>• Potencia de entrada máxima: 260W(12V) o 520W(24v)</li> </ul>
<p>Batería</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltaje Nominal: 12V</li> <li>•</li> </ul>



### 3.8 Software

Para diseñar el prototipo del conjunto de paneles fotovoltaicos fijo y con seguimiento solar, se utilizaron diversas herramientas de software para obtener un modelo y una explicación detallada de su funcionamiento. Existen varios programas y simuladores disponibles, con licencias gratuitas, que cuentan con las funciones y herramientas necesarias para modelar adecuadamente el diseño del prototipo.

#### 3.8.1 *SolidWorks*

SolidWorks es un software de diseño asistido por computadora (CAD) que se utiliza principalmente para el diseño y modelado de piezas y ensamblajes mecánicos en 3D. Es ampliamente utilizado para la creación de prototipos, diseño de productos, ingeniería, y fabricación.

Para el desarrollo del boceto se usó SolidWorks Student Edition, que ofrece casi las mismas herramientas y funciones que la versión normal, pero con licencia gratuita, con este software se modelara los componentes y mecanismos tanto del panel fotovoltaico con seguimiento solar, así como del panel fijo, con esto se lograra visualizar y entender el funcionamiento del boceto.

#### 3.8.2 *Proteus*

Proteus Professional es un entorno integrado que permite desarrollar y modelar proyectos electrónicos de manera eficiente. Este programa cuenta con una interfaz gráfica que facilita la creación y construcción de circuitos eléctricos, lo que lo convierte en una de las herramientas más utilizadas en la industria. Además, este incluye una amplia variedad de bibliotecas con nuevos componentes y módulos, lo que permite a los usuarios acceder a una amplia variedad de dispositivos electrónicos para sus proyectos.

Este software es ideal para la construcción y modelado del circuito mediante el cual determiné el ángulo de mayor irradiación solar y envié una señal al microcontrolador para la activación y movimiento de los servomotores. Así como el sistema de adquisición de datos, que nos ayudara a medir los valores de voltaje y los almacenara.



### ***3.8.3 Arduino IDE***

Arduino IDE (Integrated Development Environment) es un software multiplataforma de código abierto utilizado para escribir, compilar y cargar el código en placas Arduino. Proporciona una interfaz de usuario sencilla para programar el microcontrolador integrado en la placa Arduino, lo que permite crear proyectos electrónicos interactivos y personalizados.

El entorno de desarrollo integrado de Arduino IDE incluye una herramienta de edición de código con características como resaltado de sintaxis, autocompletado de código y sugerencias de funciones, así como una consola serial para la depuración del código y la visualización de resultados. Además, ofrece una biblioteca estándar de funciones para manejar los pines de entrada/salida, la comunicación con otros dispositivos y la lectura de sensores, que para la programación del microcontrolador en el caso de las fotorresistencias permite manejar las señales que estos envían para su posterior procesamiento y activación de los servomotores. Además de que ofrece una amplia cantidad de librerías para la comunicación con otros programas que resulta útil para el registro de los datos de generación eléctrica de los paneles solares.

### ***3.8.4 ThingSpeak***

Es una plataforma de código abierto que nos permite entrelazar, recopilar y almacenar los datos obtenidos de un microcontrolador y enviados a través de un protocolo HTTP por internet, esta plataforma es importante a la hora de almacenar y visualizar los datos en tiempo real a la vez que se registran los datos de los sensores, con esto se puede monitorear y obtener los datos en cualquier lugar sin necesidad de estar en el lugar de instalación ni interrumpir el funcionamiento del sistema.

### ***3.8.5 Excel***

Microsoft Excel es una aplicación de hojas de cálculo que permite realizar tareas relacionadas con el procesamiento de datos, el análisis numérico y la creación de gráficos. Este programa permite la tabulación de los datos obtenidos de generación eléctrica del conjunto de paneles fotovoltaicos, y la representación gráfica y porcentual de estos para la realización del análisis comparativo.





## CAPÍTULO 4

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Planeación de la medición de generación eléctrica

Para la medición de generación eléctrica en el lugar de estudio se determinará la trayectoria del sol durante el día, que para el caso del panel fijo resulta necesario para la colocación y orientación de este, además estos datos se almacenan y someten a una comparativa que nos permita concluir en un análisis respecto a la cantidad de generación eléctrica de cada panel durante el tiempo de estudio.

#### 4.2 Cálculo de número de muestras

Aplicando la ecuación 1 para un margen de error del 15%, una población de 1 año, una confianza del 95% y desviación estándar de 0,5 respecto a la media; los dos últimos parámetros son valores comunes para este tipo de cálculo. Se obtiene que la muestra se lo debe realizar durante 32 días o su equivalente 1 mes

Se realizó la medición durante 2 meses en lapsos de 15 minutos cada día, se tomó medidas de 6h00 a 18h59, lapso de mayor generación eléctrica solar, ya que la generación eléctrica en la noche es baja.

#### 4.3 Tensión y corriente eléctrica a hora pica

Es importante señalar que se han llevado a cabo dos pruebas eléctricas básicas independientes en uno de los paneles fotovoltaicos para determinar los valores eléctricos máximos que pueden generar los paneles cuando los rayos del sol inciden de forma perpendicular sobre este. Se realizaron pruebas para evaluar y verificar sus características eléctricas teóricas. Las pruebas que se realizaron en los elementos piezoeléctricos fueron las siguientes:

- Tensión generada en el panel fotovoltaicos a mediodía.
- Corriente generada en el panel fotovoltaicos a mediodía.

##### 4.3.1 Tensión generada en el panel fotovoltaicos a mediodía.

El valor de voltaje generada por el panel solar en la prueba de campo con cielo despejado y a mediodía oscila entre 17 y 19 voltios. Para mediar este valor se usó un multímetro y





se colocó en las salidas del panel fotovoltaico, además se orientó el panel lo más perpendicular posible a la orientación del sol. La figura 17 muestra la tensión generada por el panel fotovoltaico al orientarlo perpendicularmente hacia el sol.



**Figura 17.** Medición de tensión en paneles fotovoltaicos.

#### ***4.3.2 Corriente generada en el panel fotovoltaicos a mediodía.***

El valor de corriente generado por el panel solar en la prueba de campo con cielo despejado y a mediodía es de 2 amperios. Este valor es ligeramente bajo del valor teórico ya que es una variable que depende de las condiciones del clima, el ángulo de irradiancia. Para mediar este valor se usó un multímetro y se colocó en las salidas del panel fotovoltaico, además se orientó el panel lo más perpendicular posible a la orientación del sol. La figura 18 muestra la corriente generada por el panel fotovoltaico al orientarlo perpendicularmente hacia el sol.



**Figura 18.** *Medición de corriente en paneles fotovoltaicos.*

#### **4.3.3 Selección Regulador de carga**

Empleando la Ecuación 4 y los datos de la tabla 1, se obtiene que el regulador apropiado para la implementación de este mecanismo es el de corriente de 20 amperios y un voltaje nominal de 12 voltios. Por este motivo se adquirió un regulador solar PWM que trabaja con 12 o 24 voltios y un corriente máximo de 20 amperios, además el modelo seleccionado posee entradas para dos paneles solares y salidas de voltaje de 12 y 5 voltios

#### **4.4 Selección Microcontrolador**

Una vez realizado la ponderación tabla 2 se seleccionó el microcontrolador ESP 32, debido a los aspectos técnicos y de comunicación que este ofrece, en especial para el control del sistema de seguimiento solar y el almacenamiento de los datos de generación eléctrica mediante un módulo acoplado al mismo.

#### **4.5 Diseño del prototipo del conjunto de paneles fotovoltaicos uno con seguimiento solar y otro fijo**

El boceto del sistema de paneles fotovoltaicos se realizó en el software SolidWorks en donde se muestra el prototipo en modulación 3D, que servirá como modelo para la construcción de este a una escala mayor.



#### ***4.5.1 Selección de la estructura del conjunto de paneles fotovoltaicos***

En esta sección se detalla los mecanismo y partes que componen la estructura de los paneles fotovoltaicos seleccionados, permitiendo el cumplimiento de las especificaciones técnicas para su correcto funcionamiento.

#### ***4.5.2 Selección de la base de paneles***

La base al tratarse del elemento que soporta el peso de los paneles fotovoltaicos, así como el encargado de mantenerlo fijos, deber ser de un material con características de resistencia mecánica, así como resistencia ante las diferentes situaciones climáticas a las que se encuentra sometido por lo que se seleccionó para su construcción un tubo cuadrado de hierro de 1 pulgada pintado y aplicado una pintura anticorrosiva.

#### ***4.5.3 Selección de la estructura de soporte de los paneles solares***

Para la estructura de soporte del panel fotovoltaico fijo se decidió usar un tubo cuadrado de hierro galvanizado de 20 x 20 x 1.5 mm ya que este material presenta un peso de 0,72 kg/m, lo que significa que es liviano, a la par que es muy resistente a exteriores en especial a la corrosión lo que es muy importante debido al lugar de instalación.

Para la estructura de soporte del panel fotovoltaico con seguimiento se seleccionó aluminio cuadrado de 40mm, este tamaño se debe a que en su interior se colocó parte del sistema de seguimiento solar específicamente los servomotores MG996R y las conexiones respectivas. Este material presenta un peso de 0,642 kg/m, lo que significa que es muy liviano lo que es muy necesario por razones del torque máximo que soporta los servomotores, a la par que es muy resistente a exteriores en especial a la corrosión.

#### ***4.5.4 Diseño 3D de la estructura de paneles fotovoltaicos***

Se diseño la estructura de soporte tanto del panel fijo como del panel con seguimiento solar como se puede ver en la figura 19, la misma está conformada por la base, para el sistema del panel fijo este se empotro a la base, tanto de la base, así como de la estructura de soporte y el panel solar. El sistema del panel con seguimiento solar se encuentra incorporado por dos servomotores, uno entre la base y la estructura de soporte y el otro entre la estructura de soporte y el panel solar permitiendo el movimiento de este en dos grados de libertad.



**Figura 19.** Diagrama 3D del conjunto de paneles fotovoltaicos.

En el modelo 3D se observa una vista de cómo se encuentra conformado el conjunto de paneles solares fijo y con seguimiento solar. El panel de la derecha es el que posee estructura fija e ira anclado a la base, mientras que el panel de la izquierda es el que posee seguimiento solar con una estructura de dos ejes.

#### **4.5.5 Sistema Fijo**

La estructura del sistema fijo está dividida en dos partes como se observa en la figura 20, la primera es la estructura de soporte y anclaje del panel solar fijo con el mecanismo para evitar que este mismo cambie el ángulo de instalación por factores externos tales como la lluvia o el viento, unido a esto mediante un perno y turcas se encuentra la estructura de soporte que da sujeción hacia la superficie en la que se encuentra instalada



**Figura 20.** Diagrama 3D del panel fijo.



En la figura 16 se observa el ángulo recomendado de colocación de un panel fotovoltaico respecto a la latitud de la tierra, como el lugar de instalación corresponde a la ciudad de Ibarra su latitud es de  $N0^{\circ}21'6.16''$  que para estos términos es aproximadamente  $0^{\circ}$  por lo que la inclinación aproximada del panel es de  $15^{\circ}$  al Norte o Sur.

#### **4.5.6 Sistema de seguimiento solar**

Para el movimiento del panel fotovoltaico en ambos ejes se hizo uso de dos mecanismos en primera instancia para el giro de elevación se colocó el panel fotovoltaico alineado en el eje de menor momento de inercia con el fin de que el servomotor realice menor torque a la hora de mover el panel solar evitando mayor consumo de batería y desgaste de los engranajes internos de este.

