



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE MECATRÓNICA**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO CON
SEGUIMIENTO SOLAR PARA OPTIMIZACIÓN DE COSECHA
ENERGÉTICA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL DURANTE EL
CICLO ESCOLAR 2021-2022.**

*Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Mecatrónica*

AUTORES: Jean Piere Bueno Salvatierra
Luis Eduardo Santos Carrión
TUTOR: Franklin Illich Kuonquí Gaínza

Guayaquil - Ecuador
2022

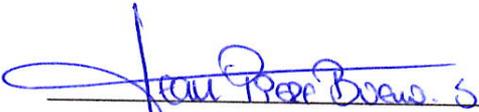
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Jean Piere Bueno Salvatierra** con documento de identificación N° **0952850246** y **Luis Eduardo Santos Carrión** con documento de identificación N° **1104183536**; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo.

Guayaquil, 08 de marzo del año 2022

Atentamente,



Jean Piere Bueno Salvatierra
0952850246



Luis Eduardo Santos Carrión
1104183536

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, **Jean Piere Bueno Salvatierra** con documento de identificación N° **0952850246** y **Luis Eduardo Santos Carrión** con documento de identificación N° **1104183536**, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del **Dispositivo Tecnológico: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO CON SEGUIMIENTO SOLAR PARA OPTIMIZACIÓN DE COSECHA ENERGÉTICA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL DURANTE EL CICLO ESCOLAR 2021-2022**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

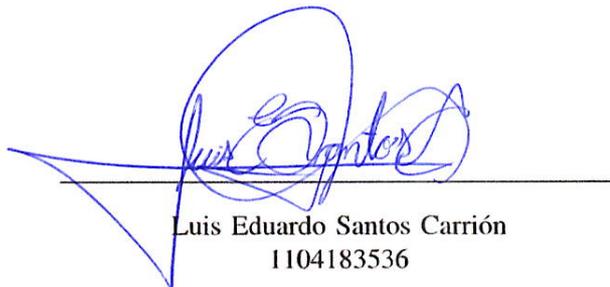
En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo a final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Guayaquil, 08 de marzo del año 2022

Atentamente,



Jean Piere Bueno Salvatierra
0952850246



Luis Eduardo Santos Carrión
1104183536

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Franklin Illich Kuonquí Gaínza**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana , declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO CON SEGUIMIENTO SOLAR PARA OPTIMIZACIÓN DE COSECHA ENERGÉTICA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL DURANTE EL CICLO ESCOLAR 2021-2022**, realizado por **Jean Piere Bueno Salvatierra** con documento de identificación N° **0952850246** y por **Luis Eduardo Santos Carrión** con documento de identificación N° **1104183536**, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Dispositivo Tecnológico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 08 de marzo del año 2022

Atentamente,



Ing. Franklin Illich Kuonquí Gaínza. Mg.
0909627432

DEDICATORIA

En primer lugar, se lo dedico a Dios por darme muchas fuerzas y perseverancia en momentos difíciles, por darme la capacidad de adquirir conocimientos cada día de mi vida y seguir luchando para cumplir mis metas.

A mi madre, que siempre ha confiado en mi capacidad y ser el pilar fundamental de mi vida para ser el mejor.

A mi familia, que siempre ha estado pendiente en lo que me han podido ayudar para cumplir uno de mis sueños.

A mis amigos cercanos con los que he compartido buenos momentos durante estos años de estudio y que siempre de alguna manera me prestaron su apoyo, conocimientos y consejos.

Jean Piere Bueno Salvatierra

Le dedico con todo mi corazón esta tesis a mi madre, que creyó y confió en mi durante todo este proceso.

Luis Eduardo Santos Carrión

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiar mi camino estudiantil y permitirme adquirir buenos conocimientos que me servirán a lo largo de la vida, por darme salud y vida para culminar esta carrera y cumplir una de mis metas.

A la Sra. Verónica Salvatierra por ser padre y madre para mí, es la persona que siempre se ha esforzado por darme lo mejor y es el pilar fundamental en mi vida, gracias porque día a día ha luchado incansablemente por mi bienestar y para que yo pueda ser una persona exitosa y ejemplo para mi sobrina.

A toda mi familia por confiar siempre en mí. En especial a mi abuela, hermana Allison Calderón y mis tíos Sra. Mariuxi y Sr. Sixto, gracias infinitas por ver siempre en mí, una luz de esperanza y de satisfacción para ellos cuando alcanzaba nuevos logros en mi vida.

Agradezco al Ing. Franklin Kuonquí por el gran aporte y ayuda prestada para poder realizar este proyecto y a los demás docentes por tener la paciencia y las ganas de transmitirnos sus conocimientos durante la carrera.

Jean Piere Bueno Salvatierra

Agradezco a Dios y la santísima Virgen por darme esa sabiduría y la fortaleza durante mis años de estudio.

Al Mg. Franklin Kuonquí por sus orientaciones durante esta etapa y a los docentes que compartieron sus conocimientos a lo largo de la carrera universitaria.

A mis padres y mi hermana por ser ese motor que impulsa mis metas a seguir adelante sobre todo a mi madre Jacqueline Carrión por haberme dado su apoyo incondicional día a día para seguir adelante.

Luis Eduardo Santos Carrión

RESUMEN

El presente proyecto consiste en realizar la implementación, diseño y modelo de un sistema de posicionamiento de panel solar, para la obtención de la energía que ofrece el sol. Se propone crear un sistema fotovoltaico móvil el cual se orienta de manera perpendicular a los rayos UV con el fin de obtener la máxima incidencia solar en el transcurso del día.

Se construye la estructura mecánica para el seguidor solar con diferentes materiales utilizando aluminio fundido, acero y una relación de piñones para el movimiento del panel solar en diferentes ejes a través de actuadores. También se procede a encontrar un modelo ideal para el control de movimiento, donde se encuentra la mayor incidencia de sol.

Este proyecto pretende ser una herramienta para que los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana puedan probar diferentes algoritmos de control para el seguimiento del sol de tal manera que se puedan hacer análisis de eficiencia de la cosecha solar.

ABSTRACT

The present project consists of the implementation, design to modeling of a solar panel positioning system to obtain the energy offered by the sun. It is proposed to create a mobile photovoltaic system which is oriented perpendicular to the UV rays in order to obtain the maximum solar incidence during the course of the day.

The mechanical structure for the solar tracker is built with different materials using cast aluminum, steel and a ratio of pinions for the movement of the solar panel in different axes through actuators. We also proceed to find an ideal model for motion control, where the highest incidence of sunlight is found.

This project is intended to be a prototype for students of the Salesian Polytechnic University to test different control algorithms for tracking the sun so that efficiency analysis of solar harvesting can be done.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	11
II.	PROBLEMA	11
II-A.	Antecedentes	11
II-B.	Importancia y alcances	12
III.	OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	12
III-A.	Objetivo General	12
III-B.	Objetivos Específicos	12
IV.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	12
IV-A.	La energía que proviene del sol	13
IV-B.	Energía renovable	14
IV-C.	Importancia del suministro de la energía solar	14
IV-D.	Paneles fotovoltaicos	15
IV-E.	Baterías 12V	17
IV-F.	Sistemas embebidos	18
IV-F1.	Raspberry pi 3 b+	18
IV-G.	Internet de las cosas (IoT)	19
IV-H.	Motores eléctricos	20
IV-H1.	Motores nema 23	20
IV-I.	Plataforma Solidworks	21
IV-J.	Python	21
V.	MARCO METODOLÓGICO	22
V-A.	Diseño de prototipo	22
V-A1.	Etapa estructural	22
V-A2.	Etapa Eléctrica	25
V-A3.	Algoritmo de control	30
V-B.	Implementación de Prototipo	33
V-B1.	Ensamble de la maqueta	33
V-B2.	Conexiones Eléctricas	34
V-B3.	Programación de la raspberry	36
VI.	RESULTADOS	37
VI-A.	Diseño de estructura y modelado en 3D	37
VI-B.	Rango del Sistema Control	38
VI-C.	Comparación de eficiencia del sistema estático y dinámico	38
VII.	CRONOGRAMA Y ACTIVIDADES	39
VIII.	PRESUPUESTO	40
IX.	CONCLUSIONES	41
X.	RECOMENDACIONES	41
XI.	ANEXOS	42

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Imagen del Sol, tomada por la NASA [20]	13
2.	Porcentaje de la participación de los tipos de energía renovable [15]	14
3.	Radiación Solar [1]	15
4.	Paneles solares [9]	17
5.	Batería.- conexión en serie [8]	17
6.	Motor DC Nema 23	20
7.	Modelos de motores NEMA 23 [6]	21
8.	Modelos de motores NEMA 23 [6]	21
9.	(a)Bocín, (b)Soporte del eje, (c)Soporte de rodamientos, (d)Mangón redondo, (e)Eje	22
10.	Estructura en SolidWorks	23
11.	Caja de control	23
12.	Caja de control	24
13.	Caja de control	24
14.	Módulo fotoresistencia utilizado.	25
15.	Driver TB6600 utilizado	25
16.	Controlador de carga solar utilizado.	26
17.	Motor DC Nema 23 utilizado.	26
18.	Fuente DC utilizado.	27
19.	Convertidor Step-Down utilizado	27
20.	Tarjeta SD 4G utilizado.	27
21.	Marcador para cables utilizado.	28
22.	Terminal tipo puntero utilizado.	28
23.	Cable 18 utilizado	29
24.	Panel Solar Monocristalino utilizado.	29
25.	Sensor UVM30A utilizado	29
26.	Esp32 utilizado	30
27.	Batería 12v-9A utilizado.	30
28.	Diagrama de bloques del sistema de control.	31
29.	Diagrama de bloques del sistema de control.	31
30.	Raspberry Pi3 +B utilizado	32
31.	Interfaz Gráfica de algoritmo de control.	32
32.	Diagrama de flujo del algoritmo de control	33
33.	Trasmisión por cadena	34
34.	Esquema unifilar.	35
35.	Caja de control.	36
36.	Caja de control.	37
37.	Base real y diseño 3D	38
38.	Medición de voltaje sistema móvil	39
39.	Torneando piezas mecánicas	42
40.	Corte láser Base de hierro para Estructura	43
41.	Ensamble De Mecanismo	43
42.	Conexiones Electrónicas Caja De control	44
43.	Funcionamiento De Actuadores	44
44.	Ajuste De Catalinas Inferior	45
45.	Testeo De Actuadores	45
46.	Base Móvil De Estructura	46

47.	Pruebas Experimentales Romería Plaza	46
48.	Voltaje Circuito Abierto Del Panel	47
49.	Realizando Pruebas Experimentales	47
50.	Datos Sensados De Módulos Fotoresistencia	47
51.	Código de programación.	48
52.	Código de programación.	48
53.	Código de programación.	49
54.	Código de programación.	49
55.	Código de programación.	50
56.	Código de programación.	50

ÍNDICE DE CUADROS

I.	Clasificación de las baterías - Nota: Tomado de [11]	18
II.	Nota: Tomado de [19]	19
III.	Comparativo De Voltajes	39
IV.	Cronograma de actividades.	40
V.	Cronograma de actividades.	40
VI.	Presupuesto.	41

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad las energías renovables se han convertido en una fuente importante para generar electricidad por lo que el siguiente proyecto trata sobre el diseño e implementación de un sistema fotovoltaico con seguidor solar de 2 ejes.

Este trabajo forma parte de un desarrollo didáctico para complementar el aprendizaje sobre el control de posicionamiento de un sistema fotovoltaico a través de una tarjeta embebida con ayuda de sensores de intensidad luminosa, ejecutando pruebas experimentales con un sistema dinámico y otro estático de tal manera que se pueda analizar la eficiencia de estos métodos de funcionamiento.

En la sección 1 se aborda el problema de estudio, la justificación y objetivos del proyecto. A continuación

En la sección 2 se especifica el marco teórico sobre los elementos importantes del proyecto para una mejor comprensión de las herramientas y software utilizados, explicando varios conceptos para la implementación de proyecto.

En las siguientes secciones se detalla el marco metodológico, implementación, resultados, cronograma de trabajo, presupuesto para el diseño e implementación del sistema fotovoltaico con seguidor solar de 2 ejes.

II. PROBLEMA

II-A. Antecedentes

En la actualidad existen instalaciones fotovoltaicas estáticas, en las cuales la energía solar no es captada en su totalidad, en el mayor de los casos para mejorar el rendimiento dependen de una orientación óptima de los módulos, y de la radiación solar que recibe la localidad en la que se instale.

La energía solar se ha convertido en la tercera fuente de energía más grande después de la hidroeléctrica y la eólica, por lo que atrae esta la atención mundial, sin embargo, hay otras fuentes más pequeñas que generan también energías renovables, [18].

