



PUESTA EN MARCHA DE CONCENTRADOR SOLAR HÍBRIDO

Wilson Andrés Vergel Daza-20451922261

Juan Ángel Montañez Novoa-20451625843

Universidad Antonio Nariño

Programa de Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Tunja, Colombia

2022

PUESTA EN MARCHA DE CONCENTRADOR SOLAR HIBRIDO

Wilson Andrés Vergel Daza-20451922261

Juan Ángel Montañez Novoa-20451625843

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

INGENIERO MECÁNICO

Director:

PhD. Carlos Ramón Batista Rodríguez

Línea De Investigación:

Desarrollo de Tecnologías para el aprovechamiento de las fuentes de energía renovables.

Universidad Antonio Nariño

Programa de Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Tunja, Colombia

2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

El Trabajo de Grado titulado

Cumple con los requisitos para optar al título de:

Firma del Tutor

Firma del Jurado

Firma del Jurado

DEDICATORIAS

A mis amados padres; los cuales estuvieron presentes y apoyándome en cada una de las etapas de mi formación profesional, a ellos por guiar mi camino, por insistir en la dedicación y el esfuerzo; a mi padre por sembrar en mí el amor a la ingeniería y a mi madre esa lucides con la que siempre ha guiado mis pasos a ellos les dedico la culminación de este proyecto.

Wilson Andrés Vergel Daza

A todas las personas amigos familiares que desde un principio estuvieron dándonos su apoyo para sacar adelante este proyecto a todas esas personas les dedico este esfuerzo de todo corazón.

Juan Ángel Montañez Novoa

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a mis maestros los cuales guiaron mi proceso de aprendizaje, al ingeniero Carlos Batista por la paciencia con la que guio este proyecto sin él la culminación de este no sería posible y al ingeniero Omar por haber encaminado la culminación de este proyecto de vida.

Wilson Andrés Vergel Daza

En primer lugar, queremos agradecer a nuestros padres por darnos la vida el apoyo el estudio los consejos porque gracias a ellos no hubiéramos alcanzado a lograrlo al ingeniero Carlos Batista por su paciencia y dedicación al orientarnos en los momentos que lo necesitamos por su tiempo y dedicación.

Juan Ángel Montañez Novoa

Tunja, junio del 2022

Tabla de contenido	Pág.
RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	4
INTRODUCCIÓN	5
OBJETIVOS	8
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	8
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
JUSTIFICACIÓN	11
ALCANCE.....	13
LIMITACIONES	13
1. CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO	14
1.1. ENERGIAS LIMPIAS O RENOVABLES.	14
1.2. ENERGÍA SOLAR.....	15
1.3. CONSTANTE SOLAR.....	17
1.4. POSICIÓN SOLAR.....	18
1.5. RADIACION SOLAR.....	19
1.6. CAPTACIÓN SOLAR	21
1.7. HORAS PICO SOLAR.....	23
1.8. GEOMETRÍA DE LA TIERRA	24
1.9. EQUINOCCIO.....	25
1.10. FOCO	26
1.11. COLECTORES SOLARES	26
1.12. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN PROCESOS INDUSTRIALES	28
1.13. DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LA ENERGÍA SOLAR TERMICA.....	29
1.14. CONCENTRADORES SOLARES	29
1.15. LA LENTE FRESNEL.....	32
1.16. LA INVESTIGACION DE LA UAN	34
2. CAPITULO DOS: DISEÑO METODOLÓGICO.....	35
Fase 1: Adaptar	35
Fase 2: Construcción.....	36
Fase 3: Pruebas de funcionamiento	39
Fase 4: Organización y análisis de la información.	42

3. CAPÍTULO TRES: RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	43
ADAPTAR TECNOLOGÍAS QUE PERMITA AUMENTAR LA EFICIENCIA DE LOS CONCENTRADORES SOLARES.	43
CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE CONCENTRADOR SOLAR HÍBRIDO.....	46
<i>Bitácora construcción del prototipo.....</i>	47
MEDIR DE FORMA EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR LA MÁXIMA EFICACIA DEL PROTOTIPO CONCENTRADOR SOLAR HÍBRIDO (CSH)	50
<i>Resultados (lente Fresnel).....</i>	51
<i>Resultados (tubo fluido aire) sin Fresnel.....</i>	53
<i>Resultados (tubo fluido aire) con Fresnel.....</i>	56
<i>Resultados (tubo fluido agua)</i>	60
<i>Resultados (tubo fluido aceite de motor quemado).....</i>	63
4. CAPITULO CUATRO: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES.....	67
5. BIBLIOGRAFÍA	68
6. ANEXOS.....	72

RESUMEN

En los procesos de investigación para el aprovechamiento de energías limpias se indagó cómo aumentar la eficiencia de un concentrador solar parabólico compuesto prototipo de la UAN; implicó investigar el uso de energía solar térmica, encontrando que con relación a la energía solar fotovoltaica tiene menores rangos de investigación y desarrollo. En el diseño del nuevo prototipo “concentrador solar híbrido” utilizando los recursos existentes, se buscó un aumento en la energía calorífica (eficiencia); procurando la combinación de las tres tecnologías, concentrador parabólico 3D, canal parabólico y lente Fresnel. Finalmente se descarta la utilidad del lente Fresnel por la imposibilidad del control del foco de modo manual y se utilizan caloportadores, agua, aceite de motor quemado y aire lo que permitió aumentar la temperatura incluso por encima de los puntos térmicos atípicos del concentrador preexistente obteniendo temperaturas estables de 120°C, teniendo aplicación en la modificación de las propiedades de los fluidos.

Palabras Claves: concentrador solar, lente Fresnel; parábola compuesta, energías limpias, energía solar térmica.

ABSTRACT

In the research processes for the use of clean energy, it was investigated how to increase the efficiency of a UAN prototype composite parabolic solar concentrator; involved investigating the use of thermal solar energy, finding that in relation to photovoltaic solar energy it has lower research and development ranges. In the design of the new prototype "hybrid solar concentrator" using existing resources, an increase in heat energy (efficiency) was sought, seeking the combination of the three technologies, 3D parabolic concentrator, parabolic trough and Fresnel lens. Finally, the usefulness of the Fresnel lens is ruled out due to the impossibility of controlling the focus manually and heat carriers, water, burned engine oil and air are used, which allowed the temperature to be increased even above the atypical thermal points of the pre-existing concentrator, obtaining temperatures stable at 248°F, having application in the modification of the properties of fluids.

Keywords: solar concentrator, Fresnel lens; composite parabola, clean energy, thermal solar energy.

INTRODUCCIÓN

Las energías renovables son aquellas en las que el ritmo de utilización es menor a su ritmo de renovación, es decir, que se regeneran de manera natural o artificial y no se consumen ni se agotan en una escala humana. Entre estas fuentes de energías están: la hidráulica, la solar, la eólica y la de los océanos. Dependiendo de su forma de explotación, también pueden ser catalogadas como renovables la energía proveniente de la biomasa, la energía geotérmica y los biocombustibles (VENEGAS COLL, 2017).

En los últimos tiempos se ha despertado una preocupación por encontrar soluciones técnicas que permitan disminuir la huella de carbono que se ha generado (entre otros aspectos) por el elevado consumo de energía. “La producción, transformación y consumo final de tal cantidad de energía es la causa principal de la degradación ambiental” (Santamarta 2004, p.34), por lo que encontrar nuevas posibilidades energéticas para tratar de prevenirla, aminorarla o disminuirla constituye un aporte al desarrollo energético del futuro.

En la actualidad en acceso a energías renovables, alternativas o blandas para la generalidad de la población, es muy bajo o limitado donde influyen aspectos como: el escaso adelanto de este tipo de energías, los elevados costos para el consumidor final, el desinterés general por la conservación del planeta o el mismo desconocimiento de la población sobre el tema; lo que hace que en casi en su totalidad los hogares y las industrias utilicen fuentes energéticas fósiles. Así las cosas, estudiar fuentes de energía que suplan las necesidades de la humanidad con el menor impacto ambiental o sin este, debe ser de interés general para los gobiernos del mundo y en especial para los investigadores.

En este contexto el sol juega un papel fundamental o irremplazable pues de él se derivan de manera directa o indirecta (en su gran mayoría) fuentes de energías limpias o renovables. El

sol es la estrella más cercana al planeta y se formó hace 5 mil millones de años. Contiene cerca del 99.86% de la masa del sistema solar y está compuesto principalmente de Hidrógeno (74%) y de Helio (24%); las altas temperaturas de su superficie generadas por el proceso de fusión nuclear permiten la liberación y transferencia de energía a través de ondas electromagnéticas, se estima que cada segundo genera 760.000 veces la producción de energía anual a nivel mundial (Rodríguez García, 2017).

Al planeta llega la radiación como la emisión de energía proviene del sol en forma de ondas electromagnéticas, para medirla se utilizan términos de irradiación e irradiancia. La irradiación es la energía que incide en una superficie en un cierto período de tiempo, siendo sus unidades de J/m^2 o unidades equivalentes. se utiliza el símbolo H cuando se considera un período de tiempo de un día y el símbolo I cuando es de una hora. Al hablar de la energía instantánea que impacta en una superficie (potencia), el término utilizado es irradiancia (G), la cual se mide en unidades de W/m^2 o unidades equivalentes. En adelante se utilizará en general el término de radiación, especificando su forma de medición de ser necesario (instantánea, horaria, diaria, etc.) (Rodríguez García, 2017).

La Constante Solar (GCS) se define como la intensidad de energía recibida fuera de la atmósfera por una superficie perpendicular a la propagación de la radiación a una distancia media entre la Tierra y el sol. Su valor se estima en $1367 W/m^2$ y debido a la gran distancia entre la tierra y el sol, así como al gran tamaño de la estrella en comparación con el planeta, se considera que la radiación es emitida de un único punto y que llega de forma paralela (Rodríguez García, 2017).

Se trata de aprovechar esta radiación proveniente del sol para que a través de recursos tecnológicos o equipos que lleguen a los hogares o industrias, estos, puedan ser utilizados en

actividades cotidianas como del calentamiento del agua o producción de energía. El Plan Energético Nacional Colombia: ideario energético 2050, presentado por Ministerio de Minas y Energía (2015), plantea que en la cadena de demanda de energía en el sector residencial e industrial el alto consumo de energía térmica se utiliza para la cocción y el calentamiento de agua. Así las cosas, si el calor y la luz son producidos por la radiación solar, para el caso de estudio el manejo de la radiación en la producción de calor se constituye en la principal variable de análisis.

Este documento no pretende abordar a profundidad una revisión de las energías renovables, alternativas o blandas. Se constituye en una herramienta que pretende a través del mejoramiento de la eficiencia de un prototipo existente; comprobar como el aprovechamiento de la radiación del sol como fuente de la energía solar térmica produce calor y el aprovechamiento de este su vez permite elevar la temperatura del agua u otros fluidos de manera estable. Esta modificación de las propiedades de los fluidos sin duda porta al desarrollo del futuro energético del país o motiva a la población para enfocar nuevas tendencias energéticas.

Los investigadores deciden dar continuidad al estudio de un prototipo existente en la UAN “*Concentrador solar cilindro parabólico combinado con reflector solar de espejo plano*” que logró temperaturas de 100°C y puntos atípicos entre 140°C y 160°C, para aumentar la eficiencia en el calentamiento del agua y probar otros fluidos. Plantearon adaptar tres tecnologías concentrador parabólico 3D, canal parabólico y lente Fresnel, con ello determinar si estas adaptaciones son compatibles permitiendo aumentar la energía calórica manteniendo temperaturas estables, como contribución al país para el logro de los objetivos en materia de generación de energías limpias.

La idea de aumentar y encontrar un punto estable en la temperatura por el calentamiento del agua y otros fluidos como aceite de motor quemado y aire, procurando la unión de las tres

tecnologías, llevó a los investigadores a cuestionarse ¿Cómo aumentar la eficiencia de un concentrador solar? ¿Cómo aumentar la cantidad de fluido que experimentara alteraciones térmicas?

Para finalmente dar solución al cuestionamiento: *¿Cuánto es posible aumentar la temperatura en el calentamiento del agua, con el diseño y la implementación de un prototipo de CONCENTRADOR SOLAR HIBRIDO, utilizando los resultados del “concentrador solar cilindro parabólico combinado con reflector solar de espejo plano” de la UAN?*

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar el prototipo de un CONCENTRADOR SOLAR HIBRIDO, utilizando los resultados del “concentrador solar cilindro parabólico combinado con reflector solar de espejo plano” de la UAN.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Adaptar las tres tecnologías concentrador parabólico 3D, canal parabólico y lente Fresnel en un prototipo de concentrador solar que permita aumentar la eficiencia de los concentradores solares.
- 2) Construir el prototipo de concentrador solar híbrido a partir del prototipo existente y utilizar los resultados para demostrar el incremento de la capacidad en la producción de energías limpias.
- 3) Medir de forma experimental utilizando una tabla de control (tiempo- hora /temperatura y radiación) que permita determinar cuál es la máxima eficacia del prototipo (concentrador solar híbrido).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Ministerio de Minas y Energía de Colombia (2015) en su estudio “*Plan energético nacional Colombia: ideario energético 2050*”, presenta un planteamiento del panorama energético internacional y las nuevas tendencias energéticas, propuestas para elaborar de la política energética del país que con un mínimo impacto ambiental, entre otros aspectos como una preparación del camino hacia la transición a energías renovables o limpias que sean asequibles a todos los colombianos. Se constituyen en una invitación para que los equipos de investigación profundicen en el aprovechamiento de las fuentes de energía renovables.

A pesar de que en los últimos tiempos a nivel mundial se incursiona cada vez más en la indagación de posibilidades para la producción de energías limpias o renovables con el propósito de reducir la producción o el uso de combustibles fósiles y por lo tanto la huella de carbono. Ahora bien, los estudios de la UAN que son de interés de esta investigación como el “Concentrador solar cilindro parabólico combinado con reflector solar de espejo plano”, presentan avances en la indagación en energía solar térmica y la captación de esta dejando abiertas las posibilidades para continuar la investigación y “recomienda diseñar, simular, construir y ensayar diferentes receptores para ser montados en el punto focal y poder extraer el calor producido” (Vargas & Barrera, 2019, pág. 51), para incrementar las temperaturas en el calentamiento del agua.

Por otra parte, el agua caliente destinada al consumo humano (agua potable) se utiliza en duchas, baños, lavaplatos y otros, el referente del uso industrial se da en mayor escala y otros como el uso del vapor para la generación de energía en turbinas, esterilización de equipos o instrumentales en algunos casos, calentamiento de fluidos en procesos industriales entre otros. En la actualidad para el calentamiento del agua en su gran mayoría se utilizan fuentes de energía

no renovables entre las que se encuentra el gas, combustibles subproductos de la extracción petrolífera o energía eléctrica. Cerca del 72% de la energía mundial utilizada proviene de fuentes no renovables (Hagelberg, 2019)

Así las cosas, diseñar, rediseñar, construir y ensayar diferentes receptores de energías solar térmica que permitan el calentamiento del agua utilizado a nivel doméstico/industrial resulta un aporte al mejoramiento de las indagaciones existentes sobre energía limpias o renovables que pretenden reducir el impacto sobre el medio ambiente. Tarea iniciada por los investigadores de la UAN (Vargas & Barrera, 2019), sin embargo, este prototipo según lo planteado por los autores encontró que “al construir un sistema de transmisión de calor hacia una cámara térmica inferior las temperaturas alcanzadas en ella fueron muy bajas, alrededor de 40°C” (pág. 51). Sin embargo, este prototipo utiliza un único caloportador, el agua.

Utilizar concentradores solares como dispositivos que fueron desarrollados para el aprovechamiento de la energía solar térmica por medio de la concentración óptica de la radiación solar que permiten incrementar las temperaturas en los fluidos. Según Barrera (2015), en la última década se acentúan 4 tipos de concentradores solares que se agrupan según sus propiedades, características y usos, como concentradores de canal parabólico, de disco parabólico, concentrador de torre central, concentrador Fresnel lineal.

Frente a este contexto se plantea el cuestionamiento de ¿Cómo aumentar la eficiencia de un concentrador solar? existente en la UAN. Partiendo de esta pregunta se debe tener en mente que los concentradores solares tienen un punto focal, por lo que se debe buscar un aumento de eficiencia incrementando la cantidad de fluido que se podría aprovechar; la transferencia de calor en el foco.

Lo que los lleva a cuestionarse ¿Cómo aumentar la cantidad del fluido que experimentara alteraciones térmicas? utilizando la información y prototipo disponible de concentrador

parabólico compuesto 3D construido en la sede Tunja en 2019, frente a la posibilidad de adaptar un canal parabólico y lente Fresnel para buscar la eficiencia en el calentamiento del agua.

JUSTIFICACIÓN

En el campo del estudio de la utilización de la energía solar térmica, se han desarrollado varios sistemas y existen muchas posibilidades para desarrollar dichos recursos. Sin embargo, en comparación con los sistemas tradicionales que utilizan combustibles fósiles, todavía no son competitivos en términos de producción de energía.

La creciente demanda en el mundo por identificar nuevas formas de producción de energía limpias, renovables, que a su vez permitan bajar la huella de carbono y disminuir los altos costos en el consumo de energía eléctrica ha llevado a investigar la más primitiva fuente de energía, el sol. Aprovechar la radiación solar es propagada a lo largo del espacio hasta llegar a la tierra como fuente de energía que pueda ser transformada en calor o en energía eléctrica; según Martínez 2010, esta transformación del sol en calor es conocida como energía solar térmica; que consisten en una transformación de la radiación solar en calor aprovechable, este calor bajo las unidades de W/m^2 considerando que estos watts son térmicos y su captación depende del área superficial que focalice la energía solar.

En la sede Tunja de la UAN se ha trabajado intensamente en el desarrollo y evaluación de tecnologías basadas en fuentes renovables de energía. Dentro de ellas, se diseñó y construyó en 2019 un “concentrador solar cilindro parabólico combinado con reflector solar de espejo plano” (en lo adelante, CPC), cuyos resultados fueron que con radiaciones superiores a los $1000 w/m^2$, alcanzó temperaturas superiores a los $100^{\circ}C$ en su punto focal y en determinados momentos alcanzó temperaturas entre 140° y 150° .

Con el trabajo realizado se verificó que el proyecto base partía de un punto focal donde alcanzaba determinadas temperaturas y al modificar un CPC, se pudo mejorar la eficiencia en la producción de temperatura del agua u otros fluidos. Se planteó que al aumentar el fluido que va a sufrir la variación de temperatura, obteniendo una línea focal permitirá tener una mayor temperatura (mayor eficiencia), se planeó que al dividir el CPC se obtendrían dos medios focos y al unirlos a una canal de parábola compuesta estos medios focos se unirían por una línea focal; posiblemente de menor temperatura que los medios focos formados por las mitades del CPC; teniendo ese montaje se planea hacer coincidir uno de los medios focos con el foco proveniente del lente Fresnel.

Ya se ha planteado que la energía solar es limpia e inagotable y que se deben buscar soluciones alternativas para reducir el costo de construcción de estos sistemas y tener una mayor eficiencia, adecuada para la industria y las comunidades en general, por lo que se ha considerado que era posible y conveniente integrar estas tres tecnologías:

- El concentrador solar parabólico compuesto 3D
- Un canal parabólico
- Un lente Fresnel

La unión de estas tres tecnologías a criterio de los investigadores será denominada “Concentrador solar híbrido” y en el proceso experimental se verificará la utilidad de la integración estas tres tecnologías en términos de funcionamiento y compatibilidad. La integración de una, otra o las tres debe permitir el aumento de los valores en las temperaturas con caloportadores de agua (modelo original), aceite de motor quemado y aire. Identificar el mayor provecho posible en el proceso de integración de estas tecnologías con el uso otros

caloportadores, contribuye a modificar las propiedades de los fluidos con lo que se aportará a la producción de conocimiento científico.

ALCANCE

Se dispondrá de la tecnología ensamblada con sus tres partes integrantes: concentrador parabólico compuesto 3D, canal parabólico y lente Fresnel.

LIMITACIONES

Solamente se desarrollará la reconstrucción del prototipo existente de concentrador parabólico compuesto 3D mediante la integración con un concentrador de canal parabólico compuesto y la posibilidad de la integración con la lente Fresnel sin incluir el sistema electrónico que debe estar asociado en el futuro en la optimización del funcionamiento.

1. CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

La energía solar es una de las energías más estudiadas en los últimos años esto en vista a que esencialmente es una fuente de energía limpia con una posibilidad de darle un doble aprovechamiento; la radiación solar que llega a la tierra permite emplear esta energía de dos formas, a través de paneles foto voltaicos para la obtención de energía eléctrica obtenida de forma limpia, no obstante, esta forma de obtención de energía aún necesita atención e investigación ya que de media un panel solar o celda foto voltaica es capaz de captar y convertir energía solar en electricidad con una eficiencia media del 30% perdiéndose así gran parte de la energía aprovechable (Castro, 2020).

1.1. ENERGIAS LIMPIAS O RENOVABLES.

Merino (2012), en su estudio sobre energías renovables plantea que una de las potencialidades que tiene la energía es producir trabajo o calor y son aquellas que se producen de manera natural, continua, siendo inagotables a escala humana. El sol como fuente de calor se encuentra en el centro de estas energías, e interviene en aspectos de la vida del hombre como vivir y crecer, es aprovechado para producir energías solares térmica y fotovoltaica. Las energías renovables son inagotables, un ejemplo de esto es la radiación solar llega a la atmósfera de la Tierra y que puede ser utilizada para producir calor o electricidad.

Según Altamirano (2015) si se recogiera de forma adecuada la radiación solar que es emitida por el sol y llega a la tierra, está, aportaría la energía necesaria que para el consumo humano. Esta energía tiene dos componentes “la radiación solar: la radiación directa y la radiación difusa. La radiación directa es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. La difusa es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los

múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes, y el resto de los elementos atmosféricos y terrestres” (Altamirano, 2015, p. 25)

Barragozza & del Risco (2002), realizan un estudio en el que analizan las posibilidades de aprovechamiento de la energía que produce el sol a partir de las temperaturas que puede desarrollar esta “esfera”, la distancia y posición de los ángulos solares relacionados con su trayectoria con relación a la tierra como se muestra en la (figura 1), el movimiento aparente del sol, que plantea está regido por leyes de la mecánica celeste. Determina que el “sol recorre 15° cada hora (360° en 24 horas) y se mide a partir del mediodía, con ángulos negativos antes del mediodía y positivos después del mediodía y en Colombia la definición de medio día solar local son las 12:00 m. y es considerado el momento en el que el sol está en cenit de su recorrido. Para establecer el mayor aprovechamiento de la energía solar tiene en cuenta el ángulo solar y este es determinado por la posición del sol con relación a la ahora considerada.

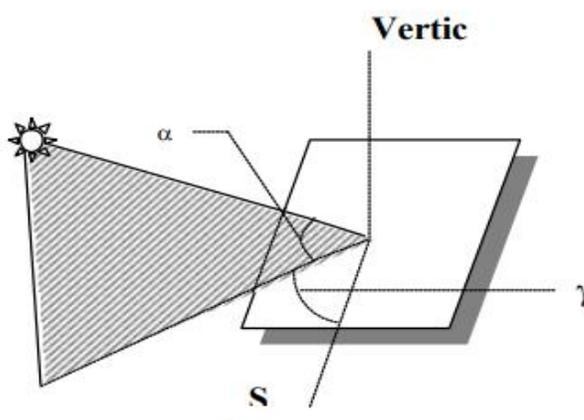


Figura 1. Ángulos de posición del sol Barragozza & del Risco 2002

1.2. ENERGÍA SOLAR

La principal fuente de energía en la tierra es la energía solar, la radiación solar que llega a la superficie terrestre son partículas de radiación provenientes de la atmósfera superior del sol.