Por otra parte, para el desplazamiento azimutal del sistema de seguimiento se hizo uso de unas poleas con relación 1 a 1, las misma que conectan el segundo servomotor con la estructura así como se observa en la figura 21, esto con el fin de evitar el desgaste mecánico del servomotor y reducir el impacto del producto del peso del conjunto del panel y la estructura de soporte y cableado interno.



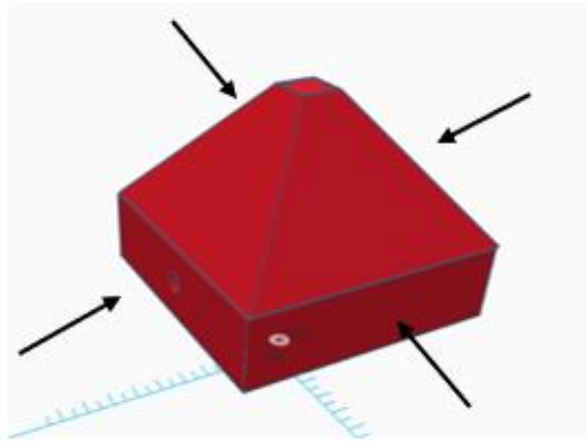
**Figura 21.** Diagrama 3D del panel con seguimiento solar.

#### **4.6 Circuito de seguimiento solar**

El circuito de seguimiento solar está compuesto por cuatro fotorresistencias dispuestas en una pirámide cuadrada impresa en 3D como se observa en la figura 22 y colocado a lado del panel fotovoltaico y orientadas en cada una de las caras de la pirámide con el objetivo



que se obtenga iguales medidas de irradiación solar en cada punto, esta cuestión es relevante a la hora de la determinación del ángulo de desplazamiento de los servomotores y con esto la orientación del panel fotovoltaico.



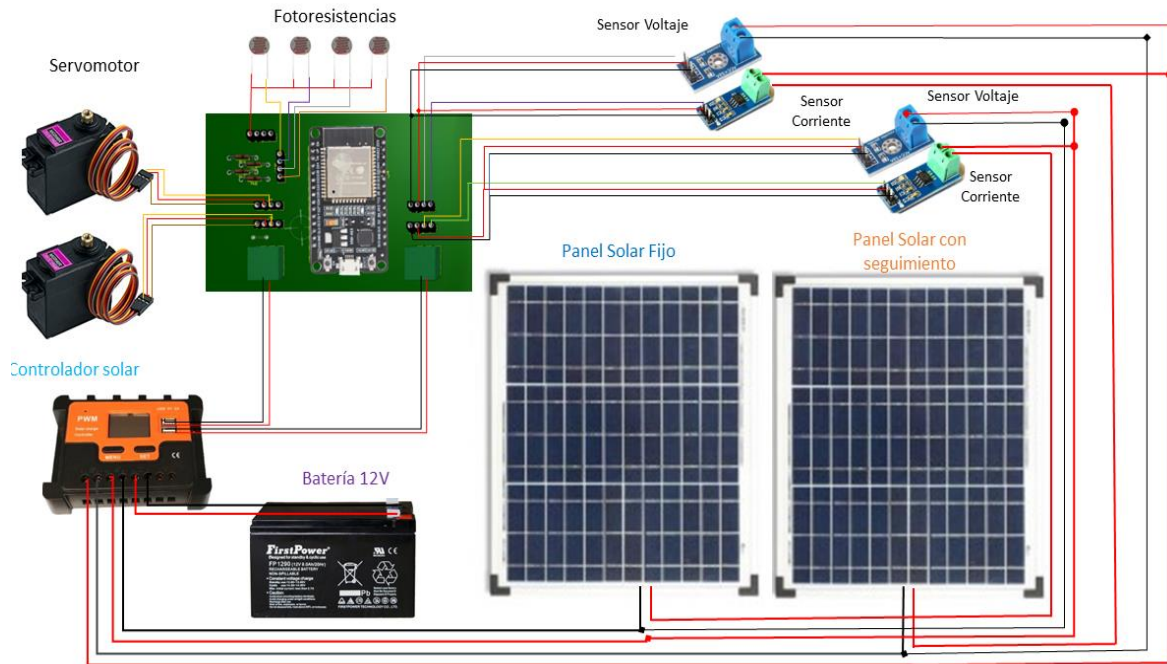
**Figura 22.** Imagen de puntos de distribución de fotorresistencias.

#### 4.7 Esquemático de conexión eléctrica y electrónica

A continuación, en la figura 23 se muestra el esquemático completo del conexionado electrónico y eléctrica, la primera parte de control de los servomotores y adquisición de datos de voltaje y corriente está conformada por la placa impresa, el microcontrolador ESP32, las fotorresistencias, los servomotores y los sensores de voltaje FZ0430 y corriente ACS712.

Para el segundo apartado de generación y almacenamiento eléctrico, para la posterior alimentación de los elementos previamente descritos se encuentra conformado por el controlador solar, la batería de 12 voltios y el par de paneles solares.

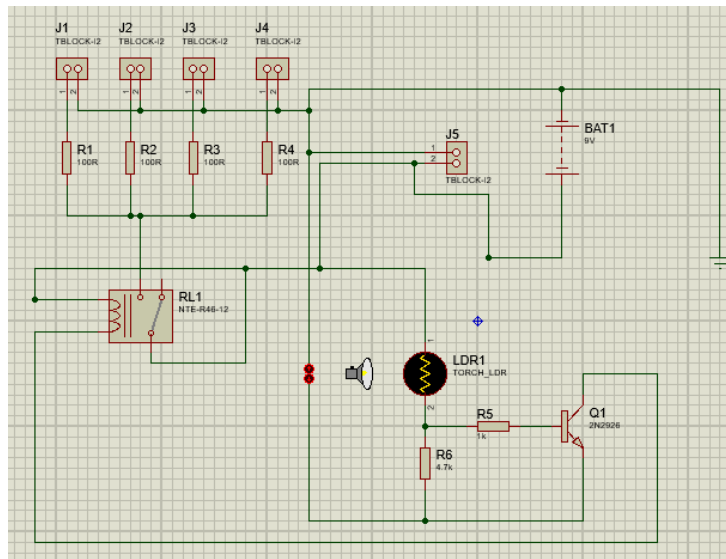




**Figura 23.** *Diagrama general eléctrico y electrónico.*

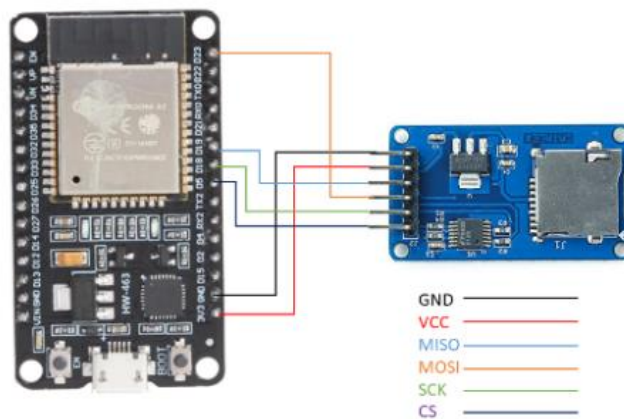
#### 4.8 Adquisición de datos

Para la adquisición de los datos de generación solar de los paneles fotovoltaicos se hizo uso de un microcontrolador ESP32, un sensor de voltaje FZ0430 y un sensor de corriente ACS712, estos sensores están conectadas entre sí funcionando como un sistema de adquisición de datos mediante un lector de tarjeta SD en el cual se guardan la información recolectada. En la figura 24 se muestra el respectivo conexionado del sistema de adquisición de datos, que permitirá obtener valores de voltaje y corriente, y por lo tanto el cálculo de la potencia de cada uno de los paneles solares en el instante de medida.



**Figura 24.** Diagrama del circuito de adquisición de datos.

Para la adquisición de datos se seleccionó un módulo adaptador de tarjetas SD, en conjunto con las entradas de comunicación del ESP32, y una tarjeta SD de 8gb para el almacenamiento de los datos eléctricos obtenidos tanto de corriente, voltaje y potencia suministrado por los sensores, además del tiempo en el que obtuvieron estas mediciones. La figura 25 muestra la conexión entre el microcontrolador y el módulo adaptador de tarjetas SD, para el manejo de estos puertos de comunicación es importante el uso de librerías en el código de programación.



**Figura 25.** Diagrama de conexión del circuito de adquisición de datos.





#### ***4.8.1 Selección sensor de Voltaje FZ0430***

Para el sensor de voltaje se hizo uso del modelo FZ0430 ya que como se observa en la tabla 3, este maneja un voltaje de hasta 25V y posee un voltaje de alimentación de 5V, todos estos van acorde a los rangos tanto del controlador que posee salidas de voltaje de 12 y 5 voltios, y en cuanto a los paneles solares y como se puede observar en la tabla 2 este genera un voltaje máximo de 18V a potencia máxima, aunque con mediciones en hora pico se determinó que el voltaje generado no llega a más de 15V con carga y 22.5 en cortocircuito.

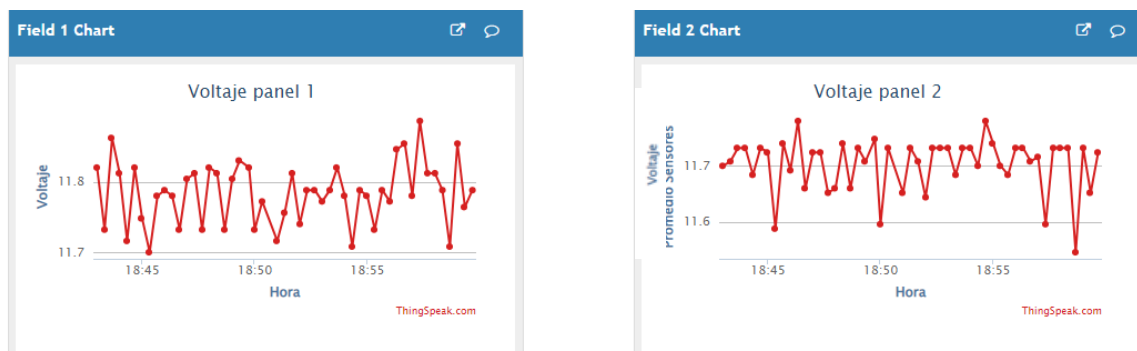
#### ***4.8.2 Selección sensor de Corriente ACS712***

En el caso del sensor de corriente se seleccionó el modelo ACS712T – 05B, esto debido a que la disponibilidad de estos en el mercado y a que además trabaja con una corriente máximo de 5 amperios, este valor es más que suficiente ya que como se observa en la tabla 1, cada panel genera máximo 1.67 A, al tratarse de dos paneles en paralelo la corriente máxima que pueden generar es de 3.34 A, por otro lado este modelo en específico posee mayor sensibilidad que sus hermanos lo cual es útil a la hora de realizar las medidas de corriente y cálculos de potencia.

Para la conexión de este sensor es necesario visualizar que la misma trabaja solo con un voltaje de 3.3 V, por lo tanto, es necesario realizar un circuito divisor de voltaje adicional al sensor para evitar datos erróneos, por otra parte, como se observa en la figura 23 este sensor va conectado en serie entre la entrada del controlador solar y el panel fotovoltaico respectivo para cada caso.

#### ***4.8.3 Visualización de datos en tiempo real***

Mediante el módulo Wifi del ESP32 y la aplicación web ThingSpeak de uso libre mediante la comunicación IoT nos permite conectarnos a una red cercana y enviar los datos de generación fotovoltaica en tiempo real a una nube la cual se programó de tal forma que se vea una gráfica del voltaje generado de cada panel fotovoltaico respecto al tiempo como se muestra en la figura 26.