En las últimas décadas existe un marcado interés hacia la investigación, desarrollo ya aplicación de las fuentes renovables de energía; puesto que al menos 81 países han recurrido al uso de la radiación solar con fin de tener acceso a la energía eléctrica en lugares remotos. La estructura de los paneles fotovoltaicos implementados en esta zona son estructuras fijas, por lo cual no se aprovecha todo el potencial fotovoltaico.

En la actualidad, Latinoamérica ha sufrido un aumento en la demanda de energía eléctrica debido a varios factores como el incremento de la población, el desequilibrado consumo per cápita y las exigencias de la ciudadanía por mejorar los niveles de vida. Algunos gobiernos se han dedicado a la importación de energía para abastecer la demanda mientras que otros han incentivado la innovación, en los lugares aledaños, a través de la utilización de paneles solares, cuyos precios han disminuido drásticamente para promover el uso de la energía renovable [18].

Ecuador ha dado pasos de avances en el desarrollo de las energías renovables desde el punto de vista institucional[10] por ello éstas son cada vez más importantes, debido a la urgencia de disminuir la contaminación y el aumento de demanda de energía, y una de las alternativas es la generación de energía a través de paneles fotovoltaicos.

En cuanto a la eficiencia del seguidor solar depende de las ubicaciones geográficas, por eso varía su rendimiento de un país a otro. Guayaquil se encuentra localizado en la costa occidental de América del sur a una longitud 79°54'49" O y latitud 2°16'51" S, donde, en general, el clima de la urbe porteña es trópico cálido y húmedo, con una temperatura que oscilan de 21°C a 31°C durante el transcurso del año [3].

II-B. Importancia y alcances

La presente investigación se enfocará en implementar un sistema fotovoltaico con seguidor solar de 2 ejes, que tendrá la capacidad de entregar datos de la radiación en tiempo real. Adicionalmente, se realizará una comparación de la eficiencia entre un sistema fotovoltaico estático y el sistema dinámico.

Este proyecto busca mejorar la eficiencia de la cosecha energética de un panel solar al adaptarle una estructura capaz de seguir la ubicación del sol en el firmamento.

Además, al mejorar la eficiencia de la cosecha energética se podría masificar la construcción del dispositivo para proveer de energía eléctrica a sectores que no disponen de este servicio.

III. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

III-A. Objetivo General

Implementar un sistema fotovoltaico con seguimiento de la posición solar para la optimización de cosecha energética utilizando un control de sistema embebido, sensores de intensidad ultravioleta y motor eléctrico.

III-B. Objetivos Específicos

- Diseñar la estructura un sistema fotovoltaico con seguidor solar que permita optimizar la energía del sol para generar energía eléctrica.
- Diseñar el control de posicionamiento de un sistema fotovoltaico utilizando un sistema embebido con sensores ultravioletas para mejorar la eficiencia de la cosecha de energía en el mismo.
- Realizar pruebas experimentales entre un sistema fotovoltaico estático y un sistema móvil de tal manera con que permitan el análisis de la eficiencia de estos dos métodos de funcionamiento.

IV. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La energía renovable es la alternativa a las energías convencionales ahora como en un futuro garantizado y porque la energía es más limpia tiene menos impacto a la contaminación ambiente. A estas se las llaman energías alternativas. Muchas de estas energías hoy en día son energía real, no energía alternativa. Por tanto, se ha dejado de utilizar el nombre de energía alternativa para utilizar el término renovable. Las energías renovables se han convertido cada vez más importante para el desarrollo sustentable también como una opción eficiente y rentable a la generación de energía.

IV-A. La energía que proviene del sol

El siglo XXI corresponde a la revolución tecnológica y la necesidad continua utilizar energías, lo que influye para que las personas a nivel mundial consideren al sol como potencia que genera energía primaria, la misma ha permanecido por millones de años en el ambiente como opción para alimentar diferentes redes. En el mismo sentido, la definición del sol se la caracteriza como una estrella que posee alta contracción gradual, produce temperatura y su densidad, a lo lejos parece una estrella anodina que puede servir como patrón para ciertas medidas y se la identifica como un elemento que se mantiene permanentemente en ebullición, alcanzando aproximadamente 15 millones de grados de temperatura, definiéndolo como un inmenso reactor nuclear [4].

Citando a Ahrens (2012) es importante considerar que el sol y su radiación conforman y activan las ondas que transmiten energía desde el lugar en que se ubica el sol hasta la superficie que es la Tierra, el trayecto que recorre lo realiza por medio de ondas que de manera directa se liberan integralmente en el mismo momento en que unas con otras tropiezan, lo que se convierten en las propiedades que generan ondas eléctricas que se potencializan cuando llegan a la superficie terrestre, siendo así que la potencia llega a kW/m^2 , referente a la irradiación la velocidad es igual a J/m^2 , observando si se lo mide por horas, en ocasiones por días, cuando es más tiempo se lo puede realizar por semana, incluso en forma mensual o anual[14].

De acuerdo con estudios realizados sobre el sol, se conoce que tiene solidez en su superficie y sobrecalentamiento en su atmósfera incide para que el calor con la presión que se ejerce pueda salir cuando se avanza en el espacio, traspasando los límites y llegando a la Tierra para que los seres humanos pueden aprovecharla. Desde esta perspectiva, es importante resaltar que toda la energía y el material que emite el sol se convierte en energía a medida que avanza por todo el sistema solar hasta que sus ondas se esparcen en el planeta Tierra [21].

En otra investigación realizada por la NASA, indica que el Sol si se observa desde la Tierra no parece estar tranquila, su movimiento se lo percibe en las explosiones que se emanan por los millones de ondas que forman parte de las partículas que van esparciéndose y se deslizan a una velocidad inimaginable. En tal sentido, es necesario considerar que el Sol está ubicado aproximadamente a 93 millones de millas, desde donde se encuentra hasta la Tierra, por tanto, cada vez es más difícil ignorar que su energía llega a la superficie una vez que es liberada y en determinado momento puede ser utilizada en el uso de diferentes tecnologías [20].

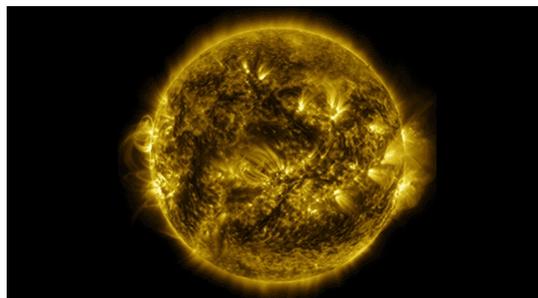


Figura 1. Imagen del Sol, tomada por la NASA [20]

IV-B. Energía renovable

En el ámbito de la energía renovable, su utilización en los diferentes proyectos que desarrollan las empresas se ha convertido en un aspecto central para estudiar el equilibrio entre el costo y la competitividad del mercado, por tanto, es un área que cobra cada vez más importancia en el sector productivo, debido a la rentabilidad al ser obtenido desde fuentes naturales que generan electricidad, por su importancia se han iniciado campañas que influyen en su utilización, siendo así que en la Unión Europea, la energía renovable eólica y la energía fotovoltaica representa aproximadamente 86 % aprovechada para generar energía en las diferentes construcciones de casas y edificios. En Alemania se incrementó del 10.5 %; mientras que Escocia es usada en el 50 % de su electricidad, convirtiéndose en un área de gran interés dentro del campo de la construcción, en Estados Unidos llega al 15 % del total de electricidad, mientras que en países Latinoamericanos mantiene la utilización de energía eólica como fuente principal en electricidad [1].

Los recientes estudios desarrollados en el campo de la energía renovable han estimulado la necesidad de impulsar a su utilización, con la finalidad de apoyar las diferentes acciones para mejorar el medio ambiente, entre ellas las más utilizadas se encuentra el viento que produce la energía eólica y la radiación solar permite obtener la energía fotovoltaica o la energía termosolar que aprovecha las ondas del sol. El movimiento del agua desde sus cauces naturales, logra la energía hidráulica, incluso aquellos artificiales cuando se construyen embalses, con sistemas que generan una capacidad menor o igual a 30 MW y según la capacidad del embalse puede generar hasta 10 watts/m². Otros tipos de energía renovable vienen de la energía oceánica por las mareas, por el gradiente térmico marino y el gradiente de concentración de sal que proveen de energía que cuidan los recursos naturales [15].

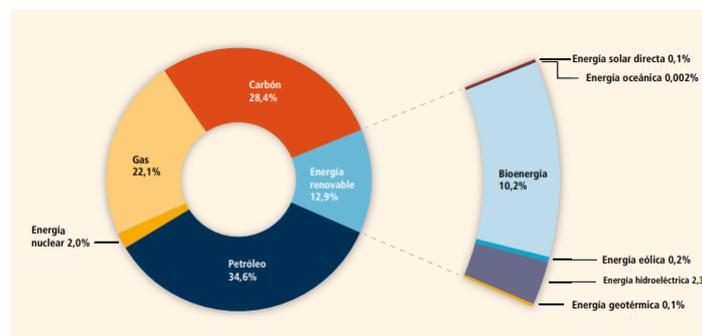


Figura 2. Porcentaje de la participación de los tipos de energía renovable [15]

En un sentido particular, la energía renovable se conceptualiza como categorías heterogéneas de tecnologías que suministran diferentes corriente, tanto es así que, han sido estudiadas por muchos investigadores para usarlas a favor de los seres humanos, en especial cuando permiten producir diferentes tipos de combustibles que proveen de energía que pueden ser adoptadas para el consumo, en especial en los sectores rurales y urbanos, implantándose en diferentes redes de suministro que requieren de energía para funcionar, generando un creciente interés debido a que pueden ser adoptadas en mediana escala, de la misma manera algunos tipos están evolucionando acorde a las necesidades de los mercados especializados [12].

IV-C. Importancia del suministro de la energía solar

Actualmente, uno de los debates más significativos en el campo de electricidad es asociada con la energía renovable que es suministrada desde la energía del Sol, convirtiéndose en sistemas fotovoltaicos

que se encargan de transformar la radiación que proviene del sol en energía, para algunos autores, un sistema fotovoltaico se define como un conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que contribuyen a la captación y conversión de la energía solar disponible, al convertirla en energía eléctrica aprovechable, estos sistemas pueden actuar de forma independiente para obtener energía [1] .

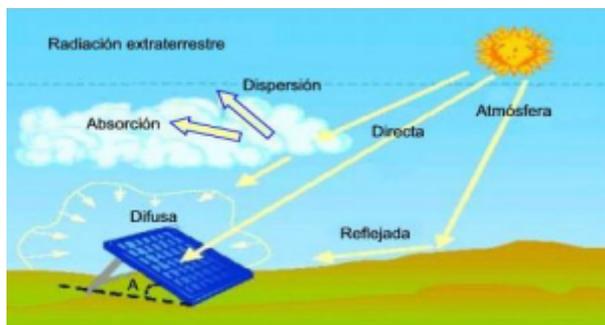


Figura 3. Radiación Solar [1]

Un aspecto clave en el sistema fotovoltaico autónomo es que consigue la generación de energía y conduce a la obtención de electricidad, entonces puede cubrir el consumo eléctrico, sin la conexión de red, sino usando el sistema que acumula energía que proviene del sol y por tanto, se utiliza menos energía eléctrica en las empresas o en los domicilios, en tal caso, las células solares se convierte en la parte central de la transmisión de electricidad [1].

En un estudio realizado sobre la energía de la irradiación del Sol que sirve para producir electricidad, se consideró el hecho que se usan diferentes procesos fotovoltaicos que emerge por la concentración solar, también por medio de los rayos solares que generan energía térmica y que se los asocia con los medios pasivos o activos de la iluminación directa. De igual manera, se debe considerar que la energía solar es variable, pero tiene relación directa con la demanda de energía que optimiza la producción de ciertos tipos de tecnologías que utilizan la energía producto de la concentración solar, de los rayos del sol o la calefacción solar [12].

IV-D. Paneles fotovoltaicos

La historia sobre los paneles solares permite considerar su origen y su evolución que nace desde que produjo la primera célula solar con 1% de eficiencia, hasta que se crearon otro tipo, luego de varios experimentos en los que se utilizó semiconductores hechos con base de silicio que resultaron con sensibilidad hacia irradiación solar, logrando el 6% de rendimiento, convirtiéndose en la primera célula comercial. En un recorrido histórico, la empresa Hoffman Electronics aportó con diferentes creaciones que aprovechaban los paneles solares, siendo de gran utilidad para los satélites soviéticos y estadounidenses [13].

Conceptualmente, una celda fotovoltaica es un dispositivo diseñado para capturar eficientemente la radiación electromagnética del sol, generalmente están hechos de metal sensible a la luz solar y se utilizan para convertir energía útil, como el calor obtenido de un colector solar que depende de un panel fotovoltaico eléctrico. Desde ese punto de vista, a cada panel fotovoltaico se le anexa una fuente de alimentación que consiste en celdas de silicio puro con la adición de algunos elementos químicos, que normalmente pueden producir una corriente de 2 a 4 amperios con una diferencia de potencial de 0,46 a 0,48 voltios [2].

