



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE  
MÉXICO.**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON**

“Simulación del aprovechamiento de la energía solar dentro de un  
ciclo Rankine”

**T E S I S**

**Que para optar por el título profesional de:**

**INGENIERIO MECÁNICO**

**Presenta:**

**DE LA CRUZ PALACIOS ABRAHAM**

**SALAZAR LOZADA EDUARDO**

**Director de tesis:**

**M. en I. David Franco Martinez**

**Ciudad Nezahualcóyotl, Estado de México**

**febrero,2023**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Agradecimientos

Le agradezco a dios por brindarme oportunidades en mi vida para poder con los objetivos que me he impuesto desde el inicio de mi carrera, así como los objetivos futuros, de igual manera le agradezco que las personas que me han ayudado en mi camino continúen, acompañado desde mi infancia hasta este punto de mi vida, le agradezco porque me ha dado salud y fortaleza para poder aprovechar cada oportunidad que se me ha puesto y brindado a lo largo de toda mi vida.

Le agradezco a mi padre Carlos y mi madre Belem por cada uno de sus consejos y enseñanzas, gracias por que siempre me han brindado todo lo que he necesitado y han estado conmigo en momentos buenos y malos. Gracias a mis padres porque son las únicas personas que sin importar en qué situación me encuentre ellos son los únicos que siempre extraña a mi lado y les voy a estar eternamente agradecidos siempre teniéndolos presentes en mis planes porque para mí es un honor tener unos padres como ellos.

Le agradezco a la Universidad Autónoma de México por todos los apoyos con los que he contado desde mi preparatoria, de igual manera le agradezco a la Facultad de Estudios Superiores Aragón por darme la oportunidad de pertenecer a esta familia universitaria y todos los apoyos con los que cuento hasta ahora, por brindarme sus instalaciones y mobiliario para poder enriquecer mis conocimientos, por los profesores que me impartieron clases y gracias por cada vivencia que tuve durante mi etapa de estudiante.

Le agradezco a mi director de tesis, el M. en I. David Franco Martinez porque me dio la oportunidad de trabajar en proyectos desde mi servicio social hasta el tema de tesis, gracias por sus consejos, experiencias, y vivencias, así mismo por la tolerancia que ha tenido y por qué es una persona clave por todo el tiempo que me ha dedicado con sus enseñanzas y aprendizajes.

Le agradezco a todas las personas que han puesto o compartido conmigo experiencias y vivencias, como mis amigos y compañeros así mismo, a mis hermanos Karla y Juan Carlos por que han sido parte de mi crecimiento y me han ayudado en todo momento. Gracias a

mi familia, a mis abuelos benjamín y sirena por su apoyo incondicional y todas sus atenciones, gracias a mis abuelos Luis y rosa Irene por su ayuda y consejos, también agradezco a mis

tíos de la familia paterna Antonia, Benjamín, Sandra y familia materna Gabriel, sara, marcos, Elvira, Eva, Guillermo, Beatriz, Ana y Misael por sus atenciones, sus consejos y su apoyo incondicional, estoy completamente agradecido con cada uno, siempre contarán conmigo en cualquier momento.

De la cruz palacios Abraham.

Agradezco a mi padre Carlos Salazar M. por su esfuerzo, paciencia, dedicación y trabajo, el estar ahí en cada momento de esta etapa, por su apoyo brindado en mi educación y mi vida, siempre estaré agradecido con él y apoyándolo en todo momento, agradezco que este a mi lado en los buenos y malos momentos sin importar lo que la vida nos presente, siempre estaré agradecido con él.

A mis hermanos Carlos y Mariana, por el apoyo brindado, su esfuerzo y dedicación que tuvieron en este proceso conmigo, siempre estaré agradecido con ellos. Agradezco a la UNAM Y FES Aragón por los conocimientos y vivencias que tuve aquí en mi etapa universitaria, a mis amigos en el ámbito estudiantil y deportivo. Agradezco el apoyo, experiencias y el compartir conmigo su amistad, siempre contarán con mi apoyo.

Agradezco a mi tutor de tesis el M. en I. David Franco Martínez, por su amistad, apoyo y conocimientos brindados, por darme un espacio para realizar mi servicio social, y trabajo de tesis, así como compartirme sus experiencias, conocimientos y tiempo.

Así mismo, a mi amigo y colega De la Cruz Palacios Abraham, por poder trabajar a su lado durante nuestra etapa universitaria, por brindarme su amistad y su apoyo.

Por último, le dedico este trabajo de tesis con todo mi corazón a mi madre Guadalupe Lozada Ocampo, por su entrega, trabajo, apoyo, cariño y comprensión en lo largo de mi vida, agradezco tus desvelos, los buenos y malos momentos que siempre estuviste ahí conmigo. Por eso te doy en ofrenda por tu trabajo y amor de madre, Te amo.

Salazar Lozada Eduardo

# Índice

Agradecimientos .....	2
Introducción .....	6
Objetivo .....	7
CAPITULO UNO.....	8
ANTECEDENTES.....	8
Luz solar en la superficie terrestre.....	14
Aprovechamiento.....	16
Conversión fototérmica.....	19
Colector Cilíndrico parabólico en el Centro tecnológico.....	20
Colector Solar de baja temperatura .....	22
Colector Solar de media temperatura.....	23
Paneles solares de alto calor. ....	24
Efecto fotovoltaico .....	26
Provecho de la luz solar en la industria.....	29
Ciclo termodinámico.....	30
CAPITULO DOS.....	31
ENERGIA PROCEDENTE DE FUENTES RENOVABLES.....	31
Radiación solar y rotación de energía. ....	44
Seguimiento del sol.....	45
Posicionamiento de superficie al seguimiento del sol. ....	46
Capitulo tres.....	52
Normatividad. ....	52
Normatividad Internacional .....	61
Proyectos a colectores solares en el mundo.....	64
CAPITULO CUATRO SIMULACION DE PROYECTO.....	65
Historia de COCO SIMULATOR. ....	66
Prototipo de calentamiento solar .....	68
Simulación del proyecto en COCO Simulator.....	76
Conclusiones.....	80
Bibliografía.....	82

## Introducción

El siguiente trabajo se llevará a cabo asumiendo los aspectos para el desarrollo de un campo de colectores solares, mediante la simulación de un ciclo Rankine. Anteriormente a este trabajo realizado, en el Centro tecnológico junto al M. en I. David Franco Martínez, se desarrolló un trabajo de servicio social, con el fin de realizar y comprender el análisis de los comportamientos de una simulación de colectores solares en un ciclo Rankine.