De acuerdo con Piriz (2013) quien referencia a (Orbegozo et. al., 2010a) plantea que la energía producida por el sol es el resultado de “reacciones nucleares de fusión que llegan a la Tierra a través del espacio en paquetes de energía llamados fotones (luz), que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestres” (p.10).

Las propiedades inagotables del sol lo convierten en uno de los recursos renovables más beneficiosos. Tiene un bajo impacto en el medio ambiente ya que no genera residuos ni emite gases de efecto invernadero. La energía proveniente del sol como la radiación solar tiene muchas ventajas a manera de ejemplo es una energía renovable, es decir es inagotable a través del tiempo, no se extinguen con su uso, producen menor impacto ambiental. En cuanto a las desventajas, es la dependencia de la cantidad de luz solar que cae sobre la superficie de cada región de la Tierra, de acuerdo con (AQUAE, 2022), el sol no llega a todas las partes del mundo de la misma manera.

La energía generada por el sol llega a la tierra a través del espacio de dos formas diferentes: la radiación difusa que llega a través de la reflexión absorbida por el aire y polvo atmosférico y radiación directa (la de mayor importancia) siendo una de las fuentes de energía más abundante. Según (González, Hernández, Núñez & Rúa, 2020) una cantidad energética estimada de 885 TWh, cifra suministrada por el sol a lo largo del año y según cifras presentadas por la agencia internacional de energía, esta es alrededor de 6200 veces la energía empleada por el hombre en el mismo periodo.

Tiene dos comportamientos, aquella que es obtenida por el espectro lumínico del sol produciendo al llegar a la tierra energía solar foto voltaica o la que se produce por su espectro térmico de la cual provienen la energía solar térmica; de esta última se obtiene calor, para la aplicación de la energía solar térmica se emplean espejos o materiales reflectivos en

construcciones geométricas cuyo propósito es focalizar y generar puntos o líneas focales; a estas construcciones geométricas se les conoce como colectores solares, empleados para concentrar la energía solar térmica en fluidos, tuberías o incluso para el aprovechamiento de edificios como termo acondicionadores u otro tipo de instalaciones. Esto según Infantes, 2018.

1.3. CONSTANTE SOLAR

La constante solar se define como la cantidad de energía solar (W/m^2) que alcanza la parte superior de la atmósfera (extraterrestre) a la distancia media entre la Tierra y el Sol. Su valor medio es de $1367,7 \text{ W}/\text{m}^2$, la distribución espectral se muestra en la (figura 2), Las líneas de absorción de Fraunhofer se pueden ver en longitudes de onda más cortas, que están relacionadas con la longitud de onda producida por los elementos presentes en la combustión del sol, estas son empleadas para la medición de mareas y explosiones solares para identificar la intensidad de la radiación y es la radiación media captada fuera de la atmósfera terrestre (Cira, 2022)

De acuerdo con (Marroquín, 2001), El IPCC (Panel Internacional de Expertos para el Estudio del Cambio Climático) ha sostenido que la variación de la constante solar (I) es menor al 0.1% lo que representa que las variaciones en las mediciones entregadas por la estación espacial internacional en un lapso corto son despreciables, las variaciones en irradiancia solar son generalmente cíclicas aumentando y disminuyendo en periodos de tiempo largos.

Según (Placencia, Matos, Posadas & Cabrera, 2007) la organización Meteorológica Mundial (WMO por sus siglas en inglés) define la constante solar como la media de la radiación recibida a lo largo del año; esto debido a que a lo largo del año el sol presenta dos posiciones con respecto a la tierra una en la que se encuentra a mayor distancia o afelio y una a menor

distancia o perihelio ocasionando que la radiación varíe; recomiendan asignarle el valor de 1367

W/m^2 .

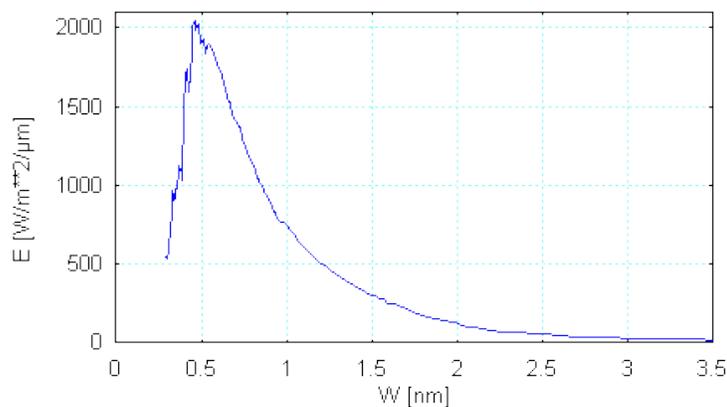


Figura 2. distribución espectral (Cira, 2022)

1.4. POSICIÓN SOLAR

La Tierra determina en su movimiento de traslación alrededor del sol sobre el eje horizontal (correspondiente al ecuador) en un ángulo de $23^{\circ} 27''$, como se muestran en la (figura 3). Así, la posición del sol desde el punto de vista de la tierra cambia su altitud una estación del año (Aparicio, 2010). La posición de la ciudad de Tunja ubicada en el Departamento de Boyacá de Colombia; ciudad donde se realizan las pruebas es $5^{\circ}32'7''N$ $73^{\circ}22'04''O$ en longitud y latitud; estas coordenadas sitúan la ciudad en la posición sol – tierra sobre la línea del ecuador identificando la zona por donde se recibe la radiación solar.

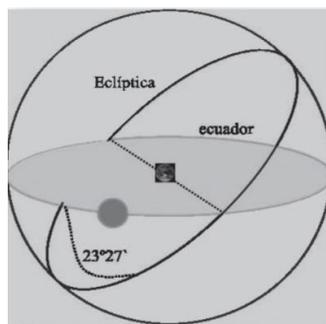


Figura 3. posición sol-tierra sobre la línea del ecuador (Aparicio, 2010)

De acuerdo con (Vaca, 2018), debido a la ubicación geográfica del Ecuador se obtienen niveles de radiación solar en contra a otras ubicaciones geográficas en el planeta; a modo de ejemplo en el Ecuador se obtienen valores de $2000 \text{ kWh}/\text{m}^2$ valores considerablemente elevados si se comparan con países como Alemania donde los valores no superan los $1200 \text{ kWh}/\text{m}^2$.

1.5. RADIACION SOLAR

“La radiación solar es la energía emitida por el Sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Esa energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima. La energía procedente del Sol es radiación electromagnética proporcionada por las reacciones del hidrógeno en el núcleo del Sol por fusión nuclear y emitida por la superficie solar.

El Sol emite energía en forma de radiación de onda corta. Después de pasar por la atmósfera, donde sufre un proceso de debilitamiento por la difusión, reflexión en las nubes y de absorción por las moléculas de gases (como el ozono y el vapor de agua) y por partículas en suspensión, la radiación solar alcanza la superficie terrestre oceánica y continental que la refleja o la absorbe. La cantidad de radiación absorbida por la superficie es devuelta en dirección al espacio exterior en forma de radiación de onda larga, con lo cual se transmite calor a la atmósfera.” (IDEAM, 2022)

El Sol es una estrella con una temperatura superficial aproximada de 5.800 K con un diámetro de 13.9×10^5 kilómetros. La energía que irradia proviene de las reacciones nucleares que ocurren en su centro donde las temperaturas son considerablemente mayores a 15.600.000 K. y está constantemente irradiando la Tierra. El Sol constantemente está fusionando 6×10^{14} kilogramos de hidrógeno por segundo, esta masa se convierte a energía, expresión $E = mc^2$ que se transporta a la superficie a través de difusión radiativa y convección. Donde la cantidad

de hidrógeno en el núcleo es suficiente para continuar emitiendo por 5 mil millones de años lo que permite que el flujo radiactivo emitido se considere constante para el diseño de distintos proyectos.

El Sol emite ondas unas electromagnéticas las cuales viajan en un promedio de 149.600.000 kilómetros hacia la Tierra, con una densidad de potencia radiactiva de 1381 W/m^2 distribuida a lo largo del espectro de frecuencia. La atmósfera absorbe una porción de los fotones, donde convierte su energía en calor, y refleja otra porción. A la tierra la densidad de radiación que llega depende de las condiciones locales, pero se promedia utilizando un espectro a nivel de mar bajo condiciones estándar de presión, atmósfera y humedad llegando a un valor de 1000 W/m^2 para el mediodía solar, es decir cuando el sol incide perpendicularmente sobre la superficie.

Para calcular la potencia solar de una ubicación en específico se utilizan ecuaciones simples que permiten calcular la latitud, fecha, hora y las condiciones atmosféricas. Con esto se considera el ángulo cenital Θ y el factor de transmisión de la atmósfera T_N

$$G_s = G_0 \cos(\Theta) T_N$$

G_s es la densidad de flujo radiactivo en la superficie

G_0 la densidad de radiación que llega al exterior de la atmósfera terrestre

Debido a la distancia entre el sol y la tierra, la radiación solar emitida por el sol es muy atenuada cuando llega a la atmósfera terrestre (aproximadamente $1.360 \text{ vatios/metro cuadrado} - \text{ W/m}^2$). Esta radiación luego es suprimida por la atmósfera, de modo que la radiación en la superficie de la Tierra es de aproximadamente 1000 W/m^2 . Hay tres tipos de radiación solar dependiendo de cómo inciden los rayos del Sol sobre la Tierra:

- **Directa:** es la recibida desde el Sol sin que se desvíe en su paso por la atmosfera.
- **Difusa:** es la que sufre cambios en su dirección principalmente debidos a la reflexión y difusión en la atmósfera.
- **Albedo o reflejada:** es la radiación directa y difusa que se recibe por reflexión en el suelo u otras superficies próximas.

De estos tres, la radiación directa es la más grande e importante en aplicaciones fotoeléctricas y fototérmicas. Aunque en días nublados (por razones meteorológicas) no se recibe radiación directa (u otras obstrucciones), la radiación solar se sigue recibiendo en la superficie por radiación difusa y se denominan días de baja radiación solar. Así, la irradiancia solar total será la suma de todos los tipos de radiación. Esta también depende de la naturaleza del suelo, por ejemplo, la nieve refleja más que la vegetación (figura4)

Radiación Total= Radiación directa + Radiación difusa + Radiación de albedo (Aparicio, 2010)

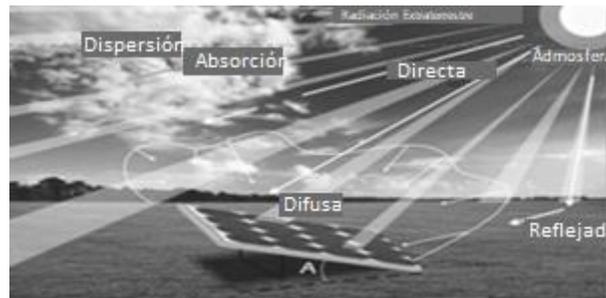


Figura 4. radiación (Aparicio, 2010)

1.6. CAPTACIÓN SOLAR

El aprovechamiento energético del sol directo o indirecto de forma natural como lo explica la (figura 5) o artificial; este aprovechamiento es una constante en la estructura agrícola, urbana, industrial, entre otros. Hace Mayor el aprovechamiento de la energía solar llevando su

aplicación a sistemas modernos, más dinámicos y directos constituyen un objetivo en la época reciente.

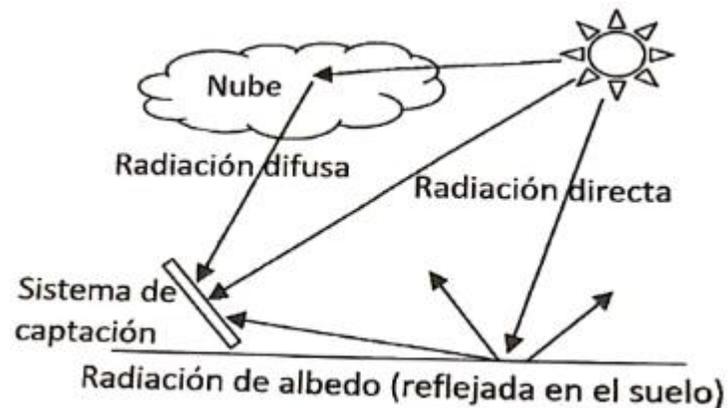


Figura 5. Energía del sol que llega a la tierra. Extraído de: Aulafacil.com

Según Onofa (2015) a través de colectores solares, la energía solar puede tener dos tipos de transformaciones; utilizando paneles fotovoltaicos la energía solar se transforma en energía eléctrica y a través de captadores solares esta se transforma en energía solar térmica. Así mismo en centrales térmicas solares se utiliza la energía térmica de los colectores para generar electricidad. Además, se presenta una diferencia entre los captadores de energía solar como activos (que captan la energía solar directa) y pasivos.

Características de la energía solar como fuente de energía

- Calidad energética elevada
- Pequeño o nulo impacto ecológico
- Inagotable

Problemas de la energía solar

- Se produce de forma semi-aleatoria, estando sometida a ciclos día-noche y estacionales invierno-verano.
- Llega dispersa a la tierra

- No se almacena de forma directa, siendo necesario una transformación energética.
- El efecto térmico producido en la energía solar hace posible que el hombre lo utilice directamente, mediante diferentes dispositivos artificiales para concentrarlo. Al ser interceptada la energía solar por una superficie absorbente se degrada y aparece el efecto térmico. Esto se consigue sin intervención de elementos mecánicos (pasivamente) o con mediación de estos (activamente).
- La captación activa se divide en baja temperatura, media temperatura y alta temperatura, según el tipo de seguimiento y que la captación sea directa, de bajo índice de concentración o de alto índice.

Colombia está entre los países latinoamericanos con niveles más altos de radiación solar en W/m^2 . Esto para la zona andina los valores oscilan desde $32 Kwh/m^2$ Día de la zona andina y parte de la Amazonia, hasta $6.3 Kwh/m^2$ Día en la zona costera y guajira. (Vargas & Barrera, 2019)

1.7. HORAS PICO SOLAR

La energía resultante se recolecta solo durante un período de tiempo específico, medido en horas, conocido como las horas pico del sol. Está representado por sus siglas “HPS” se utiliza para calcular la energía consumida por los colectores solares y se utilizará para determinar el tamaño de la instalación. HPS puede variar de 3 a 7 horas por día según el mes y el lugar de instalación, así mismo puede variar de 3,5 horas (Colombia del Norte) a 6 horas (Colombia del Sur) según el área geográfica de instalación. De acuerdo con (Bautista, 2017) y los datos recopilados del (18-12-2012 a 11-02-16) que se aprecian gráficamente en la (figura 6), de la estación meteorológica de la Universidad Santo Tomas Tunja, donde se obtuvo una gráfica de

radiación solar que concuerda con lo anterior, por lo que se puede establecer un horario de aprovechamiento de radiación solar desde las 8 Am a 3 pm.

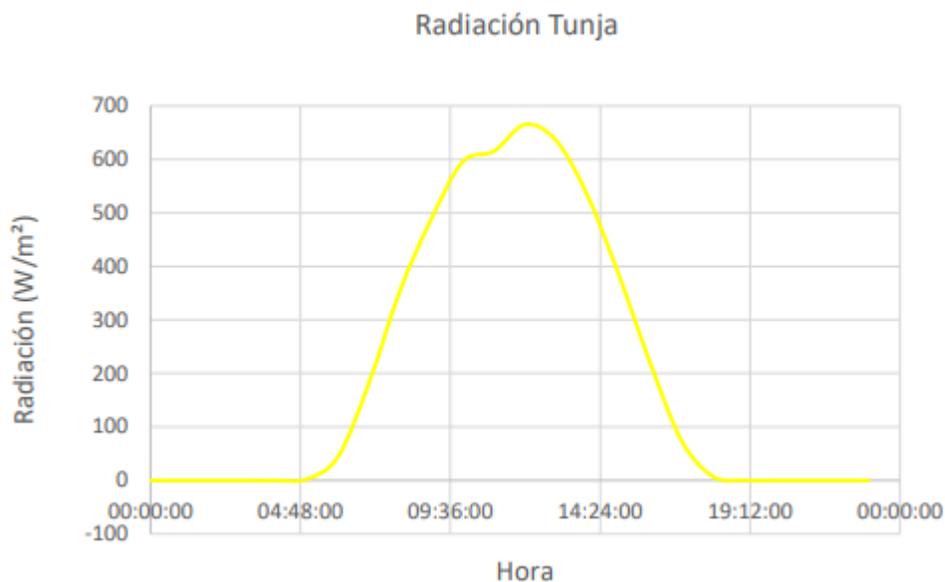


Figura 6. Grafica horas pico solares. (Bautista, 2017)

1.8.GEOMETRÍA DE LA TIERRA

Hablar de la geométrica de un planeta tan complejo como la tierra es un tanto complicado, es por esto que para agilizar esta breve explicación se dan como obviada la definición de círculo, esfera y elipse ya que geoméricamente hablando la tierra no se podría categorizar como ninguna de estas figuras geométricas; en el caso de una circunferencia y una elipse la respuesta es muy evidente, la tierra no es plana ahora el caso de la esfera es un tanto más complejo debido a que la tierra es achatada en sus polos por lo tanto la respuesta lógica al tratar de geometría de la tierra sería una elipsoide; aunque la realidad es muy distante a esto ya que la tierra tiene deformaciones que le dan relieve, es por eso que la geometría de la tierra pertenece a un grupo geométrico normalmente orientado a los planetas la geometría de la tierra

es la de un geoide; una figura geométrica similar a un elipsoide pero con relieve. Además, para poder medir la tierra y orientarse en esta se utilizan líneas denominadas meridianos y paralelos y de allí provienen las coordenadas. (Delgado, 2022)

1.9. EQUINOCIO

La Rae (Real Academia de la Lengua Española) define el equinoccio como dos momentos anuales en los que al encontrarse el sol sobre el ecuador tanto el día como la noche tiene la misma duración y en todos los países del mundo, el sol sale por el este y se pone por el oeste (Rae, 2022). Nuestro planeta gira alrededor del sol con una inclinación de unos 23,5 grados en el plano de su órbita, lo que significa que en algunas partes del globo terráqueo tengan noches que duran meses y días en los que su duración sobrepasa la puesta del sol convencional, esto regido por la estación por la que se curse.

Sin embargo, el sol también puede moverse hacia el norte durante la mitad del año y hacia el sur durante la otra mitad del año, dependiendo de su ubicación. Alrededor de julio los días son más largos en el hemisferio norte y más cortos en el hemisferio sur y en diciembre, ocurre lo contrario, con horas de luz más largas en el hemisferio sur y horas de luz más cortas en el hemisferio norte.

Dos veces al año (marzo y septiembre), la inclinación de la Tierra se ajusta a su órbita alrededor del Sol. Durante el equinoccio, el sol está directamente sobre el ecuador y ambos hemisferios reciben el mismo número de horas de luz solar. También en estos momentos, una línea imaginaria que divide el día y la noche (conocida como línea gris o zona crepuscular) corta la Tierra por la mitad y recorre los polos Norte y Sur. Durante el equinoccio, el día y la noche no son exactamente iguales porque la Tierra recibe unos minutos más de luz que la zona oscura. Esto se debe a que el amanecer se produce cuando la parte superior del sol gira alrededor del

horizonte y la puesta del sol se produce cuando el sol desaparece por debajo del horizonte. Así, en el momento de la división la Tierra proporciona unos minutos más de luz en lugar de oscuridad, la atmósfera refracta la luz solar y la ayuda a moverse alrededor de la Tierra (es decir, a través del hemisferio oscuro) durante un breve período de tiempo, incluso después de la puesta del sol. (INTERESANT, 2022)

1.10. FOCO

Para poder conocer el significado del término foco se hace necesario, en primer lugar, descubrir el origen etimológico del mismo. En este caso, se puede exponer que procede del latín, en concreto de la palabra “focus”, que puede traducirse como “fuego del hogar”. Este concepto tiene varios usos: el primero que menciona el diccionario de la Real Academia Española (RAE) alude a una lámpara eléctrica cuya luz se direcciona en un cierto punto.

El foco, por lo tanto, puede ser un instrumento óptico que proyectan la luz hacia una zona específica. Hay focos en los teatros, en los estudios de cine y TV, en los estadios y en muchos otros lugares. En un sentido más amplio, se llama foco a un reflector o aparato del cual salen haces de rayos caloríficos o luminosos. De acuerdo con la región, el término se utiliza con mayor especificidad. (Rae, 2022).

1.11. COLECTORES SOLARES

Las tecnologías solares se han usado en todas las épocas, no obstante, su primera mención data del siglo VI con los espejos metálicos usados en la defensa de Siracusa por Arquímedes en la antigua Grecia (Posso, 2002). Al mismo tiempo, el científico suizo Horace-Benedict de Saussure (1740-1799) inventó lo que se cree que es el precursor de los colectores actuales, sin embargo, su uso para la generación de calor no se desarrolló hasta la década de

1970. Una persona que realmente desempeñó un papel clave en el desarrollo de la energía solar fue Augustin Mouchot (1825-1912), quien desarrolló el primer sensor solar en 1868, muchos siguieron sus pasos, de manera destacada John Erikson, quien diseñó un colector parabólico en 1870 que había estado en uso durante más de 100 años y Aubry Eneas, quien fundó la primera empresa solar en 1870. en 1900 The Solar Motor Co.

En 1878, en la Exposición Universal de París, el profesor de matemáticas Augustin Mouchot presentó un colector solar con una superficie de 20 m² y fue galardonado con una medalla de oro. Este antiguo maestro creía que el carbón como materia prima pronto se acabaría y el sol sería la energía del futuro. Cuatro años más tarde, el ingeniero Abel Pifret usó el mismo tipo de concentrador solar para impulsar una máquina de vapor, lo que le permitió imprimir periódicos. En 1891, Clarence Kemp inventó y patentó un calentador solar como fuente de agua caliente sanitaria. Usó una jarra de pintura negra en la vitrina. De esta forma, el calor generado calentará el agua lo suficiente como para crear un baño. Pero ninguna figura en la historia de la energía solar fue tan ambiciosa como Frank Schumann (1862-1918). Shuman fundó su empresa Sun Power Co en 1911, construyó su primera planta de energía solar en Tankoni, EE. UU. en 1911 con una capacidad total de 20 kW. Luego, en 1912, abrió otra planta de energía solar en Maadi, Egipto, generando 88 kW.