Unido a lo anterior, el uso de energías renovables constituye una opción válida para reemplazar eficientemente la electricidad que se utiliza de forma convencional con la energía que puede lograrse por con el aprovechamiento del sol, es decir con las nuevas tecnologías como los paneles fotovoltaicos que permiten el aprovechamiento de la luz solar y tienen un tiempo de duración de aproximadamente de 30 años, constituyéndose en una opción para aquellos lugares que es difícil el acceso a energía eléctrica y aporta a la conservación del ambiente por la generación autosustentable de energía eléctrica. Los paneles fotovoltaicos cuando son colocados en serie consiguen el voltaje para la transmisión eléctrica; especialmente al capturar la energía solar que se produce por la corriente continua [24].

Acontecimientos recientes en el campo del uso de energía solar han reavivado el interés en los paneles solares, evidenciándose que hay fabricados con base de silicio que tiene un alto rendimiento de las placas solares, entre las variedades existen los mono cristalizados que rinden cerca de 24 %, los paneles solares policristalizados tienen un rendimiento de 18 % y los paneles solares amorfos tienen un rendimiento de 12 %. Respecto al efecto fotoeléctrico, se evidencia en la emisión de electrones cuando cae la radiación solar sobre la placa una radiación electromagnética, de tal manera son absorbidos por otro material, estableciendo una diferencia potencial al generar una corriente eléctrica continua [23].

En un estudio realizado se identificó que el sistema de celdas fotovoltaicas se compone por un par de módulos de celdas, baterías y controladores, se calcula a partir del consumo diario calculado entre el voltaje del sistema. $P=(V*I)$ Donde: P = potencia (Watts), V = Voltaje (12 V) I = Amperaje. La intensidad será: $I=(P/V)$ para el sistema de iluminación el consumo promedio es de 3677.76 W/día más 10 % de pérdidas del sistema más las pérdidas por carga de la batería, promedio que va del 25 % al 30 % como porcentaje de la carga, teniendo en cuenta la nubosidad, lluvia o requisitos de unidad no cumplidas. $I = (876.5328 \text{ W} / 12\text{V}) = 73.0444$ amperios. La batería (o acumulador) debe ser cuatro veces el consumo total en W/hora. (Uso 50 % de descarga máxima y 1 día de reserva). La capacidad de la batería en amperios-hora (Ah) es la energía acumulada de la batería (Wh) dividida por el voltaje en voltios. [9].

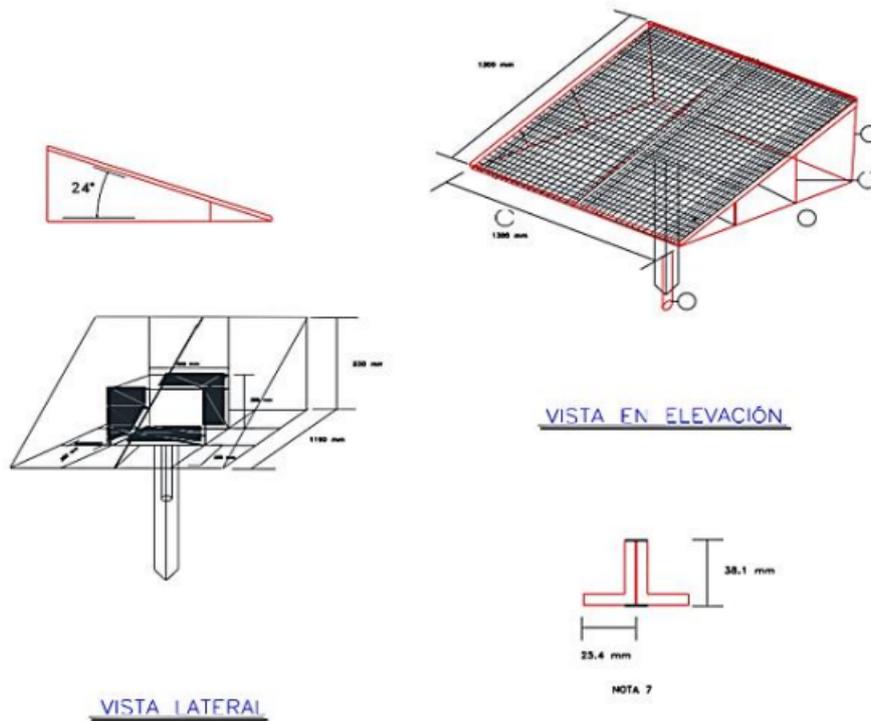


Figura 4. Paneles solares [9]

IV-E. Baterías 12V

A manera general, estas baterías son dispositivos móviles utilizados para producir energía electromagnética a partir de reacciones químicas. Estas baterías son algunos de los residuos más contaminantes, debido a que requieren un tratamiento especial y un diseño final con cuidado [22].

En el mismo contexto, las baterías alcanzan el voltaje deseado en el momento que varias celdas son conectadas en serie y alcanzan su nivel más alto cuando se conectan en paralelo por la suma del amperaje hora de cada celda, para las configuraciones en serie y paralelo se utilizan celdas del mismo tipo, consideran el voltaje, amperaje y modelo, se debe tener en cuenta que una celda más débil puede ocasionar desequilibrio y detener la transmisión de energía [8].



Figura 5. Batería.- conexión en serie [8]

En la conexión en serie permite que los voltajes de las celdas se sumen considerando la capacidad de energía que buscan transmitir. Desde este punto de vista, las baterías de 12V (Voltios), que considera que sin voltaje no hay la corriente, es el voltaje que se mide en voltios. Las baterías de 12V, generalmente tiene seis vasos de dos voltios cada uno, se las utiliza para mandos en coches, en garaje, barcos, cuando se realizan trabajo o proyecto con energía solar y otras pequeñas aplicaciones, entre otros. Es importante

destacar que según las tecnologías utilizadas en este tipo de batería que puede ser plomo-ácido abierto, es de tipo electrolito, su estado es líquido, periódicamente se recargan con agua destilada. Hay las AGM, compuesta por gel y litio y el electrolito está en forma de gel concentrado en unas mallas, que por su calidad denota que cada uno de los ciclos que van con la carga y se adhieren a la descargar que genera la fiabilidad [11].

Es importante tomar en cuenta que el ciclo de descarga llega hasta el 80 %, considerando que el 20 % restante es la reserva, siendo una de las razones para que la vida de la materia aumente. Se conoce que el calor aumenta el rendimiento de baterías y la vida útil se reduce por cada 10°C, cuando aumenta la temperatura, siendo así que se recomienda que la temperatura oscile entre 5°C a 30°C, además, las descargas pueden ocasionar cortocircuito eléctrico, por tanto, se debe considerar que en las descargas de las baterías pueden actuar como capacitadores [8].

Cuadro I
CLASIFICACIÓN DE LAS BATERÍAS - NOTA: TOMADO DE [11]

Nombre	Código IEC	Código ANSI	Longitud	Diámetro	Voltaje
AA	LR6	15 ^a	50 mm	14,2 mm	1,5 V
AAA	LR03	24 ^a	44,5 mm	10,5 mm	1,5 V
AAAA	LR61	25 ^a	42,5 mm	8,3 mm	1,5 V
C	LR14	14 ^a	46 mm	26 mm	1,5 V
D	LR20	13 ^a	58 mm	33 mm	1,5 V
N	LR1	910 ^a	30,2 mm	12 mm	1,5 V
A23	8LR932	1811 ^a	28,5 mm	10,3 mm	12 V

Respecto a las baterías A23, pertenece al código IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) 8LR932; mientras que el código ANSI (Código Estadounidense Estándar para el lenguaje de programación en C) 1811^a, su longitud equivale a 28,5 mm, diámetro 10,3mm y el voltaje es 12V [22].

IV-F. Sistemas embebidos

IV-F1. *Raspberry pi 3 b+*: Los sistemas embebidos se los utilizan para el diseño, implementación de algoritmos criptográficos, son aplicaciones utilizadas en un sistema de cómputo escondido en un dispositivo, puede ser un microprocesador o también se lo reconoce como micro controlador. En el diseño de los proyectos usar Raspberry Pi, permite embeber un sistema operativo, beneficiando al desarrollo de los análisis criptográficos, generalmente sirven para controlar y monitorear procesos.

Al comparar los sistemas embebidos se tomó como referencia el producto, sistema operativo y cada una de las especificaciones de hardware con entradas y salidas e incluso el consumo energético con el costo.

Citando a Ramos (2015) un sistema embebido tiene bajo costo por unidad, debido a que la producción es por volúmenes, poseen su programa específico dentro del proyecto que se realiza, se ejecuta con base a un programa específico y lo hace en forma repetitiva, opera números reales, deben ser reactivos, presentan diversos cambios que forman parte de los diferentes cálculos que son realizados en el mismo momento, generalmente se acoplan al hardware en los que se van implementando los interfaces para la ejecución en la etapa de diseño.[16].

Al comparar los sistemas embebidos se tomó como referencia el producto, sistema operativo y cada una de las especificaciones de hardware con entradas y salidas e incluso el consumo energético con el costo.

Cuadro II
NOTA: TOMADO DE [19]

Producto	Sistema operativo	Hardware	Entradas y salidas	Consumo energético	Costo mxn
Raspberry Pi 3B+	Raspberry Pi OS	Broadcom BCM283760 64 –bit SoC a 1.4GHz 1GB de RAM DDR2 4 USB 2.0 Puerto de cámara	40 pines 28 entradas y salidas digitales	5V hasta 2.5A	900mxn
Raspberry Pi 4	Raspberry Pi OS	Broadcom BCM2711 64 –bit SoC a 1.5GHz hasta 8GB de RAM 2 USB 2.0 2 USB 3..0	40 pines 28 entradas y salidas digitales	5V hasta 3A	1500mxn a 2000mxn

IV-G. Internet de las cosas (IoT)

En la comunidad de las TIC, Internet de las cosas (IoT) se define como la agrupación y conexión de diferentes dispositivos y objetos a través de una red (internet-savvy, network) que puede conectarse a sensores y dispositivos mecánicos para hacer cualquier cosa sin intervención humana. con los que se puede interactuar, como zapatos, ropa, electrodomésticos, etc., se denomina interacción M2M, es decir, entre máquina y máquina o diferentes dispositivos M2M[17].

Desde este punto de vista, resulta interesante combinar los sistemas embebidos con el IoT, por la interconexión de los objetos, que se pueden equipar con la capacidad computacional, se pueden utilizar tres sistemas que intercambian información utilizando una red, puede ser un computador o un teléfono

celular, el sistema Raspberry Pi y la nube Mega, acompañado del sistema M2M, el acompañamiento del ser humano ocurre cuando se inicia el sistema y se configura, después el sistema funciona de manera autónoma, no necesita de más apoyo [16].

Según Macías, Mega cloud es un servicio en la nube compatible con Linux donde los archivos se cifran antes de cargarlos y se descifran después de descargarlos, utilizando una clave generada por el cliente y requiriendo una contraseña. El cifrado AES avanzado es un algoritmo utilizado para cifrar datos para garantizar la seguridad de la información interceptada por el sistema [16].

IV-H. Motores eléctricos

IV-H1. Motores nema 23: Estos son dispositivos que reciben energía eléctrica a través de un mecanismo de campo magnético, generan energía mecánica y la transmiten a los ejes de la máquina CNC. Hay tres tipos de motores NEMA en el mercado y se han encontrado tres opciones: NEMA 17, NEMA 23 o NEMA 23 High Torque [5].



Figura 6. Motor DC Nema 23

En el mercado hay tres tipos de motores NEMA, se encontraron tres opciones: NEMA 17, NEMA 23 o NEMA 23 High Torque.



Figura 7. Modelos de motores NEMA 23 [6]

IV-I. Plataforma Solidworks

Para la empresa comercializadora Talentum, SolidWorks es un software/plataforma CAD de diseño 3D paramétrico con el que puede diseñar piezas mecánicas en 3D, evaluar conjuntos con una gran cantidad de piezas, evaluar el impacto ambiental de los diseños, simular condiciones virtuales y analizar escenarios de diseño en el que puede observar el rendimiento y optimizar los procesos, con documentación técnica que especifica la medición del plano de producción [25].