**Figura 26.** Interfaz ThingSpeak con visualización de datos de generación fotovoltaica.

#### 4.9 Instalación del sistema

Una vez fabricado el sistema, he instalado tanto la parte eléctrica como electrónica y realizado las pruebas de funcionamiento se procedió a la instalación del conjunto de paneles solares en el lugar de estudio como se muestra en la figura 27.



**Figura 27.** Instalación del sistema de paneles fijo y con seguimiento.

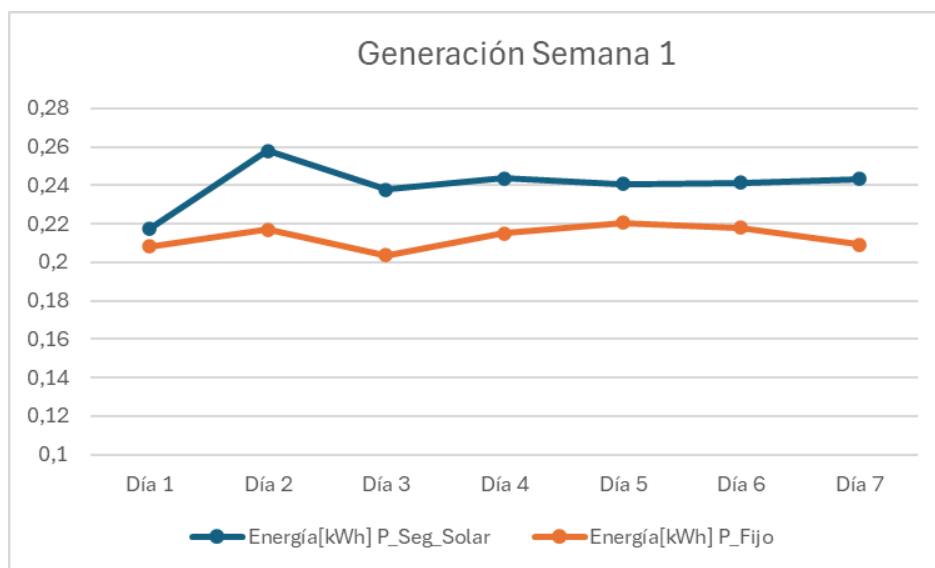
#### 4.10 Adquisición de datos de generación eléctrica Semana 1

Una vez instalado el sistema se procedió a realizar las respectivas mediciones a lo largo del día las mismas que fueron almacenadas en la nube, para su respectivo análisis posterior el cual como se detalló anteriormente se lo realizara cada semana durante el tiempo de estudio



Para recopilar los datos, se utilizó el software IDE Arduino en conjunto con la aplicación ThingSpeak que estos en conjunto con los sensores de voltaje y corriente respectivamente permite detectar y medir el voltaje y corriente generados en ambos casos de estudio. Estos valores de voltaje y corriente son el resultado del efecto fotoeléctrico producido por las celdas de los paneles fotovoltaicos. Posterior a esto y con el uso de la herramienta de Excel se realizó el cálculo de potencia y eficiencia de cada caso de estudio.

A continuación, se ilustra la energía generada por cada panel fotovoltaico a lo largo de los días correspondientes a la Semana 1. La figura 28 muestra de manera visual los resultados obtenidos, con énfasis en la forma y tendencia de generación fotovoltaica en cada caso. Estos datos son importantes para evaluar y analizar el rendimiento de la generación eléctrica a partir de estos valores. En el caso de esta semana la tendencia es la misma de mitad hasta el fin de semana, a excepción del lunes en donde la generación es casi igual.



**Figura 28.** Datos generación eléctrica semana 1.

Los diferencia en la eficiencia energética de los paneles solares en la Semana 1 se pueden visualizar en la tabla IV, para este caso el panel fotovoltaico con seguimiento solar de dos ejes género en promedio un 11,17% de mayor generación eléctrica respecto al panel fijo, obteniendo su máximo el día 3 con un 14,33% y su mínimo el día 1 con un 4,09%.

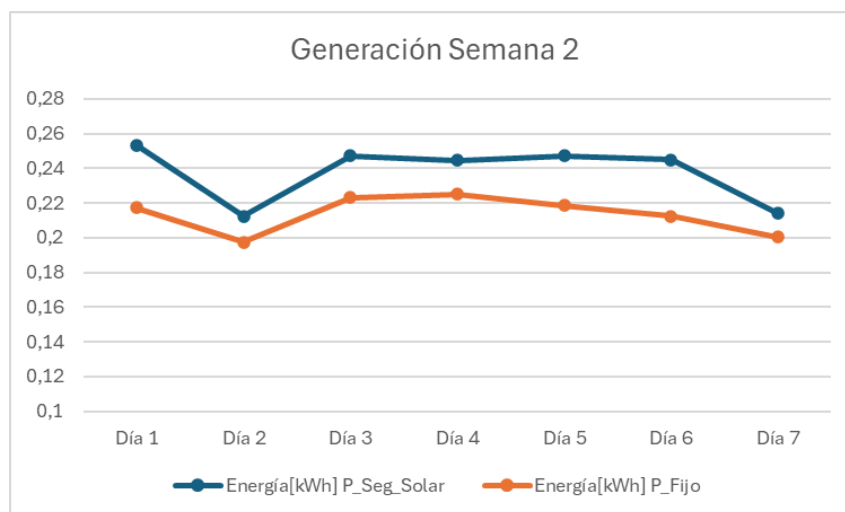


**TABLA IV.** Eficiencia eléctrica en la Semana 1.

Semana 1	Energía[kWh] Panel Seguimiento Solar	Energía[kWh] Panel Fijo	Eficiencia Eléctrica del panel con seguimiento frente al fijo (%)
<b>Día 1</b>	0,217174094	0,208288839	4,09%
<b>Día 2</b>	0,257793606	0,21694481	15,85%
<b>Día 3</b>	0,237784428	0,203714193	14,33%
<b>Día 4</b>	0,243665855	0,214919462	11,80%
<b>Día 5</b>	0,240622664	0,220384748	8,41%
<b>Día 6</b>	0,241360337	0,21803698	9,66%
<b>Día 7</b>	0,243217719	0,209028926	14,06%
	0,240231243	0,213045423	11,17%

#### 4.11 Adquisición de datos de generación eléctrica Semana 2

A continuación en la figura 29, se muestran los datos obtenidos de generación eléctrica en ambos casos de estudio correspondientes a la semana 2, si se hace una inspección individual del gráfico se observa que casi todos los días tienen la misma tendencia de generación eléctrica a lo largo de la semana excepto el martes en la cual decae la generación en ambos paneles.



**Figura 29.** Datos generación eléctrica semana 2.



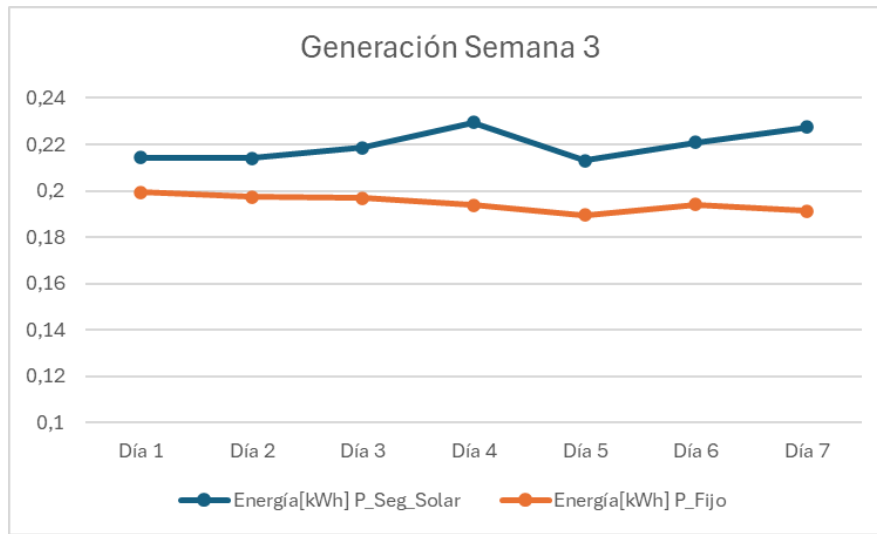
Los diferencia en la eficiencia energética de los paneles solares en la Semana 2 se pueden visualizar en la tabla V, para este caso el panel fotovoltaico con seguimiento solar de dos ejes género en promedio un 10% más de generación eléctrica respecto al panel fijo, obteniendo su máximo el día 1 con un 14,19% y su mínimo el día 7 con un 6,40%.

**TABLA V.** Eficiencia eléctrica en la Semana 2.

<b>Semana 2</b>	<b>Energía[kWh] Panel Seguimiento Solar</b>	<b>Energía[kWh] Panel Fijo</b>	<b>Eficiencia Eléctrica del panel con seguimiento frente al fijo (%)</b>
<b>Día 1</b>	0,253366578	0,217418642	14,19%
<b>Día 2</b>	0,212302003	0,19760655	6,92%
<b>Día 3</b>	0,247278394	0,223238465	9,72%
<b>Día 4</b>	0,244611652	0,225080771	7,98%
<b>Día 5</b>	0,247156691	0,218663433	11,53%
<b>Día 6</b>	0,244783191	0,2122903	13,27%
<b>Día 7</b>	0,214066671	0,200371927	6,40%
	0,237652169	0,213524298	10,00%

#### **4.12 Adquisición de datos de generación eléctrica Semana 3**

En la figura 30, se muestran los datos obtenidos de generación eléctrica en ambos casos de estudio correspondientes a la semana 3, si se hace una inspección individual de cada gráfica se observa que los primeros días de esta semana poseen la tendencia de generación eléctrica es similar, a excepción del día 4 y el día 7 en donde la tendencia es diferente y existe una mayor diferencia en la generación eléctrica.



**Figura 30.** Datos generación eléctrica semana 3.

Los diferencia en la eficiencia energética de los paneles solares en la Semana 3 se pueden visualizar en tabla VI, para este caso el panel fotovoltaico con seguimiento solar de dos ejes género en promedio un 11,36% más de generación eléctrica respecto al panel fijo, obteniendo su máximo el día 7 con un 15,99% y su mínimo el día 1 con un 6,92%.