Sin embargo, la primera demostración de ingeniería a gran escala relacionada al sol como fuente de energía fue del ingeniero Charles Wilson, en las salinas en Chile, en la provincia de Antofagasta, instaló en 1872 un destilador solar de aproximadamente 5.000 metros cuadrados, que producía alrededor de 21.500 litros de agua para los trabajadores de las faenas mineras del salitre, este destilador funcionó hasta el cierre de la mina (Sarmiento M., 2007)

1.12. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN PROCESOS INDUSTRIALES

Las instalaciones industriales se enfrentan a la necesidad de aumentar la eficiencia para optimizar procesos cada vez más automatizados y económicos en consumo de materias primas básicas en plantas industriales. La clave para lograr la optimización operativa de la industria es un buen seguimiento de los consumos y su posterior análisis para identificar oportunidades de mejora. (IDAE, 2022)

Las superficies planas o que se asemejen a una superficie plana captaran radiación solar; parte de la radiación se absorbe y la superficie se calienta; el color de las superficies influye mucho en este calentamiento, una superficie de un tono más oscuro se calentará más que una de uno más claro, el color negro, en especial el negro mate es el que posee una mayor absorbancia. Una superficie brillante, como metal pulido reflejará la mayor parte de la radiación; el tono con menor absorbancia es el blanco; los tonos plata y acabado espejo reflejan tan bien la radiación solar, por este principio los espejos se han empleado en procesos industriales como un eje crucial en el aprovechamiento de la energía solar térmica (Martínez, 2009)

La energía solar térmica en cuestiones de procesos industriales no es altamente utilizada, sin embargo, hay procesos en los cuales su aplicación es posible; en la actualidad la energía solar térmica en su mayoría se utiliza en procesos de intercambio de calor con fluidos, es decir en su mayoría se le dan aplicaciones domésticas; no obstante Loizaga (2017). defiende la utilización de esta energía en procesos industriales para este caso puntual, a través de un captador solar plano en un proceso industrial de producción de cerveza. Defiende que con este tipo de captador solar que aprovecha la energía de la radiación solar, transformándola en energía térmica de baja temperatura (rangos entre los 20 y 60 °C) se puede incluir la energía solar

térmica a modo de ahorro eficiente en el proceso de envasado, proceso que genera un consumo térmico de alrededor de un 30% en la elaboración de cerveza.

Propone el método de (f-Chart) que permite realizar el cálculo de cobertura de un sistema solar obteniendo un factor de demanda del 40.39% para cervecerías pequeñas, para 60 paneles en paralelo y un factor de demanda para grandes cervecerías de 7.75%, en resumen, aunque su aplicación a cervecerías grandes no es muy viable si lo es en cervecerías artesanales incluyendo así la energía solar térmica dentro de los procesos industriales. (Loizaga Barrera, 2017)

1.13. DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

En la actualidad se puede considerar que hay una tendencia la aplicación de fuentes de energía solar foto voltaica, sin embargo, la captación de radiación solar en los módulos solo llega al 20%, perseguir un aumento en la capacidad captación se logra mediante el uso seguidores solares que estén asociados de manera eficiente a los módulos, sin embargo, estas tecnologías son de mayor aplicación en paneles solares foto voltaicos, no en la utilización de fuentes de energía solar térmica. Los concentradores solares son dispositivos más sencillos que focalizan radiación y en superficies de concentración ópticas para temperaturas superiores a 200°C se deben utilizar cristales reflectivos y la forma de estos debe copiar la geometría del solido revolucionado que se utilice. Estas tecnologías solares térmicas han tenido un pobre desarrollo con respecto a las energías solares fotovoltaicas (Martorelli Luis C, 2017)

1.14. CONCENTRADORES SOLARES

Un concentrador solar es un sistema de captación de energía solar térmica que su funcionamiento se basa en el aprovechamiento de la reflexión de los rayos solares, por lo general se trata de espejos alineados cuyo objetivo es concentrar los rayos solares. El uso de

concentradores solares permite reducir el consumo de combustibles fósiles en tareas que convencionalmente lo requieren, como es el caso de las centrales solares. Su funcionamiento en un principio es similar a las termo eléctricas, la diferencia radica en que el combustible de una central solar es la radiación direccionada a través de espejos la cual produce vapor e impulsa las turbinas que transforman energía mecánica en energía eléctrica convirtiéndola en una energía limpia y renovable al extraer fuentes calóricas como el coque, reduciendo las emanaciones de CO_2 a la atmosfera. (Planas, 2022).

La radiación disponible en zonas de alta heliofanía (transparencia de la atmosfera) es donde los concentradores solares se desempeñan mejor como energía de aplicación térmica donde la radiación es proporcional al área superficial reflectiva; es importante aclarar que hay dos tipos de aprovechamiento de la energía solar térmica proporcionada por los concentradores solares aquella de baja temperatura, normalmente proporcionada por los colectores solares planos, cuando se necesitan temperaturas no superiores a los $150^{\circ}C$ y de alta temperatura (hasta varios miles de grados) empleadas por lo menos en la industria de la pulvimetalurgia donde se requieren altas temperaturas, estas temperaturas se alcanzan gracias a grandes deflectores solares focalizados a un solo punto en forma de parábolas o paraboloides. (Dómine, 2013).

Ya se ha mencionado que otra forma de aprovechamiento de la energía solar es la de captación de calor a través de la radiación; para este propósito el concentrador solar cuenta con una parábola compuesta por lo que se debe hablar del desarrollo del Concentrador Parabólico Compuesto (en adelante llamado CPC) en coordenadas polares. La tecnología de canal parabólico se aplica con la finalidad de dotar a la industria nacional de una alternativa energética adicional que pudiera integrarse en sus esquemas de generación de calor reduciendo el consumo de combustibles fósiles. Se ha avanzado en la práctica a través de varios prototipos lo que puede

reflectantes que aprovechan los rayos del sol (radiación solar). Su aspecto físico y sus parámetros geométricos suelen ser similares como se muestra en la (figura 8), generalmente están constituidos por un conjunto de espejos alineados. En las plantas de energía solar utilizan la energía térmica para generar vapor, elevando la temperatura del fluido que mueve generalmente una turbina, de esta forma, la turbina alimentada por el vapor obtenido y convierte la radiación en energía eléctrica. El uso de concentradores solares para captar este tipo de energía reduce el consumo de combustibles fósiles constituyéndose en una energía limpia que no favorece el cambio climático (Duffie & Beckman, 2013).

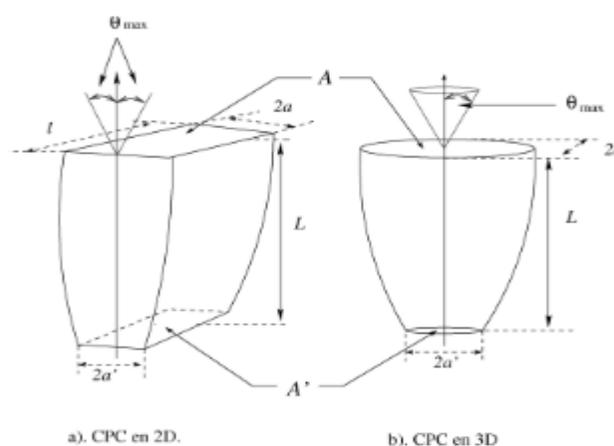


Figura 8. Aspecto físico del CPC y sus parámetros geométricos: a) el concentrador CPC en 2D; b) concentrador CPC en 3D (S & P., 2009)

1.15. LALENTE FRESNEL

En las aplicaciones de recolección de luz se encuentra la lente Fresnel ver (figura 9), esta, es una lente compacta desarrollada originalmente por el físico francés Agustín-Jean Fresnel para ser utilizada en los faros. Son ligeras y están disponibles en innumerables tamaños, proporcionan capacidades ideales de recolección de luz y por lo general están hechas de plástico o vidrio. Normalmente una lente Fresnel se utiliza en sistemas de condensador u operaciones de detector/emisor, proporcionan aumento en lentes de proyección y en dispositivos de iluminación. Con una lente Fresnel la lente óptica convencional se reemplaza, teniendo en cuenta que, la

eficiencia para refractar individualmente superficies, doblar los rayos de luz paralelos y de enfoque se incrementan. (Duffie & Beckman, 2013).

La ventaja de usar una lente Fresnel es que, aunque son físicamente más estrechas que otras lentes, pueden enfocar la luz de la misma manera que una lente óptica convencional, pero en un modelo más pequeño y delgado. Estas lentes no dispersan la luz a través de un medio, lo que significa que la mayor parte del material en el centro de la lente aumentará la absorción de radiación concentrándola en el objeto que se está visualizando.

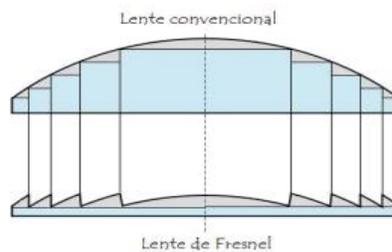


Figura 9: Lente Fresnel.

Augustin-Jean Fresnel (1778-1827) fue un físico francés que trabajó como ingeniero de puentes, continuó las investigaciones de Thomas Young sobre la interferencia de la luz, realizó experimentos para investigar esta interferencia de la luz utilizando un espejo de Fresnel. Escribió un artículo sobre refracción, de donde surgió que la teoría ondulatoria de la luz que podría explicar la interferencia y refracción.

Las lentes de Fresnel son vidrios tallados o plásticos fabricados de la misma forma, cuya misión es hacer que los rayos de luz se comporten, al atravesarlas, como cuando atraviesan lentes planoconvexas. Los rayos de luz que llegan paralelos al eje óptico tienden a concentrarse en un punto o foco (se focalizan). Los rayos que salen del foco transversal la lente y salen paralelos al eje óptico en un tubo de luz, es decir, colimados ver (figura 10)

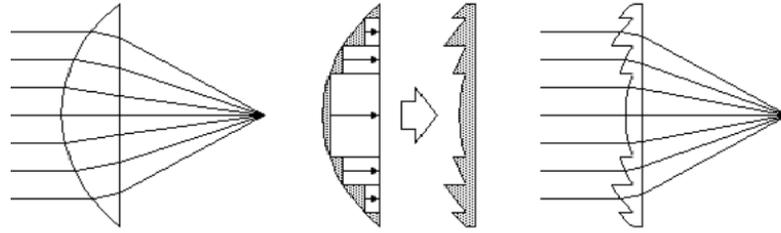


Figura 10. Esquema donde se ilustra como los rayos de luz se comportan al atravesar una lente planoconvexa (izquierda) y una Lente de Fresnel (derecha).

1.16. LA INVESTIGACION DE LA UAN

Los equipos de investigación de la Universidad Antonio Nariño UAN, (Vargas & Barrera, 2019) ya habían realizado indagaciones al respecto del problema de investigación y elaboraron un prototipo de "concentrador solar cilindro parabólico combinado con reflector solar de espejo plano", donde concluyen que "con radiaciones superiores a los $1000 \text{ W}/\text{m}^2$, el CPCs, alcanza temperaturas superiores a los 100°C en su punto focal y en determinados momentos alcanzo temperaturas entre 140°C y 160°C ", y en el "sistema de transmisión de calor hacia una cámara térmica inferior las temperaturas alcanzadas en ella fueron muy bajas, alrededor de 40°C se considera que fue así por un ineficiente diseño de este subsistema" (pág. 51). Lo que deja abierta la investigación para buscar un prototipo que mejore la eficiencia en la generación de energía solar térmica (energías limpias) para el calentamiento del agua con uso doméstico o industrial y con ello disminuir el uso de energías convencionales.

2. CAPITULO DOS: DISEÑO METODOLÓGICO

Para poner en funcionamiento el concentrador solar híbrido con canal parabólico y lente Fresnel de manera experimental se definieron las fases y etapas que se detallan a continuación.

Fase 1: Adaptar.

- a. Estudio de las tres tecnologías involucradas en el proyecto: concentrador parabólico compuesto 3D, lentes Fresnel y canal parabólico.

Para realizar la adaptación de las tres tecnologías concentrador parabólico 3D, canal parabólico y lente Fresnel una vez revisados los resultados presentados por Vargas & Barrera (2019), existentes en el prototipo "concentrador solar cilindro parabólico combinado con reflector solar de espejo plano" de la UAN presentado en la (figura 11), se identifica que el prototipo existente utiliza un punto focal a través del cual alcanza temperaturas de 100°C y temperaturas superiores a esta se dieron entre 140°C y 160°C y emplea un único caloportador, agua.

De acuerdo con los autores estas se dan solo a determinados momentos y en la cámara térmica inferior las temperaturas alcanzadas en ella fueron muy bajas. Si la idea es mejorar las condiciones del calentamiento del agua en el prototipo de acuerdo con Barragozza & del Risco (2002), si el haz de radiación directa que reciba el prototipo es ampliado dará mayor aprovechamiento a la conversión foto térmica de energía solar.

- b. Cálculo de altura de lente Fresnel para hallar el punto fijo en el foco.

Para el cálculo de altura del lente Fresnel se dirigió al manual de usuario de la lente el cual decía que su punto focal estaba a 1300 mm de su superficie, con esto en mente se procede

a tomar datos para así poder empezar con los diseños de la estructura los cuales se realizarían en AutoDesk inventor.

Definidas las dimensiones del "concentrador solar cilindro parabólico combinado con reflector solar de espejo plano", se utiliza Autodesk Inventor para hacer la simulación de las piezas lo que permitiría el cálculo de corte del prototipo existente frente al cálculo de material requerido para el nuevo diseño con la construcción de un canal parabólico y ubicación de lente Fresnel.



Figura 11. concentrador solar cilindro parabólico combinado con reflector solar de espejo plano, Vargas & Barrera (2019).

Fase 2: Construcción.

Se aplicarán los requerimientos establecidos para la construcción del concentrador híbrido.

- a. Compra del material necesario según cálculos realizados en diseño.
- b. Recolección, corte y ensamble según dimensiones establecidas previamente.
- c. Cambio de material reflectivo del prototipo de concentrador solar parabólico compuesto 3D.
- d. Construcción de la estructura o base del concentrador solar híbrido.
- e. Construcción de la base del lente Fresnel e instalación.
- f. Acopio de un tubo al vacío sobre el eje focal del deflector modificado.

f. Ensamble general de las partes del concentrador solar híbrido y ubicación en el punto de prueba.

Los cálculos de las partes de ensamble para el nuevo prototipo se realizaron en Autodesk Inventor, programa que permitió un modelado paramétrico facilitando cálculos para la compra de material y ensamblaje de las partes para la creación del prototipo. Es así como se inicia con la proyección de corte del concentrador solar cilindro parabólico combinado con reflector solar de espejo plano, como se muestra en la (figura 12).

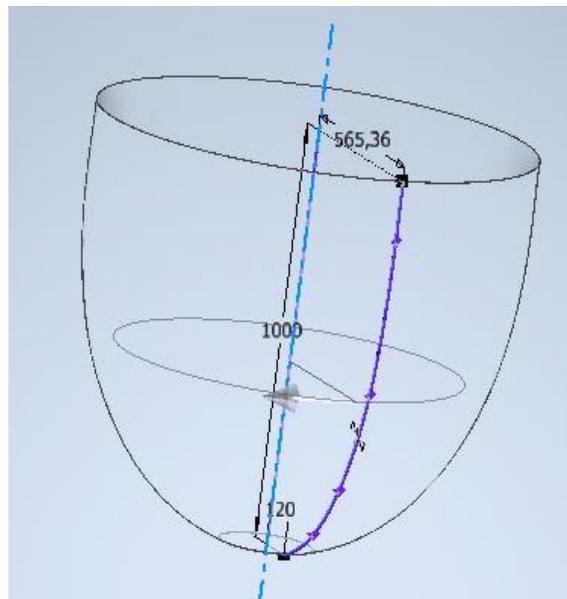


Figura 12. Proyección de corte Autodesk Inventor concentrador solar cilindro parabólico combinado con reflector solar de espejo -Diseño propio.

Se realizan los cálculos de materiales de ensamble como varillas de 5/8 de pulgada que se emplean en la estructura las cuales fueron soldadas a las mitades del concentrador solar cilindro parabólico combinado con reflector solar de espejo plano; las láminas #16 con la que se da la estructura del prototipo; los perfiles de 25mm x 2.5 mm x 6m; el material reflectivo; los soportes necesarios y el tubo al vacío. Autodesk Inventor proporcionó la forma de mostrar vistas del nuevo prototipo ensamblado con los respectivos materiales. Se utilizó para rotar el modelo

sobre los ejes en el espacio modelo para mostrar en la vista isométrica, lo que fue posteriormente contrastado en la ejecución por los investigadores. La estructura quedó similar a la presentada en la (figura 13)

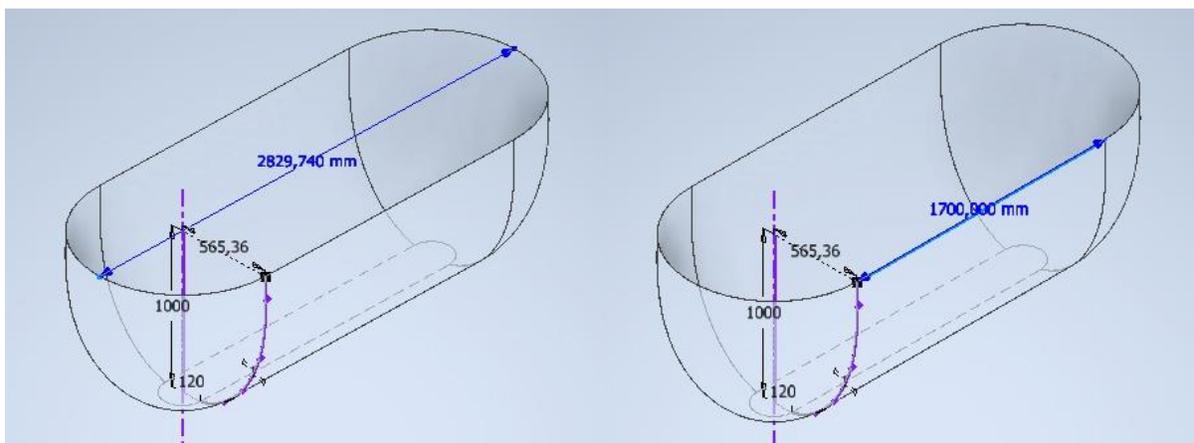


Figura 13. Simulación Autodesk Inventor prototipo Concentrador Solar Híbrido -Diseño propio.

Se realizan los cálculos de materiales de ensamble para la base o soporte del Lente Fresnel, en el que se utilizaron Ángulos de 25 x 25 x 2.5 mm y varilla 5/8 de pulgada se toman las medidas, como se muestra en las (figuras 14)



Figura 14. Simulación Autodesk Inventor bases Concentrador Solar Híbrido -Diseño propio.

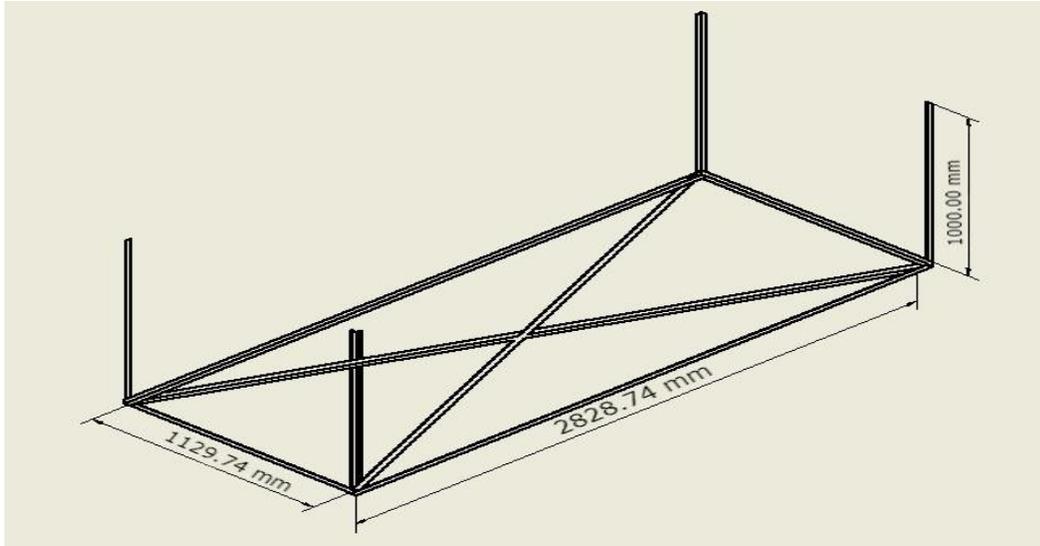


Figura 15. Simulación Autodesk Inventor bases Concentrador Solar Híbrido -Diseño propio.

En el proceso de construcción y ensamble, para realizar la adaptación de las tres tecnologías concentrador parabólico 3D, canal parabólico y lente Fresnel se empezó por la división del concentrador solar cilindro parabólico combinado con reflector solar de espejo plano, los materiales reflectivos ya estaban opacos y muy deteriorados por lo que solo se pudo aprovechar la estructura.

Fase 3: Pruebas de funcionamiento

- a. Acondicionamiento y pruebas del concentrador solar; ubicación del espacio físico en el que se realizarán los puntos de prueba.

Para el acondicionamiento del lugar en el que se dieron lugar las pruebas se inició por sacar el montaje terminado separando el soporte del lente Fresnel del resto de la estructura por cuestiones de peso y dimensiones, en un primer momento se decide iniciar la toma de datos en una locación la cual fue descartada después haber tomado los datos del lente Fresnel debido a que una construcción próxima obstruía la radiación solar sobre el CPC.

Se decide llevar a un lugar más retirado del edificio en el que se construyó el prototipo inicial, contando con un panorámico despejado sin interferencia de sombras realizadas por

edificaciones cercanas como se muestra en la (figura 16) en donde se vuelven a realizar más pruebas pero esta locación cambia a campo abierto al contemplar que aun cuando se tenía un rango horario sin intervenciones al atardecer por la inclinación del sol si se presentaban obstrucciones, en este punto se inician pruebas de 24 horas con una disposición sin interrupciones externas de la radiación sobre el CPC y orientando el proyecto de forma tal que desde que salía el sol hasta que se ocultaba por el oeste tenía un aprovechamiento (dentro de lo que permite la geometría del CPC).



Figura 16. Registro fotográfico ubicaciones puntos de pruebas. Propia del autor

- b. Pruebas para la identificación los tiempos del día en el que el concentrador solar obtiene más radiación e identificación de las horas del día en el que se presentan picos de radiación solar. Datos que serán cargados en la tabla de control (tiempo-hora /temperatura) para determinar cuál es el punto máximo de eficiencia del prototipo.

El horario de efectividad del CPC es de 8:30 am a 3:00 Pm esto debido a su diseño de parábola compuesta con una desviación de 30° generando un cambio en la reflexión de los rayos

solares “la apertura de esta división fue estudiada, simulada y elaborada por (Vargas & Barrera, 2019) en concentrador solar cilindro parabólico combinado con reflector solar de espejo plano” el cual le permite captar la radiación solar en ese lapso orientando sus extremos en la salida del sol y en su puesta; este dato se observa claramente en los resultados

- c. Identificación de categorías de exposición de la ciudad de Tunja en el índice mundial de radiación solar, para establecer las horas de medición estándar (durante tres momentos del día). A conceptos de los investigadores serán secuenciales manteniendo las condiciones de tiempo de exposición; para la toma de temperaturas.

Esto no fue necesario gracias al piranómetro (instrumento de radiación “Valores en milivoltios”) el cual registro momento a momento los datos de la radiación en la zona de pruebas; permitiendo una comparativa de resultados más precisa en lugar de contar con datos promediados de las diferentes zonas en la ciudad

- d. Se realizarán pruebas 11 (3 mediciones de 24 horas días –pruebas de larga duración durante las horas de mayor radiación como se indicaba en la (figura 6) de este documento *Grafica horas pico solar (Bautista, 2017)* registrando las condiciones climáticas con los sensores aumentando la propuesta del ante proyecto que plantea menor tiempo de mediciones. En el instrumento diseñado para tal fin “Tabla de control (tiempo- hora /temperatura)” fue diligenciado con los datos que aportaron los instrumentos de medición.

