

TRABAJO DE GRADO TECNOLOGÍA EN MECÁNICA INDUSTRIAL

**DESARROLLO DE UNA BASE PARA UN SEGUIDOR SOLAR EN DOS EJES
ADAPTABLE A UN PIRANÓMETRO**

JUAN FERNANDO URREGO ALVAREZ

j.urrego660@pascualbravo.edu.co

Asesor

Prof. Yuhan Arley Lenis Rodas.

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

Facultad de Ingeniería

Departamento de Mecánica

Ingeniería Mecánica.

10/11/2024

Agradecimientos

Al concluir una excelente formación académica como tecnólogo industrial, quisiera agradecer al equipo que me ayudo a finiquitar mi proyecto investigativo de grado, a quienes hicieron posible esta meta. Muchas gracias a mi asesor de grado Yuhan Arley, ya que me brindó un excelente acompañamiento en todo el proceso; gracias al “semillero de energías” que me respaldaron en todo el tema de mecanizado y diseño.

Y por último y no menos importante, agradezco de todo corazón a la Institución Universitaria Pascual Bravo, por permitirme adquirir conocimiento necesario que me lleva hoy a ser un buen tecnólogo. También, mi agradecimiento sincero a cada docente que con su apoyo y enseñanza contribuyeron a la base de mi vida profesional.

TABLA DE CONTENIDO

1	RESUMEN	5
2	INTRODUCCIÓN	6
3	Identificación y descripción del problema	12
4	Justificación	13
5	Objetivos del trabajo de grado.....	13
6	Metodología	14
7	Resultados.....	16
	Conclusiones	33
	Bibliografía	34

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Pireliómetro. Fuente: tomado de https://www.darrera.com/es/categoria-producto/instrumentos-precision/pirheliómetros/	8
Figura 2. Pirheliómetro construido a partir de un piranómetro	9
Figura 3. Piranómetro a usar sobre la base diseñada	14
Figura 4. Piranómetro con generador de sombra	15
Figura 5. Tubo pestañas	16
Figura 6 Cálculo de ángulo de entrada	17
Figura 7. Cálculo del contrapeso.....	18
Figura 8 Diseño CAD 3D tubo y pestañas.....	19
Figura 9. Diseño CAD de base mecánica. <i>Fuente: Propia</i>	20
Figura 10. Cortes del tubo de pulgada. <i>Fuente: Propia</i>	22
Figura 11 Medición de tubos. <i>Fuente: Propia</i>	23
Figura 12 Pulir tubos. <i>Fuente propia</i>	23
Figura 13 Puntos de soldadura. <i>Fuente propia</i>	24
Figura 14 Aplicación de pintura. <i>Fuente: Propia</i>	24
Figura 15 Mecanizar el eje. <i>Fuente: Propia</i>	25
Figura 16 Reducción de eje. <i>Fuente: Propia</i>	25
Figura 17 Perforación de eje. <i>Fuente: Propia</i>	26
Figura 18 Base de chumaceras. <i>Fuente: Propia</i>	26
Figura 19 Refrentar eje secundario. <i>Fuente: Propia</i>	27
Figura 20 Refrentar eje secundario. <i>Fuente: Propia</i>	27
Figura 21 Mecanización de cubo. <i>Fuente: Propia</i>	28
Figura 22 Cubo de aluminio terminado. <i>Fuente: Propia</i>	28
Figura 23 Base para eje secundario. <i>Fuente: Propia</i>	29
Figura 24 Acoplado de bases. <i>Fuente: Propia</i>	30
Figura 25 Perforado del cubo. <i>Fuente: Propia</i>	31
Figura 26 Rosca exterior. <i>Fuente: Propia</i>	31

1 RESUMEN

El objetivo de este proyecto fue diseñar y fabricar una base para un seguidor solar en dos ejes adaptable a un piranómetro. Dicho medidor también fue modificado para cumplir la función de un pirheliómetro, instrumento utilizado para medir la radiación solar directa. La base permitirá que el seguidor solar ajuste su orientación en función de la posición del sol, optimizando la captación de energía solar. Se desarrolló una estructura robusta y a la vez ligera que soporta tanto el seguidor solar como el piranómetro. Los materiales seleccionados para la construcción de dicha base fueron acero y aluminio.

Para el piranómetro se construyó un sombreador tubular cuyo cuerpo es de aluminio, al interior del tubo se instalaron discos realizados en poliéster para evitar la luz solar difusa, estos discos están acoplados a presión y llevan unas medidas específicas que nos garantizan un ángulo de entrada de 5° de luz. Todo este sistema se acopla a un buje roscado el cual se une con el piranómetro formando una sola pieza. Por otro lado, en la mesa base, también se empleó un contra peso que ayuda a que los motores no realicen mucho esfuerzo. El resultado obtenido fue la base construida con movimiento en dos ejes lista para ser acoplada en motores con seguidor de movimiento. El objetivo de este piranómetro modificado es poder cumplir las funciones realizadas por un pirheliómetro, esto con la ayuda de un piranómetro y materiales de bajo costo ya que un pirheliómetro es una herramienta bastante costosa. La base para el seguidor solar se espera que mejore significativamente la eficiencia en la captación de energía solar, optimizando la exposición del panel a la radiación solar y, a su vez, proporcionando datos precisos sobre la irradiación solar.