Para el desarrollo de un colector solar, se lleva a cabo un estudio que abarca múltiples disciplinas de la ingeniería. Como lo son el sol, su trayectoria, su radiación, lo cual se detallará en el capítulo uno de este documento. Aquí se abarcarán temas como combustibles fósiles, basándonos principalmente en la energía solar, en este trabajo teniendo en cuenta el proyecto que está basado a partir del uso e implementación de colectores solares de tipo parabólico dentro de un ciclo Rankine, así como la radiación a la que está expuesta la superficie terrestre

Posteriormente en el capítulo dos, se requirió de un estudio de producción de energía utilizando fuentes renovables de energía, eléctrica, en base a fotoceldas o aerogeneradores esto debido a la generación de energía y procesos a los colectores solares. Debido a una fuente de energía muy potente es la energía solar concentrada de un colector solar.

En el capítulo tres, centraremos en las normas requeridas para el proyecto con respecto a las características necesarias para el funcionamiento de un calentador solar y la eficiencia térmica del equipo. El propósito es la explicación de las principales normatividades basadas en el estudio de eficiencia instantánea térmica de un campo solar de colectores cilíndricos parabólicos y sus características técnicas.

Por último, para el desarrollo de capítulo cuatro el examen del crecimiento de la simulación será nuestra principal preocupación y los componentes utilizados en este proyecto,

asimismo como el análisis de las propiedades de diseño y manufactura de la simulación y aprovechamiento de un colector solar en un sistema de ciclo Rankine.

## Objetivo

El objetivo del siguiente trabajo, es el desarrollo y simulación de colectores solares cilíndricos parabólicos, y el aprovechamiento del ciclo Rankine, esto con la finalidad de observar su comportamiento en diferentes condiciones que cumplan con la generación de potencia eléctrica requerida, apoyado de los laboratorios de la universidad y poder aumentar el interés de futuros alumnos adentrándolos a los temas de energía, turbinas, y la generación de trabajos que desempeñen el área de la termoenergía.

Para llevar a cabo este proyecto se tuvo un prototipo de colectores cilíndricos parabólicos encontrado en el centro tecnológico de la FES Aragón, con el objetivo de poder simular el funcionamiento del ciclo Rankine, con el análisis de cada uno de los componentes de un colector, asimismo conociendo la trayectoria del sol y las características radiactivas que emite.

La elaboración energética se está desarrollando, con diferentes tipos de generación de energías. Así como, cada tipo de energía y lo que necesita un mayor auge al que se representa en los últimos años, en relación con la energía solar, el aprovechar de mayor manera por los países con mejor beneficio de una excelente posición, pues tienen un potencial solar mayor.

# CAPITULO UNO

# ANTECEDENTES.

## Antecedentes

Desde que los combustibles fósiles empezaron a tener escasez alrededor de la tierra, gran parte de las naciones como Estados Unidos, China, una parte de Europa y países de oriente con recursos fósiles, dieron lugar a la comunidad científica la tarea de generar métodos diferentes, la adquisición de energía y la eficiencia a la obtención de energía renovable o que sustituya las fuentes de combustibles provenientes de los derivados del petróleo, ya que según estudios diversos basados en el calentamiento global, si en este último siglo no se logra bajar la temperatura de la tierra por solamente 1.5 °C en promedio, más de 150 millones de personas podrían morir de acuerdo y relacionado a la causa ya mencionada debido al uso excesivo de combustibles fósiles, sin antes mencionar todas las repercusiones que habría en el planeta como descongelamiento del Ártico, incremento de huracanes y tsunamis, deforestación de pulmones naturales y extinción de cientos de especies , debido a esto en los últimos 20 años, en Alemania ha puesto en marcha la renovación de energías viejas y para el año 2022 estimaron tener por lo menos el 80% de sus energías renovables basadas en paneles solares y máquinas de viento. Para la creación de las maquinas eólicas se generan cantidades muy grandes de  $CO_2$ , y para la generación de granjas de turbinas se necesita la deforestación de una parte importante de zonas verdes ya que se necesitan instalar en las zonas más altas o en terrenos los cuales tengan una corriente óptima de viento, además se cuentan con datos que por culpa de estas turbinas se puede tener el riesgo de una cantidad muy grande de muertes de aves que sobrevuelan cerca de estas granjas, en Alemania se cuentan con más de 100 mil aves muertas en las turbinas y las granjas que se instalan en los océanos o mares, llevan a repercusiones graves para las especies marinas de esa región. Tomando esto en cuenta la otra gran alternativa es la energía de la luz solar, la cual ha teniendo un mayor alcance en los últimos 15 años, sobre todo en el área doméstico e industrial con calentadores solares; a pesar de que para su elaboración igualmente se genera cierto tipo de contaminación, gracias a la tecnología e innovaciones científicas, se ha podido elevar el porcentaje de energía la cual es captada y transferida para su uso y así mismo se ha elevado la vida útil de dichos paneles, sin embargo se necesita mucho más avance en este campo ya que hasta ahora de su útil de vida más eficiente son los mejores colectores de luz solar duran aproximadamente 300 meses y después de ese tiempo gran parte de

los componentes se convierten en basura.

Lo cual repercute igualmente en el medio ambiente, sin embargo, en esta rama de la energía renovable los avances científicos han incrementado y se espera tener aún más innovaciones en años futuros hasta encontrar un punto eficiente máximo u otro tipo de obtención de energía renovable a un costo relativamente bajo y deja una pequeña huella ambiental.

Basándonos principalmente la implementación de la energía solar con base al equipo el cual tenemos al alcance, en este trabajo abordaremos temas relacionados con la energía solar, teniendo en cuenta que el proyecto está basado a partir del uso e implementación de colectores solares de tipo parabólico dentro de un ciclo Rankine, con el fin de hacer uso de un solo equipo para sustituir tres como lo son: un pre calentador, caldera y calentador de agua buscando una mayor eficiencia del ciclo, teniendo claro que el uso de este tipo de equipos ha tenido un mayor auge en los últimos años dentro de la industria energética como en diversos sistemas para la ayuda de absorción de la radiación solar, como lo son (colectores solares) son de gran ayuda para un sin número de menesteres como por ejemplo para el calentamiento de agua de uso local, también en usos dentro de la industria global y para otras aplicaciones dentro del campo de la agricultura y todo esto absteniéndonos de usar los combustibles fósiles.

