

INSTITUTO DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICO PÚBLICO

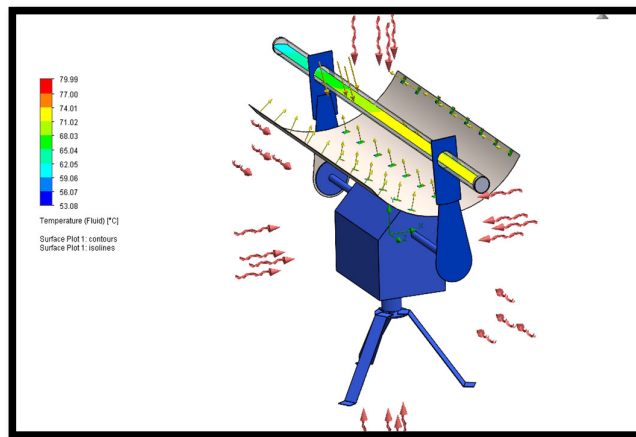
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”

“Ser Excelentes”



P.E.: MECÁNICA DE PRODUCCIÓN

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



Tema:

OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE COLECTOR SOLAR CILÍNDRICO PARABÓLICO EN EL ISTP SAM PARA MEJORAR LA CAPTACIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA 2024.

Presentado por:
Ing. Enrique R. Mucha Meza
Palián - 2024

Dedicatoria

Este proyecto está dedicado a la familia

Antunecina que nos apoya constantemente en cada uno
de los pasos.

Agradecimiento

Agradezco el apoyo brindado por el Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Santiago Antúnez de Mayolo, así como a la directora general, la Mg. Renee Villavicencio. Así mismo, agradezco a la empresa Makcromf Industries por el apoyo brindado en la fabricación.

INDICE

Carátula	
Dedicatoria	
Agradecimientos	
Índice	
índice de figuras	
índice de tablas	
Resumen	
Introducción	
CAPÍTULO I. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	
1.1 Formulación del problema	
1.1.1 General	
1.1.2 Específicos	
1.2 Objetivos	
1.2.1 General	
1.2.2 Específicos	
1.3 Justificación	
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	
2.1 Estado de arte	
2.2 Teóricas	
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	
3.1 Tipo de Estudio:	
3.2 Nivel de investigación: APLICADA.	
3.3 Diseño de Investigación:	
3.4 Población, Muestra y Muestreo:	
3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos:	
3.6 Procedimiento:	
3.7 Tipo de Análisis de Datos:	
3.8 Aspectos éticos:	
CAPÍTULO IV. DESARROLLO DEL TRABAJO	
4.1 Finalidad	
4.2 Propósito	
4.3 Componentes	
4.4 Actividades	
4.5 Limitaciones	
CAPÍTULO V: RESULTADOS	
Resultados	
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
Conclusiones	
Recomendaciones	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
APÉNDICES	
Apéndice A: Cronograma de Actividades.	
Apéndice B: Cronograma de Presupuesto.	
Apéndice C: Planos, esquemas y otros.	
Apéndice D: Declaración de confidencialidad.	
Apéndice E: Compromiso de autoría.	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Conductividad de materiales	Pag 13
Tabla 2 Tabla de reflectancia	Pag 17
Tabla 3 Operacionalización de la variable Dependiente	Pag 27
Tabla 4 Operacionalización de la variable Dependiente	Pag 27
Tabla 5 Temperatura final obtenida	Pag 34

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 Estructura y geometría	Pag 15
Ilustración 2 Componentes de la radiación solar	Pag 16
Ilustración 3 Reflectancia - longitud de onda	Pag 17
Ilustración 4 Esquema de un colector cilíndrico parabólico	Pag 18
Ilustración 5 Parábola	Pag 19
Ilustración 6 Caja negra	Pag 25
Ilustración 7 Caja blanca	Pag 26
Ilustración 8 PT 100	Pag 28
Ilustración 9 Dataloger	Pag 29
Ilustración 10 Prototipo de Colector solar cilíndrico parabólico	Pag 30
Ilustración 11 Ubicación del PT 100	Pag 31
Ilustración 12 Modelo 3D del prototipo	Pag 33
Ilustración 13 Temperatura final obtenida	Pag 35

Resumen

El proyecto de investigación aplicada que se realizó es tipo tecnológico y nivel experimental. Se encuentra dentro de la línea investigación de Energía Solar, con el que se pretendió determinar el mejor material para el diseño y fabricación de un colector solar cilíndrico parabólico. Para lo cual se diseñó y construyó un prototipo para realizar las mediciones. El colector solar cilíndrico parabólico tendrá una mayor eficiencia si se usa una placa de Acero inoxidable pulido en su construcción.

Abstrac

The applied research project that was carried out is technological and experimental level. It is located within the Solar Energy research line, with which the aim was to determine the best material for the design and manufacture of a parabolic cylindrical solar collector. For which a prototype was designed and built to carry out the measurements. The parabolic cylindrical solar collector will have greater efficiency if a polished stainless steel plate is used in its construction.

Introducción

La energía solar es una fuente primaria de energía solar limpia, abundante y renovable que puede ayudar en gran medida a disminuir los problemas relacionados con el cambio climático, al ser utilizada para satisfacer las necesidades de los diferentes sectores de la sociedad. Entre las aplicaciones más comunes se tiene el calentamiento de agua, climatización de espacios, calor de procesos industriales, generación de energía eléctrica, desalinación de agua, entre otras. Para llevar a cabo el aprovechamiento del recurso es necesario previamente captar, concentrar y convertir la radiación solar en energía térmica mediante un dispositivo de concentración solar.

Durante los últimos años se realizaron una gran variedad de colectores solares cilíndricos parabólicos de diversos materiales para la reflexión, sin embargo, en ningún trabajo actual se tiene un material idóneo para su construcción. Es por ello que el presente trabajo buscará identificar el mejor material para su fabricación y evaluará su rendimiento al calentar fluidos.

CAPÍTULO 1:

DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

Planteamiento del problema

En la actualidad existe una gran tendencia a utilizar e innovar en nuevas tecnologías que proporcionen la potencia y cuidado ambiental adecuado en las actividades domésticas como industriales, con el fin de reducir y eliminar el uso de combustibles fósiles. Roca (2022) indica que el uso de los combustibles fósiles es una etapa históricamente breve pero que genera un gran impacto ambiental que puede ser catastrófico, ya que el 60% de la contaminación es producida por el uso de este tipo de combustible.

Sin embargo, ya existen diversas tecnologías que pueden ser aprovechadas para las diversas actividades hogareñas e industriales que permitirían la reducción del uso de los combustibles fósiles como son los colectores solares. Los colectores solares pueden ser usados para la generación de electricidad, el calentamiento de fluidos, secado de materiales y calefacción de hogares; esto gracias a su capacidad de concentrar la energía térmica en un punto determinado (Mendez, 2023). Lo que lo hace viable para su aplicación en diversos sectores económicos, evitando así el uso de combustibles fósiles y reduciendo las emisiones de CO₂ en las actividades productivas y hogareñas.