CONCENTRADOR SOLAR HIBRIDO						
TABLA DE CONTROL						
Dias/ Medición	Medicion /estándar	Rango/Horas		Radiación promedio (W/m^2)	Temperatura	
		De	A		Inicial (°c)	Final (°c)
Dia 1	1					
	2					
	3					
Dia 2	1					
	2					
	3					
Dia 3	1					
	2					
	3					
Dia 4	1					
	2					
	3					

Tabla 1. Tabla de Control – Diseño Propio.

La toma de datos fue mayor a la propuesta inicial del ante proyecto con diferentes caloportadores como valor agregado, a diferentes horas del día, lo que facilito el análisis de resultados al disponer de una amplia toma descartando de esta forma puntos atípicos en las temperaturas y obteniendo valores mucho más fiables por las mediciones extensas (algunas tomas de datos son de más de 24 horas) que marcaron el comportamiento de los diferentes caloportadores.

e. Análisis de los datos obtenidos e identificación de condiciones para obtener el mejor rendimiento del prototipo (concentrador solar híbrido).

Fase 4: Organización y análisis de la información.

A medida que se avance en el desarrollo de los objetivos se adelanta el proceso de sistematización de resultaos mediante la aplicación de una bitácora de registro que permita el posterior análisis y la consolidación de resultados. Para los graficadores de diseño de piezas se empleará el programa AutoDesk Inventor y para el análisis de las mediciones graficadores de Excel avanzado. Paralelamente se realizará la sistematización progresiva de la información obtenida y registrada en la bitácora.

3. CAPÍTULO TRES: RESULTADOS Y ANÁLISIS

ADAPTAR TECNOLOGÍAS QUE PERMITA AUMENTAR LA EFICIENCIA DE LOS CONCENTRADORES SOLARES.

El proceso de adaptación de las tres tecnologías concentrador parabólico 3D, canal parabólico y lente Fresnel, es descrito en de adaptación en el desarrollo metodológico, hace parte integral de este capítulo de resultados – análisis y se constituye en la primera etapa del proceso experimental. Parte de una revisión técnica de los aportes de Vargas & Barrera (2019), en el tema de los concentradores, documento impreso disponible en la biblioteca de la UAN, de lo cual se determina:

- a) Aproximación conceptual al uso de concentradores solares, tomado desde el estudio que realizaron para el diseño y construcción.
- b) Los grados de desface que componen la parábola compuesta con los que se generó el CPC y que tiempo óptimo de exposición tenía el diseño del paraboloide compuesto en revolución
- c) Los rangos de temperatura alcanzada por el "concentrador solar cilindro parabólico combinado con reflector solar de espejo plano" tomado como prototipo inicial es de 100°C con temperaturas atípicas superiores entre 140°C y 160°C y emplea un único caloportador (agua), constituyéndose en el punto de partida para determinar la eficiencia del nuevo prototipo.

Se continua con una revisión en campo del "concentrador solar cilindro parabólico combinado con reflector solar de espejo plano" de la UAN presentado en la (figura 11). En esta etapa se detecta el estado de deterioro por la inclemencia del tiempo, el desuso y la posición invertida en que se encontraba el prototipo como se muestra en la (figura 17).



Figura 17. Estado del concentrador solar cilindro parabólico combinado con reflector solar de espejo plano. Propia del autor.

Se identifica una estructura principal construida en acero, así que, aun estando oxidada es funcional, el material reflectivo no ofrecía utilidad alguna por su estado de deterioro lo que implicó el cambio total. Se establecen costos y materiales de recuperación de esta estructura. Se identifica el punto focal del prototipo, se toman medidas para el diseño del nuevo prototipo “*Concentrador Solar Híbrido (CSH)*”, que fueron integradas en el software de Autodesk Inventor, se procede al proceso de corte del prototipo existente que a su vez permitió identificar materiales para reforzar y la manera de eliminar las perforaciones en las uniones presentes en la estructura que permitía el ingreso del agua.

Con relación a la lente Fresnel, se planeó hacer coincidir el foco de la lente con un medio foco formado por la separación del concentrador parabólico en 3D y así aumentar la temperatura obtenida. La lente Fresnel adquirida para la investigación está construida en material acrílico de un espesor aproximado de 5 mm y 1100x1100 mm de forma cuadrada con un foco teórico a 1300 mm el cual a través de la experimentación se corroboró. Para su adaptación al prototipo se

construye una estructura de soporte en acero como lo muestra la (figura 18), que fue previamente diseñada en el software de Autodesk Inventor como se muestra en las (figura 14).



Figura 18. Estructura de soporte y lente Fresnel – Propia del autor.

Sin embargo, el difícil control del foco y las temperaturas excesivamente altas que quemaron el sensor de medición térmica (termocupla) y el material reflectivo obtenidas resultaron contraproducentes e incompatibles.

Con relación a la canal parabólica esta fue diseñada a partir de las dimensiones tomadas en el prototipo existente, integrada en el en el software de Autodesk Inventor como lo muestra la (figura 13), se dio continuidad de la canal parabólica con la misma curvatura para que los focos coincidieran con la línea focal. Para continuar con la curvatura del concentrador parabólico en 3D se unen las dos mitades con varilla 5/8 (un calibre más grueso que la de la estructura del CPC a modo de refuerzo) se le da la misma curvatura a las láminas que unen las dos mitades por lado y lado y se perfora la lámina para ser marrada y templada con alambre fijándola así en su lugar como se muestra en la (figura 19).



Figura 19. Fijación de la lámina a la estructura. Propia del autor.

Si bien es cierto que los investigadores pretendían la adaptación de estas tres tecnologías en la investigación científica (experimental) las variables de análisis o experimentación son proposiciones tentativas sujetas a comprobación a través de la experimentación, tienen la propiedad de fluctuar y su variación es susceptible de medirse u observarse, sometidas a prueba o escrutinio para determinar si son apoyadas o refutadas de acuerdo con lo que el investigador observa (Hernández, Fernández, & Baptista , 2010). Con base en este sustento *se descarta bajo las condiciones planeadas la integración de la lente Fresnel* por poner en riesgo el prototipo.

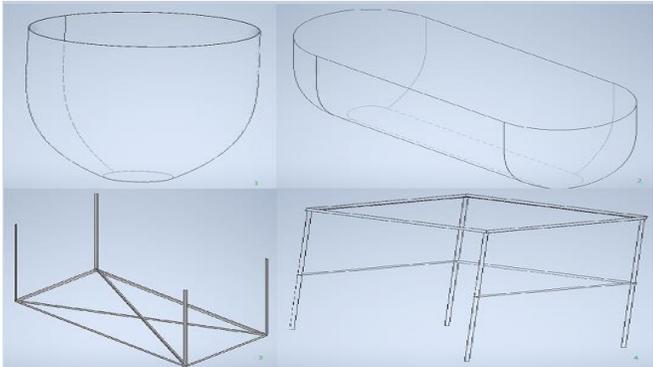
CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE CONCENTRADOR SOLAR HÍBRIDO.

Para la adaptación de las tecnologías palteadas se procede al proceso de construcción e integración de estas, es descrito en el desarrollo metodológico y hace parte integral de este capítulo de resultados, constituyéndose en la segunda etapa del proceso experimental. Con los resultados obtenidos en los diseños de Autodesk Inventor, *programa que permitió un modelado paramétrico facilitando cálculos para la compra de material y ensamblaje de las partes para la creación del prototipo* como se muestra en las (figuras 12 -13 -14 y 15), se da inicio al proceso de construcción.

Es así como establecidos los cálculos de las partes de ensamble para el nuevo prototipo, se procede a la compra del material necesario, intervención (corte y recuperación) del prototipo existente, construcción de estructuras de soporte, acopio de un tubo al vacío sobre el eje focal del deflector modificado, corte soldadura y lija del canal parabólico, pegado del material reflectivo interior e instala el soporte para tubo, como se describe en la “Bitácora de construcción del prototipo” (Tabla 2) para finalmente obtener el “*Concentrador Solar Híbrido (CSH)*”.

Bitácora construcción del prototipo

La construcción del prototipo de concentrador híbrido se desarrolló según lo describe la bitácora realizada por los investigadores en donde se encuentran fechas en las que se trabajó en cada una de las actividades una breve descripción y el correspondiente registro fotográfico:

Fecha	Actividad Realizada	Soporte fotográfico
2 De Marzo De 2022	Se procede a realizar los diseños en Autodesk Inventor de lo que se requerirá en la construcción del concentrador solar híbrido.	 <p data-bbox="764 1451 1369 1505">Figura 20. Diseño en Autodesk Inventor de las partes del concentrador solar híbrido; Propia del autor.</p>

<p>5 De Marzo De 2022</p>	<p>empezó en el corte del concentrador solar cilindro parabólico combinado con reflector solar de espejo plano; se marcó el centro exacto del CPC de forma cilíndrica de parábola compuesta y se procedió con la pulidora y un disco de corte de 4 pulgadas a separar y obtener las dos mitades.</p>	 <p>Figura 21. Corte del concentrador solar cilindro parabólico combinado con reflector solar de espejo plano; Propia del autor.</p>
<p>Del 6 Al 19 De Abril De 2022</p>	<p>Se inicia con el corte de las varillas de 5/8 de pulgada que se emplearían en la estructura las cuales serían soldadas a las mitades del concentrador solar cilindro parabólico combinado con reflector solar de espejo plano; consiguiendo así la rigidez necesaria para el proyecto y estas varillas a su vez servirían de soporte para las láminas que formarían el deflector de canal de parábola compuesta.</p>	 <p>Figura 22. Soldadura de varillas de 5/8 de pulgada que formarían la estructura; Propia del autor.</p>
<p>Del 23 Al 26 De Abril De 2022</p>	<p>Se compra, corta y se inicia con la soldadura de la lámina #16 a la estructura del deflector solar híbrido de parábola compuesta; este proceso no fue posible debido a lo delgado de la lámina y que la soldadura la fundía y traspasaba se procede a hacer perforaciones en la lámina para así amarrarla y así aplicar la tracción necesaria para mantener la lámina en su lugar.</p>	 <p>Figura 23. Amarrado de la lámina a la estructura; Propia del autor.</p>

<p>30 De Abril De 2022</p>	<p>Se compran 4 perfiles de 25mm x 2.5 mm x 6m y se procede a cortarlos en las dimensiones requeridas; después son soldados y se decide eliminar la “X” que soportaba la base y agregar soportes extra en los laterales y el centro</p>	 <p>Figura 24. Soporte De la estructura y Respectivos cambios a la propuesta inicial; Propia del autor.</p>
<p>6 De Mayo De 2022</p>	<p>Se Procedió a realizar el corte del material para la elaboración del soporte lente Fresnel; seguido a esto se soldó la estructura y los perfiles que soportarían y mantendrían seguro y en su lugar el lente; no se podían tomar riesgos ya que el lente fue dado a modo de préstamo por parte de la universidad y es considerablemente costoso; al presentar fallos en el movimiento se tuvieron que pulir los ejes donde basculaba el soporte para así generar menos resistencia; la estructura es desmontable y cuenta con un basculante mecánico se puede colocar en dos posiciones.</p>	 <p>Figura 25. Corte, pulido y montaje del soporte basculante mecánicamente del lente Fresnel. Propia del autor.</p>
<p>Del 7 Al 9 De Mayo De 2022</p>	<p>Se inicia con el pegado del material reflectivo interior tratando de dejar la menor cantidad de burbujas posibles entre la lámina y el material; este proceso se dificulto bastante gracias al deterioro del CPC lo que dificulto la unión de sus dos mitades con la lámina y a las perforaciones de la lámina por las que pasaba alambre que hacia la tracción mecánica y las mantenía en su lugar; no obstante, se le agregaron refuerzos de material en estas zonas para evitar rupturas.</p>	 <p>Figura 26. Material Reflectivo Instalado; Propia del autor.</p>

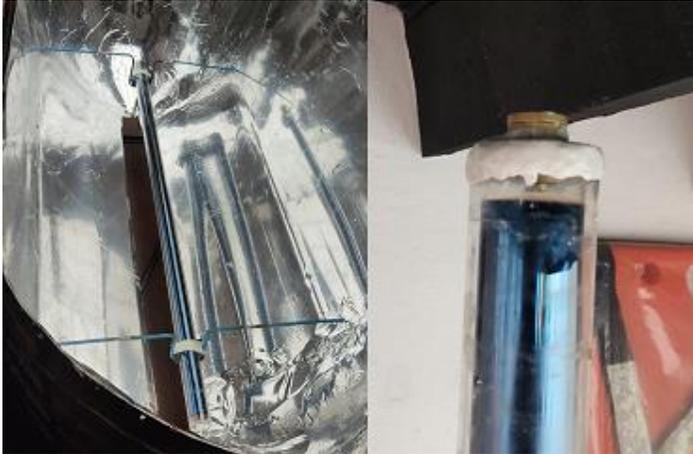
9 De Mayo De 2022	Se corta, suelda e instala el soporte para tubo; para poder posicionarlo se toman las medidas pertinentes para que el radio del tubo al vacío coincida con el eje de la línea focal; se toma a consideración la altura del aislante que se le pone a modo de cojín amortiguador para poder manejar de una mejor manera el tubo de vidrio y la cama en forma de "U" en la que reposa, se hacen las perforaciones por donde pasara el sistema de soporte y seguido a esto se le hace una adecuación al tubo de vidrio para poder enroscar la termo cupla que tomara las mediciones de temperatura.	
Del 30 de abril al 20 de mayo de 2022	Se inicia el periodo de pruebas en donde se realizaron las mediciones de temperatura al lente Fresnel directo con la termo cupla y del mismo modo se midió la temperatura alcanzada por el concentrador parabólico híbrido; así mismo se le realizaron mediciones con otro tipo de fluidos a especificar más adelante y simultáneamente se tomaban mediciones de tiempo, radiación y velocidad del viento.	

Figura 27. Soporte de tubo al vacío e instalación del soporte para la termocupla

Figura 28. Múltiples Pruebas con el concentrador solar híbrido terminado; propia del autor.

Tabla 2. Bitácora; Propia del autor.

MEDIR DE FORMA EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR LA MÁXIMA EFICACIA DEL PROTOTIPO CONCENTRADOR SOLAR HÍBRIDO (CSH)

Partiendo de los resultados obtenidos en el "concentrador solar cilindro parabólico combinado con reflector solar de espejo plano", que demostró rangos de temperatura de 100°C y puntos atípicos entre 140°C y 160°C empleando un único caloportador (agua). Se procede a

realizar las pruebas con la lente Fresnel y los caloportadores de aire, agua y aceite de motor quemado, buscando corroborar el aumento en la eficiencia del prototipo Concentrador Solar Híbrido (CSH). Estos resultados tienen aplicación en la modificación de las propiedades de los fluidos.

Resultados (lente Fresnel)

Conociendo los resultados de medición de temperatura del prototipo inicial (CPC) existente en la UAN, se realizaron pruebas para medir las temperaturas que podía alcanzar el lente Fresnel por sí solo sin la intervención del concentrador solar como se muestra en la (figura 29); obteniendo así un punto comparativo para determinar si el lente Fresnel adaptado en conjunto a las otras dos tecnologías proporciona un aumento en la eficiencia. Los valores de los rangos en la medición de temperatura de la lente Fresnel se presentan en las tablas de anexo 7 y 8.



Figura 29. Toma de datos del lente Fresnel. Propia del autor

En la primera toma de datos realizada con un nivel de radiación media relativamente bueno con respecto a la constante solar; no obstante, el soporte del lente Fresnel tenía un fallo el cual generaba un pequeño pandeo razón por la que el foco del Fresnel no era puntual y no permitió superar los 195°C este error fue claramente detectado y se procedió a realizar correcciones en la estructura del soporte del lente Fresnel.

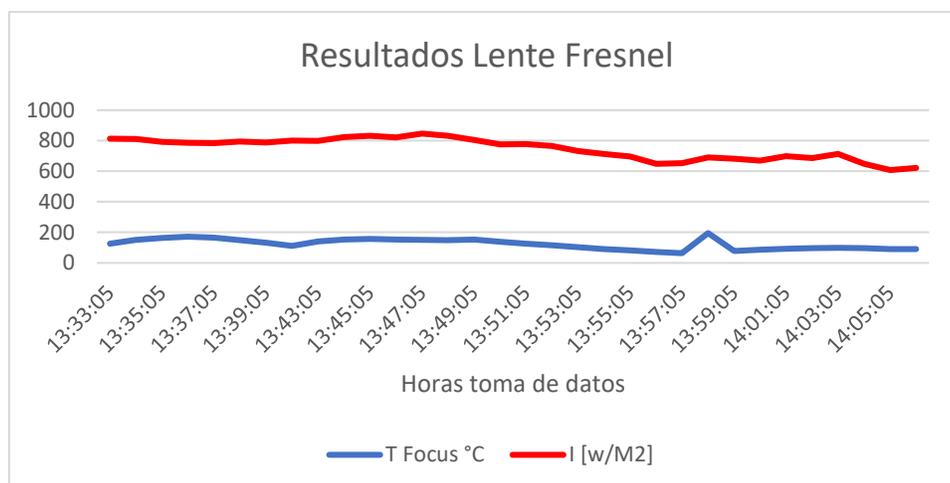


Gráfico 1. Resultados Lente Fresnel; Propia del autor.

Al comparar la temperatura del foco con relación a la radiación captada, en la primera toma se observa que a las 13:58 se presen un pico en la temperatura captada en el foco, mientras que en el rango de las 13:33 a las 14:05 la temperatura se mantiene relativamente constante y la radiación va decayendo muy lentamente como se muestra en la gráfica 1.

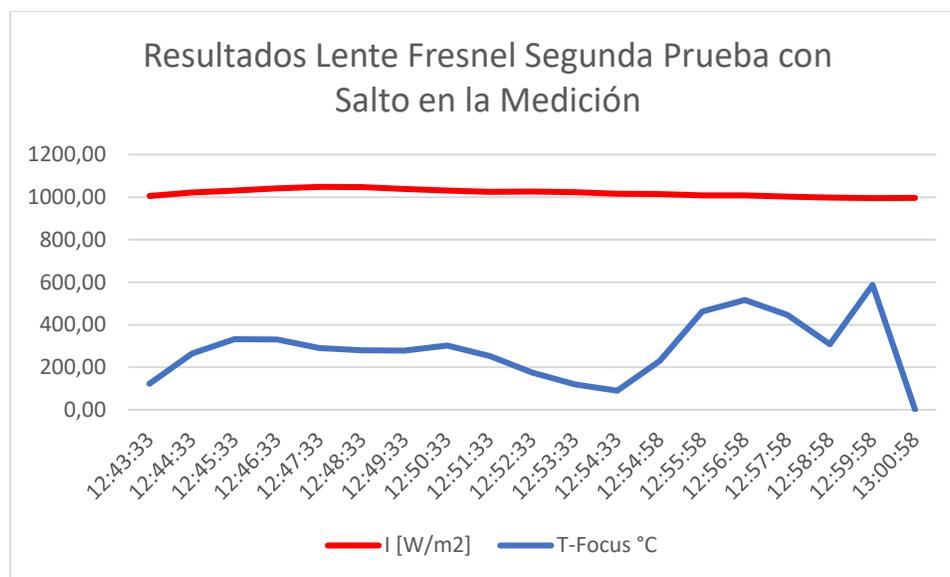


Gráfico 2. Resultados Lente Fresnel Segunda Prueba; Propia del autor.

La segunda prueba se da en condiciones de corrección de la falla de la estructura del soporte del lente Fresnel. La radiación media se mantuvo estable; se tuvo valores por encima de los 1000 W/m^2 la corrección del pando de el lente Fresnel permitió alcanzar temperaturas

elevadas hasta de los 500°C. En esta fase de experimentación se utilizó una termocupla de referencia TC-100 como sensor de temperatura que opera en temperaturas entre los 100°C a los 365°C de manera segura; al haber sobrepasado sus parámetros de seguridad se fundió como se aprecia en la (figura 30). Por lo cual en la gráfica se observa una caída abrupta.



Figura 30. TC-100 fundido debido a una elevada temperatura para la cual no está diseñada; Propia del autor.

Resultados (tubo fluido aire) sin Fresnel

Estas pruebas son realizadas con el objetivo de ver si al dividir el concentrador solar cilindro parabólico combinado con reflector solar de espejo plano fue un acierto; ya que este manejaba temperaturas de 100°C y los picos aislados mostraron temperaturas entre 140 y 150 °C en el foco, no obstante, el foco no permitía un buen aprovechamiento de la energía, algo que se esperase haya corregido con la división y el añadir la canal parabólica uniendo las dos mitades

Tabla caloportador aire sin Fresnel							
Fecha	Hora	v Viento [m/s]	T interna °C	I [mv]	I [w/m2]	Albedo	T Calo Aire °C
2022/05/07	11:59:11	0,28	24,65	13,71	1041,00	1,83	93,66
2022/05/07	12:00:11	0,48	25	10,05	763,17	1,37	95,8
2022/05/07	12:01:11	0,06	26	15,01	1139,56	1,96	98,18
2022/05/07	12:02:11	0,06	26,85	13,59	1031,59	1,69	100,48
2022/05/07	12:03:11	0,09	26,75	13,53	1026,96	1,71	102,18
2022/05/07	12:04:11	0,28	25,75	13,99	1062,03	1,79	104,22
2022/05/07	12:05:11	0,06	25,7	14,56	1105,85	1,90	106
2022/05/07	12:06:11	0,14	26,15	4,69	356,04	0,57	107,98

2022/05/07	12:07:11	0,45	23,8	2,66	201,82	0,25	108,84
2022/05/07	12:08:11	0	23,7	3,06	232,35	0,33	109,06
2022/05/07	12:09:11	0,06	23,85	4,99	379,12	0,58	109,05
2022/05/07	12:10:11	0,06	24,65	16,42	1246,84	2,17	109,43
2022/05/07	12:11:11	0,09	25	11,38	864,23	1,54	110,38
2022/05/07	12:12:11	0,40	24,65	12,93	981,54	1,63	111,4
2022/05/07	12:13:11	1,22	24,05	16,60	1260,44	2,15	112,15
2022/05/07	12:14:11	0,14	25	16,12	1223,61	2,10	113,19
2022/05/07	12:15:11	0,34	25,45	15,586	1183,44	2,02	114,80
2022/05/07	12:16:11	0,51	25,05	14,144	1073,95	1,85	116,46
2022/05/07	12:17:11	0,09	25,95	14,92	1132,87	1,81	117,60
2022/05/07	12:18:11	0,6	24,7	5,363	407,21	0,55	118,68
2022/05/07	12:19:11	0	24,3	14,352	1089,74	1,78	118,11
2022/05/07	12:20:11	0,17	24,35	14,883	1130,06	1,94	118,41
2022/05/07	12:21:11	0,06	24,85	14,494	1100,53	1,89	118,48
2022/05/07	12:22:11	0,11	25,35	14,521	1102,58	1,84	119,40
2022/05/07	12:23:11	0	25,85	14,499	1100,91	1,92	120,06
2022/05/07	12:24:11	0,4	24,2	3,345	253,98	0,33	120,08
2022/05/07	12:25:11	0,54	23,05	8,638	655,88	0,92	119,03

Tabla 3. Fragmento tabla 10 Caloportador Agua (tabla completa en Anexos). Propia del autor.