Con las propiedades de este tipo se puede llegar a analizar gran parte de la condición que abarca actualmente la implementación de formas diferentes de obtención de energía y así poder concientizar lo que se puede contribuir al medio ambiente, debido al calentamiento global, principalmente aumenta las emisiones de gases de efecto invernadero Así mismo, este se convierte en uno de los retos más grandes para la comunidad científica de afrontar la problemática, con ayuda de nuevas investigaciones, para evitar una mayor cantidad de emisiones contaminantes al medio ambiente ya que según datos recabados por parte de instituciones del control del medio ambiente mundial, el ser humano con el afán de producir energía eléctrica para satisfacer sus actividades cotidianas ha ayudado a superar el 50% de emisiones por efecto invernadero. Teniendo en cuenta estos datos, como habitantes responsables del planeta, en general las naciones se han dado a la tarea de

investigar y adaptar nuevos métodos para poder seguir produciendo la energía requerida por cada habitante y siempre buscando la mayor eficiencia en el rubro ambiental. La combustión se ha vuelto en el transcurso de la historia del ser vivo como una manera común para producir energía, a pesar de que esta forma de obtención de energía eléctrica es hasta ahora de las menos eficientes. Si hablamos de algunos ejemplos tenemos un motor recíprocante, el cual su eficiencia eléctrica se encuentra menor a 45% dependiendo de las especificaciones industriales de cada motor y cualquier turbina de gas de igual manera no sobrepasa del 45% de su eficiencia. Tenemos que el calor que se pierde por las limitantes en la eficiencia no siempre se utiliza, se toma generalmente como el calor perdido, se ha priorizado la manera de poder hacer uso de la energía o calor perdido en estas máquinas porque de poder aprovechar la mayor energía posible se incrementaría la eficiencia de cada motor o turbina y este proceso a la vez beneficiaría significativamente a la reducción de contaminación por combustión, si nos analizamos la historia del planeta, se puede llegar a conocer las veces que el planeta tierra ha pasado por calentamiento globales, para nuestros tiempos a partir de la revolución industrial el planeta empezó un ciclo de calentamiento el cual aumento con el paso del tiempo, todo a causa de las formas en las que el ser humano a basado su obtención de energía sin importar las consecuencias que esto conlleva.

En los últimos años distintas naciones han estado en un planteamiento a nuevas fuentes de energía más nobles ambientalmente, como por ejemplo en ciertas estadísticas con la siguiente Agencia Internacional de Energía (AIE), misma que calcula las principales fuentes de energía globalmente es la biomasa, el abastecimiento un aproximado de más 2,000 millones de personas dando esta cifra, que la biomasa abastece entre el 35 y 40% de los países en vías desarrollo. Si nos vamos a un campo particular hablando específicamente de México desde el 2014 se tenía la capacidad de generar la cantidad de poco más de 65,000 MW y de estos se ha logrado proveer a base de energía limpia como lo son la biomasa, eólica, hidráulica, etc., cerca de 25% del total dando una cifra aproximada de 16,000 MW, sin embargo se calcula que para el año 2028 en México se va tener una capacidad instalada para lograr suministrar la cantidad de casi 20,000 MW con la ayuda de la implementación de energías renovables.

Dicho esto, una parte importante de nuestro trabajo es el sol y su importancia en la implementación de un ciclo Rankine ya que, con los resultados obtenidos al final de las pruebas, obtendremos información para decidir o concluir como nos beneficia o perjudica el uso de los colectores solares en un ciclo Rankine simple. Teniendo en cuenta esto, en este primer capítulo presentaremos una breve introducción a la energía para posteriormente centrarnos en información relacionada con el sol, tal como su historia, su importancia, aprovechamiento y radiación para después continuar con el ciclo Rankine y de igual manera presentar información acerca de la historia, características, equipos que intervienen, su uso e implementación en la industria.

La energía la podemos ver mostrada en sus distintas variantes como la cinética, que en física la podemos encontrar definida como el trabajo que se requiere para poder acelerar un cuerpo con cierta masa, también está la gravitatoria donde influye la altura en la que está un cuerpo de acuerdo con un punto determinado influyendo de igual manera la masa y aceleración de la gravedad en el sistema de trabajo la energía liberada durante una reacción química se conoce como energía química, a blanco atómica y molecularmente se encuentra asociada con su fuerza eléctrica y la podemos hallar en forma de compuesto químico.

De igual manera y no menos importantes están la nuclear y radiante, etc. Inclusive si se respeta los principios de conservación de la energía podemos llegar a ver que se transforman. Si analizamos profundamente estos términos, podemos llegar a la conclusión que la energía, el ser humano dispone del sol casi en su totalidad, porque al analizarlo de esta manera gracias al sol tenemos el viento, también se produce con ayuda de esta importante estrella el ciclo de evaporación en aguas superficiales entre otros ciclos como la lluvia y la formación de nubes del cielo hemos clasificado las fuentes de energía según su disponibilidad, tanto renovables como no renovables:

- Las energías renovables son aquellas cuyo potencial es inagotable, ya que provienen de la energía que llega a nuestro planeta de forma continua, como consecuencia de la radiación solar o de la atracción gravitatoria de la Luna. Son fundamentalmente la energía hidráulica, solar, eólica, biomasa,

geotérmica y las marinas.

- Las energías no renovables son aquellas que existen en la naturaleza en una cantidad limitada. No se renuevan a corto plazo y por eso se agotan cuando se utilizan. La demanda mundial de energía en la actualidad se satisface fundamentalmente con este tipo de fuentes energéticas: el carbón, el petróleo, el gas natural y el uranio. Desde el punto de vista de la utilización de la energía, podemos clasificar la energía en primaria, secundaria y útil.
- Energía primaria: es la que se obtiene directamente de la naturaleza y corresponde a un tipo de energía almacenada o disponible, como por ejemplo el petróleo, el carbón, el gas natural, el uranio y las energías renovables.
- Energía secundaria (también conocida como energía final): se obtiene a partir de transformaciones de la energía primaria. Ejemplos de esta categoría son la electricidad o la gasolina.
- Energía útil: es la que obtiene el consumidor después de la última conversión realizada por sus propios equipos de demanda, como por ejemplo la energía mecánica gastada en un motor, la luminosa en una bombilla, etc. Algunas energías primarias pasan directamente a energía útil, sin transformarse previamente en energía secundaria.

Entre los sectores de transporte y electricidad se destina la mayor producción de energía eléctrica mundialmente, creciendo porcentualmente cada año.

## El Sol

Una fuente indispensable de energía para el ser humano siempre ha sido el sol, lo que significa que el sol, basándonos en datos generales del sol se tienen en la clasificación de estrella enana amarilla por sus dimensiones y características la cual alcanza una temperatura superficial aproximada de 5,700 K y en su composición se tiene mayormente hidrogeno con poco más de 73% en masa y aproximadamente 92% del volumen con un rango chico de variaciones de ambos, y helio con 24% en masa y 7% del volumen, sin embargo también podemos encontrar pequeñas cantidades de elementos clasificados en

la tabla periódica.