El sistema electrónico de rastreamiento solar no hace parte del presente estudio, por lo que deberá ser abordado en trabajos futuros.

2 INTRODUCCIÓN

La energía, vista de forma general, desempeña un papel fundamental en todos los aspectos de la vida contemporánea, es por esto que, a medida que su demanda aumenta, la humanidad enfrenta a una serie de problemas que plantean desafíos significativos para la sostenibilidad y la estabilidad futura de la sociedad. Estos problemas van desde el agotamiento de recursos no renovables hasta la emisión descontrolada de gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático, lo que obliga a buscar alternativas renovables, entre estas, se tiene como principal recurso la energía solar, que se puede aprovechar de forma fotovoltaica o térmica.

El aprovechamiento térmico, la mayoría de las veces implica la obtención de altas temperaturas, para las cuales se requiere concentrar la radiación solar. Los equipos que operan bajo dicho principio son conocidos como de energía solar concentrada o CSP (por sus siglas en inglés). La energía solar concentrada es una tecnología que utiliza espejos o lentes para concentrar grandes cantidades de radiación solar en un pequeño punto o línea focal, generando así altas temperaturas. Esta alta temperatura, la mayoría de las veces, se utiliza para producir vapor que impulsa una turbina conectada a un generador de electricidad, similar al proceso utilizado en las plantas de generación de energía eléctrica mediante ciclos térmicos. Algunos aspectos relevantes de la tecnología de energía solar concentrada son:

- **Emplean Espejos o Lentes:** Los sistemas CSP utilizan espejos para concentrar la luz solar en un punto o línea focal. Estos componentes se ajustan automáticamente, mediante el uso de motores y sistemas de control para seguir el movimiento del sol a lo largo del día, maximizando la captura de energía solar.
- **Concentran de radiación solar:** En lugar de convertir directamente la luz solar en electricidad, la energía solar concentrada se centra en generar calor. Este calor se utiliza para calentar un fluido térmico, como aceite sintético o sales fundidas, que

luego se utiliza para generar vapor y alimentar una turbina conectada a un generador eléctrico.

- **Almacenamiento Térmico:** Algunos sistemas CSP incluyen sistemas de almacenamiento térmico que permiten almacenar el calor producido durante el día para su uso posterior, incluso cuando no hay luz solar directa. Esto permite que la planta de energía funcione durante períodos nublados o durante la noche.
- **Tipos de Tecnologías:** Hay varias tecnologías de energía solar concentrada, que incluyen torres solares, colectores parabólicos y discos parabólicos, cada una con sus propias características y aplicaciones específicas.
- **Aplicaciones:** Las plantas de energía solar concentrada son particularmente adecuadas para áreas con altos niveles de radiación solar. Se utilizan tanto para la generación de electricidad a gran escala como para aplicaciones industriales, como la producción de calor para procesos químicos o la desalinización del agua.

La energía solar concentrada tiene el potencial de ser una fuente importante de energía renovable, especialmente en regiones con abundante radiación solar. Sin embargo, su implementación a gran escala a menudo requiere de inversiones significativas en infraestructura y tecnología.

Para el aprovechamiento térmico del recurso solar mediante los sistemas de torre central, se requiere del uso de helióstatos, los cuales, aunque están disponibles a nivel comercial, todavía su nivel de desarrollo es muy incipiente. De esta manera, en Colombia, se está procurando desarrollar el primer heliostato con seguidor solar, empleando insumos disponibles a nivel local. Para caracterizar este tipo de dispositivos, se necesitan instrumentos de muy alto costo, un ejemplo de estos son los pirheliómetros.

Un pirheliómetro es un instrumento utilizado para medir la radiación solar directa (ver Figura 1), por lo tanto, éste debe contar con equipamientos para el seguimiento solar, el cual la

mayoría de las veces es el sistema de mayor costo. La unidad de medida en el sistema internacional para la radiación solar directa es watts por metro cuadrado (W/m^2).



Figura 1. Pirelhiometro. Fuente: tomado de <https://www.darrera.com/es/categoria-producto/instrumentos-precision/pirheliometros/>

El pirheliómetro consta típicamente de un sensor sensible a la radiación solar, que está protegido de la radiación difusa (radiación solar que llega a la Tierra después de ser dispersada por la atmósfera). El instrumento debe ser cuidadosamente calibrado para proporcionar mediciones precisas de la radiación solar directa.