La tabla 3. Presenta los resultados de la medición del caloportador aire sin lente Fresnel donde se muestra el calentamiento del aire interior del tubo de vidrio, en ella se observa que los primeros tres valores empiezan a incrementarse, luego mantiene temperaturas superiores a los 100°C incluso con la constante variación de la radiación. No genera puntos atípicos superiores o inferiores, lo que podemos comprobar en la segunda de toma de resultados del montaje de aire sin lente Fresnel (ver anexo tabla 10), la cual inicia su medición con una exposición previa donde ya se había estabilizado la temperatura y se observan mediciones muy parejas. En estas mediciones se pudo observar que existe proporcional con las temperaturas alcanzadas con aire como caloportador y cuenta con dispersión por tener el conducto abierto.

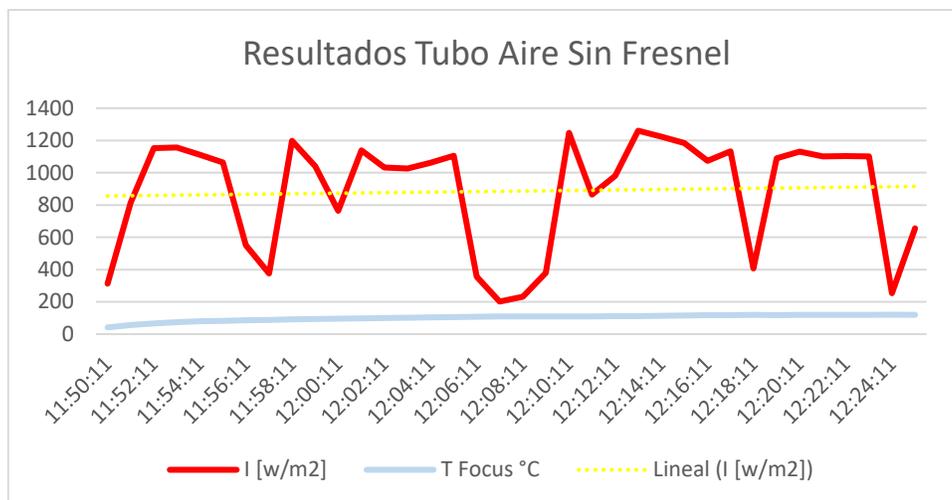


Gráfico 3. Resultados Tubo de aire sin Fresnel primera prueba; Propia del autor.

Para las pruebas en esta etapa del CSH aún no se le hacía la adaptación al tubo que permitía enroscar la termocupla por lo que las mediciones tienen pérdidas al estar expuestas a un medio abierto y presentan disipación; el día de la medición, las condiciones climáticas variaron presentándose nubosidad y ligera precipitación de lluvia, por lo que se presentó una variación de la radiación y es por esto que se decide generar la línea de tendencia de la radiación como se observa en el (gráfico 3); al observar tanto la línea de tendencia como la de temperatura se ve que son valores estables y que aun cuando hay poca radiación la temperatura se mantiene hasta que se mejora el nivel de radiación.

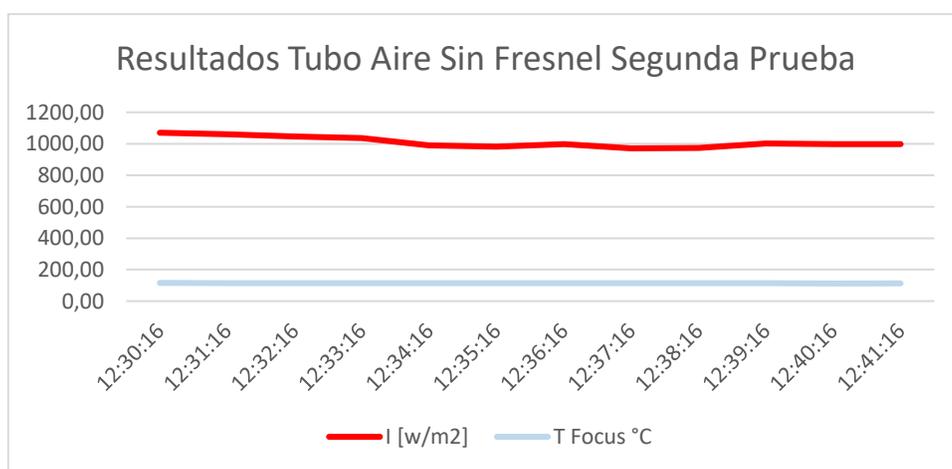


Gráfico 4. Resultados Tubo de aire sin Fresnel Segunda Prueba; Propia del autor.

La segunda prueba se obtuvieron niveles de radiación cercanos a los $1000^W/m^2$ con relación a la constante solar que es superior a los $1367^W/m^2$, como se observa en la (gráfica 4). Es válido tener presente que la segunda prueba se realiza el mismo día al haber mejorado las condiciones climatológicas y por lo tanto, el CSH (en esta etapa), conservaba el calentamiento previo de la prueba, es así como las temperaturas se conservaron estables superiores a los $110^{\circ}C$. En este estado de desarrollo del proyecto las mediciones se tomaron con un termómetro manual por infrarrojo como se presenta en la (figura 31), detectando: una línea focal con temperaturas superiores a los $40^{\circ}C$ y dos medios focos formados por la división del concentrador solar Preexistente en la UAN los cuales producían temperaturas superiores a los $70^{\circ}C$.



Figura 31. Termómetro infrarrojo PCE-779N, la medición máxima corresponde a los medios focos, el ultimo registro de medición corresponde a la línea focal formada por la canal parabólica; Propia del autor.

Resultados (tubo fluido aire) con Fresnel

En esta etapa del experimento se procede a adaptar la lente Fresnel a la estructura del CSH, para lo cual se había construido un soporte basculante para la instalación o estructura de soporte como se muestra en la (figura 32), realizado pruebas de temperatura previas con el lente de manera aislada como se relacionó en la (figura 29).



Figura 32. Estructura para montaje de lente Fresnel y lente en el montaje; Propia del autor.

Sin embargo, esta es una de las mediciones más cortas, en el desarrollo del proceso experimental esta prueba tuvo que ser interrumpida debido a que al añadir el lente Fresnel al montaje general del CSH el material reflectivo que hacía parte del concentrador solar híbrido sufrió fuertes daños (como se muestra en la figura 33), esto debido a las altas temperaturas a las que fue expuesto con la instalación de la Fresnel. Los investigadores toman la decisión de realizar las demás mediciones sin el lente Fresnel utilizando otros caloportadores como agua y aceite quemado.



Figura 33. Daños del Fresnel al material reflectivo del Concentrador solar híbrido; Propia del autor

Resultados aire con Fresnel							
Dia	Hora	v Viento [m/s]	T interna °C	I [mv]	I [w/m2]	Albedo	T Focus °C
2022/05/07	12:27:03	0,09	24,5	14,5	1100,98709	1,846	118,4
2022/05/07	12:28:03	0	24,95	13,189	1001,44267	1,602	117,79
2022/05/07	12:29:03	0,06	26,2	14,175	1076,30979	1,75	117,06
2022/05/07	12:30:03	0	26,25	13,761	1044,87472	1,73	115,81

Tabla 4. Resultados Aire con Fresnel; Propia del autor.

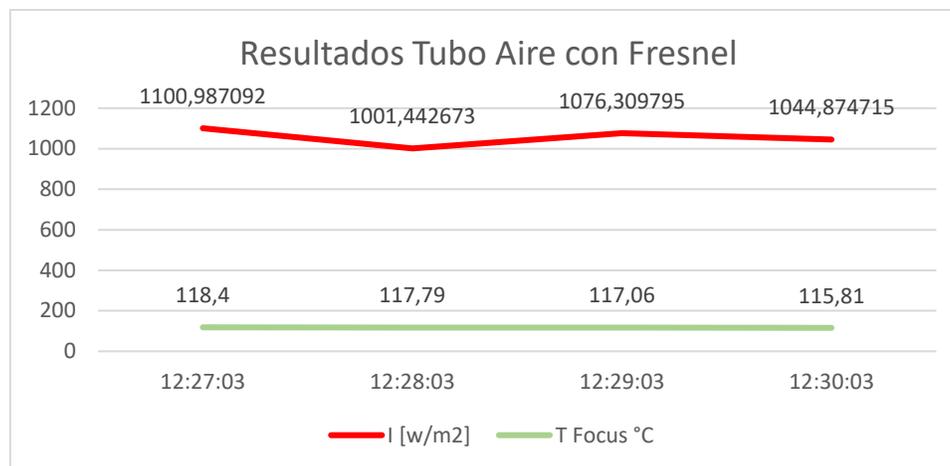


Gráfico 5. Resultados Tubo de aire con Fresnel Única Prueba; Propia del autor.

Los resultados en el gráfico 5 registrados en la tabla 4, no son confiables debido a que la toma de datos del “Data Logger delta OHM DO 9847” se configuró para tomar registro una vez por minuto por lo que los cambios instantáneos no son apreciables, no obstante, la observación presencial del comportamiento de los valores demostró que el posicionamiento en la parte superior de la integración del “Concentrador Solar Híbrido (CSH)” interfiere con la recepción de la radiación solar por parte de uno de los medios focos.

Si bien es cierto que el proyecto plantea en el objetivo uno la adaptación de las tres tecnologías, el propósito general es aumentar la eficiencia de los concentradores solares mediante el diseño de un “*prototipo de un CONCENTRADOR SOLAR HÍBRIDO, utilizando los resultados del “concentrador solar cilindro parabólico combinado con reflector solar de espejo plano” de la UAN*”. Y de acuerdo con (Olaz F. & Medrano L. A., 2014) en los procesos experimentales se requiere una vigilancia por parte del experimentador para no perder la esencia misma de la experiencia o el objetivo final del proceso experimental, quien tiene cierto poder sobre las condiciones de su experimento.

Así las cosas, una vez acoplada la lente Fresnel en la estructura de soporte diseñada e instalada en el Concentrador Solar Híbrido (CSH) para la toma de pruebas, esta genera una

condición que coloca en riesgo la estructura general del proyecto, es decir, esta integración mecánica aunque se realiza es incompatible con el “Concentrador Solar Híbrido (CSH); por lo que se decide en firme desechar su uso e instalación remplazándola por otras variables (agua y aceite quemado como caloportadores) que generen condiciones especiales que produzcan las temperaturas deseadas para la eficiencia de los concentradores solares demostradas bajo la observación científica (toma de pruebas).

Resultados (tubo fluido agua)

(todos los datos fueron tomados sin el lente Fresnel)

Resultados caloportador Agua							
Fecha	Hora	V Viento	T interna	I [mv]	I [w/m ²]	Albedo	T CaloAgua °C
2022/05/16	12:26:09	0,06	21,95	6,767	513,819286	0,599	30,68
2022/05/16	12:36:09	0,06	21,4	5,106	387,699317	0,544	35,46
2022/05/16	12:46:09	0,06	23,3	5,44	413,059985	0,513	39,29
2022/05/16	12:56:09	0,06	22,35	5,585	424,069856	0,561	42,94
2022/05/16	13:06:09	0,06	21,55	4,516	342,900532	0,481	45,89
2022/05/16	13:16:09	0,57	21,95	4,984	378,435839	0,516	49,99
2022/05/16	13:26:09	0,06	21,65	4,215	320,045558	0,45	53,26
2022/05/16	13:36:09	0,06	22,15	4,788	363,553531	0,505	56,02
2022/05/16	13:46:09	0,06	23,55	4,294	326,044039	0,428	59,71
2022/05/16	13:56:09	0,06	23,85	4,095	310,933941	0,399	62,93
2022/05/16	14:06:09	0,06	20,15	3,044	231,131359	0,326	64,71
2022/05/16	14:16:09	0,06	21,6	3,366	255,580866	0,351	66,36
2022/05/16	14:26:09	0,37	24,65	5,827	442,444951	0,535	68,63
2022/05/16	14:36:09	0,06	22,9	2,815	213,743356	0,223	71,61
2022/05/16	14:46:09	0,54	23,95	9,457	718,071374	0,546	73,37
2022/05/16	14:56:09	0,99	20,3	6,76	513,287775	0,447	76,44
2022/05/16	15:06:09	0,06	20,05	2,6	197,418375	0,219	77,66
2022/05/16	15:16:09	0,06	21,85	4,139	314,274867	0,317	78,42
2022/05/16	15:26:09	0,06	21,1	3,152	239,331815	0,306	79,82

Tabla 5. Resultados caloportador Agua; Propia del autor.

En la primera medición con agua como caloportador se presentan registros de 3 horas continuas, con una baja radiación solar, el sistema no elevó considerablemente su temperatura,

estas difícilmente llegan a los 79°C , estando por debajo de los 92°C (temperatura a la cual hierve el agua en la ciudad de Tunja). En las tomas posteriores con este mismo caloportador (agua) las mediciones se presentan en las (tablas de anexo de la 13 a la 16); 4 de las pruebas realizadas tienen lapsos de 3 a 9 horas de censado y la última con una toma de datos de 24 horas.

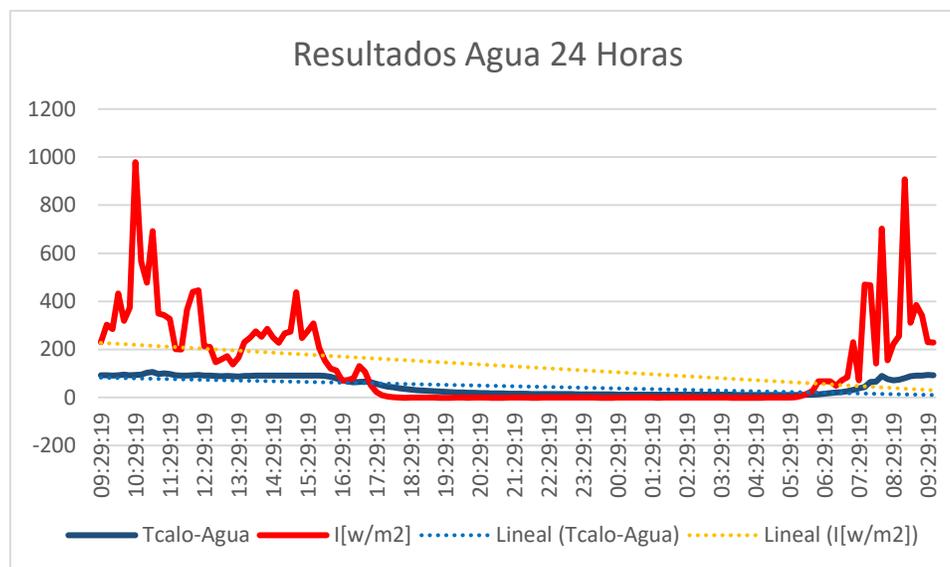


Gráfico 6. Resultados Caloportador Agua, Grafico de 24 Horas; Propia del autor.

Obviando la similitud de las pruebas realizadas con el caloportador agua se decide pasar al análisis de la gráfica que registra el comportamiento a lo largo de 24 horas; ya que la radiación tiene considerables fluctuaciones se decide generar las líneas de tendencia tanto para la radiación como para el agua; se observa que la radiación obtiene picos hasta de $979,2 \text{ W}/\text{m}^2$ a las 10:29 a.m., de la primera parte de la medición, un segundo pico a las 10:59 de $691,5 \text{ W}/\text{m}^2$; un tercer pico a las 12:19 de $445 \text{ W}/\text{m}^2$, un cuarto pico a las 15:09 de $437,7$; posterior a este se mantiene una radiación por debajo de $0,84 \text{ W}/\text{m}^2$ de las 18:49 a las 5:29 del día siguiente cuando inicia nuevamente su incremento desde la 7:19 con un pico de $230,3 \text{ W}/\text{m}^2$, a las 7:40 sube a

470,8^W/_{m²}; a las 8:09 702,02^W/_{m²} y finalmente el pico más alto día de toma de 907,37^W/_{m²} a las 8:49 a.m.

En cuanto a la temperatura del agua con estos niveles de radiación muestra que alcanza picos en los que el agua atraviesa un cambio de fase consiguiendo bajas temperaturas, es así como a las 10:50 presentó un pico máximo de 105°C. La revisión de esta data por los investigadores frente a la estructura de construcción de CSH se identifica un error en la adaptación realizada al tubo de vidrio al vacío.

Para corregir este error se adaptó un racor que ayudara a ajustar la termo cupla colocando de base un corte circular de una lámina #16 de acero y se cerraron fugas cubriendo esta unión con soldadura para todo tipo de superficies térmica, dejando una pequeña perforación realizada con una broca 1/16 pulgadas a modo de válvula de alivio, lo que evita que la presión aumente por la evaporación y el tubo de vidrio se fisure; esta lamina facilita la conducción térmica lo que ocasiona enfriamientos internos desde que bajan los niveles de radiación y la temperatura desciende, esto puede resolverse cambiando el tubo de vidrio al vacío y usando un material que no facilite el intercambio térmico como la madera a modo de cierre.

Con relación a las otras pruebas tomadas, en la segunda tabla es una medición de ocho horas y media, tuvo radiaciones muy fluctuantes y apenas y logro sobrepasar el cambio de fase del agua con 93.64°C, la tercera toma fue una medición de 8 horas tuvo pésimas condiciones climatológicas con una radiación máxima de 385.27^W/_{m²}, aun así, se alcanzaron temperaturas entre los 60-90°C en la cuarta toma se continua con malas condiciones climatológicas con mediciones de radiación máxima de 512.4 ^W/_{m²} las temperaturas del agua fueron muy variables pero aun así se alcanzó una temperatura de 92°C en el agua.

Resultados (tubo fluido aceite de motor quemado)

Resultados de 24 horas de censado sin lente Fresnel

La tabla 16 muestra los resultados de las pruebas del CSH con aceite quemado como caloportador, en esta se puede observar que así como gana fácilmente temperatura la pierde fácilmente; esto podría ser por las propiedades químicas de este aceite, ya que al ser un aceite para motor podría tener aditivos que se encarguen de enfriar rápidamente el fluido para evitar sobre calentamientos del motor; se ve una clara proporcionalidad entre radiación recibida y temperatura; no obstante, se observa como la barrera de los 100°C es claramente superada alcanzando valores superiores hasta los 170°C .

Tabla de resultados Caloportador Aceite de Motor quemado							
fecha	hora	Ti	Vaire	Taceite	I [mv]	I[w/m2]	Albedo
2022/05/25	09:34:32	18,88	0,26	90,73	6,54	496,28	0,89
2022/05/25	09:44:32	19,14	0,48	98,83	12,18	924,75	1,82
2022/05/25	09:54:32	19,40	0,65	107,97	12,26	931,13	1,83
2022/05/25	10:04:32	19,66	0,74	110,59	13,44	1020,12	2,04
2022/05/25	10:14:32	19,89	0,77	145,18	11,94	906,91	1,82
2022/05/25	10:24:32	20,05	0,00	164,39	12,99	986,56	2,00
2022/05/25	10:34:32	20,14	0,65	173,14	13,78	1046,01	2,14
2022/05/25	10:44:32	20,21	0,82	167,75	14,16	1075,32	2,18
2022/05/25	10:54:32	20,33	0,82	157,55	13,73	1042,52	2,15
2022/05/25	11:04:32	20,46	0,06	151,42	14,64	1111,85	2,28
2022/05/25	11:14:32	20,61	0,09	137,34	14,28	1084,05	2,23

Tabla 6. Fragmento Tabla 16, (tabla completa en anexos) Resultados caloportador Aceite de Motor Quemado; Propia del autor.

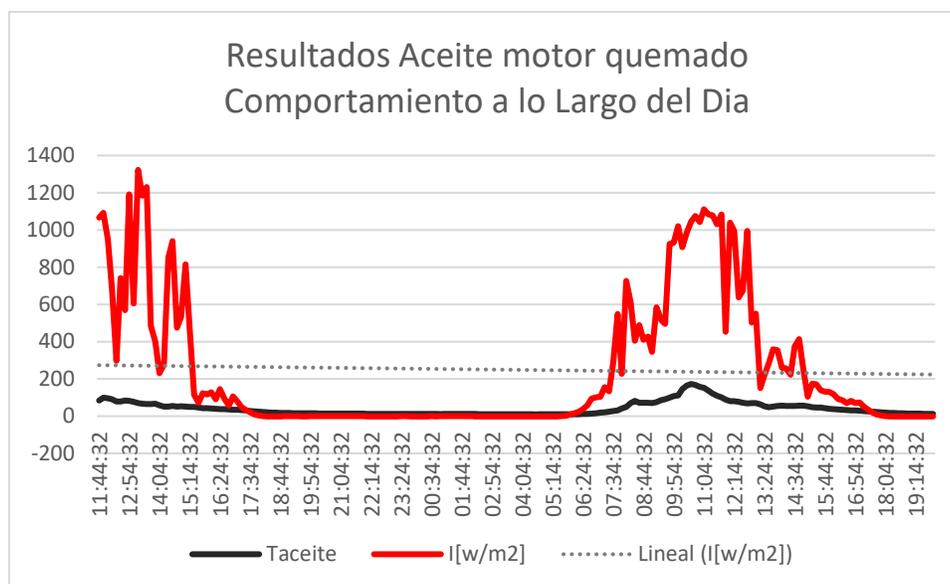


Gráfico 7. Resultados Caloportador Aceite de Motor Quemado, Grafico de 24 Horas; Propia del autor.

Para el caso del aceite de motor quemado como caloportador se registraron temperaturas y radiación por un periodo superior a un día estos registros evidencian niveles de radiación variables. Para facilitar el análisis se generó la línea de tendencia como se presenta en la gráfica 7, El pico más alto de radiación es de $1322,63 \text{ W/m}^2$ y entre las 18:44 a las 05:34 se presenta una radiación estable por debajo de los $0,84 \text{ W/m}^2$. En los puntos de radiación elevada se observa como el caloportador adquiere mayores temperaturas sobrepasa los 170°C ; es así como a las 10:34 con una radiación de $10084,05 \text{ W/m}^2$ (es importante tener en cuenta que le antecedieron radiaciones entre $1020,12 \text{ W/m}^2$ y $1075,32 \text{ W/m}^2$), así alcanza una temperatura de $173,04^\circ\text{C}$, siendo este el máximo registro en la temperatura de este caloportador.