Aun así, se tiene un gran problema que superar dentro del país que es la producción de este producto para uso doméstico e industrial. Actualmente no hay un uso masivo de la energía solar en ninguna de sus dos modalidades (paneles y colectores solares), siendo este último el menos desarrollado en el mercado peruano. Es por ello que se ve conveniente desarrollar una información actualizada de su diseño y material más adecuado para la fabricación de los colectores solares con el fin de que este sea más rentable en la fabricación, adquisición y uso; donde nos centraremos principalmente en los colectores solares cilíndricos parabólicos.

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1 General

¿Cómo construir y diseñar un Colector Solar Cilíndrico Parabólico para optimizar la captación de energía solar térmica en la ciudad de Huancayo?

1.1.2 Específicos

- ¿De qué material debe estar fabricado el Colector Solar Cilíndrico Parabólico para tener el mejor rendimiento?
- ¿Cómo debe estar ubicado el Colector Solar Cilíndrico Parabólico para obtener la mayor captación de energía térmica durante el día?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 General

Diseñar y construir un Colector Solar Cilíndrico parabólico para Captación Térmica en la Ciudad de Huancayo

1.2.2 Específicos

- Identificar los principales parámetros de relevancia en la realización del diseño
- Determinar el mejor material para la construcción de un Colector Solar Cilíndrico Parabólico en la ciudad de Huancayo
- Determinar la mejor ubicación para mejorar la eficiencia del Colector solar Cilíndrico Parabólico
- Hallar la eficiencia energética térmica del colector solar Cilíndrico Parabólico

1.3 JUSTIFICACIÓN

El proyecto de investigación se sustenta en la necesidad de desarrollar información que pueda facilitar la aplicación de esta tecnología al nivel nacional para la generación de energía eléctrica mediante turbinas de vapor como también en industrias que requieran gran capacidad térmica en los procesos como la minería, textiles y farmacéuticas. Así mismo permitirá aplicarlo con un enfoque urbano para los sistemas de calefacción de hogares y agua (Carrión, Murillo & Torres, 2021).

Esto apoyaría a la reducción de la huella de carbono que emite el país,

Un total de 14 millones de toneladas de CO₂ emitidas, equivalentes al carbono almacenado en 38 000 hectáreas de bosque amazónico, se han reportado en la herramienta Huella de Carbono Perú, implementada por el Ministerio del Ambiente (Minam). Ello en virtud del reporte efectuado hasta la fecha por más de 270 organizaciones, entre públicas y privadas, de todo el país (Minam, 2021, párr. 1)

Por lo que el desarrollo de esta tecnología facilitaría el cumplimiento de los deberes y objetivos del Perú y de la ONU, el cual plantea en el 7mo objetivo sostenible de la Naciones Unidas llamado “Energía asequible y no contaminante”, donde se indica que para el 2030 se debe aumentar la producción de energías renovables y mejorar la tasa de eficiencia energética (ONU,2015). A sí mismo el 12vo objetivo, “Producción y consumo responsable” indica que se debe realizar una gestión adecuada y sostenible de los recursos naturales, así desarrollar las capacidades científicas que permitan el avance tecnológico para modalidades de consumo y producción sostenibles (ONU,2015).

CAPÍTULO 2:

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

En su investigación titulada "Análisis de la Influencia de la Geometría del Área de Reflexión en el Desempeño Óptico de un Prototipo Artesanal de Concentrador Cilindro-parabólico," Tarazona, Ascanio, Sandoval y Rincón (2022) examinaron cómo varía el rendimiento óptico de un prototipo artesanal de concentrador cilindro-parabólico en relación con la superficie de reflexión. Los resultados revelaron una correlación significativa entre el área de reflexión y el rendimiento óptico del sistema. Se encontró que un aumento en el área de reflexión lleva a un incremento en el rendimiento óptico, lo que se traduce en un rendimiento general del sistema más alto. En su experimento, utilizaron tres modelos con áreas de reflexión diferentes: 0.454 m^2 para el modelo real, 0.597 m^2 para el modelo de mayor área y 0.289 m^2 para el modelo de menor área. Estos modelos demostraron rendimientos ópticos del 12.12%, 13.075% y 11.78%, respectivamente.

En el artículo titulado "Revisión de los calentadores solares" se indica que se usa espuma de poliuretano como un aislante térmico en los espacios donde se almacena el fluido en los colectores solares de tubos de vacío, así mismo, indica que se usa cobre, aluminio o acero inoxidable AISI 304 en la construcción de los colectores solares como materiales conductores térmicos, mientras que como otros aislantes se usa: aire, aislante térmico transparente o madera (Denhi et al., 2022). El artículo indica que es vital la mezcla de ambos materiales para conservar la energía térmica acumulada durante el día.

En el trabajo de titulación llamado “Diseño y Construcción de un prototipo de Colector Solar para el Calentamiento de Agua con Materiales Reciclables para una Vivienda”, realizado por Chisaguano y Valdivieso (2021) fabrico un colector solar de con botellas recicladas PET, previamente indica un listado de materiales conductores térmicos. Entre estos materiales indica que la plata, el cobre tipo M y Aluminio están como los más conductores mientras que el PVC y PET son menos conductores. Aun así, en el diseño se centró en crear un interior con efecto invernadero con los materiales plásticos y utilizar el colector para calentar dicho espacio.

Tabla 1 Conductividad de materiales

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m*K)
Plata	406 - 418
Cobre Tipo M	372 - 385
Aluminio	220 - 244
Bronce	116 - 186
Zinc	106 - 140
PET	0,29 - 0,40
PVC	0,12 - 0,25

(Chisaguano y Valdivieso, 2021)

En el trabajo de investigación llamado “Diseño y construcción de un Colector Cilíndrico Parabólico para uso de la Energía Solar en el Calentamiento de agua”, realizado por Calderón (2023); indica que un colector Cilíndrico parabólico tiene un rango de temperatura entre 70 y 290 °C cuando tiene un eje de movimiento. Así mismo se indica que el colector solar con plancha de acero galvanizado y un tubo de cobre llego a tener una eficiencia del 15.76% y una temperatura máxima alcanzada de 53.06 °C sin movimiento de ejes.

El estudio llamado “Estudio de materiales reflectivos para colectores solares “de Echzu, Cadena y Saravia (2000) indica que el PVC blanco, los aluminios reflectantes y el mylar

(Cuba) tiene los índices de reflectancia más altos, superando los 0.830 cada uno. Así mismo indica que cada material tiene un valor distinto de reflectancia en relación a la longitud de onda, siendo la mayoría de ellos tienen una mayor reflectancia en los rayos ultravioleta y una menor en los rayos infrarrojos. Entre ellos indica que el PVC blanco tiene una mayor reflectancia de los rayos infrarrojos y los aluminios tiene una mayor reflectancia en los rayos ultravioletas. También menciona que el Acero inoxidable tiene un nivel de reflectancia de 0.572 pero que su estabilidad es mayor en cuanto al espectro electromagnética, es decir que no tiene caídas de reflectancia relacionadas a la longitud de onda.