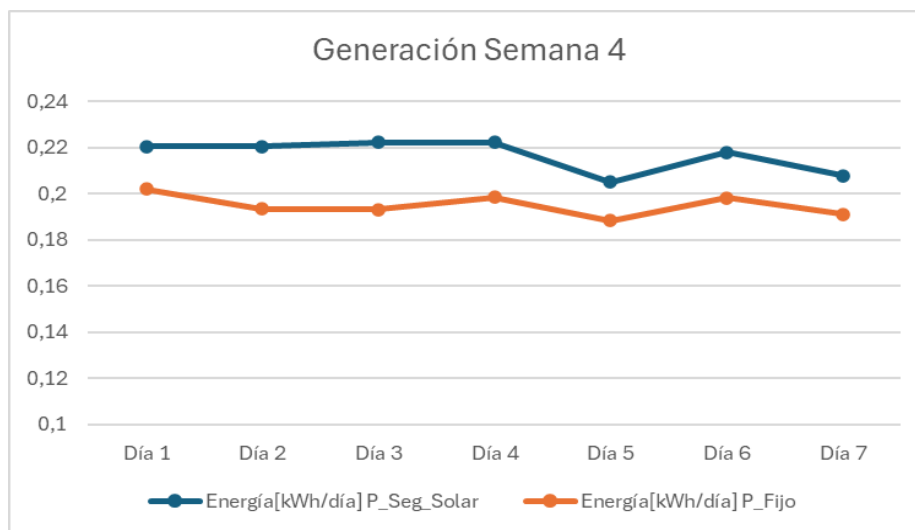


**TABLA VI.** Eficiencia eléctrica de la Semana 3.

Semana 3	Energía[kWh/día] Panel Seguimiento Solar	Energía[kWh] Panel Fijo	Eficiencia Eléctrica del panel con seguimiento frente al fijo (%)
<b>Día 1</b>	0,214297667	0,199467882	6,92%
<b>Día 2</b>	0,214155878	0,197236441	7,90%
<b>Día 3</b>	0,218680107	0,196892301	9,96%
<b>Día 4</b>	0,229397127	0,193788986	15,52%
<b>Día 5</b>	0,213104114	0,189400373	11,12%
<b>Día 6</b>	0,220981461	0,194116707	12,16%
<b>Día 7</b>	0,227533884	0,191219074	15,96%
	0,219735748	0,194588823	11,36%

**4.13 Adquisición de datos de generación eléctrica Semana 4**

A continuación en la figura 31, se muestran los datos obtenidos de generación eléctrica en ambos casos de estudio correspondientes a la semana 4, si se hace una inspección de la gráfica se observa que en los primeros tres días de esta semana hubo una mayor incidencia solar posteriormente cayó la misma, saltándonos así hasta el día 6 en donde se retomó nuevamente hasta la siguiente caída el día 7.



**Figura 31.** Datos generación eléctrica semana 4





Los diferencia en la eficiencia energética de los paneles solares en la Semana 4 se pueden visualizar en la tabla VII, para este caso el panel fotovoltaico con seguimiento solar de dos ejes género en promedio un 9,96% más de generación eléctrica respecto al panel fijo, obteniendo su máximo el día 3 con un 13,12% y su mínimo el día 7 con un 7,98%.

**TABLA VII.** Eficiencia eléctrica de la Semana 4.

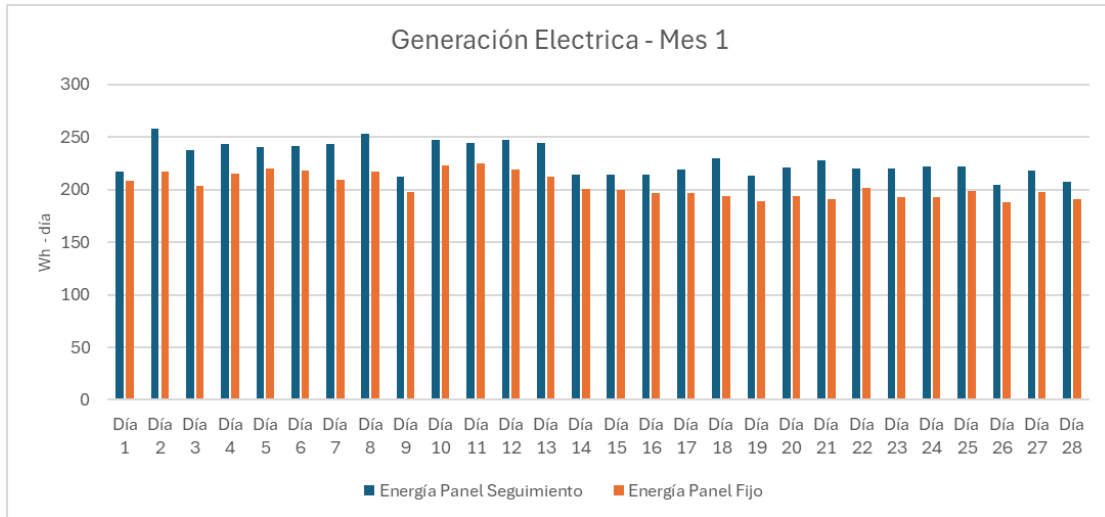
<b>Semana 4</b>	<b>Energía[kWh/día]</b> <b>Panel</b> <b>Seguimiento</b> <b>Solar</b>	<b>Energía[kWh/día]</b> <b>Panel Fijo</b>	<b>Eficiencia Eléctrica</b> <b>del panel con</b> <b>seguimiento frente al</b> <b>fijo (%)</b>
<b>Día 1</b>	0,220275526	0,201937668	8,32%
<b>Día 2</b>	0,220352742	0,193240837	12,30%
<b>Día 3</b>	0,222187305	0,19304121	13,12%
<b>Día 4</b>	0,222220598	0,198341632	10,75%
<b>Día 5</b>	0,204851866	0,188249544	8,10%
<b>Día 6</b>	0,217974001	0,198020061	9,15%
<b>Día 7</b>	0,20767488	0,191112712	7,98%
	0,216505274	0,194849095	9,96%

Como se puede observar en la figura 32 existe una tendencia semejante en la generación eléctrica a lo largo del primer mes pero la misma varía ligeramente día a día con una mayor generación eléctrica del panel solar con seguimiento respecto al fijo el día 2, mientras la menor se centra en el día 14. Además, se observa que por las características del panel con seguimiento siempre genera más energía frente al fijo. Esto se debe a que el panel fijo está orientado en una dirección fija, lo que le permite recibir más radiación solar directa solo en las horas centrales del día, cuando el sol está más alto en el cielo, mientras que el panel con seguimiento solar, por otro lado, está diseñado para seguir la trayectoria del sol a lo largo del día, lo que le permite recibir más radiación solar durante las primeras y últimas horas del día, cuando el sol está más bajo en el cielo. Sin embargo,





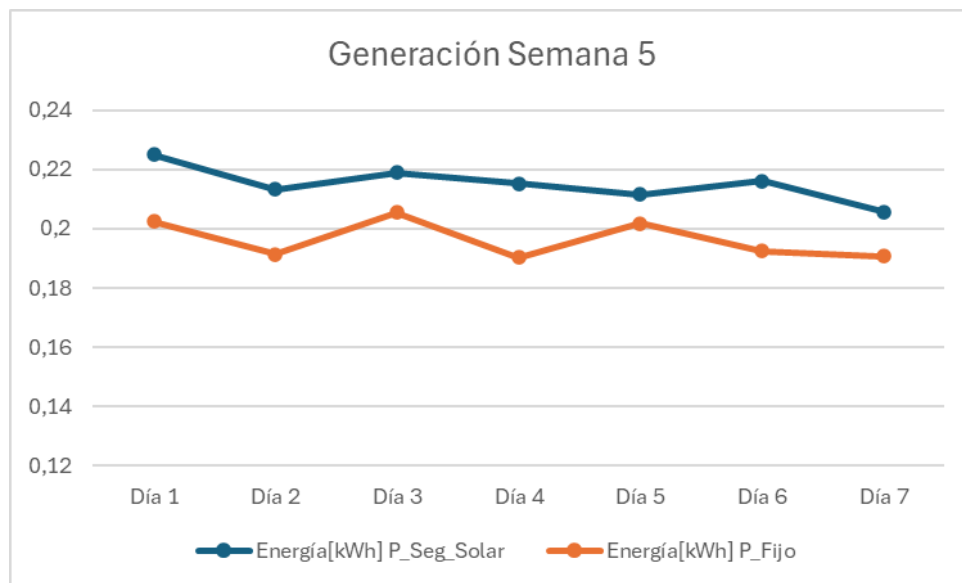
durante las horas centrales del día, el panel con seguimiento solar recibe una radiación similar al fijo.



**Figura 32.** Generación eléctrica en el primer mes.

#### 4.14 Adquisición de datos de generación eléctrica Semana 5

En la figura 33 se muestran los datos obtenidos de generación eléctrica en ambos casos de estudio correspondientes a la semana 5, si se hace una inspección individual de cada punto tanto en la curva con seguimiento y fija, se observa que en los dos primeros días de esta semana hubo una mayor incidencia solar en ambos paneles fotovoltaicos luego decae ligeramente y se mantiene esta tendencia a lo largo de esta.



**Figura 33.** Datos generación eléctrica semana 5.



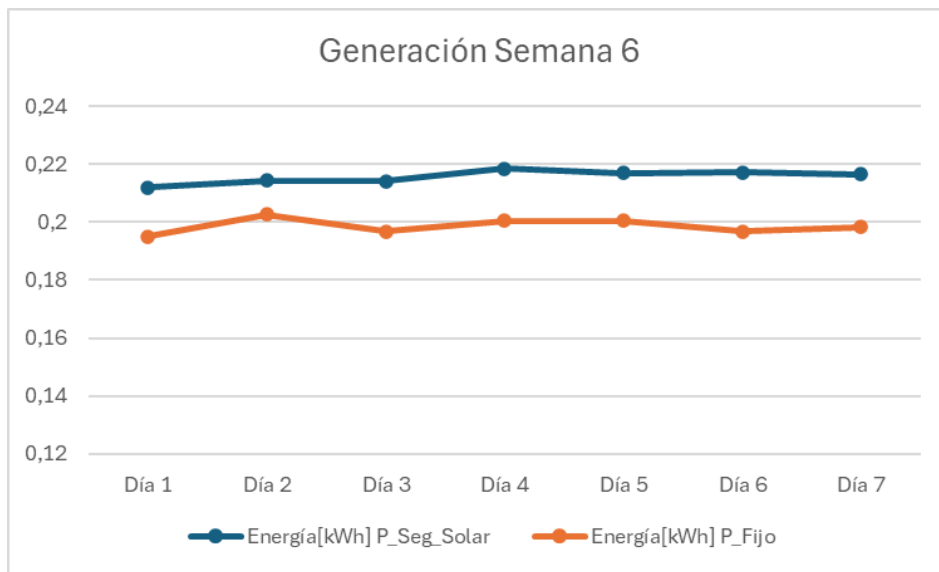
Los diferencia en la eficiencia energética de los paneles solares en la Semana 5 se pueden visualizar en la tabla VIII, para este caso el panel fotovoltaico con seguimiento solar de dos ejes género en promedio un 8,68% más de generación eléctrica respecto al panel fijo, obteniendo su máximo el día 6 con un 10,96% y su mínimo el día 5 con un 4,58%.

**TABLA VIII.** Eficiencia eléctrica de la Semana 5

<b>Semana 5</b>	<b>Energía[kWh] Panel Seguimiento Solar</b>	<b>Energía[kWh] Panel Fijo</b>	<b>Eficiencia Eléctrica del panel con seguimiento frente al fijo (%)</b>
<b>Día 1</b>	0,224918429	0,202472111	9,98%
<b>Día 2</b>	0,213159971	0,191349854	10,23%
<b>Día 3</b>	0,218957353	0,205391315	6,20%
<b>Día 4</b>	0,215192156	0,190328036	11,55%
<b>Día 5</b>	0,211410686	0,201737502	4,58%
<b>Día 6</b>	0,21602118	0,1923558	10,96%
<b>Día 7</b>	0,205689146	0,190796076	7,24%
	0,215049846	0,196347242	8,68%

#### 4.15 Adquisición de datos de generación eléctrica Semana 6

En la figura 34 se muestran los datos obtenidos de generación eléctrica en ambos casos de estudio correspondientes a la semana 6, si se hace una inspección individual de cada punto, se observa que la tendencia es similar en casi todos los días, lo que significa que hubo una condiciones climáticas similares a lo largo de la semana, aunque el segundo día cae ligeramente esta tendencia.