Estos dispositivos son utilizados en meteorología, climatología y estudios de energía solar para comprender la cantidad de radiación solar que llega a la superficie de la Tierra en diferentes ubicaciones y momentos del día. También son esenciales para evaluar el potencial de la energía solar en un área específica, lo que es crucial para el diseño y la eficiencia de sistemas de energía solar. Debido al alto costo de estos equipos se ha optado por alternativas de modificación de piranómetros, los cuales son de un costo bajo, a los que se les diseñan sistemas de seguimiento solar y protectores para que al sensor no llegue la radiación difusa.

Uno de los estudios que considera la modificación de un piranómetro para que haga las veces de pirheliómetro, fue presentado como trabajo de grado de la ingeniería en energías renovables de la Universidad Tecnológica de Bahía de Banderas (Arriola, Darte, Gonzalez, & Paredes, 2018). En donde se tenía el reto de acondicionar un piranómetro y construir a su vez una plataforma de seguimiento solar, para estimar la radiación directa, tal como lo haría un pirheliómetro. Este último no fue adquirido debido a limitaciones de presupuesto. En dicho trabajo empezaron por diseñar la estructura y la programación para hacer seguimiento al sol, para ello se debió invertir en piezas, materiales y cableado. Para medir solo la radiación directa utilizaron un piranómetro con un tubo, y una especie de gorra o sombrero, evitando de esta manera la radiación difusa. Como resultado, lograron poner en funcionamiento el pirheliómetro montado a un seguidor solar con los recursos que les habían destinado para hacer dicho proyecto. De esta manera cumplieron el objetivo de disponer de un pirheliómetro a partir de un piranómetro de bajo costo. A continuación, se presentan imágenes del trabajo realizado.

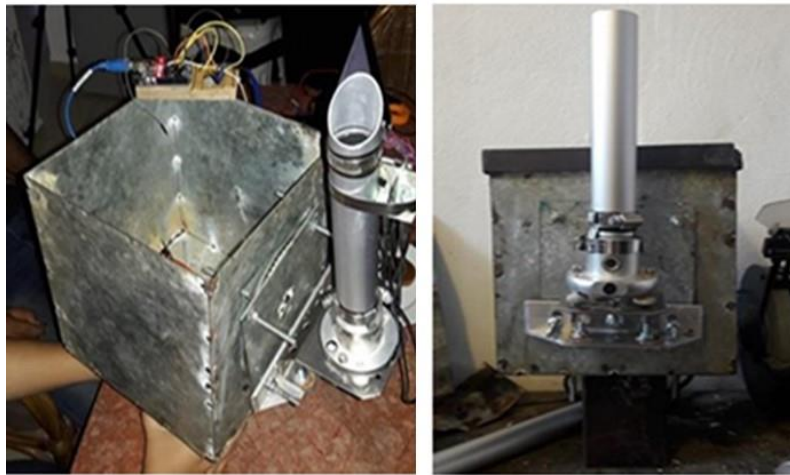


Figura 2. Pirheliómetro construido a partir de un piranómetro

Otro estudio enfocado en la medición de variables solares, fue el presentado por Chacón Cardona, César Alexander; Cely, Óscar Eduardo; Guerrero, Fernando, (Chacón Cardona & Cely, Diseño y construcción de un medidor de radiación solar, 2008) quienes tenían como objetivo la construcción, el diseño y calibración de un medidor de radiación solar. Se planteó el desarrollo de un medidor de radiación solar global que combinara un fotodiodo de características comerciales y de bajo costo con un sistema difusor de luz para mejorar la respuesta con el ángulo cenital. Este conjunto se montó sobre una base de acero inoxidable, y con él calcularon el espectro de radiación, espectro electromagnético, radiación electromagnética y longitud de onda, posteriormente continuaron con el diseño y fabricación de estructura, el instrumento desarrollado con el propósito de cuantificar el recurso solar cumple con los requerimientos de precisión de un instrumento de primer orden fabricado con un bajo costo.

Una investigación realizada en la Universidad de los Andes como trabajo de grado hecha por el estudiante Jesús David Espinosa, (Rubio J. D., 2023) tuvo el objetivo de diseñar, construir e implementar un sistema dinámico biaxial de seguimiento solar de bajo consumo para aumentar la eficiencia de conversión de módulos fotovoltaicos. Para ejecutar dicho proyecto se debía cumplir con el requisito de seguimiento en dos ejes, sistema de control para programar el seguimiento y protecciones climáticas, se llegó a la conclusión de que el instrumento fabricado tiene un mayor rendimiento y es de gran utilidad en caso de necesitar energía adicional.