4. CAPITULO CUATRO: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Después de realizados los estudios y el análisis de las tres tecnologías se procedió con el ensamble y acople para la construcción del nuevo prototipo, para lo cual se requirió atender las necesidades de deterioro del prototipo existente, causadas por condiciones de tiempo y exposición, lo que incrementó los costos planeados. Los materiales tuvieron que ajustarse a los propuestos en el prototipo CPC, impidiendo otras alternativas como la fibra de vidrio para la estructura y otro material reflectivo como los espejos.
- En el proceso de adaptación de las tres tecnologías al dividir el concentrador solar cilindro parabólico combinado con reflector solar de espejo plano y adaptar la canal parabólica, el acople de estas estructuras es viable, formando un concentrador parabólico compuesto híbrido que genera una línea focal, es así como se incrementó la eficiencia del nuevo prototipo (CSH). Asimismo, quedo en evidencia que la lente Fresnel no es compatible con el montaje realizado, la adaptación de esta lente coloca en riesgo la estructura y materiales del prototipo (ver recomendaciones lente Fresnel).
- La construcción concentradora solar híbrido (CSH) fue más compleja y tardo más de lo deseado debido al estado del prototipo existente por el desgaste natural del tiempo y el descuido; presentaba deformaciones en tu estructura, el material reflectivo se encontraba muy deteriorado y esto ocasionó aumento significativo del presupuesto. Se apoyó de una planificación con la herramienta de diseño AutoDesk inventor lo cual obligó a los investigadores a profundizar en sus conocimientos de diseño adquiridos a lo largo de la carrera por la complejidad del sólido donde se tomaron las medidas del CPC pre existente y se plantearon diferentes dimensiones para la unión de las mismas, al final se optó por una unión entre mitades de 1.70 metros

- Los resultados obtenidos a partir de la adaptación de las tecnologías son más estables que las del prototipo preexistente, al emplear diferentes tipos de caloportadores se observaron temperaturas superiores 100°C , llegando a una temperatura estable de 120°C . Se pudo constatar el incremento en la eficiencia del nuevo prototipo y se eliminaron los puntos atípicos en las mediciones de temperatura.
- Las mediciones se realizaron con sensores que median radiación, tiempo, temperatura y velocidad del viento apoyados con un Data Logger lo que facilitó la obtención de resultados y una mayor cantidad de datos superiores a las planteadas en el anteproyecto. La eficacia del concentrador se determinó a través del análisis de la data obtenida y es presentada a través de gráficas y las tablas de medición establecidas. Las mínimas observaciones de las mediciones fueron de 30 minutos y la máxima de 24 horas continuas a partir de los cuales se identificaron los incrementos más significativos en la temperatura.
- Se puede concluir que el objetivo general se alcanza en su totalidad y el concentrador solar híbrido mejoró la eficiencia del prototipo existente, puede ser usado para obtener vapor si se realizan las adecuaciones pertinentes, del mismo modo puede ser empleado como una alternativa para el calentamiento de agua y otros fluidos, su aplicación está relacionada a la modificación de las propiedades de los fluidos, no obstante es una tecnología en desarrollo que tiene limitaciones en su aplicación.
- Este documento se constituye en una herramienta que pretende a través del mejoramiento de la eficiencia de un prototipo existente; comprobar como el aprovechamiento de la radiación del sol como fuente de la energía solar térmica produce calor y el aprovechamiento de este su vez permite elevar la temperatura del agua u otros fluidos de manera estable. Esta modificación de las propiedades de los fluidos sin duda porta al

desarrollo del futuro energético del país o motiva a la población para enfocar nuevas tendencias energéticas.

RECOMENDACIONES

- Revisar los costos de su construcción ya que estos son considerablemente elevados aun así se consiguió elevar su eficiencia, aumentar la cantidad de fluido que puede ser calentado.
- Se debe evaluar como acondicionar el lente tipo Fresnel a la estructura, la integración del lente es posible, la mejor ubicación sería el medio del CSH para esto se tendría que aumentar el ancho del diseño, sustituir el material reflectivo por espejos con el objetivo de que este material aporte mayor resistencia y no falle (no se quemé). Esto debido a que se determinó la incompatibilidad del lente Fresnel para este caso puntual, sin embargo, prescindir de ella no afectó el propósito final del proyecto (mejorar la eficiencia)
- Se pueden continuar con los estudios del CSH con diferentes tipos de caloportadores, se recomienda buscar un aceite térmico para evitar el cambio de fase del fluido a bajas temperaturas y sustituir el material con el que se hizo la adaptación para enroscar la termocupla por un material distinto al acero que no facilite la conductividad térmica disminuyendo las pérdidas dentro del conducto.
- Si se realizan perforaciones a treinta centímetros de del final del material reflectivo en ambos extremos y se introduce un conducto que permita el recircular el fluido, este podría ser almacenado en un tanque térmicamente aislado para su aprovechamiento y así aumentar la cantidad de fluido al que se le aumenta la temperatura

5. BIBLIOGRAFÍA

- Almaraz, V. V. (2020). *Análisis de eficiencia térmica del calentamiento solar de aire mediante un concentrador de canal parabólico como sistema auxiliar en el proceso de secado*. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México: INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca .
- ALVAREZ PEREZ CLAUDIO RODRIGO, A. A. (2017). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CONCENTRADOR SOLAR*. TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS, MEXICO: Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
- Aparicio, M. P. (2010). *Radiación solar y su aprovechamiento energético*. Barcelona: marcombo.
- AQUAE. (10 de Junio de 2022). *AQUAE FUNDACIÓN*. Obtenido de fundacionaquae.org: <https://www.fundacionaquae.org/wiki/que-es-energia-solar/>
- Barcia, L. A. (2015). *Optimización del control del sistema de aceitetérmico en centrales solares termo eléctricas*. Oviedo: Universidad de Oviedo.
- Barea, A. L. (2017). *Análisis Térmico de Procesos Industriales para uso*. Sevilla: Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla.
- Berumen, C. R. (2021). *COLECTOR DE CANAL PARABÓLICO*. Morelos: UNAM; CONACYT. Recuperado el 10 de 06 de 2022, de http://www.fordecyt.ier.unam.mx/html/colectorDeCanalParabolico_1.html
- Castro, J. C. (2020). *Análisis de Eficiencia en Conversión/Almacenamiento de Energía Solar y Adquisición de Datos de Paneles Solares del Laboratorio de Física y Electrónica de la UNAD (Sede Nacional JCM) en el Marco de su Uso como Laboratorio Remoto*. Bogota: Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Recuperado el 10 de 06 de 2022, de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/37465>
- Cira. (10 de Junio de 2022). *COLOSTATE*. Obtenido de Colostate.edu: <https://rammb.cira.colostate.edu/wmovl/vrl/tutorials/euromet/courses/spanish/satmet/s2710/s2710004.htm>
- Criollo Cumbe Adrián Vicente, P. G. (2011). *diseño de un sistema dual de calentamiento de agua, por medio de energia solar y GLP y diseño estructural de la cubierta para la piscina de la hosteria "los Juanes" en el canton santa isabel*. Cuenca: Universidad Politécnica salesiana sede cuenca .
- Delgado, A. (10 de 06 de 2022). *Geografía*. Obtenido de Geografiaparatos : <http://geografiaparatos-ad.blogspot.com/2016/06/forma-de-la-tierra.html>
- Dómine, L. (2013). *Sistemas de iluminacion autonomo alimentado por energias renovables*. Buenos Aires: RINFI.

- Duffie, J., & Beckman, A. W. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Edson Plasencia S, L. M. (2007). Estimación horaria de la irradiancia solar total extraterrestre. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG* , 6.
- GOMÉZ, G. C. (2013). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE SECADO INDUSTRIAL BASADO EN LA CONCENTRACIÓN DE ENERGÍA SOLAR USANDO UN COLECTOR TIPO CILINDRO-PARABÓLICO ACOPLADO A UN INTERCAMBIADOR DE CALOR DE TUBO/CORAZA*. Cartagena, Bolívar, Colombia : UNIVERSIDAD DE CARTAGENA FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA CARTAGENA DE INDIAS, D. T. Y C.
- Hagelberg, N. (2019). *Crece la generación de electricidad con fuentes renovables en 2019*. New York: Organización de las Naciones Unidas (ONU).
- Hernández, S., Fernández, C., & Baptista, L. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: McGRA W-Hill Interamericana Editores S.A. de C.V.
- HOGARSENSE. (10 de Junio de 2022). *HOGARSENSE*. Obtenido de hogarsense.es: <https://www.hogarsense.es/energia-solar/historia-energia-solar#:~:text=Tambi%C3%A9n%20fueron%20los%20griegos%20los,la%20antigua%20Grecia%20con%20Arqu%C3%ADmedes>.
- I Cruz, M. M. (2016). EVALUACION FINANCIERA Y ECONOMICA DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE FUENTES CONVENCIONALES POR ENERGÍA SOLAR EN UN PROCESO INDUSTRIAL. ESTUDIO DE CASO: LA INCLUSIÓN DE ENERGÍA SOLAR EN EL INDUSTRIAL. ESTUDIO DE CASO: LA INCLUSIÓN DE ENERGÍA SOLAR EN EL CURAD. *ASADES* , 11.
- IDAE. (11 de Junio de 2022). *Energía solar térmica Gobierno de España*. Obtenido de idae.es: <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/energia-solar-termica>
- IDEAM. (10 de 06 de 2022). *IDEAM.gov.co*. Obtenido de Minambiente Colombia : <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar-ultravioleta>
- INTERESANT, M. (10 de Junio de 2022). *Muy interesante*. Obtenido de Newsletter: <https://www.muyinteresante.es/ciencia/articulo/que-es-el-equinoccio-481617726416>
- Internacional, C. (2018). *Validacion de datos satelitales de radiación solar utilizando mediciones terrestres para el Ecuador* . Quito: Escuela Politécnica Nacional .
- Ligero A. 11. (22 de Septiembre de 2019). *Captacion de la energia solar*. Obtenido de Superestrato de ciencia y del conocimiento: <https://laelectricidad.wordpress.com/tag/captacion-de-la-energia-solar/>

- Loizaga Barrera, A. (2017). *Análisis térmico de procesos industriales para uso de energía solar térmica*. Sevilla : Dep. Ingeniería Energética Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla.
- Marino L. (2012). *Las energías renovables*. : Energías Renovables.
- Martinez, P. R. (2009). *Energía solar térmica Técnicas para su aprovechamiento*. Barcelona: MARCOMBO S.A.
- Martorelli Luis C, P. D. (2017). Energía Solar Térmica de Concentración Tecnología de Alto Valor Agregado para la Industria Nacional. In *XLII Jornadas IRAM Universidades* (pág. 3). Avellaneda: (UTN Facultad Regional Avellaneda, 29 y 30 de junio de 2017).
- Minenergía - MME, M. d. (2015). *Plan estrategiconacional colombiano: ideario energético 2050*. Bogotá D.C.: Min. Minas y Energía.
- Olaz F. & Medrano L. A. (2014). *Metodología de la investigación para estudiantes de psicología : manual de entrenamiento y práctica*. Los Angeles : Editorial Brujas.
- Onofa Altamirano E. F. (2015). *Centro de investigación de energías limpias y renovables*. Quito: (Bachelor's Thesis, Quito: UCE).
- Planas, O. (24 de Junio de 2022). *EZOIC*. Obtenido de EnergiaSolar.net: <https://solar-energia.net/energia-solar-termica/componentes/concentrador-solar>
- Posso, F. (2002). Energía y ambiente: pasado, presente y futuro. Parte dos: Sistema energético basado en energías alternativas . *Geoenseñanza*, 21.
- Rae. (21 de 06 de 2022). *Real Academia Española* . Obtenido de RAE: <https://dle.rae.es/equinoccio?m=form>
- Río, T. S. (2009). *Concentrador parabólico Compuesto: Una descripción opto-geométrica*. Revista Mexicana de Física: ENSEÑANZA.
- risco, B. &. (2002). *Ángulos de posición del sol*. : .
- Rodríguez García, A. C. (2017). *Proyecto mecánico y de montaje de un concentrador solar tipo Fresnel con plataforma horizontal giratoria*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales UPM, Ingeniería Energética. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales UPM. Recuperado el 10 de 06 de 2022, de <https://oa.upm.es/47448/>
- S, S. T., & P., J. A. (13 de Mayo de 2009). Concentrador parabólico compuesto: una descripción opto-geométrica. *Enseñanza*, 13.
- Sagahon, I. Y. (2013). *Energía solar térmica y fotovoltaica aislada para pequeñas comunidades en Perú*. Cooperación Internacional : Escola de Camins.

- Samsó, J. (2000). *Algunas notas sobre el modelo solar y la teoría de la precesión de los equinoccios en la obra astronómica de Alfonso X*. Barcelona: Departamento de arabe, facultad de filología. universidad de Barcelona .
- Santamarta J. (2004). *Las energías renovables son el futuro*. 22(3440.16).: Word Watch.
- Santoña, A. M. (2001). *Clima y constante solar variable* . Extremadura: Repositorio.aemet.es.
- Sarmiento M., P. (2007). *Energía Solar en arquitectura y construcción*. Santiago de Chile: RIL editores.
- Vargas & Barrera, G. H. (2019). *Concentrador Solar Cilindro Parabólico Combinado Con Reflector Solar De Espejo Plano*. Tunja: Universidad Antonio Nariño.
- Vaz, I. I. (2018). *DISEÑO TÉRMICO DE UN CONCENTRADOR SOLAR* . Sevilla, España: Dep. Ingeniería Energética Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla.
- VENEGAS COLL, C. A. (2017). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CONCENTRADOR LINEAL FRESNEL*. Universidad Tecnica Federico Santa Maria, Ingenieria Civil Mecánica. Valparaíso: Universidad Tecnica Federico Santa Maria. Recuperado el 10 de 06 de 2022, de <https://repositorio.usm.cl/handle/11673/23305>
- Vicente, F. L. (2008). Diseño y Construcción de una estufa solar CPC de revolución asimétrica. *MEMORIAS DEL 14 CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM* (pág. 8). Puebla, Mexico: SOMIN.

6. ANEXOS

Lente Fresnel Primera Prueba							
Fecha	hora	T interna °C	T Focus °C	I [mv]	I [w/M2]	Albedo	V viento [m/s]
2022/05/01	13:33:05	23,12	126,5	10,725	814,4	1,326	0,06
2022/05/01	13:34:05	23,13	150	10,699	812,4	1,195	2,36
2022/05/01	13:35:05	23,13	163,62	10,44	792,7	1,257	0,28
2022/05/01	13:36:05	23,16	170,93	10,346	785,6	1,237	0,06
2022/05/01	13:37:05	23,18	165,39	10,334	784,7	1,235	1,62
2022/05/01	13:38:05	23,21	148,04	10,458	794,1	1,244	0,37
2022/05/01	13:39:05	23,23	132,09	10,381	788,2	1,247	1,68
2022/05/01	13:40:05	23,24	111,67	10,538	800,2	1,268	1,11
2022/05/01	13:43:05	23,11	141,35	10,525	799,2	1,217	2,53
2022/05/01	13:44:05	23,1	152,49	10,845	823,5	1,253	1,48
2022/05/01	13:45:05	23,08	157,97	10,96	832,2	1,254	0,06
2022/05/01	13:46:05	23,11	152,58	10,83	822,3	1,246	0,31
2022/05/01	13:47:05	23,15	151,04	11,152	846,8	1,284	0,37
2022/05/01	13:48:05	23,15	148,04	10,951	831,5	1,255	1,28
2022/05/01	13:49:05	23,14	152,85	10,593	804,3	1,213	0,09
2022/05/01	13:50:05	23,1	138,3	10,211	775,3	1,161	0,06
2022/05/01	13:51:05	23,12	126,55	10,244	777,8	1,164	0,06
2022/05/01	13:52:05	23,13	115,62	10,07	764,6	1,147	0,06
2022/05/01	13:53:05	23,17	103,68	9,634	731,5	1,103	0,17
2022/05/01	13:54:05	23,23	91,03	9,405	714,1	1,08	0
2022/05/01	13:55:05	23,28	82,16	9,181	697,1	1,06	0,06
2022/05/01	13:56:05	23,34	71,03	8,558	649,8	1	0,6
2022/05/01	13:57:05	23,36	63,6	8,593	652,5	1,002	0,06
2022/05/01	13:58:05	23,42	195,16	9,086	689,9	1,055	0,06
2022/05/01	13:59:05	23,46	77,05	8,986	682,3	1,031	0,06
2022/05/01	14:00:05	23,49	86,47	8,828	670,3	1,023	4,4
2022/05/01	14:01:05	23,45	92,14	9,195	698,2	1,072	0,37
2022/05/01	14:02:05	23,4	96,04	9,03	685,6	1,047	0,06
2022/05/01	14:03:05	23,37	98,53	9,405	714,1	1,086	0,45
2022/05/01	14:04:05	23,35	96,03	8,545	648,8	0,995	0,06
2022/05/01	14:05:05	23,34	91,1	8,01	608,2	0,866	0,06
2022/05/01	14:06:05	23,38	89,76	8,181	621,2	0,949	0,06

Tabla 7. Resultados lente Fresnel Primera Prueba; Propia del autor.

Lente Fresnel Segunda Prueba							
Fecha	Hora	V viento [m/s]	T interna °C	I [mv]	I [W/m2]	Albedo	T-Focus °C
2022/05/07	12:43:33	0,14	24,55	13,236	1005,01	1,461	123,24
2022/05/07	12:44:33	0	25	13,46	1022,02	1,641	264,96

2022/05/07	12:45:33	0	24,45	13,582	1031,28	1,701	332,18
2022/05/07	12:46:33	0	24,95	13,727	1042,29	1,801	331,08
2022/05/07	12:47:33	0,65	24,55	13,808	1048,44	1,91	289,62
2022/05/07	12:48:33	1,08	24	13,795	1047,46	2,034	279,58
2022/05/07	12:49:33	0,6	23,2	13,675	1038,34	2,024	278,64
2022/05/07	12:50:33	0,06	24,3	13,585	1031,51	2,011	302,24
2022/05/07	12:51:33	0,06	24,75	13,495	1024,68	1,989	252,53
2022/05/07	12:52:33	0	25,25	13,514	1026,12	1,97	175,25
2022/05/07	12:53:33	0	25,2	13,491	1024,37	1,929	119,82
2022/05/07	12:54:33	0,2	24,9	13,38	1015,95	2,012	90,4
2022/05/07	12:54:58	0,09	25	13,366	1014,88	2,063	230,41
2022/05/07	12:55:58	0	25,4	13,28	1008,35	1,829	461,7
2022/05/07	12:56:58	0,09	25,55	13,277	1008,12	1,808	516,5
2022/05/07	12:57:58	0,6	24,6	13,203	1002,51	1,868	446,5
2022/05/07	12:58:58	0,31	24,85	13,155	998,86	1,828	307,76
2022/05/07	12:59:58	0	24,95	13,113	995,67	1,834	587,6
2022/05/07	13:00:58	0,34	24,5	13,135	997,34	1,698	0,77

Tabla 8. Resultados lente Fresnel Segunda Prueba; Propia del autor.

Tabla caloportador aire sin Fresnel							
Fecha	Hora	v Viento [m/s]	T interna °C	I [mv]	I [w/m ²]	Albedo	T Calo Aire °C
2022/05/07	11:50:11	0,26	26,2	4,123	313,059985	0,467	41,5
2022/05/07	11:51:11	0,14	24,25	10,707	812,984055	1,359	57,05
2022/05/07	11:52:11	0	25,2	15,181	1152,69552	2,003	66,89
2022/05/07	11:53:11	0,37	25,5	15,228	1156,26424	1,983	73,74
2022/05/07	11:54:11	0,06	25,1	14,622	1110,25057	1,829	79,27
2022/05/07	11:55:11	0,37	23,7	14,013	1064,00911	1,712	82,61
2022/05/07	11:56:11	1,31	23,1	7,25	550,493546	0,945	85,56
2022/05/07	11:57:11	0	23,95	4,958	376,461655	0,572	88,45
2022/05/07	11:58:11	0,17	24,55	15,773	1197,64617	2,099	91,39
2022/05/07	11:59:11	0,28	24,65	13,71	1041,00228	1,835	93,66
2022/05/07	12:00:11	0,48	25	10,051	763,17388	1,375	95,8
2022/05/07	12:01:11	0,06	26	15,008	1139,55961	1,969	98,18
2022/05/07	12:02:11	0,06	26,85	13,586	1031,58694	1,692	100,48
2022/05/07	12:03:11	0,09	26,75	13,525	1026,9552	1,713	102,18
2022/05/07	12:04:11	0,28	25,75	13,987	1062,03493	1,799	104,22
2022/05/07	12:05:11	0,06	25,7	14,564	1105,84662	1,902	106
2022/05/07	12:06:11	0,14	26,15	4,689	356,036446	0,573	107,98
2022/05/07	12:07:11	0,45	23,8	2,658	201,822323	0,256	108,84
2022/05/07	12:08:11	0	23,7	3,06	232,346241	0,339	109,06
2022/05/07	12:09:11	0,06	23,85	4,993	379,11921	0,589	109,05
2022/05/07	12:10:11	0,06	24,65	16,421	1246,8489	2,175	109,43

2022/05/07	12:11:11	0,09	25	11,382	864,236902	1,541	110,38
2022/05/07	12:12:11	0,4	24,65	12,927	981,548975	1,635	111,4
2022/05/07	12:13:11	1,22	24,05	16,6	1260,44039	2,153	112,15
2022/05/07	12:14:11	0,14	25	16,115	1223,61427	2,105	113,19
2022/05/07	12:15:11	0,34	25,45	15,586	1183,44723	2,025	114,8
2022/05/07	12:16:11	0,51	25,05	14,144	1073,95596	1,858	116,46
2022/05/07	12:17:11	0,09	25,95	14,92	1132,87775	1,818	117,6
2022/05/07	12:18:11	0,6	24,7	5,363	407,213364	0,559	118,68
2022/05/07	12:19:11	0	24,3	14,352	1089,74943	1,784	118,11
2022/05/07	12:20:11	0,17	24,35	14,883	1130,06834	1,946	118,41
2022/05/07	12:21:11	0,06	24,85	14,494	1100,53151	1,89	118,48
2022/05/07	12:22:11	0,11	25,35	14,521	1102,58162	1,845	119,4
2022/05/07	12:23:11	0	25,85	14,499	1100,91116	1,925	120,06
2022/05/07	12:24:11	0,4	24,2	3,345	253,986333	0,337	120,08
2022/05/07	12:25:11	0,54	23,05	8,638	655,884586	0,925	119,03

Tabla 9. Resultados Aire sin Fresnel; Propia del autor.

Tabla dos caloportador Aire sin Fresnel							
Fecha	Hora	v Viento [m/s]	T interna °C	I [mv]	I [w/m2]	albedo	T Calo Aire °C
2022/05/07	12:30:16	0,37	25,95	14,094	1070,16	1,75	115,66
2022/05/07	12:31:16	0,34	24,05	13,959	1059,91	1,78	114,04
2022/05/07	12:32:16	0,31	24,9	13,769	1045,48	1,74	113,84
2022/05/07	12:33:16	0,11	25,95	13,647	1036,22	1,73	113,89
2022/05/07	12:34:16	0,11	25,1	13,025	988,99	1,65	114,04
2022/05/07	12:35:16	0,06	25,6	12,938	982,38	1,63	114,28
2022/05/07	12:36:16	0,06	26,05	13,133	997,19	1,64	114,68
2022/05/07	12:37:16	0,23	25,15	12,787	970,92	1,57	114,33
2022/05/07	12:38:16	0,57	25,1	12,823	973,65	1,62	114,39
2022/05/07	12:39:16	1,19	23	13,189	1001,44	1,69	113,02
2022/05/07	12:40:16	0,23	23,4	13,131	997,04	1,69	112,83
2022/05/07	12:41:16	0	23,95	13,146	998,18	1,68	112,6

Tabla 10. Resultados Aire sin Fresnel Segunda Prueba; Propia del autor.

Resultados Caloportador aire con Fresnel							
Dia	Hora	v Viento [m/s]	T interna °C	I [mv]	I [w/m2]	Albedo	T Focus °C
2022/05/07	12:27:03	0,09	24,5	14,5	1100,98709	1,846	118,4
2022/05/07	12:28:03	0	24,95	13,189	1001,44267	1,602	117,79
2022/05/07	12:29:03	0,06	26,2	14,175	1076,30979	1,75	117,06
2022/05/07	12:30:03	0	26,25	13,761	1044,87472	1,73	115,81

Tabla 11. Resultados caloportador Aire con Fresnel; Propia del autor.