**Figura 34.** Datos generación eléctrica semana 6

Los diferencia en la eficiencia energética de los paneles solares en la Semana 6 se pueden visualizar en la tabla IX, para este caso el panel fotovoltaico con seguimiento solar de dos ejes género en promedio un 7,88% más de generación eléctrica respecto al panel fijo, obteniendo su máximo el día 6 con un 9,41% y su mínimo el día 2 con un 5,50%.

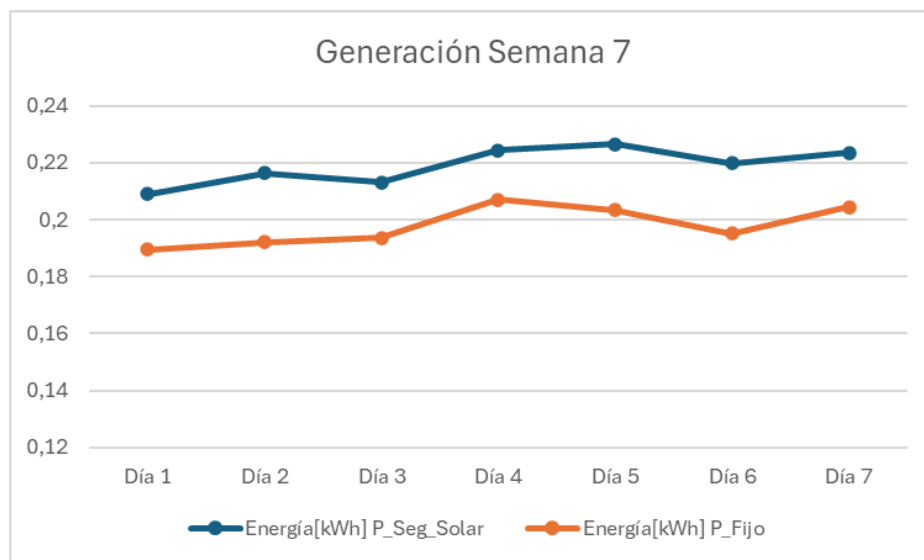
**TABLA IX.** Eficiencia eléctrica de la Semana 6.

Semana 6	Energía[kWh] Panel Seguimiento Solar	Energía[kWh] Panel Fijo	Eficiencia Eléctrica del panel con seguimiento frente al fijo (%)
<b>Día 1</b>	0,212031985	0,195083637	7,99%
<b>Día 2</b>	0,214377825	0,202587523	5,50%
<b>Día 3</b>	0,214090294	0,196682437	8,13%
<b>Día 4</b>	0,218419293	0,200551693	8,18%
<b>Día 5</b>	0,217009959	0,200515151	7,60%
<b>Día 6</b>	0,217144374	0,19671532	9,41%
<b>Día 7</b>	0,216524204	0,198399714	8,37%
	0,215656848	0,198647925	7,88%



#### 4.16 Adquisición de datos de generación eléctrica Semana 7

A continuación, se muestran los datos obtenidos de generación eléctrica en ambos casos de estudio correspondientes a la semana 7, si se hace una inspección individual de cada punto se observa que hay una tendencia creciente de generación a lo largo de la semana, sobre todo en el lapso correspondiente al día 3 y 4, aunque esta generación cae ligeramente en el día 6.



**Figura 35.** Datos generación eléctrica semana 7.

Los diferencia en la eficiencia energética de los paneles solares en la Semana 7 se pueden visualizar en la tabla X, para este caso el panel fotovoltaico con seguimiento solar de dos ejes género en promedio un 9,65% más de generación eléctrica respecto al panel fijo, obteniendo su máximo el día 2 con un 11,27% y su mínimo el día 4 con un 7,74%.

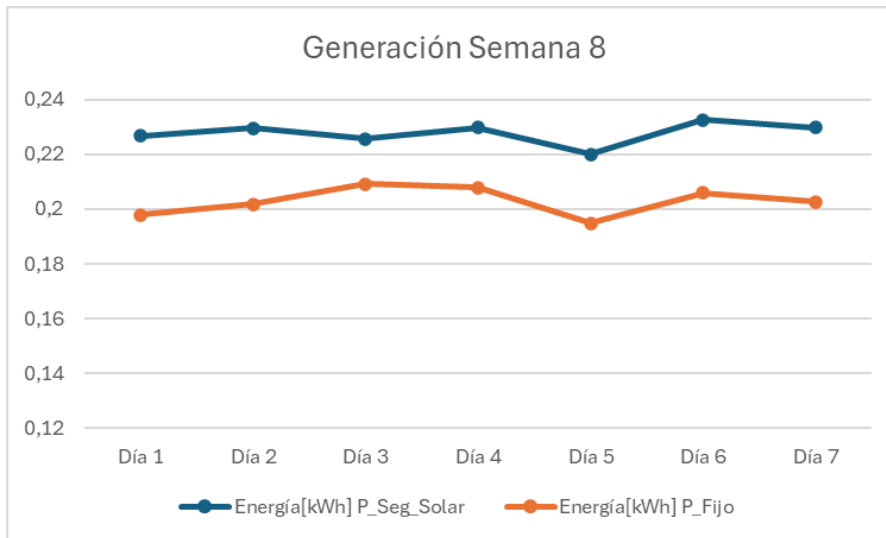


**TABLA X.** Eficiencia eléctrica de la Semana 7.

<b>Semana 7</b>	<b>Energía[kWh] Panel Seguimiento Solar</b>	<b>Energía[kWh] Panel Fijo</b>	<b>Eficiencia Eléctrica del panel con seguimiento frente al fijo (%)</b>
<b>Día 1</b>	0,208949799	0,189460494	9,33%
<b>Día 2</b>	0,216469358	0,19207195	11,27%
<b>Día 3</b>	0,213226427	0,19355617	9,23%
<b>Día 4</b>	0,224412682	0,207037119	7,74%
<b>Día 5</b>	0,226645249	0,203304682	10,30%
<b>Día 6</b>	0,219857946	0,195260089	11,19%
<b>Día 7</b>	0,223639393	0,204579193	8,52%
	0,219028694	0,197895671	9,65%

#### **4.17 Adquisición de datos de generación eléctrica Semana 8**

A continuación, se muestran los datos obtenidos de generación eléctrica en ambos casos de estudio correspondientes a la semana 8, si se hace una inspección individual de cada punto en la curva de generación eléctrica del panel fijo y con seguimiento solar se observa que hubo una misma tendencia de generación eléctrica a lo largo de la semana, excepto en el día 6 donde hubo la mayor generación eléctrica de la misma, mientras que el día 5 hubo menos generación eléctrica a lo largo de la semana.



**Figura 36.** Datos generación eléctrica semana 8.

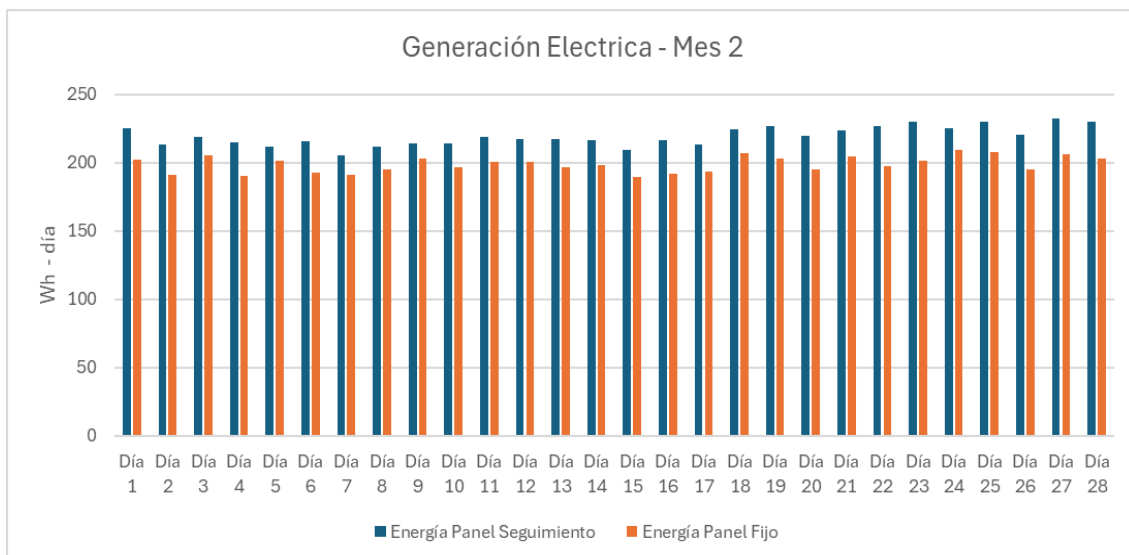
Los diferencia en la eficiencia energética de los paneles solares en la Semana 8 se pueden visualizar en la tabla XI, para este caso el panel fotovoltaico con seguimiento solar género en promedio un 10,90% más de generación eléctrica respecto al panel fijo, obteniendo su máximo el día 1 con un 12,77% y su mínimo se registró el día 3 con un 7,26%.

**TABLA XI.** Generación eléctrica en la Semana 8.

Semana 8	Energía[kWh] Panel Seguimiento Solar	Energía[kWh] Panel Fijo	Eficiencia Eléctrica del panel con seguimiento frente al fijo (%)
<b>Día 1</b>	0,226723311	0,197771214	12,77%
<b>Día 2</b>	0,229547748	0,201703584	12,13%
<b>Día 3</b>	0,22553979	0,209169927	7,26%
<b>Día 4</b>	0,229773332	0,207883544	9,53%
<b>Día 5</b>	0,220007375	0,194878355	11,42%
<b>Día 6</b>	0,232425424	0,205894912	11,41%
<b>Día 7</b>	0,22973201	0,20272207	11,76%
	0,227678427	0,202860515	10,90%



Como se puede observar en la Figura 85, el panel con seguimiento solar genera más electricidad que el panel fijo en todos los días del mes, aunque hay una tasa de generación distinta día a día debido a los cambios climáticos que están sometidos ambos paneles. La tendencia tiende a ser la misma en cuanto a la mayoría de datos de generación eléctrica en donde el panel que presenta una estructura de seguimiento solar a medida que transcurre la mañana hasta las últimas horas de la tarde y debido a su tipo de estructura se mantiene casi de forma lineal, como resultado recibe más radiación solar directa, lo que se traduce en una mayor generación de electricidad, mientras que el panel que presenta una estructura fijo la curva es casi la misma que la del panel con seguimiento en horas temprana de la mañana pero esta posee una tendencia en forma de campana de Gauss con una potencia pico a mediodía y luego disminuyendo gradualmente hacia la tarde.



**Figura 37.** Generación eléctrica en el segundo mes.

#### 4.18 Eficiencia eléctrica Total

El análisis de la eficiencia eléctrica de los paneles solares es fundamental para comprender su rendimiento a largo plazo. En el estudio mencionado, se ha realizado un promedio general que compara la eficiencia de un panel solar con seguimiento frente a uno fijo. Los datos, organizados semanalmente se pueden observar en la tabla X, en la cual revelan una eficiencia total del 9,95% en favor del panel con seguimiento solar de dos ejes frente a la generada por el panel solar fijo.



**TABLA XII.** Eficiencia eléctrica total.

Semana	Eficiencia
Semana 1	11,17%
Semana 2	10,00%
Semana 3	11,36%
Semana 4	9,96%
Semana 5	8,68%
Semana 6	7,88%
Semana 7	9,65%
Semana 8	10,90%
Eficiencia Total	9,95%

Este resultado determina la importancia de considerar sistemas de seguimiento solar para maximizar la captación de energía, ya que incluso un pequeño aumento en la eficiencia puede traducirse en una mejora significativa en el rendimiento a largo plazo y la sostenibilidad del sistema de captación de energía solar mediante paneles solares.