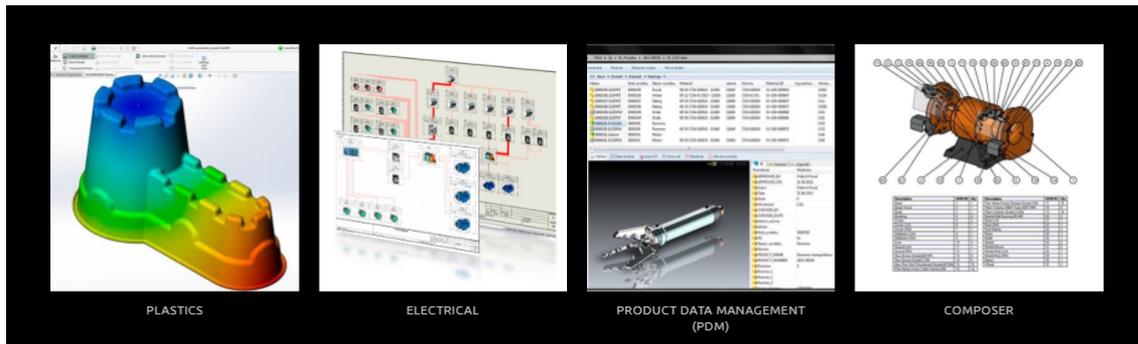


Figura 8. Modelos de motores NEMA 23 [6]

En un contexto similar, las principales características de SolidWorks lo convierten en una herramienta versátil y fácil de usar, con una interfaz amigable e intuitiva, tiene capacidades de enlace y parámetros, y la principal diferencia es el programa, con todas sus aplicaciones bidimensionales, podemos acceder rápidamente a modelos 2D desde 3D y viceversa. Además, utiliza el Administrador de diseño (Feature-Manager), que facilita la modificación rápida de características 3D y bocetos de trabajo sin necesidad de rehacer diseños ya reflejados en documentos relacionados [25].

IV-J. Python

Python fue creado a finales de los 80 y principio de los 90 por un programador holandés llamado Guido Van Rosseum. Es un lenguaje de programación para orientación de objetos, imperativa y funcional. Es una opción recomendada para el desarrollo del software libre, por lo que cuenta con decenas de módulos que

cubre la mayoría de las necesidades básicas de un programador y mucho más, en esta se le da cobertura de forma muy intuitiva a tópicos como cadenas, estructura de datos, funciones numéricas y matemáticas, comprensión de datos, formas de archivo, criptografía, servicio de los sistemas operativos, comunicación entre procesos, manejo de datos de internet, servicios multimedia, manejo de excepciones [7].

V. MARCO METODOLÓGICO

Para el desarrollo de este proyecto se dividieron en 2 partes, diseño de prototipo e implementación de prototipo.

V-A. Diseño de prototipo

En esta sección se lo divide en 3 etapas: mecánica, electrónica y algoritmo de control.

V-A1. *Etapa estructural:* En lo que se refiere a la composición mecánica del sistema, se emplea el programa Solidworks 2019, primordialmente para la preparación del diseño del mecanismo. Para eso se elabora el diseño de todas las piezas de manera libre basado en las medidas de croquis bidimensionales, además del peso y magnitudes del panel fotovoltaico y del motor paso a paso como se puede valorar en la figura 9.

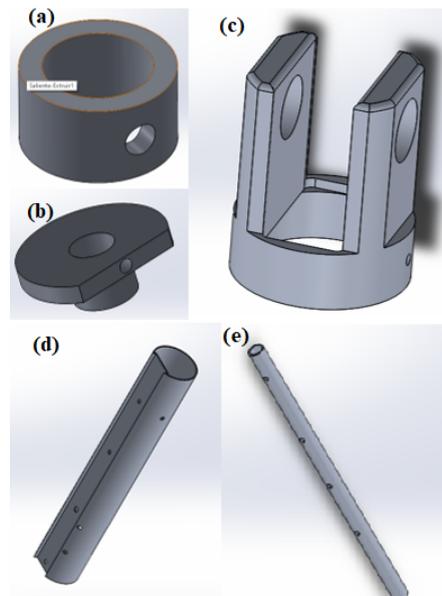


Figura 9. (a)Bocín, (b)Soporte del eje, (c)Soporte de rodamientos, (d)Mangón redondo, (e)Eje

En la figura 10 se muestra la forma en la que se ensamblaron todas las piezas que conforman el sistema mecánico.

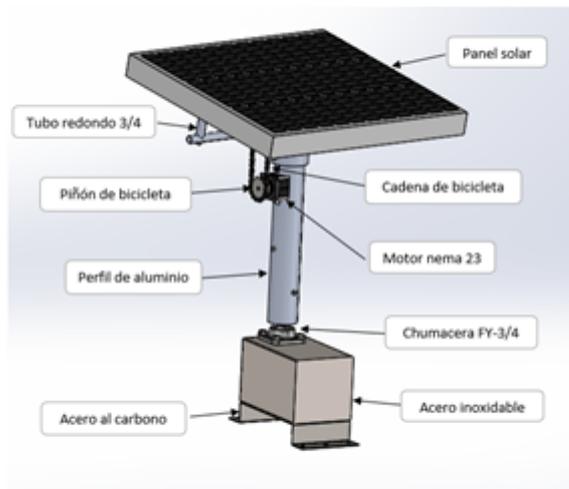


Figura 10. Estructura en SolidWorks

En la figura 11, se muestra la caja del sistema de control electrónico con unas dimensiones de (40x30x18)cm de un material ABS, en el interior de la misma se colocaran todos los componentes .

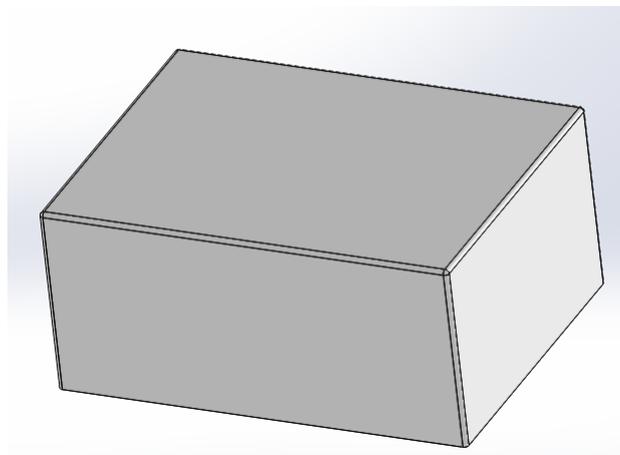


Figura 11. Caja de control

Como se observa en la figura 12 se diseña una base para el mecanismo y la caja de control, adicionalmente se le añadió 4 ruedas con la finalidad de poder trasladar el sistema a diferentes lugares de las instalaciones de la universidad.



Figura 12. Caja de control

En la figura se puede observar el diagrama de cuerpo libre de las fuerzas ejercidas sobre el panel, y se escogió esa posición porque es la más crítica que va estar sometida. A partir de la figura, con la fórmula de sumatorio se procede a calcular el momento de fuerza del motor para vencer la inercia de la estructura.

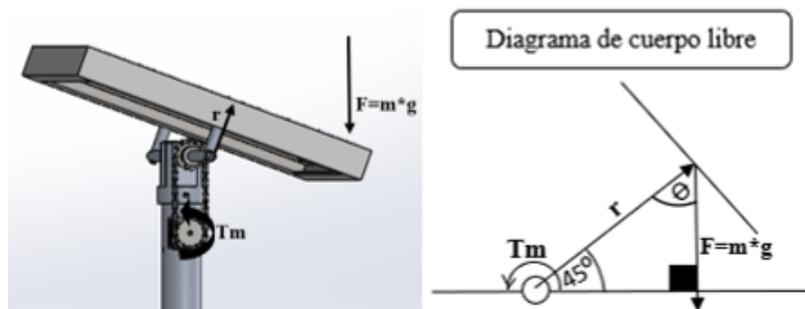


Figura 13. Caja de control

$$\sum M = 0$$

$$T_m + T_f = 0$$

$$T_f = \vec{r} \times \vec{F}$$

$$T_m = -T_f$$

$$T_f = -\vec{r} \times \vec{F}$$

$$T_f = |\vec{F}| \times |\vec{r}| \sin \theta$$

Datos :

$$r = 0,05m$$

$$\theta = 45^0$$

$$F = 8kg * 9,8m/s^2 = 78,4N$$

$$T_f = (78,4N * \sin 45) * 0,05m$$

$$T_f = 2,77Nm$$

V-A2. *Etapa Eléctrica:* En esta etapa se toma en cuenta todos los componentes electrónicos necesarios; para implementar el seguidor solar de 2 ejes realizando varias cotizaciones comerciales e información de elementos, que se encuentran dentro del país y materiales que son factibles con la finalidad de diseñar el control electrónico. A continuación se especificará ciertas características de los diferentes materiales que se utilizan para el proyecto.

Módulo Sensor fotoresistencia: Es un sensor que tiene la capacidad de variar su resistencia eléctrica, dependiendo de la intensidad luminosa que incide en ella. La resistencia varía entre 100 ohmios con altas intensidades de luz y 1 miliohmio cuando la incidencia de luz es casi nula. Su principal función es sensar donde existe la mayor incidencia de radiación solar y enviar datos a la tarjeta de control. Se utilizan 4 módulos fotoresistencia.

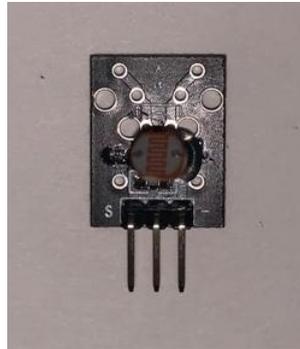


Figura 14. Módulo fotoresistencia utilizado.

Driver TB6600: Es el modelo del controlador de motor paso a paso que está basado en el chip TB6600 y se lo configuró para que trabaje de la siguiente manera:

- corriente nominal de 3.8A,
- micropasos de 1.8°.

Además, este controlador funciona recibiendo pulsos de baja corriente y enviando pulsos con la corriente adecuada para que funcione el motor de paso a paso.



Figura 15. Driver TB6600 utilizado

Controlador de carga solar 12V-10A: Se utiliza para regular y administrar el voltaje y corriente que ingresa a la batería desde el panel solar. Su principal funcionamiento es controlar el flujo de energía que circula entre ambos sistemas.



Figura 16. Controlador de carga solar utilizado.

Nema 23: Los 2 motores usados es la nema 23 High, que por sus características en precisión (200 pasos por vuelta, 1.8 grados cada paso) y (carga máxima 12kg/cm). Se decide utilizar este motor por los cálculos realizados para tener un buen torque y la estructura mecánica pueda girar en los 2 ejes.



Figura 17. Motor DC Nema 23 utilizado.

Fuente DC 12V: Se la utiliza para realizar las primeras pruebas del sistema fotovoltaico después se la reemplaza por la batería de 12V-9A.



Figura 18. Fuente DC utilizado.

Convertidor Step-Down: Se utiliza 1 convertidor para alimentar la tarjeta de control, ya que tiene como funcionamiento entregar voltaje de salida inferior al voltaje de entrada frente a variaciones de voltaje de entrada o de carga.

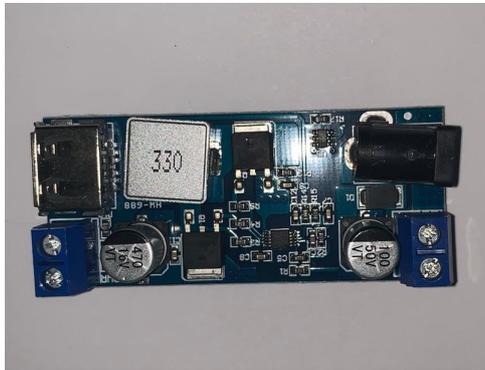


Figura 19. Convertidor Step-Down utilizado

Tarjeta SD 4G: Se utiliza 1 para mantener los datos de programación dentro de la tarjeta de sistema embebidos.



Figura 20. Tarjeta SD 4G utilizado.

Marcador para cables: Son señalizadores de cables que sirven para identificar el cableado de una conexión establecida en diferentes dispositivos, maquinas o diferentes redes, que ayuda con facilidad seguir dichas conexiones. Se utiliza para identificar las conexiones realizadas.

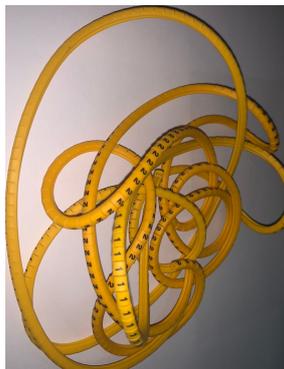


Figura 21. Marcador para cables utilizado.

Terminal tipo puntero: Se utiliza para conectar elementos eléctricos o electrónicos que presentan dificultad o espacio limitado para introducir el cable.



Figura 22. Terminal tipo puntero utilizado.

Cable # 18: Es un conductor eléctrico para realizar las conexiones eléctricas o electrónicas, su característica de flexibilidad les permite soportar movimientos o vibraciones.



Figura 23. Cable 18 utilizado

Panel Solar Monocristalino: Se utiliza dicho panel de 50 W, es encargado de aprovechar la energía solar para transformarla en energía eléctrica que está conformado por celdas fotovoltaicas, el cual convierte la radiación solar en energía eléctrica. El panel monocristalino es más eficiente que los otros paneles por lo que se adapta a diferentes climas y temperaturas.