Otro estudio realizado por Manuel Amaya Jiménez, (Jiménez, 2019) sobre el análisis comparativo de los transitorios en la radiación solar global a partir de medidas de piranómetro y célula calibrada para la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla en 2019 trata sobre la importancia de la fluctuación o cambios de estado de la radiación solar en el dimensionado y funcionamiento de las plantas solares fotovoltaicas. En consecuencia, se busca reducir los daños en la instalación y controlar mejor la producción de electricidad, de

aquí que el sensor usado para medir la radiación solar tenga que ser el adecuado. El objetivo principal de este estudio es demostrar que el uso del piranómetro para el dimensionado y control de las instalaciones solares fotovoltaicas es mejor que el uso de la célula calibrada, ya que obtiene un mayor rango del espectro y por lo tanto una medida real de la radiación. Por esta razón, si las medidas de radiación son obtenidas por medio de una célula fotovoltaica calibrada de la misma tecnología y encapsulación que el módulo fotovoltaico de la instalación, la aproximación al valor real de la radiación viene incluida y su cálculo depende del fabricante y del productor. También se pudo afirmar que, la célula es más rápida en el tiempo de respuesta, pero a su vez menos precisa porque no capta todo el espectro solar. Lo anterior, después de analizar casos específicos de días nublados y soleados para estudiar la variabilidad de la radiación

Una investigación realizada por José Luis García Segura, (Segura, Evaluación de la irradiación solar directa a partir de la global y su aplicación a la tecnología solar, 2016) para la universidad de Valladolid sobre “Evaluación de la irradiación solar directa a partir de la global y su aplicación a la tecnología solar” se enfocó en analizar los valores de la DNI en España, compararlos con los proporcionados por varias bases de datos y con medidas realizadas en tierra, y obtener mapas de isolíneas de la DNI anual en la península Ibérica. Para llevar a cabo este objetivo José Luis investigó sobre los distintos instrumentos de medida de la radiación solar describiendo las estaciones de medida consultadas, correspondientes a la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y al Sistema de Información Agroclimática para el Regadío (SIAR). Después de realizar el análisis y estudios con los diferentes instrumentos de medición solar sobre las diferentes estaciones de España se llegó a la conclusión de que se ha propuesto un método para calcular la DNI a partir de medidas de la irradiación global diaria media mensual sobre superficie horizontal. Esto se ha hecho así debido a que existen más datos registrados de radiación global horizontal que de radiación directa normal. El objetivo fue proporcionar valores de la DNI en España, usando como

parámetros de entrada la latitud y los valores medidos de la irradiación global sobre superficie horizontal. Además, se ha indicado que el conocimiento de la DNI es importante en el diseño y análisis de los sistemas de concentradores fotovoltaicos también se puede concluir que las Comunidades Autónomas del sur de España (Andalucía, Extremadura o Castilla-la Mancha) son las que más irradiación reciben a lo largo del año, y son, por tanto, las más adecuadas para la instalación de dispositivos fotovoltaicos basados en el uso de concentradores.

Como se puede evidenciar, existen referencias documentadas del desarrollo y construcción de pirheliómetros a partir de piranómetros y de sistemas de seguimiento de bajo costo, con lo que se ha logrado reducir los costos de adquisición del medidor de radiación solar directa a menos de la mitad de lo que cuesta un equipo de estos. Lo anterior se toma como fundamento para el desarrollo del presente trabajo de investigación en el que se busca la apropiación de la tecnología y el desarrollo de los sistemas de seguimiento con insumos disponibles en el entorno local. Estudios de este tipo no han sido desarrollados previamente en Colombia.

3 Identificación y descripción del problema

Actualmente en la I.U. Pascual Bravo no dispone de un sistema de medición de radiación solar directa, en cambio, se cuenta con un piranómetro, que mide la radiación global sobre una superficie horizontal. Este piranómetro se puede adecuar para cuantificar la radiación directa, pero para ello se requiere un sistema mecánico que haga seguimiento constante al sol. Ese sistema puede alcanzar costos de hasta USD 18.000, por lo que su desarrollo representa una oportunidad para disminuir los costos de adquisición del medidor de radiación directa

4 Justificación

El alto costo de los sistemas de seguimiento solar, justifican el desarrollo del mecanismo a nivel local, más aún cuando los sistemas requeridos para la caracterización de equipos de pequeña escala no necesitan la alta precisión que tienen los sistemas industriales. De esta manera, con este proyecto se pretende desarrollar un sistema mecánico de tarima que sirva para un mecanismo programado que se encargue de darle un seguimiento continuo al movimiento relativo del sol, proporcionando un enfoque constante. Se sabe que el sol todos los días tiene una posición diferente (analema), por esto se debe garantizar que nuestro proyecto haga el mismo recorrido.

Para llevar a cabo este proyecto nuestra base será un piranómetro unido a un tubo haciendo que la irradiación difusa horizontal no entre de forma directa generando obstáculos y así poder calcular de forma más fácil la irradiación directa

5 Objetivos del trabajo de grado

Objetivo general

Desarrollar un sistema mecánico para seguimiento solar en dos ejes adaptable a un piranómetro para la medición de radiación solar directa.