2.2 BASES TEÓRICAS

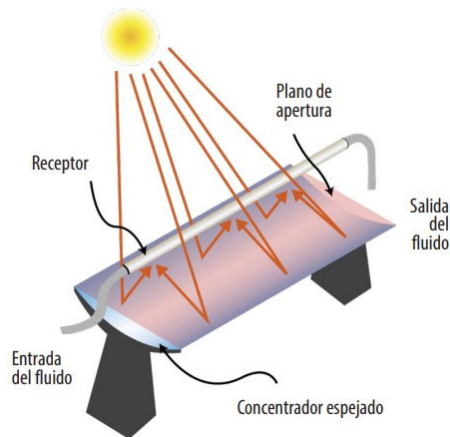
2.2.1 Colectores solares

Los colectores solares son dispositivos diseñados para focalizar la radiación solar hacia un punto específico o una línea predeterminada a una distancia establecida. Estos sistemas emplean una superficie reflectante que guía los rayos solares hacia el punto de enfoque deseado. Como resultado, se logra elevar la temperatura y calentar el fluido o material que está siendo utilizado. Estos colectores tienen aplicaciones tanto en la producción de energía eléctrica como en el calentamiento de fluidos para fines diversos.

2.2.2 Estructura

La estructura será conformada por reflector cilíndrico sostenido sobre una estructura de tres patas de soporte, así mismo tendrá un tubo de vacío, de color negro para mejorar la absorción del calor, ubicado a una distancia del reflector el cual contendrá el fluido a evaluar. El reflector solar se podrá reemplazar con facilidad para la realización de las pruebas de materiales.

Ilustración 1 Estructura y geometría



2.2.3 El Sol

El Sol es la principal fuente de radiación electromagnética, ubicada en el centro del sistema solar. La energía que incide en la superficie terrestre dependerá del día, la hora, altura sobre el nivel del mar y el clima del momento, esta energía es evaluada en un lapso de tiempo estipulado (Barrera, 2016)

1.2.3.1 Trayectoria solar.

Desde la perspectiva interna de la tierra, el Sol tiene una trayectoria de Este a Oeste, esta trayectoria puede llegar a sufrir algunas modificaciones en su duración dependiendo de la estación y la ubicación de la persona, así mismo la hora afecta la ubicación del Sol en el cielo.

1.2.3.2 La radiación solar

La radiación solar es uno de los parámetros clave de la meteorología y la climatología que afecta a diversos procesos de la superficie de la Tierra y de la atmósfera y, por ello, debe medirse.

La radiación solar se puede dividir en las siguientes componentes:

A) Radiación solar difusa:

Es aquella que proviene de las reflexiones en la atmósfera y debe medirse sombreando el disco solar.

B) Radiación solar reflejada:

Se refiere a la radiación que, luego de ser reflejada por el entorno circundante, llega a impactar una superficie inclinada. Esta cantidad por lo general no se cuantifica directamente y su promedio equivale al 20% de la radiación total que llega a una superficie plana y orientada horizontalmente.

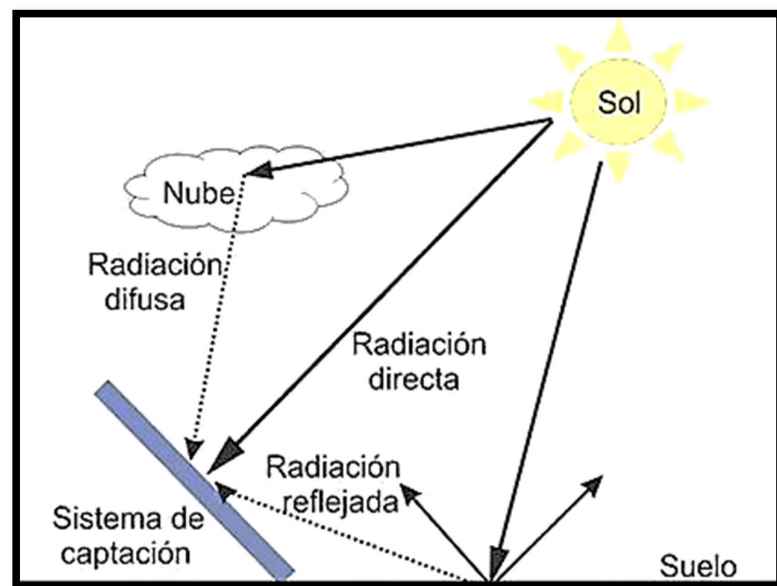
C) Radiación solar directa

Esta radiación se origina directamente del disco solar, lo que implica que su medición requiere el uso de sistemas que rastrean el movimiento del Sol a lo largo de su curso.

D) Radiación solar global

Es la cantidad de radiación que llega a una unidad de área. Esta cifra engloba la suma de las contribuciones provenientes de la radiación directa, difusa y reflejada. La disposición de esta superficie puede ser variada, y dependiendo de su orientación, las proporciones de cada componente también se modificarán.

Ilustración 2 Componentes de la radiación solar



2.2.4 Materiales reflectivos

Un material reflectivo es un material que puede devolver la luz, el calor, el sonido (Rae, 2022).

Lo que se puede interpretar como la capacidad de devolver ondas como las antes mencionadas. La reflectividad de un material se mide en porcentaje lo que indica que su valor va de 0 a 1.

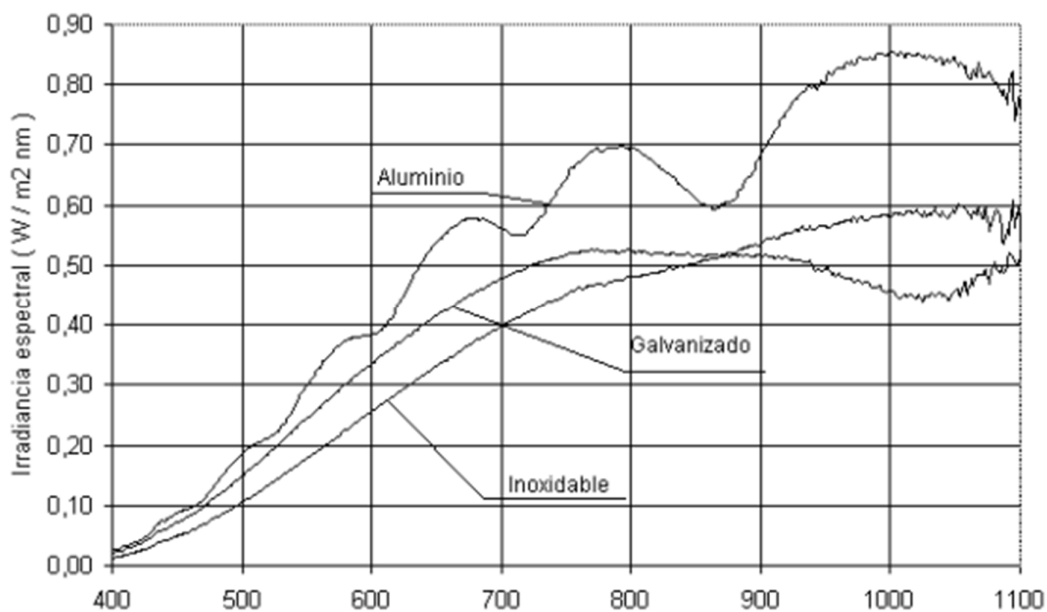
Entre los materiales más reflectivos para el uso de colectores solares tenemos la siguiente tabla que indica la reflectancia promedio de los materiales:

Tabla 2 Tabla de reflectancia

PVC blanco	0,871	fibra de vidrio pintada de blanco	0,709
aluminio de alta reflectividad (verde)	0,839	espejo de vidrio de 2 mm	0,795
aluminio de alta reflectividad (rosado)	0,853	espejo de vidrio de 3 mm	0,754
aluminio de alta reflectividad (celeste)	0,820	espejo de vidrio de 4 mm	0,712
chapadur prepintado blanco	0,741	acero inoxidable	0,572
chapa galvanizada	0,588	mylar (Cuba)	0,833
chapa pintada de blanco nueva	0,582	papel de aluminio (Cuba)	0,799
chapa pintada de blanco envejecida	0,656		

(Echzu, Cadena y Saravia, 2000, p. 2)

Ilustración 3 Reflectancia - longitud de onda



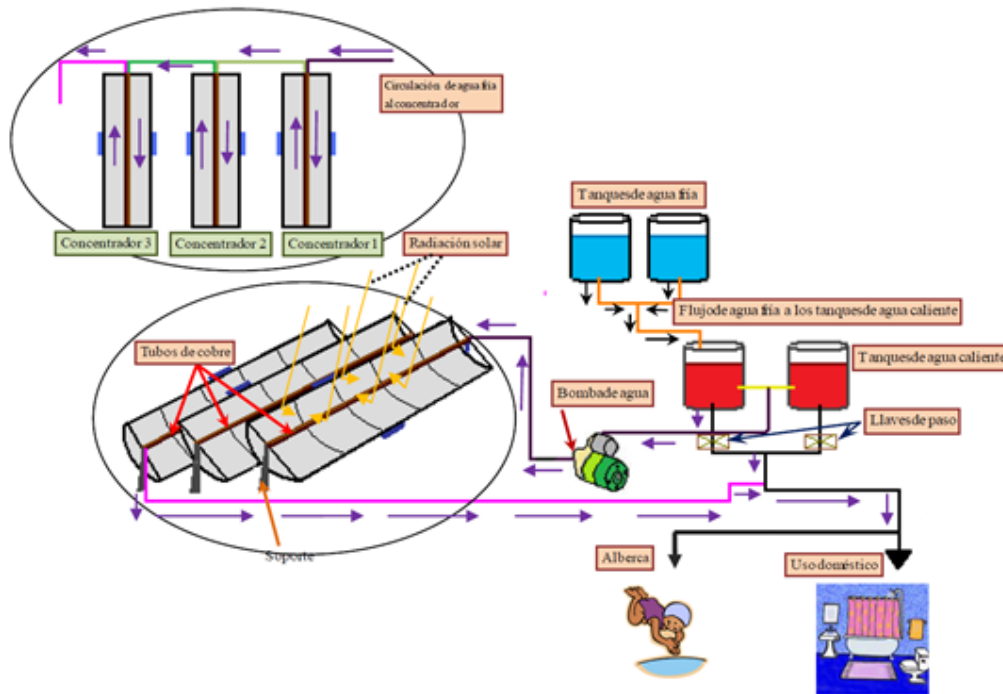
(Echzu, Cadena y Saravia, 2000, p. 5)

2.2.5 PARÁMETROS GEOMÉTRICOS

El concentrador cilindro parabólico, denominado mediante las siglas CCP, debe su nombre a uno de sus componentes principales: la superficie reflectante cilindro parabólica refleja la radiación solar directa concentrándola sobre un tubo absorbente colocado en la línea focal de la parábola. En la figura 3 el agua fría sale de los tanques de plástico Rotoplas donde se encuentra almacenada, de aquí se dirige hacia los tanques de agua caliente; de los tanques de agua caliente el agua se envía a los concentradores solares por medio de una bomba de agua. El agua fluye por los concentradores a través de los tubos de cobre, donde éstos reciben la radiación solar como se muestra, el agua circula por los tres concentradores solares hasta obtener una temperatura de 60°C y se almacena en los tanques de agua caliente, para posteriormente ser usada.

La conversión de energía solar en calor mediante concentradores solares es una tecnología bien conocida. La complejidad de los dispositivos de conversión depende de la temperatura que se desea alcanzar. Para que esto sea posible, cada elemento se debe de diseñar y ensamblar de forma correcta, evitando que exista alguna imperfección.

Ilustración 4 Esquema de un colector cilíndrico parabólico



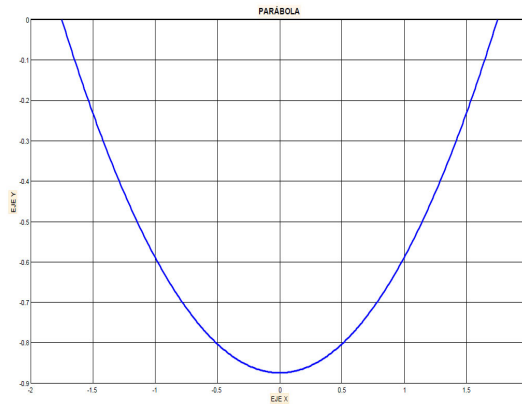
Fuente: Velasco, Carmen Paredes

En la geometría del concentrador un parámetro importante es la parábola, ya que ésta refleja sobre el foco los rayos que recibe del Sol, según Conrado (2010).

$$(x - h)^2 = 4p(y - k)$$

Basados en la ecuación y mediante el empleo de programas desarrollados en Matlab®, se puede obtener las siguientes coordenadas de la parábola necesarias para construir el perfil del concentrador solar.

Ilustración 5 Parábola



Fuente propia.

CAPÍTULO 3:

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

En la investigación se empleará el método sistémico debido a que este enfoque afronta al problema en su complejidad a través de una forma de pensamiento basada en la totalidad, en el estudio de la relación entre las partes y de las propiedades emergentes resultantes.

3.2 TIPO y NIVEL DE INVESTIGACION

3.2.1 TIPO

Se empleará el tipo de investigación aplicada, debido a que tiene como propósito aplicar el conocimiento científico para solucionar los diferentes problemas que benefician a la sociedad.

3.2.2 NIVEL

El nivel de la investigación que se utilizará será el experimental que tiene como propósito manipular las variables del Rastreador solar . La finalidad de la investigación experimental es crear conocimientos nuevos para mejorar el objeto de estudio (Espinoza Montes, 2014).

3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Se empleará el diseño con grupo control, pre prueba y post prueba, para lo cual se empleara dos grupos uno experimental y el otro de control. Donde los elementos han

sido asignados aleatoriamente. Se les administra simultáneamente la prueba y post prueba.

GE A O1 X O2

GC A O3 ----- O4

Donde:

GE: Grupo experimental

GC: Grupo Control

O: Observación.