Resultados Caloportador Agua Segunda Toma							
Fecha	Hora	T interna °C	Tcalo-agua °C	v Viento [m/s]	I [mv]	I [w/m2]	Albedo
2022/05/17	08:35:30	18,34	48,14	0	2,237	169,9	0,281
2022/05/17	08:45:30	17,94	46,59	0,06	2,034	154,4	0,256
2022/05/17	08:55:30	17,6	46,04	0	1,566	118,9	0,196
2022/05/17	09:05:30	17,25	44,65	0,06	1,219	92,6	0,153
2022/05/17	09:15:30	16,96	44,61	0,06	1,768	134,2	0,232
2022/05/17	09:25:30	16,69	45,3	0,06	2,657	201,7	0,344
2022/05/17	09:35:30	16,5	50,34	0,06	3,761	285,6	0,49
2022/05/17	09:45:30	16,45	55,05	0,31	10,594	804,4	1,48
2022/05/17	09:55:30	16,59	76,45	0,06	7,199	546,6	0,993
2022/05/17	10:05:30	16,94	85,8	0,45	9,07	688,7	1,235
2022/05/17	10:15:30	17,43	88,05	0,06	4,699	356,8	0,631
2022/05/17	10:25:30	17,89	82,44	0,06	2,989	227,0	0,399
2022/05/17	10:35:30	18,22	81,9	0,06	3,16	239,9	0,431
2022/05/17	10:45:30	18,39	81,11	0,06	3,16	239,9	0,428
2022/05/17	10:55:30	18,43	89,94	0,06	12,834	974,5	1,799
2022/05/17	11:05:30	18,52	92,25	1,02	12,92	981,0	1,974
2022/05/17	11:15:30	18,84	91,19	0,06	5,512	418,5	0,733
2022/05/17	11:25:30	19,23	92,38	0	17,459	1325,7	2,676
2022/05/17	11:35:30	19,66	91,24	0,4	6,226	472,7	0,868
2022/05/17	11:45:30	19,97	91,8	0	13,039	990,1	1,909
2022/05/17	11:55:30	20,19	92,02	0,06	6,671	506,5	0,936
2022/05/17	12:05:30	20,39	90,56	0,06	3,742	284,1	0,5
2022/05/17	12:15:30	20,47	90,41	0,06	4,44	337,1	0,615
2022/05/17	12:25:30	20,4	91,09	0,06	10,776	818,2	1,66
2022/05/17	12:35:30	20,33	91,22	0,06	5,125	389,1	0,702
2022/05/17	12:45:30	20,31	92,9	0,06	14,901	1131,4	2,349
2022/05/17	12:55:30	20,35	90,78	0	3,915	297,3	0,522
2022/05/17	13:05:30	20,46	93,29	0,06	14,155	1074,8	2,263
2022/05/17	13:15:30	20,65	93,64	0,14	15,076	1144,7	2,368
2022/05/17	13:25:30	21,06	93,56	1,51	8,013	608,4	1,266
2022/05/17	13:35:30	21,5	92,56	0,06	13,379	1015,9	2,153
2022/05/17	13:45:30	21,9	91,15	0,06	5,084	386,0	0,719
2022/05/17	13:55:30	22,27	91,38	0	11,005	835,6	1,677
2022/05/17	14:05:30	22,5	90,41	0,06	4,258	323,3	0,644
2022/05/17	14:15:30	22,51	90,12	0	3,615	274,5	0,501
2022/05/17	14:25:30	22,35	90,34	0,06	4,463	338,9	0,625
2022/05/17	14:35:30	22,34	90,21	0,06	2,993	227,3	0,414
2022/05/17	14:45:30	22,28	90,41	0,06	3,994	303,3	0,581
2022/05/17	14:55:30	21,99	90,2	0,06	3,131	237,7	0,442

2022/05/17	15:05:30	21,63	90,23	0,06	3,265	247,9	0,462
2022/05/17	15:15:30	21,31	90,13	0,06	2,291	174,0	0,323
2022/05/17	15:25:30	21,02	89,95	0,06	2,315	175,8	0,342
2022/05/17	15:35:30	20,72	89,89	0,06	2,088	158,5	0,322
2022/05/17	15:45:30	20,43	84,19	0,06	1,329	100,9	0,201
2022/05/17	15:55:30	20,11	83	0,06	2,292	174,0	0,359
2022/05/17	16:05:30	19,78	88,31	0	4,982	378,3	0,512
2022/05/17	16:15:30	19,53	89,8	0,06	2,515	191,0	0,37
2022/05/17	16:25:30	19,39	87,81	0,06	2,212	168,0	0,332
2022/05/17	16:35:30	19,24	84,82	0,06	1,945	147,7	0,287
2022/05/17	16:45:30	19,08	79,45	1,53	0,954	72,4	0,144
2022/05/17	16:55:30	18,89	73,88	0,06	1,071	81,3	0,16

Tabla 12. Resultados Caloportador Agua Segunda Prueba; Propia del autor.

Resultados Caloportador Agua Tercera Toma								
Fecha	hora	Ti	Tcalo-agua	I [mv]	I [w/m ²]	Albedo	V viento	Tamb
2022/05/18	12:20:00	17,13	62,27	2,51	190,58	0,289	0,06	16,05
2022/05/18	12:30:00	16,66	63,23	2,252	170,99	0,252	0,06	15,85
2022/05/18	12:40:00	16,44	64,26	2,8	212,60	0,332	0,06	15,95
2022/05/18	12:50:00	16,29	68,55	3,146	238,88	0,381	0,06	17,35
2022/05/18	13:00:00	16,27	71,59	3,147	238,95	0,381	0,06	16,7
2022/05/18	13:10:00	16,3	74,49	3,154	239,48	0,385	0,06	16,5
2022/05/18	13:20:00	16,38	81,9	3,735	283,60	0,465	0,06	17,35
2022/05/18	13:30:00	16,49	89,89	3,532	268,19	0,443	0,06	17,6
2022/05/18	13:40:00	16,61	90,16	5,074	385,27	0,644	0,06	18,7
2022/05/18	13:50:00	16,78	90,19	3,137	238,19	0,389	0,06	18,5
2022/05/18	14:00:00	16,99	90,1	2,289	173,80	0,292	0,06	16,55
2022/05/18	14:10:00	17,15	89,43	1,698	128,93	0,221	0,06	16,75
2022/05/18	14:20:00	17,25	90,09	2,984	226,58	0,37	0,06	17,6
2022/05/18	14:30:00	17,29	87,74	1,478	112,22	0,189	0,06	15
2022/05/18	14:40:00	17,26	88,48	2,422	183,90	0,302	0,06	16,3
2022/05/18	14:50:00	17,18	90,05	3,595	272,97	0,447	0,06	17,5
2022/05/18	15:00:00	17,1	87,86	1,203	91,34	0,157	0,06	15,1
2022/05/18	15:10:00	17,05	77,36	0,962	73,04	0,129	0,06	14,65
2022/05/18	15:20:00	16,94	72,6	0,67	50,87	0,089	0,06	14,25
2022/05/18	15:30:00	16,77	70,32	1,111	84,36	0,143	0,06	13,65
2022/05/18	15:40:00	16,55	66,34	0,75	56,95	0,105	0,06	13,4
2022/05/18	15:50:00	16,34	64,3	0,693	52,62	0,095	0,06	13,7
2022/05/18	16:00:00	16,13	61,88	0,991	75,25	0,138	0,06	13,2
2022/05/18	16:10:00	15,92	63,6	1,134	86,10	0,152	0,06	13,9
2022/05/18	16:20:00	15,76	62,74	0,91	69,10	0,128	0,06	14,2
2022/05/18	16:30:00	15,64	61,83	0,708	53,76	0,104	0,06	14,1

2022/05/18	16:40:00	15,53	60,78	1,06	80,49	0,147	0,06	14
2022/05/18	16:50:00	15,42	61,02	1,03	78,21	0,145	0,06	13,85
2022/05/18	17:00:00	15,33	59,86	0,757	57,48	0,107	0,06	13,9
2022/05/18	17:10:00	15,23	57,04	0,472	35,84	0,071	0,06	13,2
2022/05/18	17:20:00	15,12	54,93	0,421	31,97	0,067	0,06	13,15
2022/05/18	17:30:00	15	52,33	0,16	12,15	0,036	0,06	12,7
2022/05/18	17:40:00	14,87	49,54	0,116	8,81	0,025	0,06	12,6
2022/05/18	17:50:00	14,72	47,14	0,061	4,63	0,021	0,06	12,35
2022/05/18	18:00:00	14,57	44,98	0,007	0,53	0,012	0	12,15
2022/05/18	18:10:00	14,4	43,03	-0,009	-0,68	0,014	0,06	12
2022/05/18	18:20:00	14,24	41,42	-0,012	-0,91	0,016	0,06	12,15
2022/05/18	18:30:00	14,09	39,61	-0,014	-1,06	0,009	0,06	12,1
2022/05/18	18:40:00	13,94	37,94	-0,012	-0,91	0,025	0,06	12,1
2022/05/18	18:50:00	13,81	36,26	-0,012	-0,91	0,042	0,06	12
2022/05/18	19:00:00	13,69	34,94	-0,014	-1,06	0,008	0,06	11,9
2022/05/18	19:10:00	13,58	33,5	-0,014	-1,06	-0,019	0,06	11,8
2022/05/18	19:20:00	13,48	32,31	-0,01	-0,76	0,012	0,06	11,5
2022/05/18	19:30:00	13,38	31,31	-0,008	-0,61	0,012	0,06	11,7
2022/05/18	19:40:00	13,3	30,23	-0,006	-0,46	0,009	0,06	11,55
2022/05/18	19:50:00	13,23	29,01	-0,007	-0,53	0,019	0,06	11,55
2022/05/18	20:00:00	13,17	27,88	-0,006	-0,46	0,059	0,06	11,55
2022/05/18	20:10:00	13,12	26,78	-0,01	-0,76	0,038	0,06	11,6
2022/05/18	20:20:00	13,06	26,16	-0,009	-0,68	0,071	0,06	11,7
2022/05/18	20:30:00	13	25,59	-0,01	-0,76	0,02	0,06	11,95

Tabla 13. Resultados Caloportador Agua Tercera Prueba; Propia del autor.

Resultados Caloportador Agua Cuarta Toma							
Fecha	Hora	Ti	TCaloP- agua	I[mv]	I [w/m2]	Albedo	Vviento
2022/05/19	08:22:14	16,62	60,13	3,213	244,0	0,427	0,06
2022/05/19	08:32:14	16,82	60,96	2,712	205,9	0,353	0,06
2022/05/19	08:42:14	16,47	57,3	1,416	107,5	0,172	0,06
2022/05/19	08:52:14	16,21	52,98	1,612	122,4	0,195	0,06
2022/05/19	09:02:14	15,99	52,68	1,94	147,3	0,24	0,06
2022/05/19	09:12:14	15,82	53,14	2,648	201,1	0,336	0,06
2022/05/19	09:22:14	15,72	65,12	6,501	493,6	0,844	0,06
2022/05/19	09:32:14	15,77	77,9	4,894	371,6	0,624	0,06
2022/05/19	09:42:14	16	82,61	4,771	362,3	0,619	0,06
2022/05/19	09:52:14	16,32	86,88	5,754	436,9	0,762	0,06
2022/05/19	10:02:14	16,66	90,5	4,864	369,3	0,608	0,8
2022/05/19	10:12:14	17,07	90,76	3,459	262,6	0,456	0,06
2022/05/19	10:22:14	17,4	90,38	3,223	244,7	0,415	0,06

2022/05/19	10:32:14	17,55	90,47	4,263	323,7	0,547	0,06
2022/05/19	10:42:14	17,6	90,6	5,211	395,7	0,687	0,06
2022/05/19	10:52:14	17,68	90,81	6,346	481,9	0,859	0,06
2022/05/19	11:02:14	17,85	92	9,691	735,8	1,357	0,06
2022/05/19	11:12:14	18,13	92,44	5,039	382,6	0,693	0,06
2022/05/19	11:22:14	18,4	90,99	3,076	233,6	0,423	0,06
2022/05/19	11:32:14	18,52	90,91	3,572	271,2	0,468	0,06
2022/05/19	11:42:14	18,54	90,12	1,678	127,4	0,215	0,06
2022/05/19	11:52:14	18,45	81,97	1,441	109,4	0,185	0,06
2022/05/19	12:02:14	18,26	76,14	1,636	124,2	0,202	0,06
2022/05/19	12:12:14	18,01	72,86	2,193	166,5	0,276	0,06
2022/05/19	12:22:14	17,75	77,3	2,841	215,7	0,354	0,06
2022/05/19	12:32:14	17,51	89,61	5,694	432,3	0,709	0,06
2022/05/19	12:42:14	17,39	90,05	4,095	310,9	0,521	0,06
2022/05/19	12:52:14	17,41	90,1	3,755	285,1	0,466	0,06
2022/05/19	13:02:14	17,46	90,25	5,007	380,2	0,624	0,06
2022/05/19	13:12:14	17,51	90,41	3,966	301,1	0,508	0,06
2022/05/19	13:22:14	17,56	90,85	4,349	330,2	0,537	0,06
2022/05/19	13:32:14	17,6	90,72	4,838	367,4	0,599	0,06
2022/05/19	13:42:14	17,69	91,82	6,748	512,4	0,868	0,06
2022/05/19	13:52:14	17,87	90,9	2,934	222,8	0,381	0,06
2022/05/19	14:02:14	18,06	89,93	2,385	181,1	0,303	0,06
2022/05/19	14:12:14	18,1	89,93	2,762	209,7	0,345	0,06
2022/05/19	14:22:14	18,06	89,98	3,278	248,9	0,423	0,06
2022/05/19	14:32:14	17,97	90,28	3,471	263,6	0,435	0,06
2022/05/19	14:42:14	17,89	90,5	3,483	264,5	0,444	0,06
2022/05/19	14:52:14	17,81	90,42	2,796	212,3	0,365	0,06
2022/05/19	15:02:14	17,72	90,19	2,415	183,4	0,31	0,06
2022/05/19	15:12:14	17,6	90,1	2,818	214,0	0,379	0,06
2022/05/19	15:22:14	17,48	89,83	2,206	167,5	0,298	0,06
2022/05/19	15:32:14	17,3	81,59	1,084	82,3	0,148	0,06
2022/05/19	15:42:14	17,1	73,11	0,943	71,6	0,13	0
2022/05/19	15:52:14	16,87	69,35	0,712	54,1	0,1	0,06
2022/05/19	16:02:14	16,63	66,82	0,863	65,5	0,118	0,06
2022/05/19	16:12:14	16,39	63,71	0,615	46,7	0,088	0,06
2022/05/19	16:22:14	16,16	61,53	0,575	43,7	0,086	0,06
2022/05/19	16:32:14	15,93	59,33	0,571	43,4	0,086	0,06
2022/05/19	16:42:14	15,72	57,37	0,513	39,0	0,076	0,06
2022/05/19	16:52:14	15,52	55,07	0,262	19,9	0,051	0,06

Tabla 14. Resultados Agua Cuarta Prueba; Propia del autor.

Comportamiento Caloportador Agua En 24 Horas

Fecha	Hora	Ti	Tcalo-Agua	I[mv]	I[w/m2]	Albedo	Vviento
2022/05/20	09:29:19	19,44	92,19	3,027	229,84	0,358	0
2022/05/20	09:39:19	19,65	92,32	3,979	302,13	0,486	0,06
2022/05/20	09:49:19	19,31	91,29	3,737	283,75	0,446	0,06
2022/05/20	09:59:19	18,94	92,35	5,695	432,42	0,706	0,06
2022/05/20	10:09:19	18,67	94,86	4,198	318,75	0,508	0,06
2022/05/20	10:19:19	18,46	92,42	4,918	373,42	0,646	0,06
2022/05/20	10:29:19	18,19	93,6	12,896	979,20	1,874	0,06
2022/05/20	10:39:19	18,08	94,78	7,437	564,69	0,93	0,06
2022/05/20	10:49:19	18,14	102,78	6,291	477,68	0,797	0,06
2022/05/20	10:59:19	18,35	105,95	9,108	691,57	1,136	1,19
2022/05/20	11:09:19	18,6	97,74	4,601	349,35	0,576	0
2022/05/20	11:19:19	18,79	99,79	4,515	342,82	0,537	0,06
2022/05/20	11:29:19	18,99	97,35	4,307	327,03	0,527	0,06
2022/05/20	11:39:19	19,14	92,66	2,64	200,46	0,349	0,06
2022/05/20	11:49:19	19,16	90,49	2,622	199,09	0,339	0,06
2022/05/20	11:59:19	19,02	90,62	4,8	364,46	0,638	0,06
2022/05/20	12:09:19	18,91	92,15	5,785	439,26	0,756	0,06
2022/05/20	12:19:19	18,89	93,07	5,863	445,18	0,771	0,06
2022/05/20	12:29:19	18,96	91,27	2,8	212,60	0,363	0,06
2022/05/20	12:39:19	19	90,46	2,764	209,87	0,362	0,06
2022/05/20	12:49:19	18,95	90,05	1,926	146,24	0,249	0
2022/05/20	12:59:19	18,84	88,47	2,086	158,39	0,266	0,06
2022/05/20	13:09:19	18,69	89,92	2,258	171,45	0,29	0,06
2022/05/20	13:19:19	18,52	88,38	1,809	137,36	0,23	0,06
2022/05/20	13:29:19	18,36	87,16	2,186	165,98	0,289	0,06
2022/05/20	13:39:19	18,23	89,79	3,031	230,14	0,411	0,06
2022/05/20	13:49:19	18,17	90,04	3,276	248,75	0,43	0,06
2022/05/20	13:59:19	18,16	90,24	3,613	274,34	0,471	0,06
2022/05/20	14:09:19	18,21	90,26	3,321	252,16	0,442	0,06
2022/05/20	14:19:19	18,27	90,5	3,763	285,73	0,506	0,06
2022/05/20	14:29:19	18,37	90,59	3,288	249,66	0,436	0,06
2022/05/20	14:39:19	18,5	90,47	2,989	226,96	0,387	0,06
2022/05/20	14:49:19	18,61	90,62	3,52	267,27	0,472	0,06
2022/05/20	14:59:19	18,68	90,69	3,608	273,96	0,475	0,06
2022/05/20	15:09:19	18,88	91,01	5,765	437,74	0,835	0,06
2022/05/20	15:19:19	19,11	90,73	3,257	247,30	0,442	0,06
2022/05/20	15:29:19	19,22	90,59	3,646	276,84	0,512	0,06
2022/05/20	15:39:19	19,23	90,54	4,063	308,50	0,569	0,06
2022/05/20	15:49:19	19,23	90,33	2,707	205,54	0,359	0,06
2022/05/20	15:59:19	19,19	89,95	2,013	152,85	0,273	0,06

2022/05/20	16:09:19	19,05	85,24	1,584	120,27	0,22	0,06
2022/05/20	16:19:19	18,88	78,95	1,475	112,00	0,214	0,06
2022/05/20	16:29:19	18,67	71,82	0,923	70,08	0,123	0,06
2022/05/20	16:39:19	18,42	65,49	0,956	72,59	0,131	0,06
2022/05/20	16:49:19	18,12	62,59	1,066	80,94	0,141	0,06
2022/05/20	16:59:19	17,83	64,83	1,717	130,37	0,248	0,06
2022/05/20	17:09:19	17,62	65,71	1,409	106,99	0,213	0,06
2022/05/20	17:19:19	17,45	63,01	0,681	51,71	0,107	0,06
2022/05/20	17:29:19	17,23	56,85	0,284	21,56	0,052	0,06
2022/05/20	17:39:19	17,01	50,02	0,115	8,73	0,028	0,06
2022/05/20	17:49:19	16,73	45,1	0,047	3,57	0,02	0,06
2022/05/20	17:59:19	16,44	41,24	0,015	1,14	0,017	0,06
2022/05/20	18:09:19	16,14	37,79	-0,009	-0,68	0,016	0,06
2022/05/20	18:19:19	15,86	34,73	-0,019	-1,44	0,017	0,06
2022/05/20	18:29:19	15,58	32,31	-0,014	-1,06	0,013	0,06
2022/05/20	18:39:19	15,31	30,15	-0,014	-1,06	0,015	0,06
2022/05/20	18:49:19	15,07	28,34	-0,011	-0,84	0,011	0,06
2022/05/20	18:59:19	14,84	26,74	-0,011	-0,84	0,012	0,06
2022/05/20	19:09:19	14,68	25,41	-0,013	-0,99	0,014	0,06
2022/05/20	19:19:19	14,54	24,2	-0,017	-1,29	0,015	0,06
2022/05/20	19:29:19	14,42	22,98	-0,016	-1,21	0,014	0,06
2022/05/20	19:39:19	14,3	21,94	-0,017	-1,29	0,014	0,06
2022/05/20	19:49:19	14,19	21,07	-0,014	-1,06	0,014	0,06
2022/05/20	19:59:19	14,1	20,34	-0,011	-0,84	0,012	0,06
2022/05/20	20:09:19	14,02	19,52	-0,015	-1,14	0,014	0,06
2022/05/20	20:19:19	13,94	18,86	-0,013	-0,99	0,013	0,06
2022/05/20	20:29:19	13,87	18,28	-0,014	-1,06	0,013	0,06
2022/05/20	20:39:19	13,82	17,82	-0,013	-0,99	0,013	0,06
2022/05/20	20:49:19	13,78	17,37	-0,015	-1,14	0,014	0,06
2022/05/20	20:59:19	13,74	16,91	-0,015	-1,14	0,014	0,06
2022/05/20	21:09:19	13,69	16,36	-0,016	-1,21	0,013	0,06
2022/05/20	21:19:19	13,64	15,99	-0,012	-0,91	0,011	0,06
2022/05/20	21:29:19	13,6	15,69	-0,012	-0,91	0,012	0,06
2022/05/20	21:39:19	13,56	15,38	-0,013	-0,99	0,012	0,06
2022/05/20	21:49:19	13,51	15,08	-0,014	-1,06	0,013	0,06
2022/05/20	21:59:19	13,48	14,65	-0,021	-1,59	0,017	0,06
2022/05/20	22:09:19	13,44	14,24	-0,015	-1,14	0,013	0,06
2022/05/20	22:19:19	13,38	14,11	-0,009	-0,68	0,011	0,06
2022/05/20	22:29:19	13,33	14,05	-0,008	-0,61	0,011	0,06
2022/05/20	22:39:19	13,31	13,95	-0,011	-0,84	0,012	0,06
2022/05/20	22:49:19	13,3	13,79	-0,012	-0,91	0,012	0,06