## CONCLUSIONES

1. El desarrollo continuo de las tecnologías renovables, especialmente los paneles fotovoltaicos, como alternativa a la red eléctrica convencional ha llevado a la creación de sistemas más eficientes. Entre ellos, los sistemas de seguimiento solar de dos ejes han demostrado ampliar el rango de radiación eléctrica captada por los paneles solares. Estos avances son fundamentales para maximizar la generación eléctrica y mejorar la sostenibilidad a largo plazo.
2. Una vez identificadas las variables que influyen en el sistema de seguimiento y los paneles fotovoltaicos mediante el análisis de las ecuaciones correspondientes. Posteriormente, se dimensionaron y diseñaron los componentes electrónicos y eléctricos del sistema, utilizando un esquemático como guía para su construcción. Finalmente se realizó la implementación, por lo cual se llevaron a cabo mediciones de voltaje y corriente en los paneles durante dos meses, registrando los datos junto con la hora de medición mediante un módulo SD.
3. Los resultados de la comparativa indican que el panel con seguimiento solar de dos ejes efectivamente genera mayor energía eléctrica, especialmente durante las horas de la mañana y la tarde hasta el anochecer. Durante el primer mes de medición, la mejora promedio fue del 10,62%, y durante el segundo mes, fue del 9,27%. En última instancia, la eficiencia de generación eléctrica del panel con seguimiento fue un 9,95% superior al panel fijo. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar sistemas de seguimiento solar para maximizar la captación de energía y mejorar el rendimiento a largo plazo y la sostenibilidad de los sistemas de captación de energía solar mediante paneles solares.



## RECOMENDACIONES

El estudio llevado a cabo en el sistema propuesto está enfocado en la parte eléctrica de generación fotovoltaica. Por lo tanto, se sugiere que en futuros estudios de igual aspecto se desarrolle un análisis adicional de tipo económico para obtener un enfoque más amplio que involucraría el precio de instalar un sistema de seguimiento solar de dos ejes frente a un sistema fijo.

En el desarrollo del presente estudio y debido a la naturaleza de este, se enfocó solamente en el ámbito de generación eléctrica, por lo que se recomienda que para futuros trabajos con casos similares se amplie en dos aspectos, la dirección del viento que influye en ángulo de incidencia del eje azimutal y la curva de temperatura sobre todo en paneles solares de mayor potencia pico de generación.



## REFERENCIAS

- [1] J. Francis, D. S. Jawahar, A. J. Paul, and M. Lydia, “Design and Analysis of 24 Hours Solar Panel,” in *MATEC Web of Conferences*, 2018, vol. 225, doi: 10.1051/mateconf/201822506006.
- [2] I. Ziemelis, H. Putans, I. Pelece, and A. Snegovs, “Comparative investigation of fixed and tracking the sun solar photovoltaic panels,” in *Engineering for Rural Development*, 2017, vol. 16, pp. 540–545, doi: 10.22616/ERDev2017.16.N107.
- [3] N. Chaijum, L. Cheunchantawong, and T. Siriram, “Single-axis solar tracking system referring to date and time,” in *Journal of Physics: Conference Series*, 2022, vol. 2145, no. 1, doi: 10.1088/1742-6596/2145/1/012052.
- [4] M. Angulo-Calderón, I. Salgado-Tránsito, I. Trejo-Zúñiga, C. Paredes-Orta, S. Kesthkar, and A. Díaz-Ponce, “Development and Accuracy Assessment of a High-Precision Dual-Axis Pre-Commercial Solar Tracker for Concentrating Photovoltaic Modules,” *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 5, 2022, doi: 10.3390/app12052625.
- [5] Syafii, R. Nazir, M. H. Putra, and Kamsory, “Sensorless solar tracker based on sun position for maximum energy conversion,” in *International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI)*, 2015, vol. 2, pp. 202–206.
- [6] M. J. Yun, Y. H. Sim, D. Y. Lee, and S. I. Cha, “Automated shape-transformable self-solar-tracking tessellated crystalline Si solar cells using in-situ shape-memory-alloy actuation,” *Sci. Rep.*, vol. 12, no. 1, 2022, doi: 10.1038/s41598-022-05466-7.



- [7] A. O. M. Maka and J. M. Alabid, “Solar energy technology and its roles in sustainable development,” *Clean Energy*, vol. 6, no. 3, pp. 476–483, 2022, doi: 10.1093/ce/zkac023.
- [8] J. A. C. González, R. C. Pérez, A. C. Santos, and M. A. C. Gil, *Centrales de energías renovables González, José A C Pérez, Roque C Santos, Antonio C Gil, Manuel A C*. 2009.
- [9] D. Masa Bote, A. C. Do Amaral Burghi, T. Hirsch, and R. Pitz-Paal, “Aplicaciones en energía solar,” *Física del caos en la predicción meteorológica*, pp. 599–606, 2018, doi: 10.31978/014-18-009-x.38.
- [10] M. Martínez, “Radiación solar - conceptos y aplicaciones,” *Inst. Investig. Agropecu.*, no. 109, pp. 1–4, 2016, [Online]. Available: [https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/\\_5cc085baa668a.pdf](https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/_5cc085baa668a.pdf).
- [11] CONELEC, “Atlas solar del ecuador,” *Conelec*, pp. 1–51, 2008, [Online]. Available: [http://www.conelec.gob.ec/archivos\\_articulo/Atlas.pdf](http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf).
- [12] D. L. King, J. A. Kratochvil, and W. E. Boyson, “<King 等。 - 1997 - Measuring solar spectral and angle-of-incidence ef.pdf>,” pp. 1113–1116, 1997.
- [13] I. Ibanez, “Evolución de la Navegación Astronómica en el siglo XIX,” no. July, 2019.
- [14] V. Sharma and V. K. Tayal, “Hardware implementation of sun tracking Solar panel using 8051 micro-controller,” *2017 6th Int. Conf. Reliab. Infocom Technol. Optim. Trends Futur. Dir. ICRITO 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 483–486, 2018, doi: 10.1109/ICRITO.2017.8342475.



- [15] J. Vicuña and M. Anelle, “Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo,” *Univ. Católica Cuenca*, pp. 1–71, 2021, [Online]. Available:  
<https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/9712>.
- [16] T. Días and G. Carmona, “Componentes de una instalación solar fotovoltaica 1,” p. 22, 2020, [Online]. Available:  
<https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>.
- [17] L. S. Lai, W. C. Hou, Y. T. Feng, and Y. A. Chen, “Novel grid-connected photovoltaic generation system,” *3rd Int. Conf. Deregul. Restruct. Power Technol. DRPT 2008*, no. April, pp. 2536–2541, 2008, doi:  
 10.1109/DRPT.2008.4523838.
- [18] A. Garwood, “Energía solar,” *Refocus*, vol. 6, no. 3, pp. 32–34, 2005, doi:  
 10.1016/S1471-0846(05)70397-8.
- [19] Secretaría de Energía, *Manual de Generación Distribuida Solar Fotovoltaica*, no. March 2019. 2019.
- [20] A. Moreno, J. Beltrán, and D. Borja, “Automobiles Powered By Solar Energy,” *Investig. Tecnológica IST Cent. Técnico*, pp. 1–9, 2020, [Online]. Available:  
[http://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion\\_tecnologica/article/view/87](http://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/article/view/87).
- [21] A. M. Molano Gómez, A. F. Neira Reyes, L. H. Correa Salazar, and E. Bernal Alzate, “Topological alternatives for photovoltaic integration in rural areas,” *Visión electrónica*, vol. 13, no. 1, pp. 24–32, 2019, doi:  
 10.14483/22484728.14423.
- [22] M. I. Neaca, “Solar tracking system for several groups of solar panels,” 2021,



doi: 10.1109/ICATE49685.2021.9465057.

- [23] Y.-M. Chen, C.-H. Lee, and H.-C. Wu, “Calculation of the optimum installation angle for fixed solar-cell panels based on the genetic algorithm and the simulated-annealing method,” *IEEE Trans. Energy Convers.*, vol. 20, no. 2, pp. 467–473, 2005, doi: 10.1109/TEC.2004.832093.
- [24] O. Style and R. Grove, *Energía Solar Autónoma: Planificación, dimensionado e instalación de un sistema fotovoltaico autónomo*. Itaca Appropriate Technology, 2012.



## ANEXOS

### Anexo 1. Hoja técnica Paneles Solares

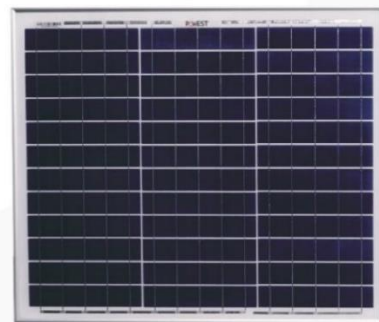


#### **POWEST**

*Paneles Solares Policristalinos 30W*

Los paneles fotovoltaicos POWEST policristalinos son ideales para su uso en plantas de energía a gran escala, comerciales e instalaciones residenciales. Nuestros paneles fotovoltaicos están en línea con las normas de la Comisión Electro-técnica Internacional (IEC 61215, IEC 61730), e incluyen:

- Pruebas de exposición a exteriores
- Pruebas de aislamiento
- Pruebas de resistencia a puntos calientes
- Pruebas de pre acondicionamiento 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



Las principales características de nuestros paneles 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 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)



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PANELES SOLARES		
Tipo de módulo		Poli-Cristalino
Potencia máxima		30W
Tolerancia salida de potencia		±3%
Voltaje de circuito abierto		21.3VDC
Corriente de cortocircuito		1.80A
Voltaje en potencia máxima		18.0VDC
Corriente en potencia máxima		1.67A
Eficiencia		13.1%
Max. serie de fusible		10A
Caja de conexiones (grado de protección)		SI
Máxima tensión del sistema		600VDC
Rango de temperatura de funcionamiento		-40°C lo 85°C
Peso		2.8kg
Celda (cantidad / material / número de barras colectoras)		36 / silicio multicristalino / 4 o 5
Dimensiones (Altura x Ancho x Profundidad)		510mm/450mm/25 mm
Clase de aplicación		A
Distancia Cable		NO
Conector		NO
Calificaciones y certificado	IEC 61215, IEC 61730, CE, MCS, ISO 9001:2008, ISO 14001:2004,BS OHSAS 18001:2007, PV Cycle, SA 8000	

STC: irradiación de 1000 W / m<sup>2</sup>, temperatura del módulo de 25 ° C, espectro AM1.5g según EN 60904-3.  
 Reducción de eficiencia relativa promedio de 3.3% a 200W / m<sup>2</sup> según EN 60904-1.

\* Sujeto a modificaciones sin previo aviso, según requerimiento del cliente, según disponibilidad de inventario y/o bajo pedido del cliente. \* Fotos de referencia, accesorios se venden por separado.