El investigador aplicará la variable experimental o variable independiente al GE, posterior se evaluará a los dos grupos en la variable dependiente.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

Rastreador solar, se utilizará para ubicar la posición del sol y lograr una incidencia perpendicular al cilindro parabólico.

3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Se utilizará la Técnica empírica para la obtención de datos del Rastreador solar, posicionamiento y temperaturas.

El instrumento de recolección de datos será elaborado por el autor el cual está constituido por Hardware y software.

3.6 PROCEDIMIENTO

El procedimiento de una investigación científica es un proceso sistemático y estructurado que permite a los investigadores adquirir nuevo conocimiento,

comprender fenómenos y resolver problemas. A continuación, La descripción del proceso de la prueba de hipótesis es la siguiente:

- a. Definición de la hipótesis de la investigación.
- b. Transformación a hipótesis estadística.
- c. Elección de los estadígrafos.
- d. Ejecución de la prueba de hipótesis.
- e. Análisis de los resultados.

3.7 TIPO DE ANALISI DE DATOS

Se procera los datos mediante la estadística descriptiva a través de la distribución de frecuencias, medidas de tendencia central y las medidas de dispersión.

Para validar la hipótesis se empleará la estadística inferencial mediante la prueba “t” de muestras relacionadas con nivel de significancia $\alpha=0.05$ (95%).

3.8 ASPECTOS ETICOS

Para el proyecto titulado "Optimización del diseño de colector solar cilíndrico parabólico en el ISTP SAM para mejorar la captación de energía térmica 2024", es fundamental considerar diversos aspectos éticos que guiarán la investigación y su implementación. A continuación, se detallan los principales aspectos éticos a tener en cuenta:

1. Sostenibilidad Ambiental

Es esencial evaluar el impacto ambiental del diseño y la implementación del colector solar. Esto incluye:

Minimización de la huella ecológica: Asegurar que el proceso de fabricación y uso del colector no cause daño significativo al medio ambiente.

Uso responsable de recursos: Considerar la sostenibilidad de los materiales utilizados en la construcción del colector.

2. Justicia Energética

La investigación debe promover un acceso equitativo a la energía generada:

Equidad en el acceso: Asegurar que las comunidades locales se beneficien de la tecnología desarrollada, especialmente aquellas en condiciones desfavorables.

Participación comunitaria: Involucrar a las comunidades en el proceso de toma de decisiones sobre el uso y distribución de la energía generada.

3. Responsabilidad Social

Es importante que el proyecto tenga en cuenta:

Impacto social: Evaluar cómo la implementación del colector solar afectará a las comunidades locales, tanto positiva como negativamente.

Beneficios económicos: Considerar cómo el proyecto puede contribuir al desarrollo económico local, generando empleo o mejorando la calidad de vida.

4. Transparencia y Honestidad

La comunicación clara sobre los objetivos, métodos y resultados del proyecto es crucial:

Divulgación de información: Mantener informados a todos los interesados sobre los avances y desafíos del proyecto.

Ética en la investigación: Asegurarse de que todos los datos recopilados sean presentados de manera honesta y precisa.

5. Consentimiento Informado

Si se involucra a participantes humanos en la investigación:

Consentimiento previo: Asegurarse de que todos los participantes comprendan los objetivos del estudio y den su consentimiento para participar.

Derechos de los participantes: Respetar la privacidad y los derechos de aquellos que contribuyan al proyecto.

6. Evaluación de Impacto

Realizar una evaluación ética continua durante todas las fases del proyecto:

Revisión periódica: Evaluar regularmente el impacto del proyecto en términos éticos, sociales y ambientales.

Adaptación y mejora: Estar dispuesto a modificar el enfoque del proyecto si se identifican problemas éticos o impactos negativos.

CAPÍTULO 4:DESARROLLO DEL TRABAJO

4.1 FINALIDAD

El presente proyecto de investigación determinará la correcta forma de fabricar un colector solar cilíndrico parabólico para la ciudad de Huancayo, lo que permitirá obtener un aumento térmico en los fluidos de forma más rápida y eficiente. Así mismo se determinará la orientación más conveniente para el colector solar dentro de la ciudad de Huancayo para finalmente obtener un prototipo adecuado para el uso en la ciudad.

De este modo el trabajo brindará información relevante y actualizada de los materiales más óptimos para la construcción de los colectores solares cilíndricos parabólicos, junto a un diseño realizado y la eficiencia de la tecnología presentada en el proyecto.

4.2 PROPOSITO

El propósito de esta investigación es facilitar la masificación de esta tecnología tanto para uso doméstico como para uso industrial. Esto permitirá brindar diversos beneficios, tanto en el sector económico, productivo y ambiental.

Dentro del aspecto económico la investigación permitirá masificar el producto, al darle una variedad de materiales eficiente que puedan usarse, lo que permitirá una mayor competitividad de la tecnología, precios variados y dimensiones adaptadas para los usos correspondientes que les dará; evitando así tener que ser objetos masivos.

En el aspecto productivo la investigación permitirá aplicar esta tecnología a diversos fines productivos como los alimenticios, la generación de energía eléctrica, calentamiento de fluidos en hogares y otros.

Finalmente, en el aspecto ambiental, el trabajo de investigación tendrá un efecto indirecto derivado de los otros dos aspectos previamente mencionados. Las modificaciones en los aspectos económicos y productivos permitirán reducir el uso de combustibles fósiles y por ende reducir la

huella de carbono que se genera en diversas actividades como en la generación de electricidad, calentamiento de fluidos entre otros.

4.3 COMPONENTES

4.3.1 Unidad de observación

Toda la investigación se desarrollará mediante la medición de los valores brindados por el uso de un Colector Solar Cilíndrico Parabólico, en donde se modificará el material reflectante, debido a que esto es el objeto de estudio principal de la investigación. Así mismo se usará el agua como fluido experimental de medición, ya que es un recurso no contaminante y de fácil obtención. De este modo se obtendrán los datos necesarios para responder las preguntas planteadas en este proyecto.

Caja negra

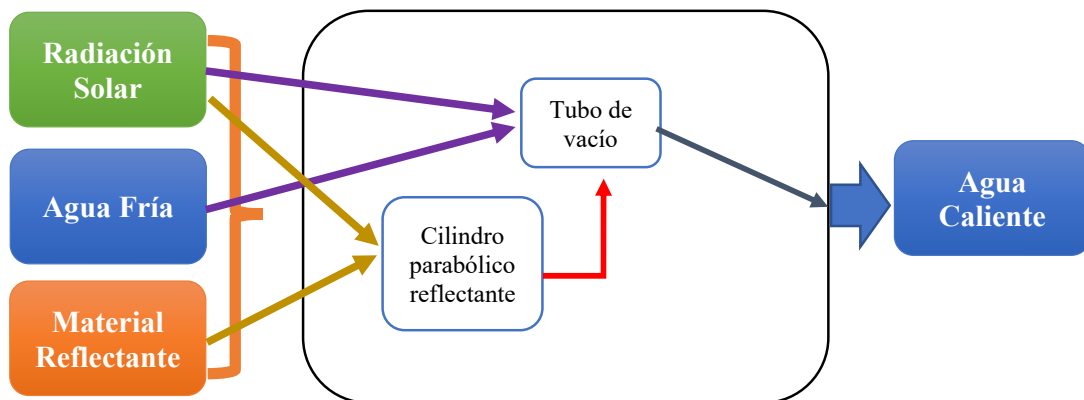
En esta sección se muestra de forma gráfica los parámetros de entrada y salida para el desarrollo del proyecto. En donde la radiación solar y el material reflectante darán como salida la energía térmica que recibirá el agua fría para pasar a ser agua caliente



Caja blanca

En caso de la caja blanca lo que se realiza es explicar el proceso interno por lo que pasan las entradas para obtener las salidas. En este caso el agua fría será colocada en un tubo de vacío que es el receptor de la energía, la radiación solar incidirá tanto en el tubo como en el material reflectante, donde este último hará rebotar la radiación solar focalizándola en el tubo receptor para obtener agua caliente.