Figura 24. Panel Solar Monocristalino utilizado.

Sensor UVM30A: Se utiliza 1 sensor para detectar el índice de intensidad ultravioleta donde se podrá ver la radiación solar por medio de un servidor web.

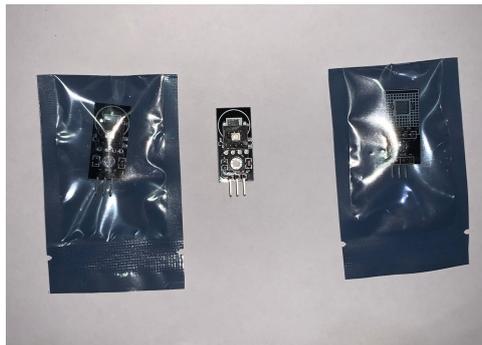


Figura 25. Sensor UVM30A utilizado

Esp32: Se utiliza 2 tarjetas embebidas para poder enviar señales analógicas y digitales a la tarjeta de control y también para crear un servidor HTTP o servidor web para la adquisición de datos en tiempo

real de la radiación solar.



Figura 26. Esp32 utilizado

Batería 12V: Se utiliza una para almacenar energía que provee el panel y a su vez cuando no esté trabajando el panel solar, la batería sea el suministrador de energía para el sistema fotovoltaico.



Figura 27. Batería 12v-9A utilizado.

V-A3. Algoritmo de control: Para el diseño y funcionamiento del algoritmo de control, se toma en cuenta los valores de los sensores, en este caso la fotoresistencia, que determina el estado del sistema. La tarjeta de sistema embebido genera una señal que gobierna al motor y sigue una lógica que se fundamenta en la comparación de valores creando un modelo matemático diferencial.

Modelo matemático: Sabiendo que los módulos de fotoresistencia son las entradas del sistema, se crea un modelo matemático del sistema real donde se puede representar de forma virtual y observar cómo se comporta el sistema en diferentes condiciones dentro de la planta o sistema embebido.

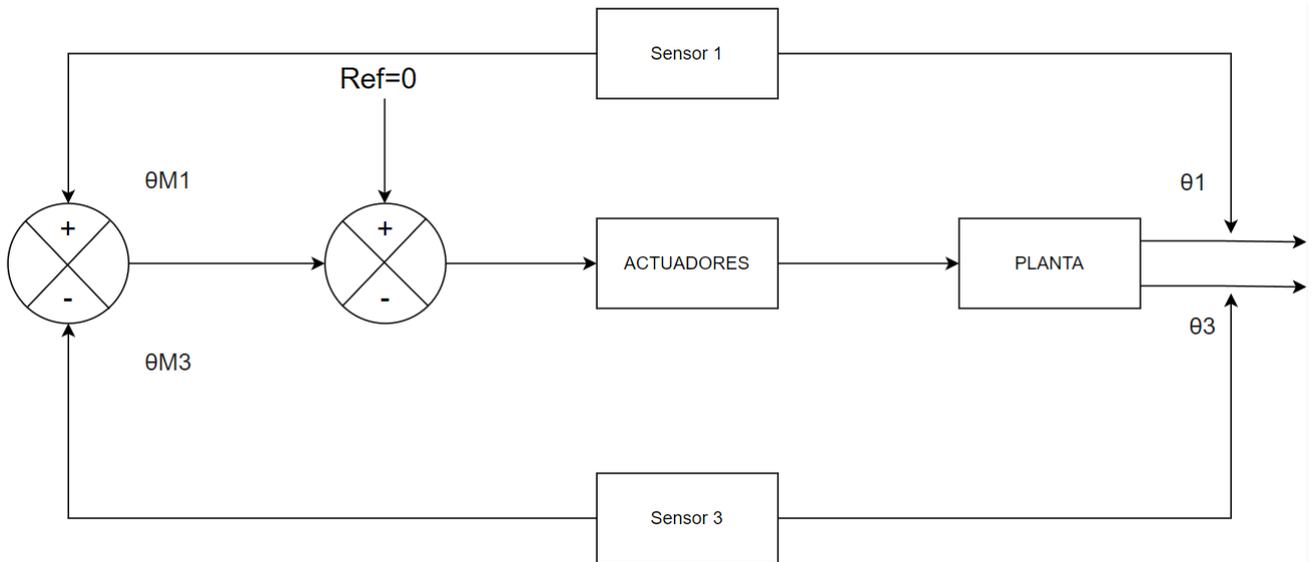


Figura 28. Diagrama de bloques del sistema de control.

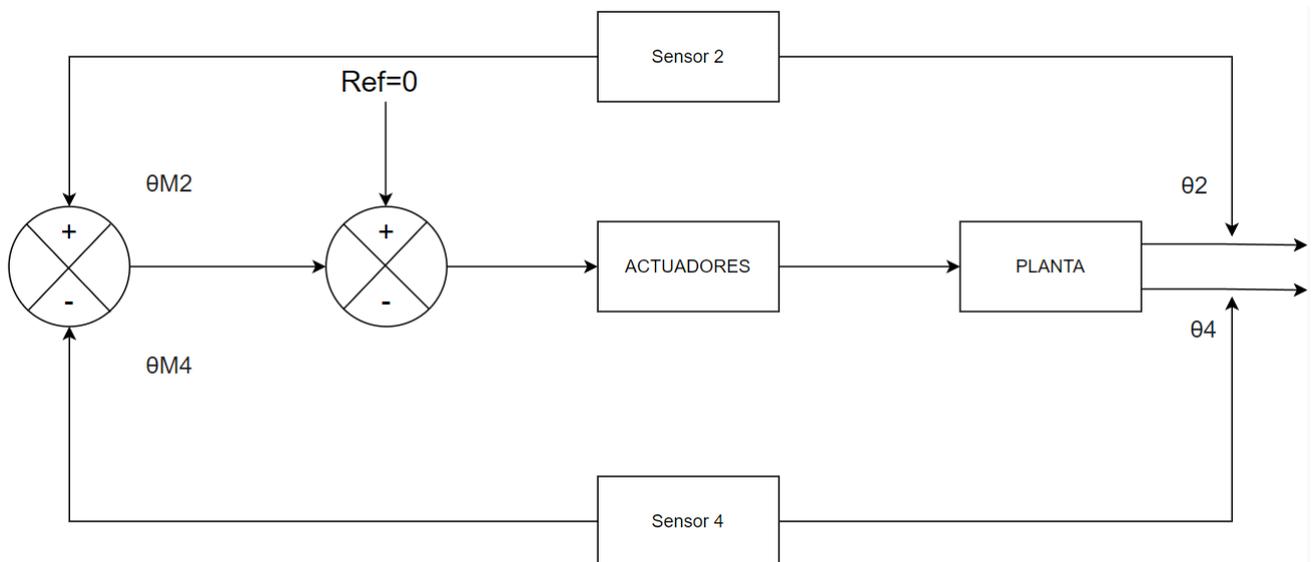


Figura 29. Diagrama de bloques del sistema de control.

En las figuras 28 y 29 se observa el diagrama de bloques de control, diseñado para el sistema fotovoltaico con seguidor solar de 2 ejes.

Raspberry Pi3 +B: Esta tarjeta de sistema embebido es la que recibe las señales enviadas por los módulos de sensores a través de comunicación serial y muestra los valores en la interfaz gráfica, y decide un control de acuerdo a la programación realizada.



Figura 30. Raspberry Pi3 +B utilizado

Lenguaje de programación: El lenguaje de programación utilizado es Python, ya que es soportado por la Raspberry. Adicionalmente, en este lenguaje permite programar de manera sencilla el algoritmo de control e interactuar con los puertos de la tarjeta. Otra ventaja es que se puede utilizar el entorno de programación Thonny que es compatible con los sistemas operativos Windows, Linux, Mac y sistemas embebidos.

En la figura 31 se puede observar el entorno de programación Thonny con la ejecución de algoritmo de control.

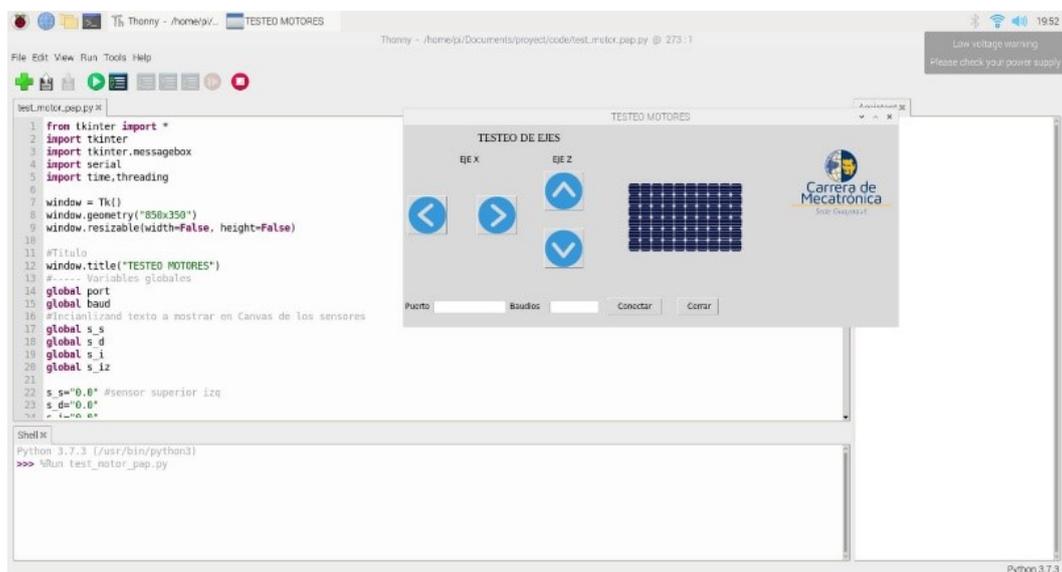


Figura 31. Interfaz Gráfica de algoritmo de control.

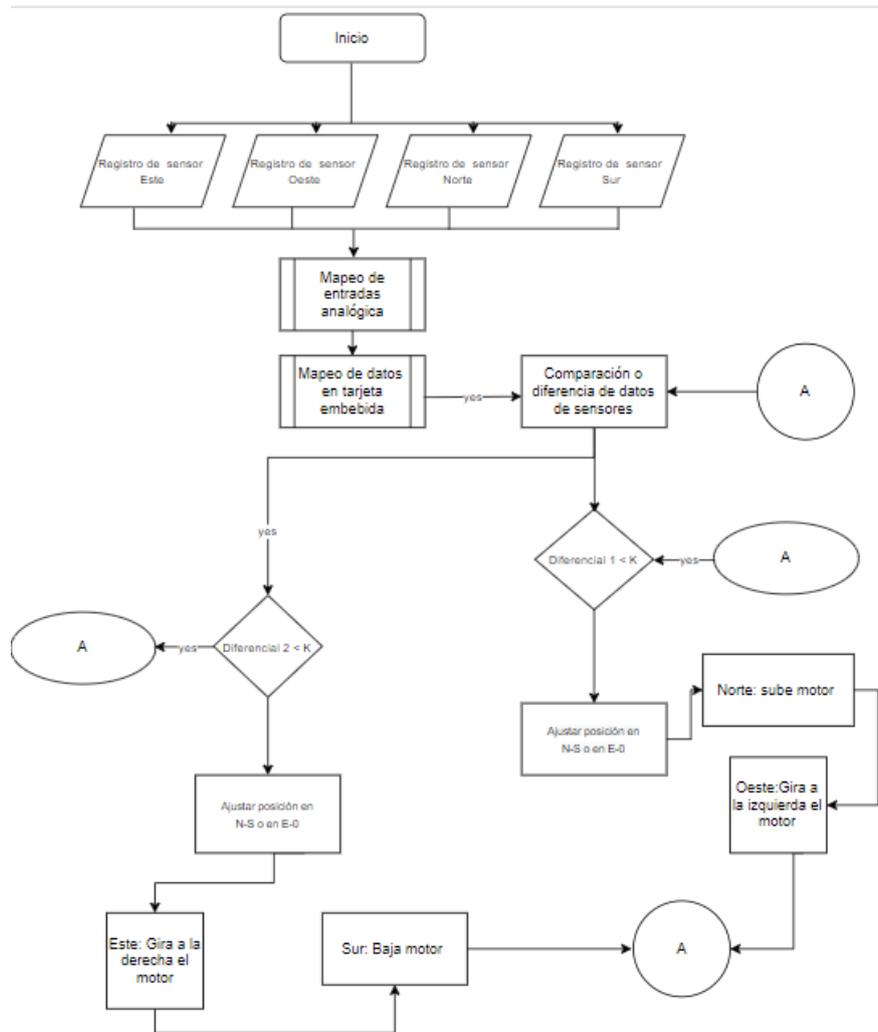


Figura 32. Diagrama de flujo del algoritmo de control

En la figura 32 se muestra el algoritmo de control donde se toma los valores registrados de la resistencia. Luego, estos datos son mapeados a través de entradas analógicas de la tarjeta electrónica ESP32 que los envía por comunicación serial a la raspberry. A continuación, se realiza la diferencia entre par extremos de sensores, cuando la diferencia está dentro de un rango 0.3 a 0.5 V, el sistema busca mover el panel hacia la mayor incidencia solar, caso contrario no se realiza ninguna maniobra.