2022/05/20	22:59:19	13,29	13,64	-0,012	-0,91	0,012	0,06
2022/05/20	23:09:19	13,28	13,49	-0,012	-0,91	0,012	0,06
2022/05/20	23:19:19	13,26	13,37	-0,011	-0,84	0,01	0,06
2022/05/20	23:29:19	13,26	13,24	-0,011	-0,84	0,01	0,06
2022/05/20	23:39:19	13,24	13,06	-0,014	-1,06	0,013	0,06
2022/05/20	23:49:19	13,22	12,82	-0,013	-0,99	0,011	0,06
2022/05/20	23:59:19	13,19	12,64	-0,016	-1,21	0,012	0,06
2022/05/21	00:09:19	13,14	12,4	-0,016	-1,21	0,012	0,06
2022/05/21	00:19:19	13,09	12,2	-0,017	-1,29	0,014	0,06
2022/05/21	00:29:19	13,03	12,08	-0,011	-0,84	0,012	0,06
2022/05/21	00:39:19	12,97	11,97	-0,012	-0,91	0,012	0,06
2022/05/21	00:49:19	12,93	11,98	-0,009	-0,68	0,011	0,06
2022/05/21	00:59:19	12,89	11,97	-0,009	-0,68	0,011	0,06
2022/05/21	01:09:19	12,88	11,98	-0,009	-0,68	0,011	0,06
2022/05/21	01:19:19	12,87	11,94	-0,009	-0,68	0,011	0,06
2022/05/21	01:29:19	12,86	11,91	-0,011	-0,84	0,013	0,06
2022/05/21	01:39:19	12,85	11,71	-0,015	-1,14	0,014	0,06
2022/05/21	01:49:19	12,83	11,65	-0,011	-0,84	0,012	0,06
2022/05/21	01:59:19	12,81	11,6	-0,01	-0,76	0,012	0,06
2022/05/21	02:09:19	12,79	11,52	-0,012	-0,91	0,013	0,06
2022/05/21	02:19:19	12,76	11,41	-0,013	-0,99	0,014	0,06
2022/05/21	02:29:19	12,74	11,34	-0,013	-0,99	0,014	0,06
2022/05/21	02:39:19	12,71	11,28	-0,011	-0,84	0,014	0,06
2022/05/21	02:49:19	12,69	11,33	-0,01	-0,76	0,014	0,06
2022/05/21	02:59:19	12,66	11,29	-0,014	-1,06	0,015	0,06
2022/05/21	03:09:19	12,64	11,21	-0,013	-0,99	0,014	0,06
2022/05/21	03:19:19	12,61	11,16	-0,013	-0,99	0,014	0,06
2022/05/21	03:29:19	12,57	11,01	-0,014	-1,06	0,015	0,06
2022/05/21	03:39:19	12,53	10,91	-0,013	-0,99	0,015	0,06
2022/05/21	03:49:19	12,49	10,82	-0,017	-1,29	0,018	0,06
2022/05/21	03:59:19	12,44	10,51	-0,021	-1,59	0,02	0,06
2022/05/21	04:09:19	12,39	10,33	-0,018	-1,37	0,018	0,06
2022/05/21	04:19:19	12,31	10,19	-0,02	-1,52	0,019	0,06
2022/05/21	04:29:19	12,22	9,97	-0,023	-1,75	0,021	0,06
2022/05/21	04:39:19	12,11	9,7	-0,02	-1,52	0,019	0,06
2022/05/21	04:49:19	11,98	9,86	-0,007	-0,53	0,014	0,06
2022/05/21	04:59:19	11,9	10,01	-0,01	-0,76	0,018	0,06
2022/05/21	05:09:19	11,84	10,18	-0,008	-0,61	0,017	0
2022/05/21	05:19:19	11,82	10,32	-0,008	-0,61	0,019	0,06
2022/05/21	05:29:19	11,81	10,46	-0,002	-0,15	0,02	0,06
2022/05/21	05:39:19	11,82	10,59	0,017	1,29	0,022	0,06

2022/05/21	05:49:19	11,85	10,72	0,081	6,15	0,032	0,06
2022/05/21	05:59:19	11,87	10,88	0,198	15,03	0,051	0,06
2022/05/21	06:09:19	11,89	11,43	0,368	27,94	0,073	0,06
2022/05/21	06:19:19	11,89	12,65	0,879	66,74	0,149	0,06
2022/05/21	06:29:19	11,93	15,04	0,889	67,50	0,145	0,06
2022/05/21	06:39:19	12,01	18,45	0,889	67,50	0,143	0,06
2022/05/21	06:49:19	12,15	20,29	0,633	48,06	0,11	0,06
2022/05/21	06:59:19	12,33	22,35	0,943	71,60	0,146	0,06
2022/05/21	07:09:19	12,5	25,52	1,113	84,51	0,165	0,06
2022/05/21	07:19:19	12,68	31,76	3,033	230,30	0,416	0,06
2022/05/21	07:29:19	12,89	38,54	0,942	71,53	0,118	0,06
2022/05/21	07:39:19	13,14	43,36	6,193	470,24	0,565	0,06
2022/05/21	07:49:19	13,48	64,92	6,148	466,82	0,609	0,06
2022/05/21	07:59:19	14,02	65,15	1,866	141,69	0,23	0
2022/05/21	08:09:19	14,6	89,1	9,248	702,20	1,095	0,34
2022/05/21	08:19:19	15,33	76,4	2,036	154,59	0,266	0,06
2022/05/21	08:29:19	15,88	70,56	2,929	222,40	0,372	0,06
2022/05/21	08:39:19	16,2	73,5	3,351	254,44	0,443	0,06
2022/05/21	08:49:19	16,42	79,9	11,95	907,37	1,652	0,06
2022/05/21	08:59:19	16,64	88,05	4,086	310,25	0,524	0,06
2022/05/21	09:09:19	16,92	90,4	5,066	384,66	0,644	0,06
2022/05/21	09:19:19	17,17	91,06	4,492	341,08	0,557	0,06
2022/05/21	09:29:19	17,4	93,16	3,023	229,54	0,364	0,06
2022/05/21	09:39:19	17,55	92,26	3,007	228,32	0,395	0,06

Tabla 15. Resultados Caloportador Agua a lo Largo de 24 Horas; Propia del autor.

Tabla de resultados Caloportador Aceite de Motor quemado							
fecha	hora	Ti	Vaire	Taceite	I [mv]	I[w/m2]	Albedo
2022/05/24	11:44:32	21,68	0,00	84,23	14,06	1067,27	1,94
2022/05/24	11:54:32	20,92	0,23	98,86	14,38	1091,88	2,33
2022/05/24	12:04:32	20,65	0,54	96,13	12,52	950,80	2,00
2022/05/24	12:14:32	20,37	0,00	89,92	8,99	682,38	1,38
2022/05/24	12:24:32	20,17	0,06	79,31	3,91	296,74	0,52
2022/05/24	12:34:32	20,02	0,06	78,12	9,77	741,53	1,59
2022/05/24	12:44:32	19,95	0,37	83,53	7,50	569,63	1,16
2022/05/24	12:54:32	20,01	1,16	82,10	15,70	1192,18	2,57
2022/05/24	13:04:32	20,22	0,06	77,73	7,98	605,69	1,21
2022/05/24	13:14:32	20,51	1,42	70,73	17,42	1322,63	2,84
2022/05/24	13:24:32	20,86	0,11	66,61	15,60	1184,43	2,55
2022/05/24	13:34:32	21,24	0,06	65,33	16,21	1230,98	2,73
2022/05/24	13:44:32	21,65	0,00	64,34	6,41	486,33	0,90

2022/05/24	13:54:32	22,16	0,06	66,64	5,27	400,00	0,74
2022/05/24	14:04:32	22,59	0,06	57,93	3,05	231,28	0,44
2022/05/24	14:14:32	22,69	0,06	51,71	3,64	276,31	0,54
2022/05/24	14:24:32	22,48	0,06	51,52	11,21	850,87	1,82
2022/05/24	14:34:32	22,42	0,06	54,87	12,39	940,93	2,10
2022/05/24	14:44:32	22,63	0,06	51,16	6,27	475,93	0,95
2022/05/24	14:54:32	22,93	0,06	52,53	7,03	534,02	1,12
2022/05/24	15:04:32	23,15	0,06	51,57	10,74	815,79	1,86
2022/05/24	15:14:32	23,45	0,00	50,28	6,18	468,87	1,06
2022/05/24	15:24:32	23,65	0,06	49,46	1,51	114,65	0,20
2022/05/24	15:34:32	23,43	0,06	46,93	0,94	71,60	0,13
2022/05/24	15:44:32	22,83	0,06	43,50	1,63	123,46	0,23
2022/05/24	15:54:32	22,08	0,06	42,17	1,54	117,24	0,22
2022/05/24	16:04:32	21,31	0,06	41,10	1,68	127,79	0,24
2022/05/24	16:14:32	20,60	0,06	39,64	1,20	91,42	0,18
2022/05/24	16:24:32	19,97	0,06	38,03	1,92	145,41	0,28
2022/05/24	16:34:32	19,42	0,06	37,65	1,25	94,53	0,18
2022/05/24	16:44:32	18,96	0,06	35,37	0,74	55,96	0,11
2022/05/24	16:54:32	18,57	0,06	34,69	1,40	106,45	0,21
2022/05/24	17:04:32	18,28	0,06	34,22	1,04	79,12	0,16
2022/05/24	17:14:32	18,03	0,06	32,66	0,64	48,44	0,09
2022/05/24	17:24:32	17,76	0,06	30,47	0,42	32,04	0,06
2022/05/24	17:34:32	17,46	0,06	27,53	0,27	20,35	0,05
2022/05/24	17:44:32	17,16	0,06	25,90	0,11	8,12	0,02
2022/05/24	17:54:32	16,87	0,06	23,94	0,06	4,40	0,01
2022/05/24	18:04:32	16,61	0,06	22,14	0,01	0,38	0,01
2022/05/24	18:14:32	16,36	0,06	20,65	-0,01	-0,99	0,01
2022/05/24	18:24:32	16,13	0,06	19,47	-0,01	-0,76	0,01
2022/05/24	18:34:32	15,93	0,06	18,42	-0,02	-1,21	0,01
2022/05/24	18:44:32	15,72	0,06	17,40	-0,02	-1,52	0,01
2022/05/24	18:54:32	15,52	0,06	16,71	-0,01	-0,68	0,01
2022/05/24	19:04:32	15,35	0,00	16,70	0,00	-0,30	0,00
2022/05/24	19:14:32	15,20	0,06	16,39	0,00	-0,30	0,00
2022/05/24	19:24:32	15,08	0,06	16,00	-0,01	-0,38	0,00
2022/05/24	19:34:32	14,99	0,06	15,62	-0,01	-0,84	0,01
2022/05/24	19:44:32	14,91	0,06	15,19	-0,01	-0,91	0,01
2022/05/24	19:54:32	14,82	0,06	14,98	-0,01	-0,53	0,01
2022/05/24	20:04:32	14,72	0,06	14,76	0,00	-0,30	0,00
2022/05/24	20:14:32	14,63	0,06	14,55	-0,01	-0,38	0,01
2022/05/24	20:24:32	14,54	0,06	14,29	-0,01	-0,53	0,01
2022/05/24	20:34:32	14,47	0,06	14,12	0,00	-0,30	0,01

2022/05/24	20:44:32	14,41	0,06	13,97	0,00	-0,30	0,01
2022/05/24	20:54:32	14,35	0,06	13,85	-0,01	-0,46	0,01
2022/05/24	21:04:32	14,30	0,06	13,74	-0,01	-0,38	0,01
2022/05/24	21:14:32	14,26	0,06	13,59	-0,01	-0,53	0,01
2022/05/24	21:24:32	14,23	0,06	13,44	-0,01	-0,61	0,01
2022/05/24	21:34:32	14,19	0,06	13,27	-0,01	-0,53	0,01
2022/05/24	21:44:32	14,14	0,06	13,10	-0,01	-0,46	0,01
2022/05/24	21:54:32	14,09	0,06	13,03	-0,01	-0,38	0,01
2022/05/24	22:04:32	14,05	0,06	12,88	-0,02	-1,21	0,01
2022/05/24	22:14:32	14,02	0,06	12,48	-0,02	-1,52	0,01
2022/05/24	22:24:32	13,96	0,06	12,35	-0,01	-0,99	0,01
2022/05/24	22:34:32	13,90	0,06	12,21	-0,01	-0,91	0,01
2022/05/24	22:44:32	13,83	0,06	12,09	-0,01	-0,84	0,01
2022/05/24	22:54:32	13,75	0,06	12,03	-0,01	-0,76	0,01
2022/05/24	23:04:32	13,66	0,06	11,85	-0,02	-1,14	0,01
2022/05/24	23:14:32	13,58	0,06	11,77	-0,01	-0,76	0,01
2022/05/24	23:24:32	13,49	0,06	11,80	-0,01	-0,46	0,01
2022/05/24	23:34:32	13,43	0,06	11,85	-0,01	-0,46	0,01
2022/05/24	23:44:32	13,39	0,06	11,81	-0,01	-0,99	0,01
2022/05/24	23:54:32	13,33	0,06	11,55	-0,02	-1,14	0,01
2022/05/25	00:04:32	13,28	0,06	11,38	-0,01	-0,99	0,01
2022/05/25	00:14:32	13,21	0,06	11,34	-0,01	-0,84	0,01
2022/05/25	00:24:32	13,15	0,06	11,28	-0,01	-0,76	0,01
2022/05/25	00:34:32	13,08	0,06	11,37	-0,01	-0,68	0,01
2022/05/25	00:44:32	13,04	0,06	11,32	-0,01	-0,84	0,01
2022/05/25	00:54:32	12,99	0,06	11,30	-0,01	-0,68	0,01
2022/05/25	01:04:32	12,95	0,06	11,29	-0,01	-0,61	0,01
2022/05/25	01:14:32	12,91	0,06	11,33	0,00	-0,30	0,01
2022/05/25	01:24:32	12,89	0,06	11,38	-0,01	-0,46	0,01
2022/05/25	01:34:32	12,86	0,06	11,38	-0,01	-0,61	0,01
2022/05/25	01:44:32	12,85	0,00	11,43	-0,01	-0,53	0,01
2022/05/25	01:54:32	12,84	0,06	11,40	-0,01	-0,53	0,01
2022/05/25	02:04:32	12,82	0,06	11,45	0,00	-0,30	0,01
2022/05/25	02:14:32	12,81	0,06	11,31	-0,02	-1,21	0,01
2022/05/25	02:24:32	12,81	0,06	11,17	-0,02	-1,29	0,02
2022/05/25	02:34:32	12,80	0,06	11,07	-0,02	-1,29	0,03
2022/05/25	02:44:32	12,80	0,06	10,97	-0,02	-1,21	0,03
2022/05/25	02:54:32	12,79	0,06	10,96	-0,01	-1,06	0,01
2022/05/25	03:04:32	12,79	0,06	10,97	-0,01	-1,06	0,01
2022/05/25	03:14:32	12,78	0,06	10,88	-0,01	-0,99	0,02
2022/05/25	03:24:32	12,77	0,06	10,75	-0,02	-1,29	0,00

2022/05/25	03:34:32	12,74	0,00	10,49	-0,02	-1,67	0,01
2022/05/25	03:44:32	12,70	0,06	10,29	-0,02	-1,59	0,02
2022/05/25	03:54:32	12,62	0,06	10,19	-0,02	-1,52	0,02
2022/05/25	04:04:32	12,54	0,06	10,03	-0,02	-1,52	0,02
2022/05/25	04:14:32	12,46	0,06	10,02	-0,02	-1,52	0,02
2022/05/25	04:24:32	12,37	0,06	9,91	-0,02	-1,82	0,02
2022/05/25	04:34:32	12,27	0,06	9,59	-0,02	-1,67	0,02
2022/05/25	04:44:32	12,16	0,06	9,60	-0,02	-1,14	0,02
2022/05/25	04:54:32	12,08	0,06	9,82	-0,01	-0,91	0,02
2022/05/25	05:04:32	12,01	0,00	9,99	-0,01	-0,91	0,02
2022/05/25	05:14:32	11,97	0,06	10,11	-0,01	-0,84	0,02
2022/05/25	05:24:32	11,96	0,00	10,17	-0,01	-0,91	0,01
2022/05/25	05:34:32	11,97	0,06	9,93	-0,01	-0,68	0,02
2022/05/25	05:44:32	11,96	0,06	9,74	0,04	2,66	0,02
2022/05/25	05:54:32	11,92	0,06	9,74	0,12	8,81	0,03
2022/05/25	06:04:32	11,88	0,06	10,30	0,21	16,02	0,04
2022/05/25	06:14:32	11,87	0,06	10,88	0,32	24,15	0,06
2022/05/25	06:24:32	11,87	0,06	11,31	0,50	37,66	0,09
2022/05/25	06:34:32	11,89	0,06	12,21	0,77	58,24	0,17
2022/05/25	06:44:32	11,94	0,06	13,90	1,25	94,99	0,28
2022/05/25	06:54:32	12,07	0,06	16,26	1,32	100,38	0,28
2022/05/25	07:04:32	12,29	0,06	18,35	1,37	103,95	0,21
2022/05/25	07:14:32	12,53	0,00	20,91	2,06	156,42	0,26
2022/05/25	07:24:32	12,80	0,00	23,43	1,77	134,17	0,22
2022/05/25	07:34:32	13,08	0,06	26,88	3,77	286,48	0,36
2022/05/25	07:44:32	13,40	0,06	31,46	7,24	549,58	0,70
2022/05/25	07:54:32	13,80	0,40	40,64	2,99	226,88	0,33
2022/05/25	08:04:32	14,31	0,11	50,58	9,56	725,82	1,08
2022/05/25	08:14:32	14,91	0,14	69,83	8,04	610,40	0,86
2022/05/25	08:24:32	15,70	0,99	82,45	5,34	405,54	0,70
2022/05/25	08:34:32	16,57	0,00	72,72	6,44	488,69	0,85
2022/05/25	08:44:32	17,22	0,06	72,71	5,40	409,87	0,72
2022/05/25	08:54:32	17,70	0,20	71,71	5,63	427,18	0,73
2022/05/25	09:04:32	18,05	0,06	69,61	4,55	345,33	0,60
2022/05/25	09:14:32	18,30	0,31	76,19	7,70	584,89	1,01
2022/05/25	09:24:32	18,56	0,00	85,70	6,81	517,39	0,94
2022/05/25	09:34:32	18,88	0,26	90,73	6,54	496,28	0,89
2022/05/25	09:44:32	19,14	0,48	98,83	12,18	924,75	1,82
2022/05/25	09:54:32	19,40	0,65	107,97	12,26	931,13	1,83
2022/05/25	10:04:32	19,66	0,74	110,59	13,44	1020,12	2,04
2022/05/25	10:14:32	19,89	0,77	145,18	11,94	906,91	1,82

2022/05/25	10:24:32	20,05	0,00	164,39	12,99	986,56	2,00
2022/05/25	10:34:32	20,14	0,65	173,14	13,78	1046,01	2,14
2022/05/25	10:44:32	20,21	0,82	167,75	14,16	1075,32	2,18
2022/05/25	10:54:32	20,33	0,82	157,55	13,73	1042,52	2,15
2022/05/25	11:04:32	20,46	0,06	151,42	14,64	1111,85	2,28
2022/05/25	11:14:32	20,61	0,09	137,34	14,28	1084,05	2,23
2022/05/25	11:24:32	20,78	0,06	122,35	14,21	1078,59	2,22
2022/05/25	11:34:32	20,97	0,06	108,89	13,58	1031,36	2,13
2022/05/25	11:44:32	21,13	0,06	100,68	14,26	1082,99	2,24
2022/05/25	11:54:32	21,27	0,34	89,73	5,98	453,76	0,85
2022/05/25	12:04:32	21,39	0,54	80,44	13,68	1038,95	2,14
2022/05/25	12:14:32	21,54	0,23	80,03	13,10	994,53	1,99
2022/05/25	12:24:32	21,73	0,68	77,15	8,39	637,13	1,20
2022/05/25	12:34:32	21,88	0,00	72,72	8,87	673,35	1,32
2022/05/25	12:44:32	21,99	0,57	68,60	13,11	995,29	2,04
2022/05/25	12:54:32	22,02	0,40	69,74	6,62	502,66	0,89
2022/05/25	13:04:32	22,10	0,06	70,02	7,24	549,81	1,04
2022/05/25	13:14:32	22,21	0,28	62,55	1,99	151,25	0,30
2022/05/25	13:24:32	22,09	0,06	52,63	2,91	220,96	0,40
2022/05/25	13:34:32	21,55	0,00	48,00	3,76	285,73	0,50
2022/05/25	13:44:32	20,85	0,06	50,94	4,74	359,53	0,64
2022/05/25	13:54:32	20,23	0,06	55,56	4,67	354,44	0,63
2022/05/25	14:04:32	19,75	0,00	56,33	3,42	259,98	0,46
2022/05/25	14:14:32	19,40	0,06	55,29	3,37	255,73	0,45
2022/05/25	14:24:32	19,12	0,06	54,29	2,94	223,01	0,40
2022/05/25	14:34:32	18,92	0,06	55,08	4,94	374,72	0,68
2022/05/25	14:44:32	18,83	0,06	57,40	5,45	413,74	0,75
2022/05/25	14:54:32	18,84	0,06	57,18	3,33	252,85	0,46
2022/05/25	15:04:32	18,87	0,00	52,77	1,37	104,18	0,19
2022/05/25	15:14:32	18,77	0,06	48,55	2,29	174,03	0,31
2022/05/25	15:24:32	18,57	0,06	47,15	2,25	170,84	0,31
2022/05/25	15:34:32	18,35	0,06	45,54	1,83	138,95	0,26
2022/05/25	15:44:32	18,10	0,00	42,35	1,73	131,13	0,25
2022/05/25	15:54:32	17,83	0,00	39,79	1,71	129,54	0,25
2022/05/25	16:04:32	17,59	0,06	38,21	1,56	118,60	0,23
2022/05/25	16:14:32	17,35	0,06	36,83	1,22	92,56	0,18
2022/05/25	16:24:32	17,14	0,77	34,82	1,13	85,73	0,17
2022/05/25	16:34:32	16,94	0,00	33,20	0,92	69,93	0,14
2022/05/25	16:44:32	16,73	0,00	31,65	1,09	82,46	0,16
2022/05/25	16:54:32	16,52	0,06	30,41	0,92	69,55	0,14
2022/05/25	17:04:32	16,30	0,00	29,07	0,97	73,58	0,15

2022/05/25	17:14:32	16,08	0,00	28,16	0,67	50,80	0,11
2022/05/25	17:24:32	15,87	0,06	26,45	0,45	33,86	0,08
2022/05/25	17:34:32	15,66	0,06	24,79	0,25	18,60	0,05
2022/05/25	17:44:32	15,45	0,06	22,89	0,12	9,34	0,03
2022/05/25	17:54:32	15,24	0,06	21,05	0,04	2,89	0,02
2022/05/25	18:04:32	15,00	0,06	19,40	0,00	-0,23	0,02
2022/05/25	18:14:32	14,77	0,06	18,02	-0,02	-1,44	0,01
2022/05/25	18:24:32	14,54	0,06	16,94	-0,02	-1,52	0,01
2022/05/25	18:34:32	14,33	0,06	16,03	-0,02	-1,44	0,01
2022/05/25	18:44:32	14,13	0,06	15,24	-0,02	-1,52	0,01
2022/05/25	18:54:32	13,95	0,06	14,59	-0,02	-1,52	0,01
2022/05/25	19:04:32	13,78	0,06	14,06	-0,02	-1,52	0,01
2022/05/25	19:14:32	13,62	0,00	13,60	-0,02	-1,52	0,01
2022/05/25	19:24:32	13,47	0,06	13,18	-0,02	-1,59	0,01
2022/05/25	19:34:32	13,31	0,06	12,78	-0,02	-1,67	0,01
2022/05/25	19:44:32	13,17	0,06	12,43	-0,02	-1,75	0,01
2022/05/25	19:54:32	13,03	0,06	12,04	-0,02	-1,67	0,01

Tabla 16. Resultados Aceite de Motor Quemado a lo Largo de 24 Horas; Propia del autor.