Ilustración 7 Caja blanca



4.3.2 Definición de variables

Definición conceptual

Se tiene dos tipos variables para la realización de este trabajo, la primera es la variable independiente que viene a ser el material reflectante y la dependiente que es el tiempo de calentamiento del agua.

VI: Material reflectante

El material reflectante se usará en un colector solar cilíndrico parabólico, específicamente en el cilindro parabólico que es el encargado de redirigir la radiación solar al tubo receptor.

VD: Temperatura final del Agua

La temperatura final del agua será la variable dependiente puesto que se verá directamente afecta, por el material reflectante, en un lapso de tiempo establecido.

Definiciones Operacionales

Utilizando las mismas variables previamente presentadas se tiene que:

VI: Material reflectante:

Es la variable que expresa en el tipo de material que se usa como cilindro parabólico

VD: Temperatura final de calentamiento del agua

Es la variable que expresa la temperatura final del agua

4.3.3 Operacionalización de Variables

La variable dependiente es la variable base de medición para lo cual se tiene los siguientes indicadores

Tabla 3 Operacionalización de la variable Dependiente

Variable Dependiente: Tiempo de calentamiento del agua		
Definición conceptual	Dimensiones	Indicador
Variable que expresa la temperatura final del agua obtenida en el proceso	Temperatura	Variación de la temperatura en un determinado lapso de tiempo
Fuente: Elaboración propia		

La variable independiente es la variable de investigación para lo cual se determina los indicadores a medir en la tabla 3.2.

Tabla 4 Operacionalización de la variable Dependiente

Variable Independiente: Tiempo de calentamiento del agua		
Definición conceptual	Dimensiones	Actividad

Es la variable que indica el material que se usa en el cilindro parabólico	Material	Reflejar la radiación solar
Fuente: Elaboración propia		

4.4 ACTIVIDADES

4.4.1 Lugar de mediciones

Las mediciones fueron realizadas en los exteriores de la empresa Makcromf Industries, para ser más precisos en el frontis del taller de desarrollo de proyectos e investigación de la empresa. Esto ya que era el mejor lugar para la realización de las pruebas dentro de un entorno urbano.

4.4.2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica

La técnica utilizada es la empírica, de observación directa. Para lo cual se ha utilizado un instrumento que mide a su vez la temperatura dentro de fluidos

Instrumentos

- **Sensor de temperatura PT 100**

Es un sensor resistivo que permite registrar la diferencia de temperatura, su referencia es de 100 Ohm a 0°C. Su resistividad aumenta según aumenta la temperatura.

Ilustración 8 PT 100



Fuente: Mechatronics, (2023a)

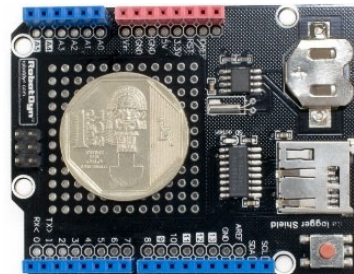
Características

- Rango de trabajo: -100°C hasta +400°C
- Conexión: 3 Hilos
- Longitud de cable: 1m
- Dimensiones: D5mm x L100mm
- Diámetro de la rosca: 8mm/0.31"
- Material de sonda: acero inox.
- Resistente al agua (la parte del sensor, no del cable)

- **Dataloger**

Es una herramienta que permite registrar información de forma periódica con indicador de fecha y hora, así como el número de registro.

Ilustración 9 Dataloger



Fuente: Mechatronics, (2023)

Características

- Voltaje de operación: 5V DC
- Compatible con Arduino Uno
- Interfaz RTC DS1307: I2C (A4[SDA],A5[SCL])
- Interfaz Micro-SD Card: SPI (D9[CS],D11[DI],D12[DO],D13[CLK])
- Incluye porta batería para RTC
- Incluye batería para RTC: CR1220
- Soporta Memoria Micro-SD de hasta 32GB(FAT16/FAT32)

4.4.3 Técnicas de procesamiento de datos

Se procesó los datos mediante la estadística descriptiva a través de la distribución de frecuencias, medidas de tendencia central y las medidas de dispersión. Para validar la hipótesis se empleó la estadística inferencial mediante la prueba “t” de muestras relacionadas con nivel de significancia $\alpha=0.05$ (95%)

Estos datos fueron obtenidos mediante la experimentación directa tras la fabricación del colector solar cilíndrico parabólico

Ilustración 10 Prototipo de Colector solar cilíndrico parabólico



En el cual se instaló en las herramientas de medición para su realización, ubicando el pt 100 en el interior del tubo, conectándolo con el datalogger

Ilustración 11 Ubicación del PT 100



4.5 LIMITACIONES

Una de las limitaciones del estudio fue la obtención de un clima adecuado para la realización de las pruebas, esto debido a que se tuvo días nublados y en ocasiones con lluvia, lo que evitaba una evaluación adecuada del prototipo. Por lo que se tuvo que repetir las pruebas varias veces.

Otra de las limitaciones existentes es la adquisición de materiales para la fabricación de máquinas, en especial de metales, dentro de la ciudad de Huancayo. Esto debido que se tiene que realizar pedidos de materiales a otras ciudades lo que aumenta el costo de adquisición de estos.