Objetivos específicos

- Diseñar la estructura base del sistema de seguimiento solar considerando la utilización de componentes comerciales de bajo costo.
- Acondicionar el receptor del piranómetro para evitar la medición de radiación solar difusa
- Construir el dispositivo considerando sólo los componentes mecánicos proyectados en la etapa del diseño.

6 Metodología

Fase 1. Diseñar la estructura mecánica del dispositivo, para ello se utilizó Inventor. El piranómetro se ubicó sobre la base o tarima, este se fue acoplado con tornillos y tuercas, lo que permite un fácil ensamble. La base del pirómetro se fabricó de un material tipo poliéster o nylon, lo que facilitó el mecanizado, la estructura diseñada cumple con los movimientos en dos ejes.



Figura 3. Piranómetro a usar sobre la base diseñada

Fuente: Darrea

Fase 2. Acondicionamiento del piranómetro para evitar la medición de radiación solar difusa, para lograr esta fase se ensambla un tubo como se observa en la imagen de 40 cm a 1m de largo con un diámetro de 15cm a 20cm, este tubo irá ensamblado por medio de una rosca que lo unirá con el piranómetro. Esto para que la radiación no entre directamente y tenga cierta dificultad para llegar al piranómetro también se le fabricó unas pestañas al interior del tubo evitando así la mayor radiación difusa posible, y se está contemplando la utilización de un lente al final del tubo.



Figura 4. Piranómetro con generador de sombra

Fuente: Suministrado por el docente

Fase 3. Construcción del dispositivo, para esta fase se debe tener definido el diseño y requerimiento del mecanismo, se realiza un prototipo y la fabricación de estos componentes serán en los laboratorios de manufactura de la universidad pascual bravo utilizando los conocimientos aprendidos durante la tecnología

7 Resultados

Los resultados se presentan básicamente en dos bloques, el primero correspondiente al sistema sombra del pirheliómetro, el segundo enfocado en el sistema de contrapeso y en el desarrollo de la base del medidor.

7.1. Cálculo y procedimiento sombreador

Como ya se ha mencionado, un pirheliómetro es un dispositivo con un valor considerablemente alto por lo que hay opciones como fabricarlo a través de un piranómetro que es un dispositivo más económico, sin embargo, para hacer esto se debe sombrear la superficie que recibe la radiación, este sombreado en este trabajo se logró mediante la ayuda de un tubo con una medida de 29 cm y con un diámetro de 9,4 cm tal como se ve en la siguiente figura.



Figura 5. Tubo pestañas

Fuente: Propia

Un valor importante para la correcta fabricación del sombreador, es el ángulo de apertura, el cual, de acuerdo a equipos comerciales debe estar alrededor de 5 grados, para la el cálculo del ángulo de apertura se utilizó el procedimiento mostrado en la figura. Se fabricaron 3 discos de poliéster con diferentes medidas según los resultados del cálculo. Los detalles de los discos y los sistemas de acople se presentan en los anexos 2-4.