Se remonta hace mil millones de años, aproximadamente cada vez que el cosmos tiene 9,000 años de edad, en muchas teorías recientes acerca de la formación del Sol señalan que densas regiones de nubes interestelares donde se formó, dichas se conforman a partir de gas y polvo, pero fue la fuerza de gravedad la que en un momento determinado hizo que la nube se empezara a contraer, alcanzando una densidad general de una estrella y es la misma gravedad la causante de que el centro del Sol, tenga densidades muy altas, para que su mecanismo, del cual si propio mecanismo desencadenaría procesos nucleares, los cuales se generarían aproximadamente 30 millones de años a partir del nacimiento de la estrella teniendo una contracción gradual.

Para poder entender cómo es que genera energía el Sol, lo podemos ejemplificar región de gas en ebullición de la esfera, la zona del centro de radios solares, marcados en un rango de 0.2 y una temperatura de 15 millones de °C y los incrementos de reacciones nucleares. Ahora bien, en el centro del Sol se encuentran átomos de hidrógeno, que se fusiona para crear helio y helio de un gas noble, mismo que mediante diferentes reacciones nucleares son conocidas por p-p (protón – protón), así mismo los átomos dan lugar al helio, se cuenta con un 0.7% que equivale a la propuesta por Albert Einstein la cual es:  $E = mc^2$ .

Ahora bien, se ha estudiado que, en el Sol, aproximadamente se cuentan con  $3.4 \times 10^{26}$  Watts o de otra manera, se maneja que 580 millones de toneladas de gas de hidrógeno, a lo que lleva a consumir millones de toneladas que sirven para producir energía para así poder llegar alcanzar a tener solo unas cuantas decenas de megatones.

### Luz solar en la superficie terrestre

Unas de las fuentes de energía más importantes y necesarias en la sociedad moderna es la energía solar, el sol no solo brinda luz a los seres vivos, también es la principal fuente de calor y como se mencionó anteriormente, sin su presencia no podría existir ningún tipo de vida en nuestro planeta. Por la magnitud a la que se refiere el Sol, este necesita de su

presencia biológicamente por el ser humano, ya que se ayuda a regular la temperatura corporal, así como en seres vivos de la tierra.

Siendo una gran esfera de radiación, el Sol representa una circunferencia de unos  $6,96 \times 10^5$  Km

Y que llega a ser visto desde la tierra de un modo aproximado que llega a comportarse igual que un objeto a grandes temperaturas igual o superiores a 5,000 K, el Sol genera diferentes fuentes de energías, mismas que producen diferentes reacciones que al crecimiento de las especies y organismos que se pueden encontrar en la superficie terrestre es vital para su vida.

La mayor parte al igual que el sol, la energía es producida por el mismo que irradia su energía a la tierra misma que abarca un 99% de su elongación de 0,276 a 4.96 (un), forman radiación que se percibe en el planeta tierra, desde el sol, las nubes y el exterior del espacio, esta energía ser absorbe por seres vivos, especies, plantas, mares, tierras para poder conservarse y mantenerse en un estado estable.

México está ubicado a  $14^\circ$  y  $33^\circ$  de latitud, esto hace al país que aproveche de mejor manera la energía que irradia el Sol, de aproximadamente  $5.5$  a  $5.7$   $Kwh / m^2 / día$ , siendo uno de los países con mayor aprovechamiento del mundo. La cantidad de irradiación promedio, varía ligeramente a lo largo de la república y del mes en cuestión, teniendo una variación promedio, ligeramente a lo largo de la república y del mes en cuestión, teniendo una variación entre  $3 KWh/m^2$  y  $8 KWh/m^2$ .

Aquí se cuentan con aproximadamente 9 operaciones fotovoltaicas, las cuales son el 0.1 % y 0.03% que produce energía eléctrica en México. Estas están ubicadas en diferentes estados de la república Aguascalientes, estado de México, sonora, baja california, Guanajuato, baja california sur.

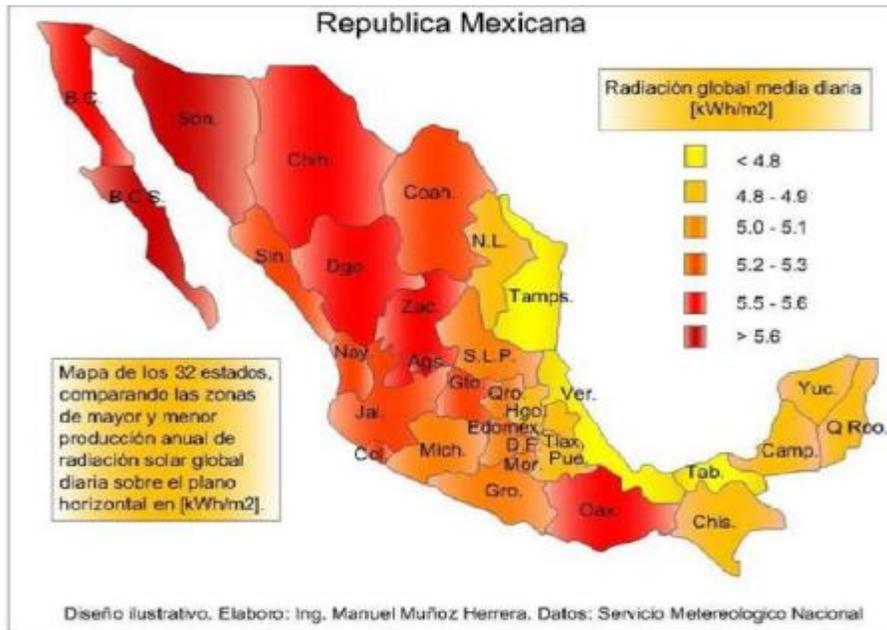


Figura 1.1 Mapa de radiación solar en México

Fuente: [https://www.aeipro.com/files/congresos/2012valencia/cip12\\_1247-1259.3798.pdf](https://www.aeipro.com/files/congresos/2012valencia/cip12_1247-1259.3798.pdf).

## Aprovechamiento

Ahora bien en cuanto al uso de la luz solar con fines distintos a los biológicos como tal, no se tiene una fecha exacta en donde se date a partir de qué año el ser humano científicamente la energía solar, sin embargo se tienen escrito en varias historias que las personas ya hacían uso de las propiedades del Sol, como ejemplo cuando según la leyenda, durante el asedio a la ciudad de Siracusa en los 200 a.C, se dice que se lograron quemar naves romanas, con la radiación y la concentración que el sol reflejaba en ellos con ayuda de espejos, posiblemente se un dato muy importante para darnos cuenta que en ese año ya se tenía conocimiento del alcance que se le podría dar a la energía solar aparte de solamente iluminar el día.