## Anexo 2. Hoja técnica controlador solar

**PWM 12V/24V Auto 10A 20A controlador de carga Solar**

Dimensión: 13,3\*9,3\*3CM



Model	FT2024		FT4024		FT6024	
	10A	20A	30A	40A	50A	60A
Rated Current	10A	20A	30A	40A	50A	60A
System voltage	12V/24V Auto recognition					
Max.Solar input power	130w@12V 260W@24V	260w@12V 520W@24V	390w@12V 780W@24V	520w@12V 1040W@24V	650w@12V 1300W@24V	780w@12V 1560W@24V
Max.solar input voltage	50V					
Battery type	Lead acid(Default);Lithium;GEL;Flood(Selectable)					
Equalizing charging voltage	Lead acid/Lithium(14.6V);GEL(14.4V);Flood(14.8V) *2/24V					
Boost charging voltage	Lead acid/Lithium(14.4V);GEL(14.2V);Flood(14.6V)*2/24V					
Float charging voltage	13.8V;*2/24V					
Low voltage recovery voltage	12.6V;*2/24V(Settable)					
Low voltage disconnection voltage	10.8V;*2/24V((Settable))					

### Características del producto:

1 El voltaje del sistema de 12 V/24V se reconoce automáticamente.

2 Se adopta un algoritmo de carga PWM actualizado de 3 etapas. La aplicación de una carga de equalización a la batería periódicamente o cuando está sobrecargada puede evitar efectivamente que la batería no se equalice y sulfure, extendiendo así la vida útil de la batería.

3. Con la compensación de temperatura utilizada, los parámetros de carga se pueden ajustar automáticamente.

4 El producto proporciona protección contra sobrecargas, sobredescargas, sobrecargas y cortocircuitos.

5 El producto proporciona una pantalla LCD gráfica de matriz de puntos y una interfaz humano-máquina con una clave.

6 Se adopta la protección de iluminación de la TV.



**Anexo 3. Hoja técnica batería forza**



forzaups.com

## FUB-1270

Utilizando las últimas innovaciones en la aplicación del plomo-ácido, Forza® introduce la FUB-1270, una batería versátil, recargable y completamente portátil.



Su estructura hermética única en su tipo no requiere mantenimiento, siendo posible colocarla en cualquier posición sin degradar su capacidad y sin el riesgo de que se derrame el electrolito. Esta avanzada batería combina placas gruesas aisladas con fieltro de fibra de vidrio (AGM) con un elemento activo de alta densidad energética para incrementar el rendimiento y la durabilidad, tanto en régimen de carga cíclica o flotante. Esta resistente batería es ideal para una amplia gama de aplicaciones, tales como unidades de alimentación ininterrumpidas (UPS), luces de emergencia, herramientas eléctricas, sistemas de seguridad, y mucho, mucho más!

### Características

- Multipropósito: Régimen de carga cíclica o flotante
- Extensa vida útil: 5 años en régimen flotante como unidad de reserva y más de 260 ciclos de carga/descarga
- Unidad sellada que no requiere mantenimiento
- Estructura resistente completamente hermética
- Válvula de seguridad para evitar explosiones
- Gran calidad y fiabilidad
- Bajo índice de autodescarga
- Flexibilidad de diseño para instalarla en distintas posiciones
- Excepcional capacidad de recuperación tras descarga profunda
- 12V 7,0 Ah 18mΩ
- Un año de garantía

### Aplicaciones

- Sistemas de alarma
- Unidad de reserva para computadoras
- UPS- Unidades de alimentación ininterrumpida
- Luces de emergencia
- Sistemas de seguridad y protección contra incendios
- Herramientas eléctricas
- Aparatos de video portátiles
- Equipos de campaña y de deportes al aire libre
- Carros de golf
- Equipo náutico
- Equipos médicos y sillas de ruedas eléctricas
- Robótica
- Juguetes y mucho, mucho más



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE ELECTRICIDAD**



MPN	FUB-1270
<b>Salida</b>	
Tensión de salida	12V
Amperio/hora	7,0Ah
Tipo	Batería sellada de plomo-ácido
<b>Características físicas</b>	
Color	Negro
Peso	2,05kg
Dimensiones	151x65x94mm
<b>Información adicional</b>	
Garantía	Un año



Roza Power Technologies, LLC. Roza® es marca registrada. Todos los derechos reservados. Todos los demás marcos y nombres comerciales son propiedad de sus respectivos dueños. Especificaciones sujetas a cambio sin previo aviso. Fabricado en China.



#### Anexo 4. Código microcontrolador sistema de seguimiento solar de dos ejes

/\*Universidad Técnica del Norte

ELECTRICIDAD

RONALD ERAZO

PERIDO: 2024

\*/

//LIBRERIAS

#include <ESP32Servo.h> //Libreria para el control de servotores

#include <ThingSpeak.h> //Libreria para comunicacion con la Pagina de ThingSpeak

#include <WiFi.h> //Libreria para utilizar el WiFi del ESP32

#include <ESP32Time.h> //Libreria para obtener la Hora mediante WiFi

#include "esp\_wpa2.h"

//VARIABLES PARA GUARDAR EL NOMBRE DE LA RED Y SU CONTRASEÑA

#define EAP\_ANONYMOUS\_IDENTITY "anonymous@utn.edu.ec"

//anonymous@example.com, or you can use also nickname@example.com

#define EAP\_IDENTITY "rderazol@utn.edu.ec" //nickname@example.com, at some organizations should work nickname only without realm, but it is not recommended

#define EAP\_PASSWORD "ACZP@IED8b" //password for eduroam account

#define EAP\_USERNAME "rderazol@utn.edu.ec" // the Username is the same as the Identity in most eduroam networks.

//SSID NAME

const char\* ssid = "eduroam"; // eduroam SSID

//CERTIFICADO

/\* const static char\* test\_root\_ca PROGMEM = \

"-----BEGIN CERTIFICATE-----\n" \



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE ELECTRICIDAD**



"MIIF8DCCA9igAwlBAglJAOYzkvNk4c11MA0GCSqGSib3DQEEDAUAMIGEMQswCQYD\n"

\

"VQQGEwJFUzEPMA0GA1UECAwGTWFkcmIkMSowKAYDVQQKDCFVbml2ZXJzaWRhZCB  
 D\n" \

"b21wbHV0ZW5zZSBkZSBNYWRyaWQxHzAdBgNVBAsMFINlcnZpY2lvcyBJbmZvcmlh\n" \

"dGlib3MxZzAVBgNVBAMMDkVkdXJvYW0gVUNNIENBMB4XDTIwMDkxNDA4MzYxNloX\n"

\

"DTQwMDkwOTA4MzYxNlowgYQxCzAJBgNVBAYTAkVTMQ8wDQYDVQQIDAZNYWRyaWQx  
 \n" \

"KjAoBgNVBAoMIVVuaXZlcnNpZGFkIENvbXBsdXRlbnNlIGRIIE1hZHJpZDEfMB0G\n" \

"A1UECwwWU2VydmlijaW9zIEluZm9ybWF0aWNvczEXMBUGA1UEAwwORWR1cm9hbSBV\n"

\

"Q00gQ0EwggliMA0GCSqGSib3DQEBAQUAA4ICDwAwggIKAoICAQDT4mcl66olsTP2\n" \

"knIPwhLcXqkAMmT2aQHhRkrilf4zi5wu9AAA5OXUMPBHTzM2IKvM+ywiDJE7c+fB\n" \

"ee18kKIUnGwDzRTf7eKvJZ5akGtpgJqNds6DS8wh+Fm0Szvuk6XuN8NpYLvxOZhc\n" \

"awHUQc7IDljwK6APfAkVMPVcBNamfcfUVDierLKnYO6b6f47vjTqG2l8zqBaw3Wk\n" \

"1xXYtUU6hietSnzeqkQTDgx/8HHngOEKHIMyEyKJuGSrKMQsMDKrAT3aJEki5Y5s\n" \

"GCeXE5Cz8clsTILg0gXceOBZ9exiln51ngEa1SuJKtxsh079egZY1w5WYSxCwVAx\n" \

"cxIUyKzQjOQ1E4xtDvfQDROdfjpNXdueZr2J7ihm4DZwnvWHjP8C9bxFEYMM1wk\n" \

"T0JdGfZ1MIB+yYMnr9xEMBSmWrjCu9vEzDseQk3QVSWYcX+Ihd02T/fomjHICxTt\n" \

"E5/E7ORiFIXRCMrObyC5mhsM487gN5ZMbslzEzNSVbRpvGDIjd35w6TW/GoXrQz4\n" \

"Yy1Jp7UwwztQUufeHQQsNiiz8Py2CRUeHqpJY0wPvr9adlb0xGylzwcdAOycTmPW\n" \

"EfvI5hF3rx+duWeFDPGFn5Xb2ePYTvPv1dMbWN6A7DL2oFya1daAZLF28B7e+wHi\n" \



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE ELECTRICIDAD**



"7MBfmGFxwfv0g+lpQfOsJjs8SI5YuQIDAQABo2MwYTAdbgNVHQ4EFgQUawOWbHTR\n" \

"G847VcWOH8TaYQCSzJQwHwYDVR0jBBgwFoAUawOWbHTRG847VcWOH8TaYQCSzJQw\n" \

"DwYDVR0TAQH/BAUwAwEB/zAOBgNVHQ8BAf8EBAMCAYYwDQYJKoZIhvcNAQEMBQAD\n" \

"ggIBAC+3J3Qs3PeekKkEPWEWfTGEB3DzeXL1OynTA2fu/HaworadGnROakIPQKTg\n" \

"XjFRIU2YrUy/MTa6qZdOkt0Mr/KeZ62z4PYzV9fnDn+4V8pYKHJizucEmqkV100i\n" \

"0Jhpmg50o5DqvQspEfcVfkuUd7YhmyHLM2EfY7JJ9A+wqmfmiaTTTtdl40qQ00Yj\n" \

"wdbws8OV/VqO0ysu5mzaEprg/7DzrhC/4ppFCr63J0stsKBEgHy85OntyFQBd4rg\n" \

"59wp4f33Knej+SvLN2ltnC1uGdFkNEuYJmscAJcjR4sCUKSKDYL54f7A8Tf2Sy1D\n" \

"CGG3l0mIZ6r7AHku/pO1n7DOGe/adlqktcEOm6crAdRepwV/2kskfvNG9iareV8L\n" \

"jVHq/O7j3NEFWDKeraUce0/EmblOI9ixdlfvjziqI+ztdPDjUECnYInpOKF7qr\n" \

"043a2YvF964EOWrmd4Cxl0CBglbAFzyabEEAM8vrfl0HmOj05GnVnhUYMC7HIIIb\n" \

"kwNKaTB3hq2jLVuKuHQ8m4ucB+qq7FD1b0RWwjTeQ4MO466asxoVZ1AivGJju3R\n" \

"C3h5W03MuPRMjqZ19gZlcDvEDH/LqloceAM7jWczJ1Aeedw15ufSkDE6pPGIDwRZ\n" \

"CmPOYD5/AMI60ajMyG9n1LhHcMr7sUI6Epz3FO7TJF3TyiJQ\n" \

"-----END CERTIFICATE-----\n"; \*/

//VARIABLES PARA GUARDAR EL CANAL Y LA CONTRASEÑA PARA INGRESAR A

ThingSpeak

unsigned long channelID = 2404220;

const char\* WriteAPIKey = "0THGUYCANAJGLSFX";

//VARIABLES PARA INGRESAR A LA PAGINA WEB Y OBTENER LA HORA

const char\* ntpSever = "pool.ntp.org";

const long gmtOffset\_sec = -5\*3600;