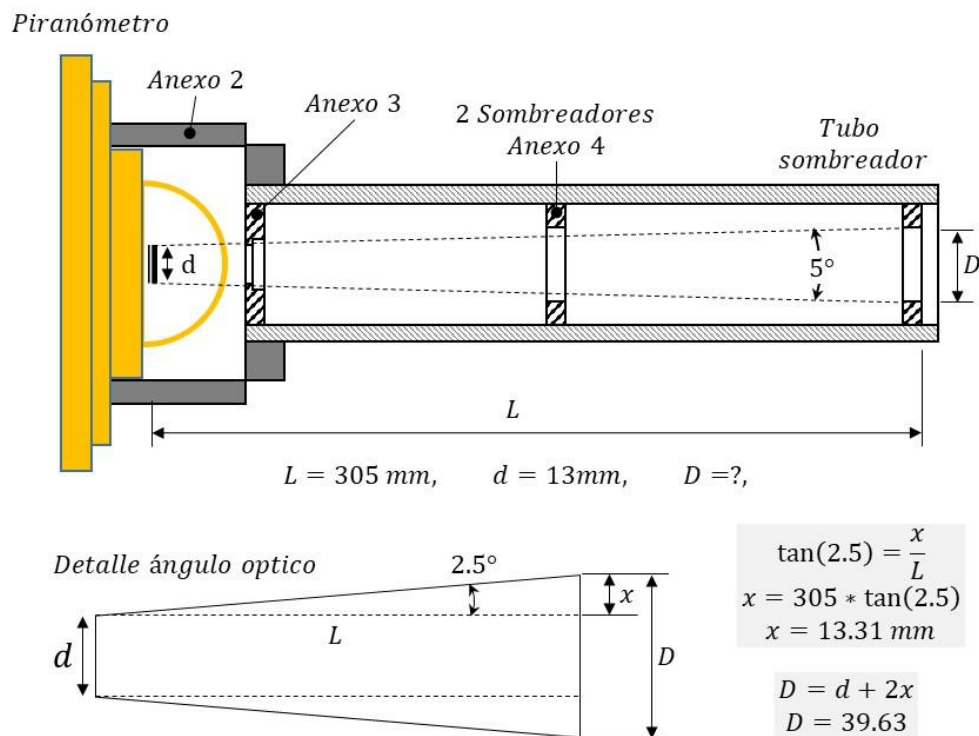


Figura 6 Cálculo de ángulo de entrada

Fuente: Propia

7.2. Cálculo del contra peso

Buscando que los motores no requieran de mucho torque, al dispositivo se le diseñó un contra peso móvil con un sistema de roscado. El contra peso se diseñó considerando como línea

base el dispositivo en la posición horizontal y partiendo del peso del piranómetro. Para el cálculo de la masa, se emplea la sumatoria de momentos respecto al punto de giro, tal como se muestra en la figura. En el caso del piranómetro, se empleó una masa de aproximadamente 1.5 kg, la cual corresponde al piranómetro, junto con el sistema de rastreamiento.

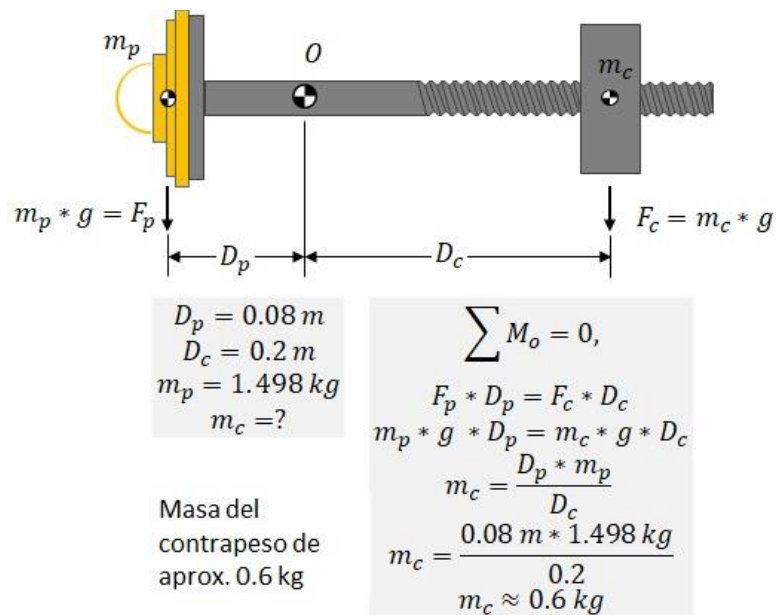
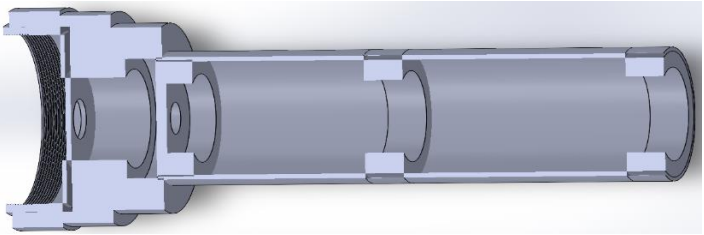


Figura 7. Cálculo del contrapeso

Fuente: Propia

A continuación, se presenta una tabla con los diferentes procesos de mecanizado utilizados en la fabricación de este proyecto. Los planos del dispositivo desarrollado se muestran en el ANEXO 1. Planos

	DESCRIPCIÓN	ANEXO IMAGEN
1	<p>En la imagen se muestra el tubo sombreador que se diseñó para el piranómetro, el cual está constituido por un tubo de aluminio. También se muestra el buje de la base, que se acopla al piranómetro mediante una rosca interna. Al interior del tubo van acoplados 3 discos los cuales tienen la función de pestañas evitando que la luz entre directa</p> <p>También se realizó una búsqueda de páginas web comerciales para sacar referencias de componentes útiles y literatura asociada con el aprovechamiento solar y diseños mecánicos de rotación y subtemas referentes a estos.</p>	 <p data-bbox="1142 805 1675 837">Figura 8 Diseño CAD 3D tubo y pestañas</p> <p data-bbox="1318 867 1499 899"><i>Fuente: Propia</i></p>

2

En esta imagen se puede apreciar el diseño del mecanismo en su totalidad, ensamblado con todas sus piezas, realizadas en el CAD.

Se realizó un análisis para definir las piezas que se deben fabricar desde cero.

A partir de este diseño se inició con la fabricación de piezas.