CAPÍTULO 5:

RESULTADOS

5.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Material adecuado de fabricación

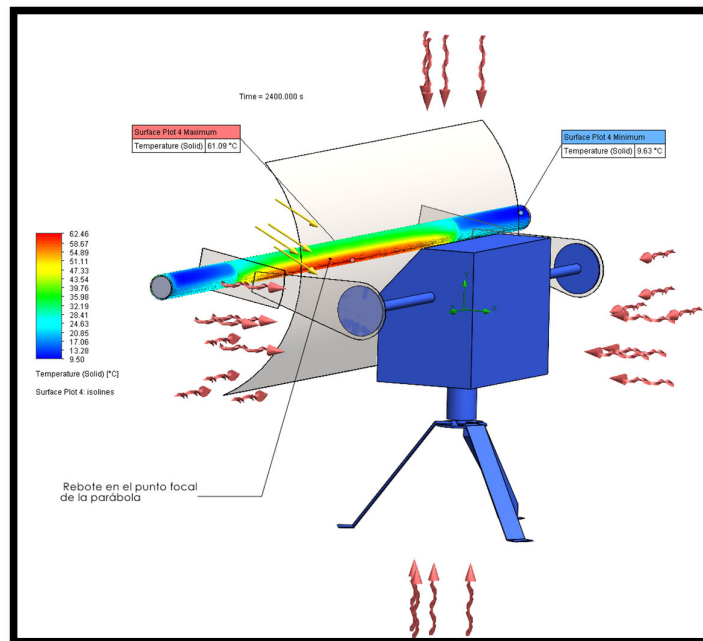
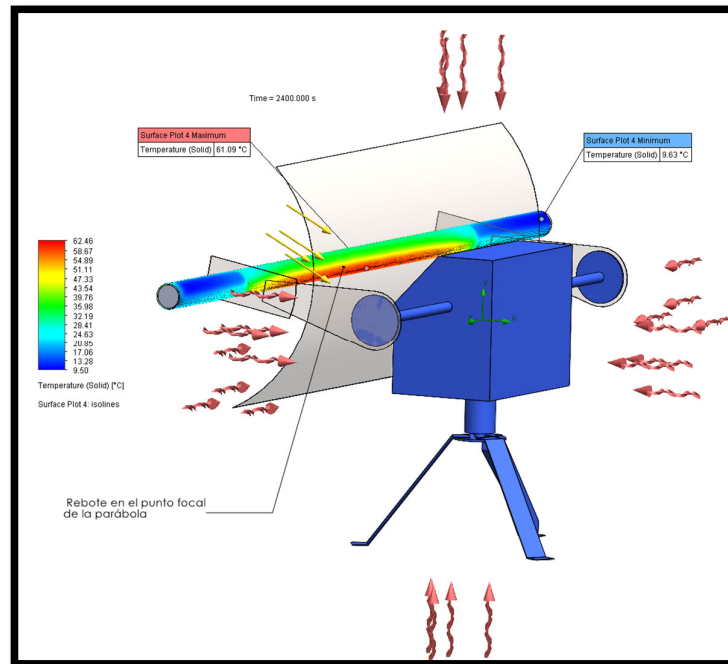
Basado en la investigación dada se pudo determinar que el material más estable para la realización de un colector solar cilíndrico parabólico dentro de la ciudad de Huancayo es el acero inoxidable ya que tiene una reflectancia media y no se deteriora con facilidad. Así mismo es de fácil adquisición en la ciudad lo que reduce el costo de fabricación de los colectores solares cilíndricos parabólicos.

El índice de reflectancia del acero inoxidable pulido es de 0.572 pudiendo variar de acuerdo a la calidad del material, su pureza y el desgaste que este tenga. Así mismo el precio en el mercado del Acero inoxidable es menor al del PVC blanco y aluminio reflectante, así mismo, el acero inoxidable (Inox) es más conocido y fabricado en el país que Mylar. Es por ello que el Inox se vuelve el material más rentable a la hora de realizar la fabricación.

Por último, el Inox supera a los espejos ya que es un material menos frágil y más fácil de manejar. Los vidrios que componen los espejos vuelven a estos frágiles y con alto riesgo de romperse y dañar su funcionamiento al lado del Inox, esto también pasa con el papel de aluminio que suele ser de fácil deformación y propenso a cortes y rasgaduras.

Diseño 3D del prototipo para Simulación

Ilustración 12 Modelo 3D del prototipo



Previamente a la construcción y a la experimentación física del prototipo se realizó un modelo 3D en SolidWorks con el fin de poder modelar el funcionamiento y rendimiento de este

prototipo. En los primeros anexos se podrá observar con más detalle los resultados de las pruebas realizadas.

Temperatura final obtenida

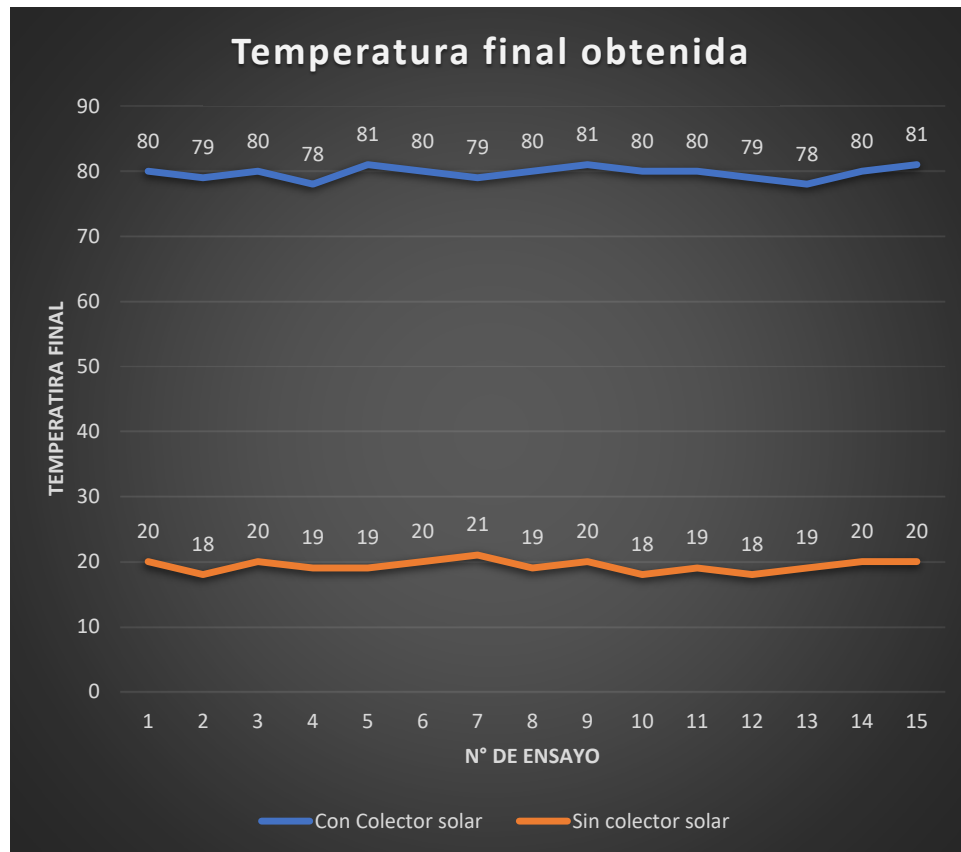
Como se puede observar en la siguiente tabla, se tiene La temperatura final obtenida con el diseño seleccionado. El tiempo utilizado para la medición fue de 40 min para cada repetición. Cabe mencionar que la temperatura promedio durante los dos días de pruebas fue de 20 °C. realizándose las pruebas desde las 11 am hasta las 3 pm.