Las energías renovables tienen como función aprovecha los algunos eventos que sucedan en situaciones que no favorecen a la ubicación específica, este caso se trabaja mediante diferentes eventos como pueden ser el viento, el sol, el agua misma que van desde su fuerza, radiación y temperatura, estas llegan a jugar un papel muy importante para proveer energías limpias en presentes y futuras generaciones.

Otro antecedente acerca del uso de la energía solar fue cuando Leonardo Da Vinci diseñó un gran espejo parabólico concentrador, proyecto que lamentablemente, no se cumplió lo cual nos deja cierta duda en saber cuál era el fin que este hombre buscaba con cierto proyecto. Lamentablemente con la incorporación a gran escala de los combustibles fósiles, que generan una energía ciertamente barata y de fácil transporte así mismo con la implementación de la electricidad mundialmente, la sociedad le inició una racha de excesos de consumos con un constante incremento de gastos de energía.

Se puede describir como el movimiento de la energía solar. Nos transfiere en ondas electromagnéticas, que percibimos en la tierra como radiación solar. Tomando en cuenta que el sol como tal tiene una compleja estructura, debido a esto el ser vivo aprovecha este tipo de energía, considerando modelos que puedan irradiar hacia los cuerpos, y soportar temperaturas mayores a 5,780 K, debido a su similar que delimitan algunos procesos térmicos y también se toma en cuenta el proceso fototérmico.

Se tiene una manera de poder medir la energía solar y su potencial que una misma ubicación obtiene mediante la radiación. Basándonos en la Internacional Renewable Energy Agency (IRENA), nuestro territorio se localiza 15° y 30° a latitud favorable para obtener mejores recursos solares, esto se debe a que alrededor de los días obtiene un promedio de  $5.5 \text{ KWh}/\text{m}^2$ . La zona del país donde mayor se concentra la radiación solar es la parte norte, en temporadas de primavera y verano. Pero el centro del país es el que más exigencia tiene debido a su capacidad de adquisición de la CFE.

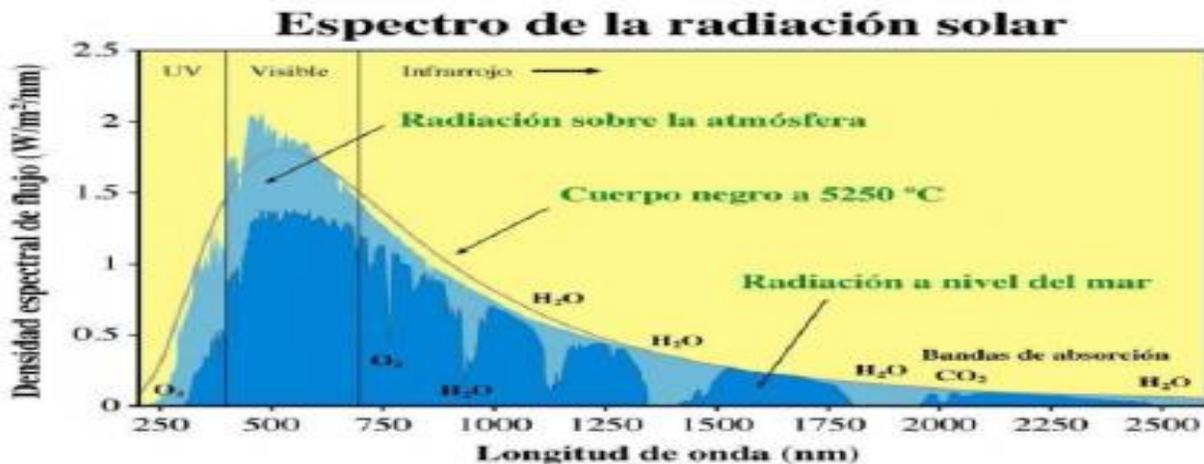


Figura 1.2. Espectro de la radiación solar en la tierra.

Fuente: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/caracteristicas-de-la-radiacion-solar>.

La cantidad de radiación solar se expresa por exposición radiante o emisividad, mientras que la otra es una medida para la cantidad de energía que se recibe instantáneamente por metro cuadrado, expresada en términos de potencia, área y tiempo.

Unidad	Equivalencia
1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	0,01 $\text{W m}^{-2}$
1 klux	18 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
1 $\text{W m}^{-2}$	4.6 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
1 klux	4 $\text{W m}^{-2}$
1 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	1 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$
1 klux	18 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$
1 $\text{W m}^{-2}$	4,6 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$
1 $\text{W}^*\text{h}$	3,6 KJ

Tabla 1.1 conversión de radiación.

Fuente: [www.upme.com](http://www.upme.com)

El aprovechamiento de luz solar parte de radiación la cual genera la superficie de la estrella solar, llega a nuestro planeta y es recogido y convertido en otras formas de energía y por el vasto sistema termodinámico de la atmosfera terrestre. Como ya se comento es posible dar un gran aprovechamiento a la energía los paneles solares se utilizan para dirigir la energía solar hacia el suelo y convertirlos en algo de energía para su uso directo. En general, los captadores eléctricos térmicos se pueden clasificar según sus procesos de conversión de energía solar o fotovoltaica.

En otros casos, hay una creciente necesidad de encontrar más, con respecto a Comisión de Transición Energética, se deben consumir actualmente entre ochenta y cien GK de energía para un alto nivel de la vida, en el país se ha consumido 70.8 GJ en 2015.

## Conversión fototérmica

Este tipo de conversión da diferentes aprovechamientos de la energía mediante, esta se puede agrupar en tres diferentes clases como lo son: colectores solares, concentradores de foco lineal y concentradores de foco puntual.

El consumo diario estimado de toda la tierra es 10,000 veces la energía que el sol le envía cada día. La energía solar térmica (SET), se considera una fuente de energía directas que puede hacer uso de los principios energéticos fundamentales en los que se basa. Esto incluye concretar la energía solar y convertirse en calor que se puede aplicar de diferentes maneras, incluidos los hogares.

Los colectores solares utilizan la irradiancia solar para elevar la temperatura de un líquido (agua). Esta oscila entre 20°C y más de 100°C y depende de la temperatura del colector solar, se cubrirá la instalación de sistemas SET, capaces de alcanzar temperaturas bajas, medias o altas. En general, los sistemas de baja temperatura (por debajo de 100°C), deberían ser adecuados, pero las temperaturas más altas requerían de un diseño de instalación y colector solar más complejo. Estos sistemas, que se consumen hasta dos teóricos de la energía utilizada para el agua caliente sanitaria e industrial, son técnicamente sencillos de instalar y se averían al poco tiempo.