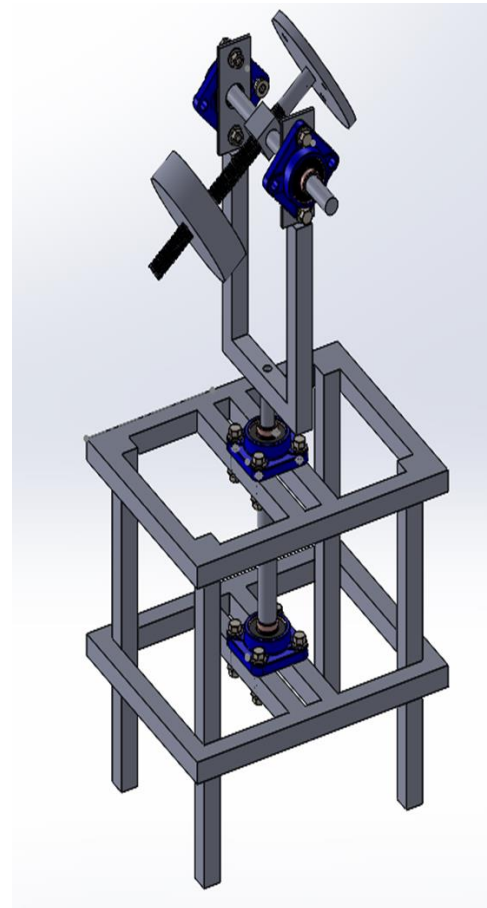


Figura 9. Diseño CAD de base mecánica. Fuente: Propia

3	<p>Para la base se utilizó una tubería cuadrada de 1pulg., esto debido a que es una tubería comercial y de fácil uso además que está disponible en la institución.</p> <p>Se miden las piezas para proceder con el corte de las mismas.</p>	

		<p>Figura 10. Cortes del tubo de pulgada. <i>Fuente: Propia</i></p>
--	--	---

5

La IU Pascual Bravo nos brinda los elementos, materiales y herramientas necesarias para poder llevar a cabo el proyecto. Allí se pudo conseguir el tubo de pulgada cuadrado el cual se cortó en 12 partes con diferentes longitudes.

Para lograr un mejor acabado estético se pasa el tubo ya cortado por el esmeril, y de este modo quitar filos.

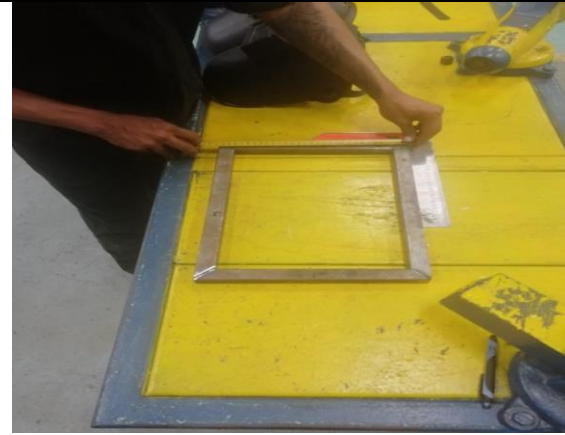




Figura 11 Medición de tubos. *Fuente: Propia*



Figura 12 Pulir tubos. *Fuente propia*

6	<p>Una vez la base esta armada, se realiza los primeros puntos de soldadura y de este modo darle forma a la estructura diseñada.</p>	 <p>Figura 13 Puntos de soldadura. <i>Fuente propia</i></p>
7	<p>Una vez la estructura base esta soldada, se procede a aplicar capa de pintura negra, y así mejorar el acabado estético.</p>	 <p>Figura 14 Aplicación de pintura. <i>Fuente: Propia</i></p>

8	<p>Procedemos a mecanizar el eje. seleccionamos un eje de acero a36 de 60cm el cual se cortó a medida 42cm y se realiza el mecanizado en el torno dándole un diámetro de $\frac{3}{4}$ de pulgada</p>	 <p>Figura 15 Mecanizar el eje. Fuente: Propia</p>
9	<p>Se cambia de diámetro con la ayuda del torno, con el fin de dejarlo en un diámetro de 19mm, para este proceso se tomó en tiempo de 30 a 45 min.</p>	 <p>Figura 16 Reducción de eje. Fuente: Propia</p>

10	<p>Se perfora el centro del eje con broca 7 mm en la parte inferior del eje para acoplar motor y en la parte superior se le hizo una perforación de 9 mm para hacerle sujeción con la plataforma</p>	 <p>Figura 17 Perforación de eje. Fuente: Propia</p>
11	<p>Posteriormente se tomaron las medidas y se cortó el tubo de pulgada para hacer las bases de las chumaceras.</p>	 <p>Figura 18 Base de chumaceras. Fuente: Propia</p>

12

Se procede a refrentar en el torno el eje secundario, con la finalidad de dejar su superficie plana.