Tabla 5 Temperatura final obtenida

N°	Con colector solar	Sin colector solar
1	80	20
2	79	21
3	80	20
4	78	19
5	81	19
6	80	20
7	79	21
8	80	19
9	81	20
10	80	18
11	80	19

12	79	18
13	78	19
14	80	20
15	81	20

Ilustración 13 Temperatura final obtenida



5.2 DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados indican que el mejor material para la fabricación de los colectores solares respecto a su reflectividad, costo, facilidad de adquisición y durabilidad viene a ser el Acero Inoxidable. Este material tiene una gran facilidad de trabajo y un índice de reflectividad superior a los 0.5 en promedio, al mismo tiempo que es más barato en el mercado que el PVC blanco, aluminio reflectivo y mylar.

Esto lo vuelve el material más idóneo para la fabricación de cualquier colector solar dentro de la ciudad de Huancayo.

Los datos experimentales muestran que el colector solar suele brindar en promedio el doble de temperatura final al fluido en comparación con el fluido expuesto al sol sin colector solar. Esto indica que el colector podría recibir un flujo periódico de un fluido y llegar a calentarlo en tiempos breves volviéndolo una tecnología viable para hogares y procesos productivos de baja temperatura dentro de la ciudad de Huancayo.

5.3 APORTE Y APLICACIONES

El aporte del presente trabajo es el diseño y construcción de un colector solar que pueda ser aplicable a diversas actividades tanto dentro del entorno hogareño como en el industrial. Donde el trabajo presenta un material de fabricación eficiente y rentable para la fabricación del presente modelo.

Así mismo, la investigación facilita la divulgación de la tecnología que resulta de fácil construcción y mantenimiento, lo que puede masificar su uso, ya que es un modelo de colector que no requiere una gran área para cumplir su propósito.

Las aplicaciones que se le pueden dar a este tipo de colector solar son diversas, pero todas concentradas en el calentamiento de un material que se le introduzca. Es por ello que entre sus diversas aplicaciones tenemos el calentamiento de agua en hogares, generación de vapor para generadores en centrales eléctricas, tostado de alimentos, entre otros que las diversas industrias puedan darle.

CAPÍTULO 6:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Los objetivos planteados al inicio del proyecto se pudieron resolver en su totalidad ya que se tuvo un buen cuidado en la fabricación e investigación de los materiales que se podrían usar para el cilindro parabólico que reflecta la radiación solar.

El Inox fue el material seleccionado por sus diversas propiedades como su reflectancia superior al 0.5 en promedio, su menor costo en el mercado en relación al PVC blanco, su fácil manejo en la construcción y por último su mayor resistencia a diversos daños como impactos, ralladuras y otros, en comparación con el vidrio que pese a tener una reflectividad de 1 es más frágil y propenso a ser destruido.

El desarrollo de las pruebas indicó que el uso de un colector solar cilíndrico parabólico permite obtener el doble de la temperatura ambiente en un lapso de tiempo de 40 minutos, temperatura que pudo ser modificada de acuerdo al tiempo de exposición, el clima, tamaño del reflector y cantidad de los mismos.

6.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda usar el acero inoxidable (Inox) como material principal de fabricación de los colectores solares, aun así, si se tiene la disponibilidad económica se puede aplicar el PVC blanco, aluminio reflectivo o mylar, aunque estos materiales aumentarían significativamente el costo de fabricación del colector solar. Así mismo se recomienda que el colector solar este ubicado en el eje formado por los puntos cardinales del Este y Oeste, apuntando el reflector a la ubicación más alta del sol.

En caso de ser posible también se recomienda el uso de un seguidor solar para aumentar aún más la eficiencia del colector y obtener mejores resultados a lo largo del día.

Se recomienda que el material de reflectancia se mantenga limpio y lo más liso posible de este modo se podrá mantener las capacidades de reflectancia del material.

Finalmente se recomienda el uso de esta tecnología tanto para actividades hogareñas como industriales que se puedan realizar principalmente durante el día.

Bibliografía

- Bacón, C., & Luis, J. (2023). *Diseño y construcción de un colector cilíndrico parabólico para uso de la energía solar en el calentamiento de agua* [Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].
<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/11725>
- Barrera, G. R. (2016). Prototipo de un colector solar parabólico para la generación de energía eléctrica. Universidad la Gran Colombia: Corporación Universitaria del Huila Corhuila.
- Caballero, A. L. (2011). Diseño y Construcción de un sistema rastreador de sol con modelo astronómico. Colombia: Universidad Antonio Nariño.
- Carrión Chamba, W., Murillo Torres, W., & Montero Izquierdo, A. (2021). Una revisión de los últimos avances de los colectores solares térmicos aplicados en la industria. Ingenius, (27), 59-73.
- Chisaguano, R. A., & Valdivieso Yerovi, A. M. (2021). *Diseño y construcción de un prototipo de colector solar para el calentamiento de agua con materiales reciclables para una vivienda* [Universidad Politécnica Salesiana].
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20200>
- Denhi, A. O., Gonzalo, R. A., Edgar, E. C., & Braulio, L. H. (2022). *REVISIÓN DE LOS CALENTADORES SOLARES*. Edu.mx.
http://reingtec.itsoeh.edu.mx/reingtec/docs/vol10_2022reingtec/158-164.%20IEM.pdf
- Echazú, R. D., Cadena, C. A., & Saravia Mathon, L. R. (2000). Estudio de materiales reflectivos para concentradores solares. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 4.
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/79370>

Mechatronics, N. (2023). Shield Datalogger. Naylamp Mechatronics - Perú.

<https://naylampmechatronics.com/ardusystem-shields/274-shield-datalogger.html>

Mechatronics, N. (2023a). Sensor de Temperatura RTD PT100 (3 hilos). Naylamp Mechatronics - Perú. <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/322-sensor-de-temperatura-pt100-3-hilos.html>

Mendez Duran, J. H. (2023). Energía solar en la agricultura: un estudio de caso de la parroquia de Majúa, Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7, 14427–14440.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.6144

Minam. (2021, octubre 19). *Un total de 14 millones de toneladas de CO2 emitidas se reportan mediante la Herramienta Huella de Carbono Perú*. Gob.pe.

<https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/546633-un-total-de-14-millones-de-toneladas-de-co2-emitidas-se-reportan-mediante-la-herramienta-huella-de-carbono-peru>

ONU. (2015, enero 7). *Energía asequible y no contaminante*. Objetivos de desarrollo sostenible.

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>

ONU. (2015b, enero 14). *Consumo y producción responsable*. Objetivos de desarrollo sostenible.

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>

RAE. (2022). *reflectar*. RAE.es. <https://dle.rae.es/reflectar>

Roca Jusmet, J. (2022). La política climática y los combustibles fósiles: una perspectiva desde la oferta. *Revista de economía crítica*, 34(2022). Recuperado de:

<https://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/192004>

Tarazona-Romero, B. E., Ascanio-Villabona, J. G., Sandoval-Rodriguez, C. L., & RinconQuintero, A. D. (2022). Evaluación de la incidencia de la geometría del área de reflexión en el rendimiento óptico de un prototipo artesanal de concentrador cilindroparábólico.

Velasco, C. P. (2012). *Diseño de captador solar cilíndrico parabólico para aplicaciones rurales en paraguay*. Paraguay