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE ELECTRICIDAD**



```

const int daylighthOffset_sec = 0;

//CREACION DE OBJETO PARA USOS DE LIBRERIAS

ESP32Time rtc;

WiFiClient Client;

//VARIABLES PARA LA LECTURA DE VOLTAJE

const int voltaje_max= 16500; // 16,5 Voltios es lo máximo que el ESP32 Puede manejar

#define sen_voltaje1 21 // Pin analógico del ESP32

#define sen_voltaje2 22 // Pin analógico del ESP32

//21

//DATOS CORRIENTE

float Sensibilidad=0.600; //sensibilidad en Voltios/Amperio para sensor de 5A

float Sensibilidad2=0.600; //sensibilidad en Voltios/Amperio para sensor de 5A

#define sen_corriente1 33 // Pin analógico del ESP32

#define sen_corriente2 32 // Pin analógico del ESP32

float voltaje_1 = 0; // Variable para guardar el valor del voltaje

float voltaje_2 = 0; // Variable para guardar el valor del voltaje

//VARIABLES PARA LA LECTURA DE CORRIENTE

//#define sen_corriente 32 // Pin analógico del ESP32

//33

float corriente = 0; // Variable para guardar el valor del voltaje //sensibilidad en
Voltios/Amperio para sensor de 5A

//VARIABLES FOTORESISTENCIA PARA ILUMINACION

const long A = 1000; //Resistencia en oscuridad en KΩ

const int B = 10; //Resistencia a la luz (10 Lux) en KΩ

const int Rc = 5; //Resistencia calibracion en KΩ

```



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE ELECTRICIDAD**



```

int servo_pos1;

int servo_pos2;

//VARIABLES DE CONTROL DE SERVOMORES

Servo miServo1;

Servo miServo2;

#define servo1 16 // Declaro el pin para el servomotor 1 // Servo Azul Eje

#define servo2 17 // Declaro el pin para el servomotor 2 // Servo negro base

//VARIABLES DE TIEMPO

unsigned long tiempoA = 0; //Variable para tiempo

unsigned long tiempoB = 0; //Variable para tiempo

//Variables para el movimiento para el servo motor 1

int mov1 = 90; //Inicio de la posicion del servomotor 1

int adelante =0;

int atras = 0;

//Variables para el movimiento para el servo motor 2

int mov2 = 90; //Inicio de la posicion del servomotor 1

int derecha = 0;

int izquierda = 0;

//Contadores para el correcto movimiento

int contador1 =0;

int contador2 =0;

int contador3 =0;

int contador4 =0;

//Variables para leer las señales analógicas de las fotos resistores

int pinfot1 = 36;
  
```





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE ELECTRICIDAD**



```
int pinfot2 = 39;
```

```
int pinfot3 = 34;
```

```
int pinfot4 = 35;
```

```
int valorfot1 = 0;
```

```
int valorfot2 = 0;
```

```
int valorfot3 = 0;
```

```
int valorfot4 = 0;
```

```
int promedio = 0;
```

```
//Variables de Hora
```

```
String hora = " ";
```

```
String segundos = " ";
```

```
int Hora = 0;
```

```
int Segundos = 0;
```

```
int Horalni = 6;
```

```
int HoraFin = 18;
```

```
void setup() {
```

```
  Serial.begin(115200);
```

```
  delay(10);
```

```
  Serial.print(F("Connecting to network: "));
```

```
  Serial.println(ssid);
```

```
  WiFi.disconnect(true); //disconnect from WiFi to set new WiFi connection
```

```
  //WiFi.begin(ssid, WPA2_AUTH_PEAP, EAP_ANONYMOUS_IDENTITY, EAP_IDENTITY,
```

```
  EAP_PASSWORD, test_root_ca); //with CERTIFICATE
```



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE ELECTRICIDAD**



```

WiFi.begin(ssid, WPA2_AUTH_PEAP, EAP_IDENTITY, EAP_USERNAME,
EAP_PASSWORD); // without CERTIFICATE, RADIUS server EXCEPTION "for old devices"
required

//BUCLE DE CONEXION A WIFI DEL ESP32

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {

  delay(500);

  Serial.print(F("."));

}

Serial.println("");

Serial.println(F("WiFi is connected!"));

Serial.println(F("IP address set: "));

Serial.println(WiFi.localIP()); //print LAN IP

//CONFIGURACION DE LOS DATOS DE FECHA Y HORA

configTime(gmtOffset_sec, daylightOffset_sec, ntpSever);

//INCIO EL CLIENTE PARA USAR ThingSpeak

ThingSpeak.begin(Client);

pinMode(sen_voltaje1, INPUT); //Declaro como entrada el pin 33 para la lectura de la señal
analógica

pinMode(sen_voltaje2, INPUT); //Declaro como entrada el pin 33 para la lectura de la señal
analógica

//pinMode(sen_corriente, INPUT); //Declaro como entrada el pin 32 para la lectura de la señal
analógica

pinMode(pinfot1, INPUT); //Declaro como entrada el pin para la lectura de la señal analógica

pinMode(pinfot2, INPUT); //Declaro como entrada el pin para la lectura de la señal analógica

```



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE ELECTRICIDAD**



```

pinMode(pinfot3, INPUT); //Declaro como entrada el pin para la lectura de la señal analógica
pinMode(pinfot4, INPUT); //Declaro como entrada el pin para la lectura de la señal analógica

miServo1.attach(servo1); //Declaro la función para usar el servomotor 1
miServo1.write(90); //Declaro el movimiento del servomotor 1 a 0°
miServo2.attach(servo2); //Declaro la función para usar el servomotor 2
miServo2.write(90); //Declaro el movimiento del servomotor 2 a 0°

delay(5000);

tiempo A = millis();

}

void loop() {

tiempoB = millis();

hora = rtc.getTime("%H");
segundos = rtc.getTime("%S");

Hora = hora.toInt();
Segundos = segundos.toInt();

if (Hora >= Horalni && Hora <= HoraFin){
if (Segundos >= 0 && Segundos <= 10){

Lectura_Fotos();

funservo2();

funservo1();

if(Segundos == 0 || Segundos == 30){

Lectura_Vol(); //Llamo a la función de lectura de voltaje

//CONFIGURACION SENSORES

float I=get_corriente(200)-6.850;//obtenemos la corriente promedio de 500 muestras

float I2=get_corriente2(200)-7.01;//obtenemos la corriente promedio de 500 muestras

```



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE ELECTRICIDAD**



```

float mill=I*1000-24;

float mill2=I2*1000;

//CONFIGURACION ENVIO DE DATOS

Serial.print("Corriente1: ");

Serial.println(mill,2);

Serial.print("Corriente2: ");

Serial.println(mill2,2);

ThingSpeak.writeFields(channelID,WriteAPIKey);

ThingSpeak.setField (1,mill);

ThingSpeak.setField (2,mill2);

// Lectura_Corri();;

delay(10000);

}

}

}else{

  Serial.println("El Seguidor Solar esta desactivado, Fuera de Horario");

  Serial.println("El Seguidor Solar se activara en horario de 5:00 a 19:00");

  //Declaro la funcion para usar el servomotor 1

  miServo1.write(40);

  miServo2.write(90);

  delay(100000);

  }

}

void Lectura_Vol (){

  voltaje_1 = map(analogRead(sen_voltaje1), 0, 4095, 0, voltaje_max)/1000.0; // Pasamos el
valor de la lectura analogica a el valor del voltaje

```



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE ELECTRICIDAD**



```

voltaje_1 = voltaje_1*2;

voltaje_2 = map(analogRead(sen_voltaje2), 0, 4095, 0, voltaje_max)/1000.0; // Pasamos el
valor de la lectura analogica a el valor del voltaje

voltaje_2 = voltaje_2*2;

valorfot1 = analogRead(pinfot1);

valorfot2 = analogRead(pinfot2);

valorfot3 = analogRead(pinfot3);

valorfot4 = analogRead(pinfot4);

servo_pos1 = miServo1.read();

servo_pos2 = miServo2.read();

Serial.print("Lectura del sensor 1 =");           // Imprimo letrero de lectura de
sensor

Serial.print(voltaje_1);                          // Imprimo el volr de voltaje

Serial.println("V");

Serial.print("Lectura del sensor 2 =");           // Imprimo letrero de lectura de
sensor

Serial.print(voltaje_2);                          // Imprimo el volr de voltaje

Serial.println("V");

Serial.print("Lectura del sensor 3 =");           // Imprimo letrero de lectura de
sensor

Serial.print(servo_pos1);                         // Imprimo el volr de voltaje

Serial.println("Ang");

Serial.print("Lectura del sensor 4 =");           // Imprimo letrero de lectura de
sensor

Serial.print(servo_pos2);                         // Imprimo el volr de voltaje

Serial.println("Ang");

```



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE ELECTRICIDAD**



//Fotoresistencias

```

Serial.print("Lectura del sensor 5 =");           // Imprimo letrero de lectura de
sensor

Serial.print(valorfot1);                          // Imprimo el volr de voltaje

Serial.println("F1");

Serial.print("Lectura del sensor 6 =");           // Imprimo letrero de lectura de
sensor

Serial.print(valorfot2);                          // Imprimo el volr de voltaje

Serial.println("F2");

Serial.print("Lectura del sensor 7 =");           // Imprimo letrero de lectura de
sensor

Serial.print(valorfot3);                          // Imprimo el volr de voltaje

Serial.println("F3");

Serial.print("Lectura del sensor 8 =");           // Imprimo letrero de lectura de
sensor

Serial.print(valorfot4);                          // Imprimo el volr de voltaje

Serial.println("F4");

ThingSpeak.setField (3,servo_pos1);

ThingSpeak.setField (4,servo_pos2);

ThingSpeak.setField (5,valorfot1);

ThingSpeak.setField (6,valorfot2);

ThingSpeak.setField (7,valorfot3);

ThingSpeak.setField (8,valorfot4);

```

```
void Lectura_Corri() {
```

```
float voltajeSensor= analogRead(sen_corriente)*(3.3 / 4095); //lectura del sensor
```



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE ELECTRICIDAD**



corriente =(voltajeSensor-2.5)/Sensibilidad; //Ecuación para obtener la corriente

Serial.print("Corriente: ");

Serial.println(corriente);

//delay(500);

}

void Lectura\_Fotos (){

valorfot1 = analogRead(pinfot1);

valorfot2 = analogRead(pinfot2);

valorfot3 = analogRead(pinfot3);

valorfot4 = analogRead(pinfot4);

promedio = (valorfot1 + valorfot2 + valorfot3 + valorfot4)/4;

adelante = valorfot1;

atras = valorfot2;

derecha = valorfot4;

izquierda = valorfot3;

}

void funservo1(){

// Funcionamiento el servo motor

int angulo1 = map(Hora,6,19,50,120);

miServo2.write(angulo1);

}

void funservo2(){

if( derecha < izquierda){

mov2 = mov2 + 5;

}



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE ELECTRICIDAD**



```

if(derecha > izquierda){

  mov2 = mov2 - 5;

}

if (mov2>30 && mov2<120){

  miServo1.write(mov2);

  delay(200);

}

if(mov2 < 30){

  mov2=35;

}

if(mov2 > 120){

  mov2=115;

}

//Serial.println(mov2);

}

//Funcion corriente

float get_corriente(int n_muestras){

  float voltajeSensor;

  float corriente=0;

  for(int i=0;i<n_muestras;i++)

  {

    voltajeSensor = analogRead(sen_corriente1) * (5.0 / 1023.0);////lectura del sensor

    corriente=corriente+(voltajeSensor-2.5)/Sensibilidad; //Ecuación para obtener la corriente

  }

  corriente=corriente/n_muestras;

  return(corriente);

```





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE ELECTRICIDAD**



}

//CORRIENTE 2

float get\_corriente2(int n\_muestras){

float voltajeSensor2;

float corriente2=0;

for(int i=0;i&lt;n\_muestras;i++)

{

voltajeSensor2 = analogRead(sen\_corriente2) \* (5.0 / 1023.0);////lectura del sensor

corriente2=corriente2+(voltajeSensor2-2.5)/Sensibilidad2; //Ecuación para obtener la

corriente

}

corriente2=corriente2/n\_muestras;

return(corriente2);

}