Figura 19 Refrentar eje secundario. *Fuente: Propia*



Figura 20 Refrentar eje secundario. *Fuente: Propia*

13

En el siguiente paso, se mecaniza un cubo de aluminio de 10x10cm y se lleva a una reducción de 3,5 x 3,5 cm. Esto, Para la unión del eje secundario con el contrapeso y base del piranómetro.



Figura 21 Mecanización de cubo. *Fuente: Propia*



Figura 22 Cubo de aluminio terminado. *Fuente: Propia*

14

Se construye y se suelda la base para el eje secundario, además, se acoplan dos láminas de acero 1020, perforadas para sujetar las chumaceras.





Figura 23 Base para eje secundario. Fuente: Propia

15

Se acoplan la base la uno con la base dos, de esta manera, se arma la estructura para así, poder continuar con la base del piranómetro y el contrapeso.

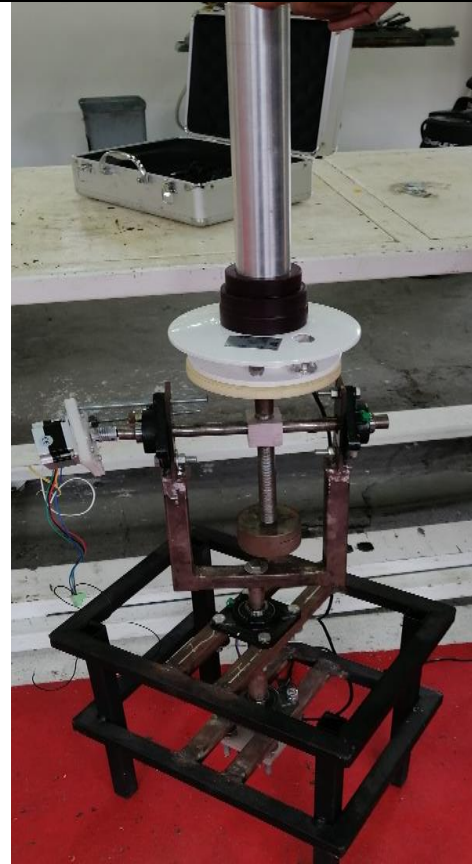


Figura 24 Acoplado de bases. *Fuente: Propia*

<p>16</p>	<ul style="list-style-type: none"> - En este paso, se perfora el cubo de aluminio por dos caras, con una medida de broca $\frac{3}{4}$ de pulgada. - En la primera perforación se acopla el eje secundario, y en la segunda perforación se hace una rosca interna con el machuelo de 10 mm y con un paso de 1.0 mm, de este modo, roscar la base del piranómetro y el contrapeso. 	 <p>Figura 25 Perforado del cubo. Fuente: Propia</p>
<p>17</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se realiza en el torno una rosca exterior, para acoplar en el cubo el piranómetro y el contrapeso. Luego, Pasamos a cortar el eje siendo este uno de los pasos finales. 	 <p>Figura 26 Rosca exterior. Fuente: Propia</p>

18

Sistema terminado. Los planos del sistema se presentan en el Anexo 1



Conclusiones

- Durante el procedimiento del proyecto se llegó a la conclusión la importancia del manejo de las herramientas, materiales y cálculos adecuados para llevar a cabo un buen método de trabajo, evitando malgastar tiempo y recursos. Debido al aprendizaje de lo transcurrido en la formación de tecnología industrial
- Con el aprovechamiento de los materiales y recursos en la universidad se logró diseñar por medio del software SolidWorks la base automatizada con bajos recursos y con una mano de obra económica haciendo nuestra propia base automatizada por menos de 100 mil pesos
- También una de las conclusiones más importantes que se aprendió durante el transcurso de este proyecto fue la utilización de las habilidades de liderazgo ya que un proyecto como este con lleva a manejar procesos y mano de obra los cuales debes estar siempre a cargo para poder obtener un buen resultado
- Logramos tener como conclusión que los procesos o los pasos que tienes en tu cronograma de trabajo pueden cambiar, sea por una mejor idea o por un error cometido debes estar abiertos a cambios de diseño o procesos ya que no lo que se diseña al comienzo del proyecto se lleva a cabo

Bibliografía

Chacón Cardona, C. A., Cely, Ó. E., & Guerrero, F. (s.f.). Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257020605003>

DIBENE-ARRIOLA, D.-F.-P. S.-V. (2018). *Diseño y construcción de un pirheliómetro para medición de radiación directa* .

Jiménez, M. A. (2019). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS TRANSITORIOS EN LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL A PARTIR DE MEDIDAS DE PIRANÓMETRO Y CÉLULA CALIBRADA* .

Rubio, J. D. (2023). *Diseño contruccion e implementacion de un seguidor biaxial para un modulo fotovoltaico de 50w*.

Segura, J. L. (2016). *Evaluación de la irradiación solar directa a partir de la global y su aplicación a la tecnología solar*.