Un sistema de calefacción solar de baja temperatura es un sistema silencioso, limpio, sin partes móviles, de larga duración de producción de energía descentralizada, cercano al lugar requerido y que no requiere infraestructura de transporte. Aunque la aplicación práctica de EST se conoce desde hace más de un siglo, el interés generalizado en una fuente de alimentación surgió solo durante los problemas de energía que comenzó en 1973. Muchas naciones europeas principalmente España y Estados Unidos, instalaron colectores solares que cubrían miles de metros cuadrados principios de los 80 y la segunda mitad de los 70. posteriormente debido a la baja de los costos del petróleo, el ritmo la instalación disminuyo, pero después de las estadísticas energéticas de los años noventa. Los costos de medición de combustible están aumentando, pero la tecnología

EST está completamente desarrollada, tiene altos estándares de calidad de materiales y ensamblaje y tiene una alta eficiencia de ciclo.

El uso de calor solar debe superar diferentes desafíos o condiciones, y esta forma de energía aún no se ha desarrollado lo suficiente. La economía, y específicamente las necesidades humanas tienen el mayor impacto global. Garantizar la seguridad de los hallazgos, inversiones iniciales y durante toda la investigación. Obtener un retorno de la inversión puede llevar más tiempo.

### Colector Cilíndrico parabólico en el Centro tecnológico.

Los materiales utilizados son placas metálicas con acabado espejo, las cuales reflejan los rayos solares, ocasionando la absorción a la radiación tras su exposición al sol, ayudado al incremento de temperatura colocando. El panel este alojado en una caja recubierta de vidrio que permite el paso de la luz del sol entrante, pero es opaca a la radiación infrarroja emitida por el panel. En incremento gradual del calor en el panel. Para que el panel reciba calor todo lo que queda por hacer es hacer circular el líquido en su interior. Para garantizar la máxima exposición al calor generado, el fluido normalmente circula en un serpentín o circuito de tubería. Teniendo un panel solar y podemos cambiar la obtención de componentes de paneles solares para obtener el calor que queremos.

El agua caliente producida se mueve en la dirección de uso. Puede guardarse en un tanque de almacenamiento y usarse de inmediato como agua de piscina. Podemos crear el tipo específico de sistema de calefacción solar que queramos cambiando los tipos de tuberías y tanques.

Hay tres principales en una unidad criogénica, como los son:

1. Un subsistema de recolección que consta de diferentes paneles solares entrelazados para recolectar la luz del sol.
2. Uno o más depósitos de agua caliente conforman un sistema de

almacenamiento térmico. La batería modificada gradualmente la disponibilidad de energía en respuesta la demanda.

3. El pequeño sistema de reparto consta de equipos de control, tuberías, bombas elementos de seguridad, etc. El agua caliente producida se traslada al punto de consumo.



Figura 1.3. diseño de instalación de un sistema de colectores solares de placas.

Fuente: <https://ayudasenergia.com/guias-energia/energia-solar-termica/>

Este diseño fundamental está sujeto a numerosas variaciones. Algunos sistemas incluso generan vapor que puede alimentar turbinas para generadores otros entregan el líquido caliente generado directamente al lugar de uso sin necesidad de un sistema de almacenamiento intermedio. Elemento principal de estos sistemas, los colectores solares son los encargados de recoger la radiación solar y transformar en calor. Los diferentes sistemas EST, que generalmente se dividen en sistemas de bajo, media y alta, se definen por diferentes tipos de colectores solares.

## Colector Solar de baja temperatura

- Nunca usan equipos a enfocar los destellos del sol
  - El temple del líquido calentado está por debajo del punto de ebullición del tipo de agua.
1. Colector de placas planas
  2. Colector de tuberías vacías
  3. Colector sin esmaltes.



Figura 1.4. Diseño de tubería vacía con placas planas.

Fuente: <http://www.scielo.org>

Los colectores planos son empleados para un calentamiento del agua en un uso domiciliario, viviendas, productos agrícolas, etc.

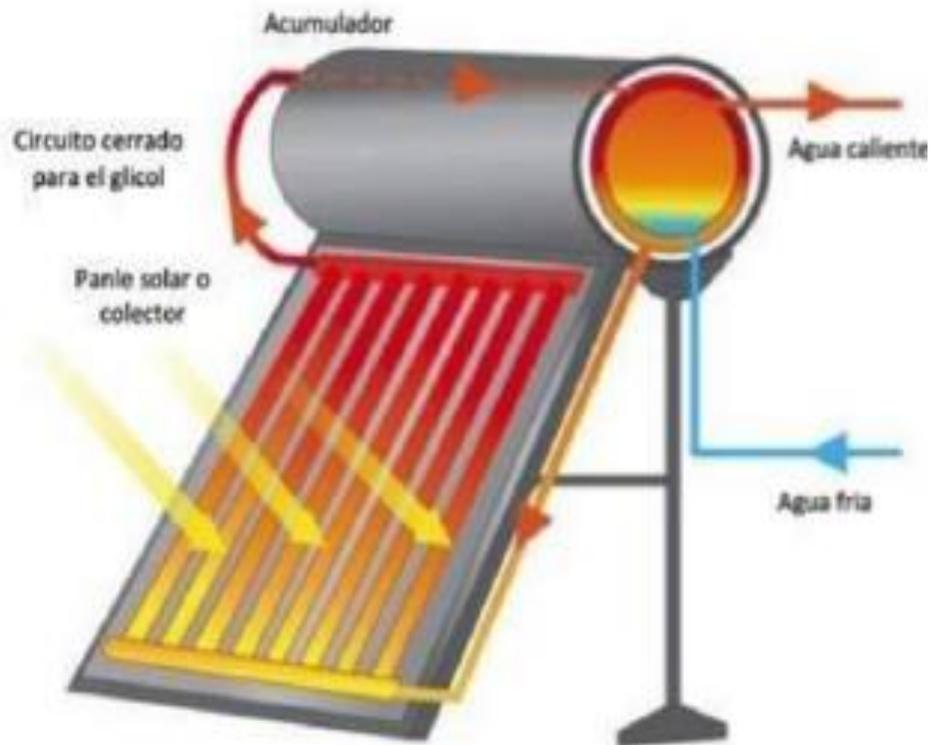


Figura 1.5. Diseño de colector solar de media temperatura plano.

Fuente: <http://www.hogarene.es/energía-solar/placas-solares-para-agua-sanitaria/>

## Colector Solar de media temperatura

- La capacidad de concentrar la luz solar concentrada a un área pequeña
- El temple de funcionamiento puede oscilar a 100 de 400 °C
- El tipo más común es de los paneles solares.