V-B. Implementación de Prototipo

V-B1. Ensamble de la maqueta:

componentes de construcción: La construcción de algunas partes del proyecto se realizó en un taller de torno, debido a que se quería obtener piezas cilíndricas a partir de tortas de aluminio fundido obtenido, además dos piezas también se hizo prestación de servicios de un taller de metal-mecánica para realizar la caja donde va asentada el motor y la base de la estructura.

Componentes comerciales: Para la elaboración se tomo en cuenta algunos materiales comerciales, debido a la facilidad de encontrarse en el mercado como las cadenas, manzana de bicicletas, perfiles de aluminio, pernos, chumaceras, rodamientos y el panel solar.

Ensamble: Para ensamblar la estructura se hizo uso de un juego de llaves hexagonales y una llave 12, las mismas que sirven para apretar ciertos pernos para la unión de piezas, aun inicio se empezó armando las piezas torneadas para fijarlas en la posición correcta, seguido de esto se coloca las chumaceras para colocar el eje y tenga juego con base principal, luego se colocaba la cadena con los motores y finalmente se instala el panel solar. La construcción de las partes mecánicas se realizó en un taller de torno , durante el proceso se obtuvo un problema debido al peso del panel solar, este hacia que tenga un ligero cabeceó en la parte del eje; esta situación conllevó a fabricar un doble soporte y colocar 2 chumaceras, con la finalidad de tener alineado el eje y evitar que la cadena salga de su ruta. Cuando se diseñó a un inicio se quería enviar la cadena por la columna principal, pero como este era muy angosto se decidió colocar en el exterior como se muestra en la figura 33.

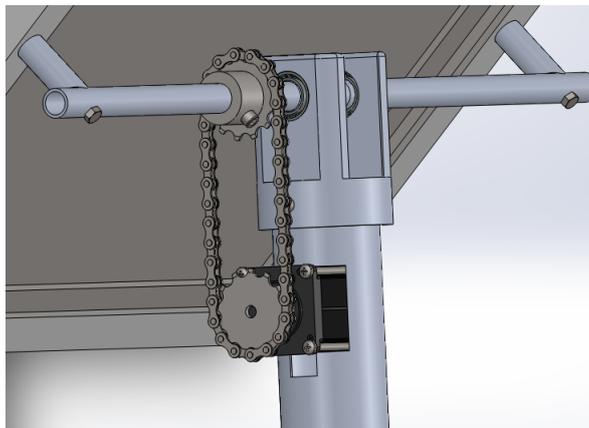


Figura 33. Trasmisión por cadena

En cuanto al material y perfil seleccionados a partir del análisis estructural y económico se utilizó perfiles de aluminio 6063 de la compañía FISA, cuyos catálogos proveen de la información dimensional suficiente para la elaboración del diseño estructural; en este caso se diseñó la estructura considerando los siguientes perfiles: mangón y tubo redondos de 3/4 pulgadas.

Para el movimiento de ambos ejes se utilizó una transmisión de cadena para ello se utilizó piñones de bicicleta con 13 dientes y entre ellos tienen una relación de 1:1, para obtener el giro azimutal.

El sistema consiste en la recolección de la información, con ayuda de cuatro sensores LDR que están colocados en la parte superior del panel; mediante un microcontrolador envían una señal a los actuadores; para el ajuste de los ejes X y Y con el objetivo es que la señal que emita las cuatro celdas LDR estén en el mismo rango de valores y así el panel se encuentre paralelo al sol.

V-B2. Conexiones Eléctricas : En la parte electrónica las conexiones se realizó siguiendo el esquema unifilar previamente diseñado para no presentar problemas eléctricos en la caja de control.

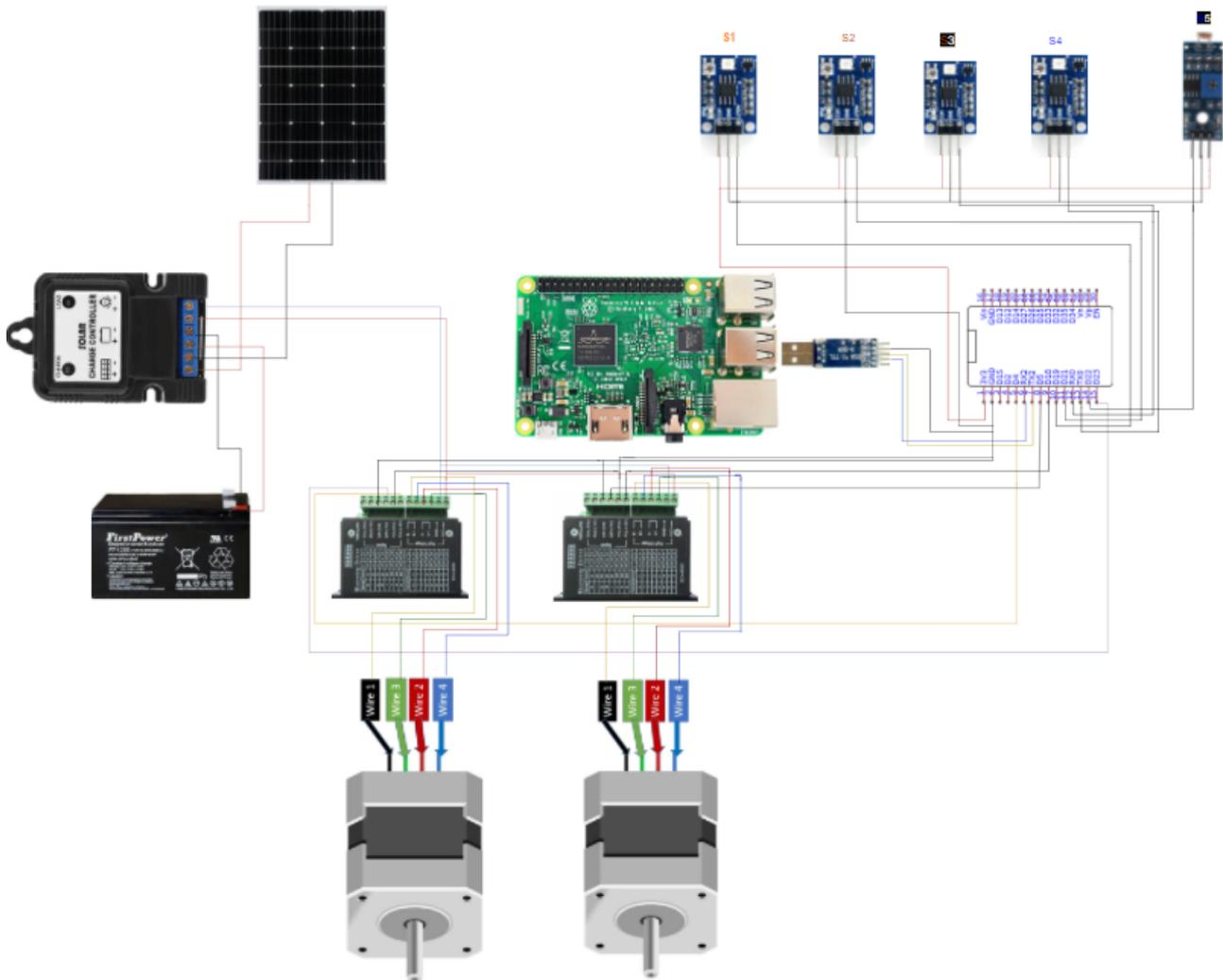


Figura 34. Esquema unifilar.

En la figura 34 se observa todas las conexiones realizadas, los pines que se utilizó, entradas analógicas, la comunicación serial, donde van dirigidas las señales de los módulos sensor fotoresistencias y por ultimo las conexiones de los drivers y actuadores.

Para la conexión del controlador de carga del panel, batería y cargas se utilizo cable# 18 y marcadores de cables para identificar con #1 positivo y #2 negativo.

Las conexiones de los 4 módulos sensor fotoresistencias se conectan las entradas Vcc en paralelo como se muestra 34, el S1 se conecta al pin de alimentación de 3.3V de la ESP32 y está alimenta a todos los sensores que dicho anteriormente están conectados en paralelos. También se realiza las mismas conexiones en paralelo para los GND de los sensores estos se conectan en el GND de la tarjeta embebida. Las entradas de las señales de las fotoresistencia se conectan independiente en los pines (10, 11, 12, 13, 14) del ESP32. Se utilizó cable para redes categoría 5A y termoencogible para aislar las conexiones eléctricas de los sensores y proteger de cualquier cortocircuito.

Para las conexiones que se realizaron en los 2 Drivers las entrada de alimentación Vcc y GND se

conectan directamente al controlador de carga solar. Se conectan las bobinas de los motores a los pines del los drivers en (A+ A-) y (B+ B-), los pines (PUL+) se conectan en los pines 5 y 9 que son los que generan los pulsos dentro de la tarjeta embebida, (PUL-)(DIR-) van a la entrada GND del ESP32 y (DIR+) van conectado al pin 15 y 8 también del ESP32.

V-B3. *Programación de la raspberry:* En las siguientes figuras se observa la programación realizada utilizando Thonny como entorno de programación.

```
#Recibiendo datos serial
def InfiniteProcess():
    global conn
    conn=serial.Serial(port, int(baud))
    time.sleep(1)
    while True:
        if conn.isOpen():
            #sen()
            print("Esperando datos sensores ..")
            dato_serie = conn.readline()
            dato = dato_serie.decode()
            str(dato)
            recv=dato.split(',')
            s_s=recv[0] #tipo cadena
            s_iz=recv[1]
            s_i=recv[2]
            s_d=recv[3]
            print("%s %s %s %s" %(s_s,s_iz,s_i,s_d))
            sensores(s_s,s_iz,s_i,s_d)
```

Figura 35. Caja de control.

En la figura 35 se observa los comandos que se utilizaron para adquirir los datos de los sensores y se muestren dentro de la interfaz elaborada en el ordenador.

```

#Aquí va las diferencias
s_1=float(s_s)
s_2=float(s_iz)
s_3=float(s_i)
s_4=float(s_d)
print (s_1)

dif1=abs(round((s_1 - s_3),2))
dif2=abs(round((s_2 - s_4),2))

print (dif1)
print (dif2)
#dif1=abs(round((valor1-valor3),2))
##dif1=abs(round((s_1-s_3)),2)
#dif2=abs(round((valor2-valor4),2))
#dif2=abs(round((s_2-s_4)),2)

if (dif1 < 0.3) and (dif2 < 0.3):
    print ("No haga nada")
else:
    if dif1 >= 0.3:
        if s_1 < s_3:
            print ("Giro en A")
            click_z_abajo()
        else:
            print ("Giro en C")
            click_z_arriba()

    if dif2 >= 0.3:
        if s_2 < s_4:
            print ("Giro en B")
            click_izq()
        else:
            print ("Giro en D")
            click_der()

```

Figura 36. Caja de control.

En la figura 36 se muestra la programación diferencial del controlador para poder enviar la señal a los actuadores funcionen.

El resto del código de programación se encuentran en los anexos figuras 51, 52, 53, 54, 55, 56 las que se divide en 4 etapas se crea una interfaz gráfica, captura de datos, generación de pulsos para los drivers y un sistema de control diferencial entre extremos cuando exista mayor incidencia de luz en cualquiera de los sensores.

VI. RESULTADOS

VI-A. *Diseño de estructura y modelado en 3D*

Se diseño un modelado en 3D ayudado por la herramienta SolidWorks 2019, la que permitió realizar el mecanismo donde el panel pueden seguir el movimiento del sol como se muestra en la figura 37.



Figura 37. Base real y diseño 3D

Las partes que conforman la estructura fueron escogidas por su costo y prestación para cumplir con el objetivo, de soportar alrededor de 20 kg.

VI-B. Rango del Sistema Control

Una vez diseñado el modelo matemático y el diagrama de bloques del sistema de control, se realizaron pruebas experimentales a la posición del sol encontrando un rango diferencial adecuado entre 0.3V a 0.5V este diferencial debe tener entre los extremos de los sensores del panel solar para que la estructura mecánica gire donde exista más incidencia de radiación solar.

VI-C. Comparación de eficiencia del sistema estático y dinámico

Para la comparación de eficiencia entre el seguidor solar estático y dinámico, en el estático tiene alrededor de 15 grados de inclinación y así aprovechar la mayor incidencia de sol posible y el dinámico siguiendo la orientación del sol. Midiendo voltaje entre una y otra se obtuvieron los siguientes valores.