De acuerdo a (Becquerel , 1893), Desde entonces, la energía solar se ha considerado una alternativa viable a la electricidad procedente de combustibles fósiles. “fue quien observo el efecto fotovoltaico, donde se fabricaron las primeras celdas fotovoltaicas de selenio, dado que estas celdas tenían un rendimiento del 1%, y no se consideraba panel solar”.

Las celdas solares de un vatio se utilizaron por primera vez en sistemas satelitales en 1958 y la producción de silicio cristalizado de extrema pureza comenzó a principios de la década de 1950. Luego, en 1990, la guerra del golfo aumento el interés de la industria en los cambios de precios.

Por otro lado, en 2023 se tiene un panorama más alentador junto a otros fundamentos energéticos renovables. Esto de acuerdo a la AIE, la crisis energética a nivel mundial se ha acelerado, las expansiones de las energías sobre todo la solar fotovoltaica.

Si bien los precios de los combustibles fósiles se han mantenido estables a nivel mundial, el precio de crear electricidad ha disminuido. Dando como precio típico de la creación electricidad a partir de paneles solares en dólares estadounidenses es de un rango entre \$0.70 y \$0.80 watt. Por otra parte, la electricidad de fuentes fósiles una elevación de costo alrededor de un 50% en sus precios, mismo que hace 5 años eran menos a \$1.60 watt, esto derivado del COVID-19 y las guerras situadas en el mundo.

Debido al impulso histórico del mercado que ha impulsado la demanda y reducido los costos de producción, así como la proximidad de los paneles solares a precios asequibles, más hogares están considerando invertir en la generación solar en México para obtener mayores beneficios financieros. Los proveedores mexicanos de paneles solares tienen organizaciones de ventas en red.

## Efecto fotovoltaico

Al exponer los electrodos de una celda electrolítica débilmente conductor. El físico francés Edmund Becquerel, descubrió el principio operativo básico de las celdas solares en 1839. En la década de 1890, las primeras celdas solares se fabricaron con selenio, lograron eficiencias de conversión de solo 1 a 2 %. La interpretación moderna del fenómeno fotoeléctrico está respaldada por conceptos cuánticos creados en las décadas de 1920 y 1930.

Uno de los mayores logros fue el método Czochraiski, desarrollado en 1918, que hizo posible obtener monocristales Si en las décadas de 1940 y 1950, con suficiente pureza para apoyar el desarrollo de células solares (así como de transistores y diodos). Las células solares se desarrollaron como resultado de la exploración espacial en las décadas de 1950 y 1960, como remplazo de los generadores de radioisótopos satelitales y apoyan con los principales aspectos que los mecánicos y dispositivos a la transición cuántica. Conversación de la luz solar que adquiere los sistemas fotovoltaicos, este tipo de sistemas fueron implementados durante la década de los 70's que fue donde llevaron a la creación de nuevas luces de superficie terrestre

En esta década se llevó la implantación de dichos sistemas que se fueron renovando. Estas nuevas aplicaciones llegaron hasta los años 90 donde dichas actividades en el campo fotovoltaico se fueron impulsando, como resultado de las crecientes presiones socio ecológicas y la disminución de los costos del sistema.

Los siguientes materiales se pueden utilizar para fabricar paneles solares, que están reconocidos por la Asociación de células solares:

- El silicio monocristalino es la sustancia más frecuente y tiene una eficiencia comercial de alrededor del 15%. En algunos estudios se han logrado eficiencias de hasta 24%; esto está muy cerca del máximo teórico.
- A pesar de ser menos eficaz, el policristalino es más asequible y, por lo tanto, comercialmente viable.

- El gas monocristalino de alto rendimiento solo es adecuado para aplicaciones especializadas debido a su mayor costo.
- El silicio amorfo se usa en la producción de baterías de película delgada como CdTe, CuInSe<sub>2</sub> y CuInGaSe<sub>2</sub>, con el objetivo de reducir los costos de la batería al reducir la cantidad de semiconductores en la película.

El voltaje y la corriente están determinados de la cantidad de colectores o módulos en directo, y el voltaje multiplicado por la corriente da como resultado la potencia útil necesaria. Según los materiales y los componentes del sistema, una celda de silicio monocristalino expuesta a la luz solar total generará alrededor de 3A a 0.5 V.

Los sistemas de calefacción solar por concentración aprovechan mejor la radiación solar que los que no son de concentración. Particularmente considerando que rendimientos termodinámicos más altos resultan en temperaturas más altas. En la actualidad, existen la tabla técnica principal del sistema termo solar la concentración destaca por su avanzado nivel de desarrollo. Algunas de estas tecnologías son lógicamente más avanzadas que otras, pero todas ellas están todavía en pañales en lo que respecta la implementación. El canal correspondiente al Canal Cilíndrico parabólico (CCP), irradiar con foco del absorbedor, es el más predominante de todos ellos. Los módulos solares contienen células como un componente clave.

Dependiendo de la radiación del sol que está entrando que incide sobre la celda, la irradiancia (intensidad de energía) y la temperatura ambiente, un generador fotovoltaico puede producir electricidad de corriente continua con diferentes características instantáneas (intensidad y voltaje). La corriente alterna, que tiene las mismas propiedades que la electricidad en una red tradicional, se puede crear a partir de la electricidad generada utilizando una variedad de dispositivos electrónicos. La corriente continua del generador solar fotovoltaico debe cambiarse a mismo conocido como CA con las mismas especificaciones que la malla para poder conectar el sistema solar a la misma. Los procedimientos solares enlazados a la malla más Asequibles, confiables porque no se necesita un aparato de alojamiento de batería porque toda la energía generada bombea de red. Sus principales beneficios incluyen la ausencia de problemas

relacionados con la batería (ahorro, descarga limitada).