Cuadro III
COMPARATIVO DE VOLTAJES

Hora	Sistema Estático (Voltios)	Sistema Móvil (Voltios)
09:20	12.11V	13.08V
10:20	12.13V	13.10V
11:20	12.15V	13.15V
12:20	12.20V	13.19V
13:20	12.21V	13.23V
14:20	12.93V	13.31V
15:20	12.90V	13.34V
16:20	12.44V	13.35V
17:20	12.09V	13.14V

En el cuadro III se muestran los respectivos valores de voltaje y hora para la comparación de la variación de voltaje entre un sistema estático y móvil, estos cálculos se los registro aproximadamente a la misma hora pero diferentes días por lo que se trabajo con la misma estructura en modo estático y móvil.



Figura 38. Medición de voltaje sistema móvil

En la figura 38 se puede observar uno de los voltajes medido en las pruebas experimentales realizadas del seguidor solar de 2 ejes.

VII. CRONOGRAMA Y ACTIVIDADES

A continuación, se presenta el cronograma de actividades, definiendo los alcances del trabajo y tiempo estimado para realizar un sistema fotovoltaico con seguidor solar de 2 ejes. En la tabla IV y V, se presenta

la estructura y los meses donde se van cumpliendo cada uno de los objetivos planteados en el proyecto.

Cuadro IV
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

Proyecto de grado	IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO CON SEGUIMIENTO SOLAR PARA OPTIMIZACIÓN DE COSECHA ENERGÉTICA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL DURANTE EL CICLO ESCOLAR 2021-2022.						
Alumnos	JEAN BUENO - LUIS SANTOS			Ámbito de aplicación:			
Objetivo general	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO CON SEGUIMIENTO SOLAR.			MESES			
Objetivo específico	Actividad	Responsable	Mayo	Junio	Julio	Agosto	
PROYECTO DE INVESTIGACION	Definición del título del proyecto.	J.Bueno-L.Santos	■	■			
	Problema de Investigación.	J.Bueno-L.Santos		■	■		
	Justificación	J.Bueno-L.Santos			■		
	Objetivos Generales y Específicos.	J.Bueno-L.Santos			■		
	Marco Teorico	J.Bueno-L.Santos				■	
	Metodología	J.Bueno-L.Santos					■
	Presupuesto del proyecto	J.Bueno-L.Santos					■

En la figura IV, se puede observar la primera etapa de actividades realizadas desde el mes de mayo hasta el mes de agosto.

Cuadro V
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

Proyecto de grado	IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO CON SEGUIMIENTO SOLAR PARA OPTIMIZACIÓN DE COSECHA ENERGÉTICA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL DURANTE EL CICLO ESCOLAR 2021-2022.							
Alumnos	JEAN BUENO - LUIS SANTOS			Ámbito de aplicación:				
Objetivo general	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO CON SEGUIMIENTO SOLAR.			MESES				
Objetivo específico	Actividad	Responsable	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
MAQUETA	Cotización de precios en el mercado	J.Bueno-L.Santos	■					
	Compra de materiales y piezas	J.Bueno-L.Santos		■				
	Cálculos y Diseño Mecánico	J.Bueno-L.Santos			■			
	Selección de placas electronicas	J.Bueno-L.Santos			■	■		
	Cálculos Matemáticos	J.Bueno-L.Santos				■		
	Fabricación del proyecto	J.Bueno-L.Santos					■	
	Desarrollo de especificaciones del proyecto.	J.Bueno-L.Santos						■
	Pruebas experimentales	J.Bueno-L.Santos						■
Últimas Revisiones	J.Bueno-L.Santos						■	

En la figura IV, se puede observar la primera etapa de actividades realizadas desde el mes de septiembre hasta el mes de febrero.

VIII. PRESUPUESTO

En el presupuesto que se presenta en la tabla VI, se encuentra los valores de costo de cada material electrónico, eléctrico y mecánico, que se utiliza para el diseño e implementación de un sistema fotovoltaico, a su vez los valores de mano de obra, transporte, comida y otros.

Cuadro VI
PRESUPUESTO.

Número	Nombre	Descripción	Cantidad	Costo por unidad	Costo total
1	Raspberry	Pi 3 B+	1	\$120,00	\$120,00
2	Panel solar	PMS50W	1	\$80,00	\$80,00
3	Estructura Mecánica	Aluminio, Hierro y Acero	1	\$400,00	\$400,00
4	Sensor	UVM30A	1	\$30,00	\$30,00
5	Rollo de cable	#18	1	\$40,00	\$40,00
6	Modulo fotoresistencia	Sensor de luz	4	\$2,50	\$10,00
7	Batería	12V-9A	1	\$40,00	\$40,00
8	Motores	Nema 23	2	\$80,00	\$160,00
9	Fuente Dc	12V-20A	1	\$30,00	\$30,00
10	Convertidor Step Down	12v a 5v-5A	1	\$20,00	\$20,00
11	Drivers para motor Dc	TB6600	2	\$30,00	\$60,00
12	Controlador de carga solar	10A- 6/12V	1	\$ 30,00	\$30,00
13	Transporte	Pasajes, gasolina	1	\$200,00	\$200,00
14	Esp32	Lolin D32	2	\$20,00	\$40,00
15	Terminales	Tipo punteras, otros	-	\$10,00	\$10,00
16	Extras	Alimentación, utensilios de oficina	-	\$200,00	\$200,00
17	Mano de obra	Personal encargado de la implementación	-	\$1500,00	\$1500,00
18	Total				\$2970,00

IX. CONCLUSIONES

La herramienta SolidWorks facilito el diseño de la estructura del seguidor solar considerando diferentes variables mecánicas, y así realizar la selección de materiales requeridos.

Considerando las mediciones de voltaje realizadas en la batería que se muestran el cuadro III se puede afirmar que el sistema de cosecha móvil recolecta más energía que uno estático.

El uso de motores paso a paso simplifico el diseño del algoritmo de control de posicionamiento del panel solar, ya que estos motores tienen un lazo de control embebido.

Al poner rangos de diferencias de voltajes entre los sensores de incidencia de radiación solar, se logra que el sistema de posicionamiento no desperdicie energía con maniobras innecesarias.

X. RECOMENDACIONES

Cuando se diseña la estructura hay que considerar la inclusión de las chumaceras acopladas al eje sobre el que reposa el panel solar para evitar que cabecee.

Al momento de diseñar el gabinete del sistema de control electrónico se debe considerar agregar una varilla de cobre para implementar una masa de referencia para las conexiones eléctricas.

Durante el proceso de diseño e implementación de la estructura mecánica se debe considerar el uso de productos o materiales, que se puedan adquirir localmente, ya que la importación o construcción de estos elementos puede tomar demasiado tiempo.

Este sistema puede ser utilizado para orientar paneles solares estáticos de tal manera que tengan un buen rendimiento.

En caso que se coloque un panel mas grande, se puede cambiar la relación de radio de las catalinas para aumentar el torque.

XI. ANEXOS



Figura 39. Torneando piezas mecánicas

En la figura 39 se observa diferentes piezas mecánicas que fueron torneadas en un taller.//



Figura 40. Corte láser Base de hierro para Estructura

En la figura 40 se muestra la base del mecanismo cortada a láser.//



Figura 41. Ensamble De Mecanismo



Figura 42. Conexiones Electrónicas Caja De control



Figura 43. Funcionamiento De Actuadores

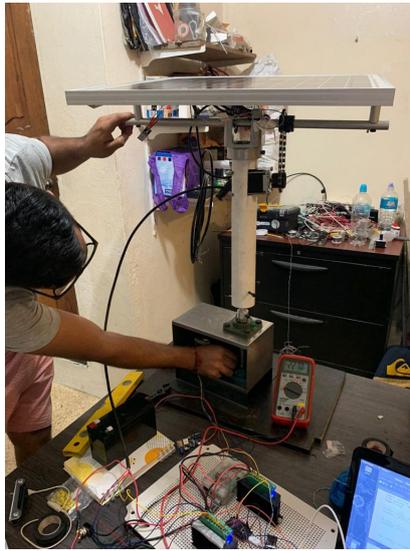


Figura 44. Ajuste De Catalinas Inferior

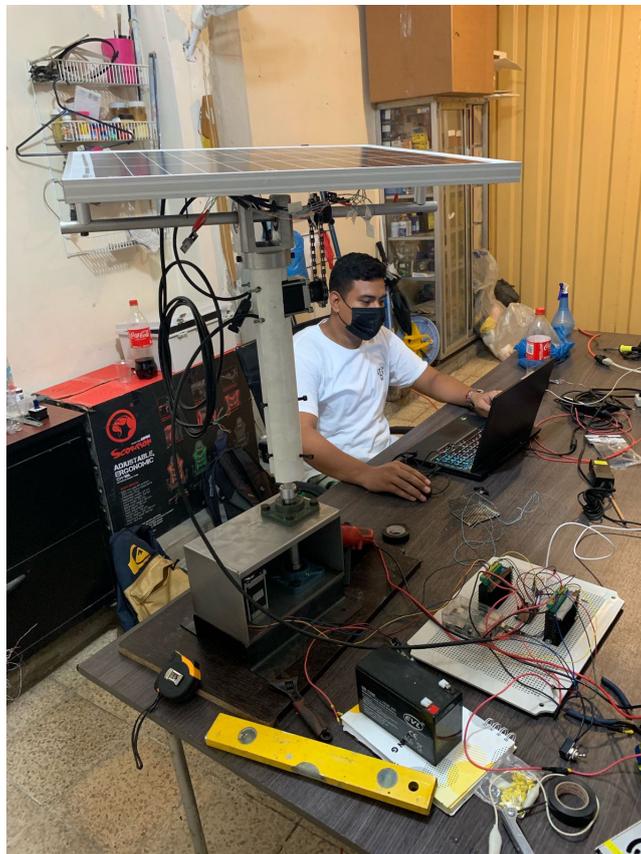


Figura 45. Testeo De Actuadores



Figura 46. Base Móvil De Estructura

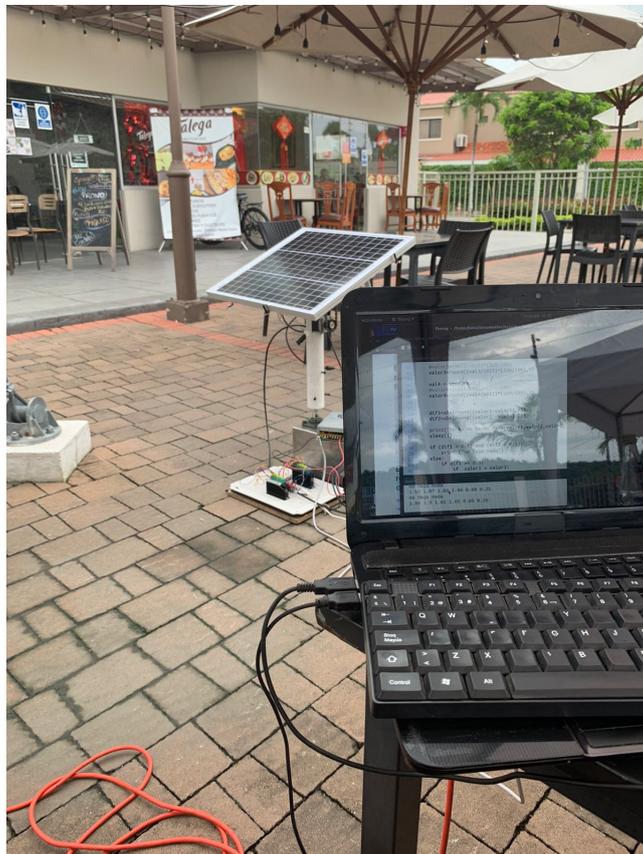


Figura 47. Pruebas Experimentales Romería Plaza



Figura 48. Voltaje Circuito Abierto Del Panel



Figura 49. Realizando Pruebas Experimentales

```

21 while True:
22     val1 = sen1.read()
23     valor1=(val1/1023)*(320/100)
24     val2 = sen2.read()
25     valor2=(val2/1023)*(320/100)
26     val3 = sen3.read()
27     valor3=(val3/1023)*(320/100)
28     val4 = sen4.read()
29     valor4=(val4/1023)*(320/100)
30     print('%s %s %s %s'%(valor1,valor2,valor3,valor4))
31     #print(valor1)

```

```

0.0 0.2596285 0.344086 0.340958
0.0 0.2596285 0.3722385 0.2252199
0.0 0.2627566 0.3472141 0.3472141
0.0 0.2596285 0.344086 0.3691105
0.0 0.2252199 0.344086 0.3597203
0.0 0.2471163 0.344086 0.340958
0.0 0.2627566 0.2127077 0.344086
0.0 0.397263 0.3472141 0.3878788
0.0 0.2627566 0.3472141 0.3910069
0.003128655 0.2627566 0.3253177 0.3753666
0.6631476 0.2627566 0.3472141 0.3753666

```

Figura 50. Datos Sensados De Módulos Fotorresistencia

```

Archivo  Editar  Formato  Vista  Ayuda
from tkinter import *
import tkinter
import tkinter.messagebox
import serial
import time,threading

window = Tk()
window.geometry("850x350")
window.resizable(width=False, height=False)

#Titulo
window.title("TESTEO MOTORES")
#---- Variables globales
global port
global baud
#Inicianlizand texto a mostrar en Canvas de los sensores
global s_s
global s_d
global s_i
global s_iz

s_s="0.0" #sensor superior izq
s_d="0.0"
s_i="0.0"
s_iz="0.0"

#Texto a mostrar en nuestra ventana
titulo = Label(window, text = " TESTEO DE EJES ",font=("Times",14))
titulo.place(x=120, y=10)

titulo2 = Label(window, text =" EJE Z ")
titulo2.place(x=250, y=50)

titulo3 = Label(window, text =" EJE X ")
titulo3.place(x=90, y=50)

lbl_port= Label(window, text ="Puerto")
lbl_port.place(x=0,y=305)

lbl_baud= Label(window, text ="Baudios")
lbl_baud.place(x=180, y=305)

```

Figura 51. Código de programación.

```

*****Crear un objeto de la imagen *****
#Cargando imagen de fondo para los botones
photo_avan = PhotoImage(file = r"/home/pi/Documents/proyect/code/iconos/arriba.png")
photo_abajo = PhotoImage(file = r"/home/pi/Documents/proyect/code/iconos/abajo.png")
photo_izq = PhotoImage(file = r"/home/pi/Documents/proyect/code/iconos/izq.png")
photo_der = PhotoImage(file = r"/home/pi/Documents/proyect/code/iconos/der.png")

#imagen logo de la universidad
photo_u = PhotoImage(file='iconos/logo_mt.png')
#imagen panel foto voltaico
photo_panel = PhotoImage(file='iconos/panel.png')
#imagen felchas
photo_giro1 = PhotoImage(file='iconos/giro1.png')
photo_giro2 = PhotoImage(file='iconos/giro2.png')
photo_arr = PhotoImage(file='iconos/flecha_ar.png')
photo_aba = PhotoImage(file='iconos/flecha_aba.png')

*****
def sensores(v1,v2,v3,v4):
# --- Sensores - Etiquetas para mostrar valores
sensor1 = Label(window, text =v1,font=("Arial",24))
sensor1.place(x=420, y=55)

sensor2 = Label(window, text =v2,font=("Arial",24))
sensor2.place(x=320, y=150)

sensor3 = Label(window, text =v3,font=("Arial",24))
sensor3.place(x=500, y=220)

sensor4 = Label(window, text =v4,font=("Arial",24))
sensor4.place(x=590, y=150)

**** Mostrar Imagenes en pto (x,y) *****
lbl_logoU = Label(window,image=photo_u)
lbl_logoU.place(x=650, y=35) #posicion de logo U

lbl_panel = Label(window,image=photo_panel)
lbl_panel.place(x=385, y=100) #posicion de logo U

***** INICIO DE FUNCIONES *****
..

```

Figura 52. Código de programación.

```

***** INICIO DE FUNCIONES *****
#---- Eje 'X'

def click_izq():
    print("Izquierda ")
    conn=serial.Serial(port, int( baud))
    time.sleep(0.5)
    conn.write('D'.encode('ASCII'))
    conn.close()
    #lbl_izq = Label(window,image=photo_giro2)
    #lbl_izq.place(x=640, y=180) #posicion de logo U

    #lbl_arr = Label(window,image=photo_arr)
    #lbl_arr.place(x=690, y=180)

    #lbl_aba = Label(window,image=photo_aba)
    #lbl_aba.place(x=690, y=180)

def click_der():
    print("Derecha ")
    conn=serial.Serial(port, int( baud))
    time.sleep(0.5)
    conn.write('C'.encode('ASCII'))
    conn.close()
    #lbl_der = Label(window,image=photo_giro1)
    #lbl_der.place(x=640, y=180)

#---- Eje 'Z'
def click_z_arriba():
    conn=serial.Serial(port, int( baud))
    time.sleep(0.5)
    conn.write('B'.encode('ASCII'))
    conn.close()
    print("Eje z arriba")

def click_z_abajo():
    conn=serial.Serial(port, int( baud))
    time.sleep(0.5)
    conn.write('A'.encode('ASCII'))
    conn.close()
    print("Eje z abajo")

```

Figura 53. Código de programación.

```

def click_conectar():
    global port
    global baud
    port = txt.get() #captamos el puerto
    baud = txt2.get() #captamos los baudios
    if len(port) :
        if len(baud) and baud.isdigit():
            Process = threading.Thread(target=InfiniteProcess)
            Process.start()
        else:
            tkinter.messagebox.showerror('Baudios', 'Invalido')
    else:
        tkinter.messagebox.showerror('Puerto', 'Invalido')

def click_cerrar():
    conn.close()
    print("Puerto Cerrado")

#Recibiendo datos serial
def InfiniteProcess():
    global conn
    conn=serial.Serial(port, int( baud))
    time.sleep(1)
    while True:
        if conn.isOpen():
            #sen()
            print("Esperando datos sensores ..")
            dato_serie = conn.readline()
            dato = dato_serie.decode()
            str(dato)
            recv=dato.split(',')
            s_s=recv[0] #tipo cadena
            s_iz=recv[1]
            s_i=recv[2]
            s_d=recv[3]
            print("%s %s %s %s" %(s_s,s_iz,s_i,s_d))
            sensores(s_s,s_iz,s_i,s_d)

            #####
            #Ami va las diferencias

```

Figura 54. Código de programación.

```

#####
#Aquí va las diferencias
s_1=float(s_s)
s_2=float(s_iz)
s_3=float(s_i)
s_4=float(s_d)
print (s_1)

dif1=abs(round((s_1 - s_3),2))
dif2=abs(round((s_2 - s_4),2))

print (dif1)
print (dif2)
#dif1=abs(round((valor1-valor3),2))
##dif1=abs(round((s_1-s_3),2))
#dif2=abs(round((valor2-valor4),2))
#dif2=abs(round((s_2-s_4),2))

if (dif1 < 0.3) and (dif2 < 0.3):
    print ("No haga nada")
else:
    if dif1 >= 0.3:
        if s_1 < s_3:
            print ("Giro en A")
            click_z_abajo()
        else:
            print ("Giro en C")
            click_z_arriba()

    if dif2 >= 0.3:
        if s_2 < s_4:
            print ("Giro en B")
            click_izq()
        else:
            print ("Giro en D")
            click_der()

#hasta aqui
#####

else:
    print("Puerto Cerrado")

```

Figura 55. Código de programación.

```

#Boton izq
btn_izq = Button(window,image = photo_izq, command=click_izq)
btn_izq.place(x=5,y=122 )

#Boton der
btn_der = Button(window,image = photo_der, command=click_der)
btn_der.place(x=125,y=122 )

#---- Eje Z
#Boton z arriba
btn_z_ava = Button(window , image=photo_avan, command=click_z_arriba)
btn_z_ava.place(x=240 ,y=80)

#Boton z abajo
btn_z_aba = Button(window, image=photo_abajo, command=click_z_abajo)
btn_z_aba.place(x=240,y=180 )

#Boton conectar serie
btn_ctar = Button(window, text=' Conectar ', command=click_conectar)
btn_ctar.place(x=350,y=300 )

#Boton cerrar puerto
btn_cerrar = Button(window, text=' Cerrar', command=click_cerrar)
btn_cerrar.place(x=470,y=300 )

# *****
#Cuadro de texto en la ventana
txt = Entry(window, width=15)
txt.place(x=50,y=305)

txt2 = Entry(window, width=10)
txt2.place(x=250,y=305)

window.mainloop()

```

Figura 56. Código de programación.

REFERENCIAS

- [1] C. R. Algarin y O. R. Álvarez, «Un panorama de las energías renovables en el Mundo, Latinoamérica y Colombia,» *Espacios*, vol. 39, n.º 10, 2018.

- [2] G. Arencibia-Carballo, «La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica,» *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, vol. 17, n.º 9, págs. 1-4, 2016.
- [3] Autoridad Portuaria de Guayaquil, *ubicacion-geografica*, <http://www.puertodeguayaquil.gob.ec/ubicacion-geografica/>, Accessed: 01-3-22, 2021.
- [4] R. Bachiller, «El sol: nuestra estrella, nuestra energía,» *Observatorio Astronómico Nacional. Instituto Geográfico Nacional-Ministerio de Fomento*, págs. 381-382, 2009.
- [5] C. E. Camargo Galán e I. C. Samacá Moreno, «Diseño y construcción de una cortadora láser para trabajo en 2D,»
- [6] J. Camino Ferró, «Máquina de ensayos para muestras de impresión 3D,» 2021.
- [7] I. Challenger-Pérez, Y. Díaz-Ricardo y R. A. Becerra-García, «El lenguaje de programación Python,» *Ciencias Holguín*, vol. 20, n.º 2, págs. 1-13, 2014.
- [8] S. R. Chuquimarca Tandazo y K. M. Suin Uyaguari, «Diseño y desarrollo de una batería de alto voltaje para un vehículo de competencia tipo Formula SAE eléctrico,» B.S. thesis, 2017.
- [9] R. S. Condori Canzaya, «Sistema de Iluminación de cerco perimétrico, alimentado por paneles fotovoltaicos, para reducir los costos de la energía eléctrica en la Empresa Agrícola San José SA, Tiabaya, Arequipa, 2021,» 2021.
- [10] P. F. Correa Álvarez, D. González González y J. G. Pacheco Alemán, «Energías renovables y medio ambiente: su regulación jurídica en Ecuador,» *Revista Universidad y Sociedad*, vol. 8, n.º 3, págs. 179-183, 2016.
- [11] Daniel Sanz, *tipos-de-pilas*, <https://actitudecologica.com/tipos-de-pilas/>, Accessed: 25-2-22, 2020.
- [12] Edenhofer, Pichs, & Sokona, *Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático*, https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srren_report_es-1.pdf, Accessed: 01-3-22, 2018.
- [13] Editorial Etecé, *panel solar*, <https://concepto.de/panel-solar/>, Accessed: 01-3-22, 2021.
- [14] K. P. Franco Pallo, «Análisis comparativo de radiación solar vs. actividad solar en Quito y sus efectos sobre la salud en el período 2007-2016,» B.S. thesis, 2017.
- [15] R. Ibarra Sarlat, «El impulso de las energías renovables en la lucha contra el cambio climático a través de los certificados ambientales en el sector eléctrico mexicano,» *Boletín mexicano de derecho comparado*, vol. 51, n.º 152, págs. 569-597, 2018.
- [16] J. J. Macías Olives, «Diseño e implementación de un prototipo de control y monitoreo de procesos con sistemas embebidos Arduino y Raspberry Pi para PYMES.,» B.S. thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2018.
- [17] María Gracia, *IoT-internet*, <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/IoT-internet-of-things.html>, Accessed: 25-2-22, 2022.
- [18] A. Masih e I. Odinaev, «Performance Comparison of Dual Axis Solar Tracker with Static Solar System in Ural Region of Russia,» en *2019 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBREIT)*, IEEE, 2019, págs. 375-378.
- [19] A.-F. Muñoz-Vargas, J.-M. Ramos-Arreguín, S.-T. Arriaga, M.-A. Aceves-Fernandez y J.-C. Pedraza-Ortega, «Sistema de seguridad basado en un sistema embebido con cámara para día y noche con enlace IoT,»
- [20] NASA, *Nuevos resultados de nuestra misión que toca el Sol*, <https://ciencia.nasa.gov/nuevos-resultados-de-nuestra-mision-que-toca-el-sol>, Accessed: 01-3-22, 2019.
- [21] —, *La NASA ingresa a la atmósfera solar por primera vez, aportando nuevos descubrimientos*, <https://ciencia.nasa.gov/la-nasa-ingresa-la-atmosfera-solar-por-primera-vez-aportando-nuevos-descubrimientos>, Accessed: 01-3-22, 2021.
- [22] D. R. Ojeda Pereira y L. F. Ortiz Pineda, «Diseño y construcción de un prototipo de batería recargable para una bicicleta eléctrica tipo trike mediante el uso de baterías recicladas de ion de litio 18650,» B.S. thesis, 2017.
- [23] Y. T. Pupo, «Estado y perspectiva de la energía solar en Cuba,» en *10ma Conferencia Científica Internacional de la Universidad de Holguín*, 2021.
- [24] J. M. V. Ramírez, C. E. S. Duran y L. V. Rueda, «Proyecto de paneles fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica,» *Universo de la Tecnológica*, págs. 31-34, 2020.

[25] Talentum Digital 2021, *que-es-solidworks*, <https://talentumdigital.cl/que-es-solidworks/>, Accessed: 25-2-22, 2021.