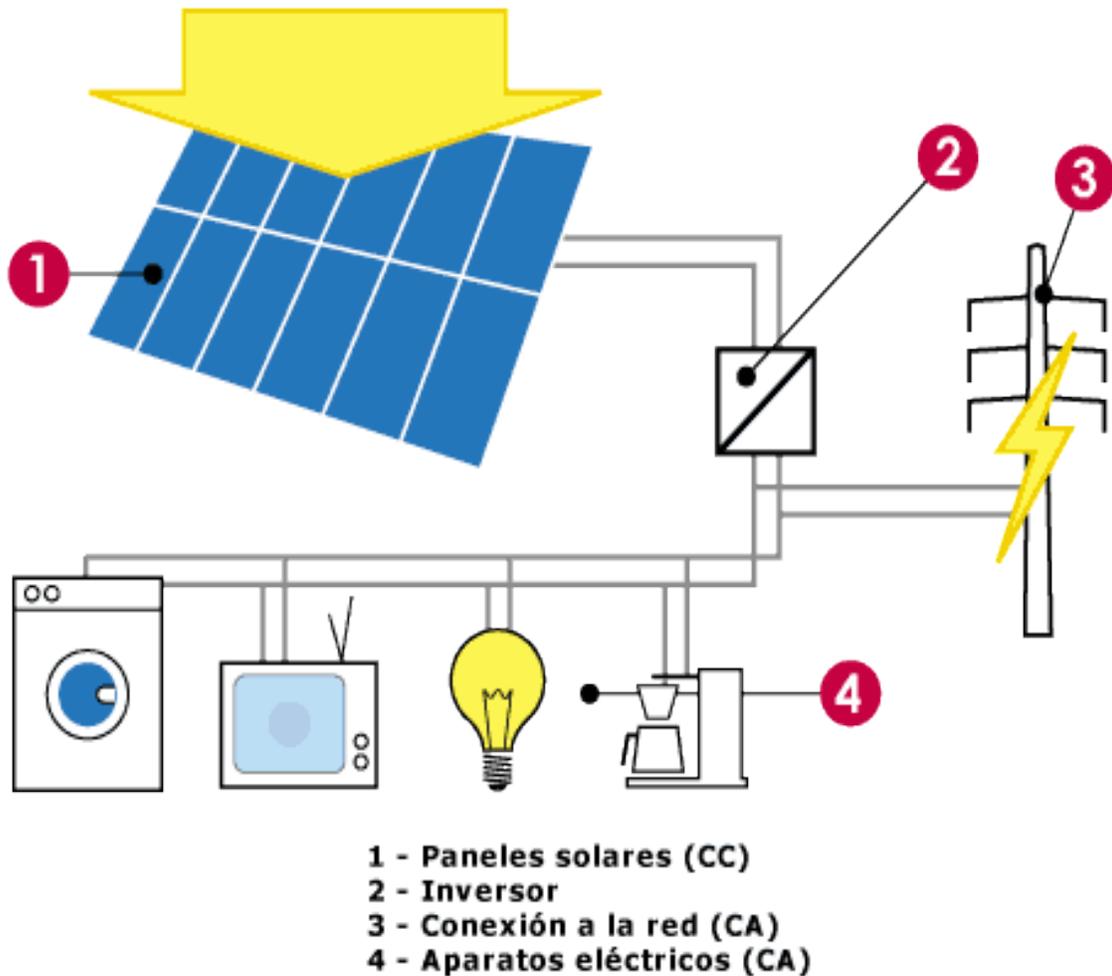


Figura 1.7. dibujo de instalación de un esquema fotovoltaico aislado.

Fuente: <https://www.helioesfera.com/diagrama-sistemas-fotovoltaico/>.

Debido a que están desconectados a la malla, los sistemas solares saliendo suelen tener sistemas de almacenamiento de energía. También es necesario un regulador de voltaje, cuyo objetivo al principio es obstruir se recargue el generador solar se descargue como resultado de un uso excesivo.

## Provecho de la luz solar en la industria.

Para el año 1954 se produjeron los módulos fotovoltaicos por primera vez gracias a bell laboratorios, dichos módulos estaban contruidos en base a celdas fotovoltaicas fabricadas con materiales semiconductores como silicio, los cuales aprovechan el efecto fotovoltaico, los módulos eran rectangulares y planos sin ninguna parte móvil ya que para lo que estaba diseñado para esta expuesto a la radiación electromagnética comprendida entre ciertas longitudes de onda, en específico a la energía solar. Con esta tensión se permitía tener la continuidad de electricidad y su fuerza era proporcional al espacio final las células las conformen el modelo y de la misma manera a la propia fuera de irradiancia al mismo.

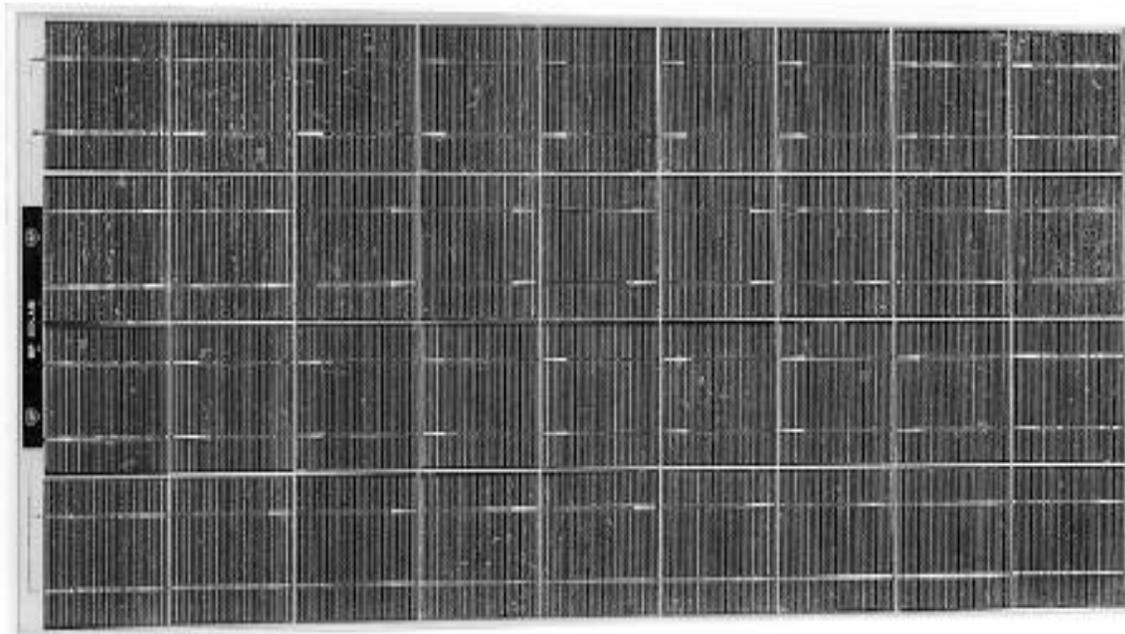


Figura 1.9. Modulo formado por 36 células cuadradas de silicio policristalino, capaz de suministrar una potencia de 70v, con una intensidad de 4.35 A. Sus dimensiones son 120 x 53 x 3.8 centímetros y pesa alrededor de 7.5kg. su funcionamiento aceptable está en un rango de 55°C bajo cero hasta 90°C (cortesía de Bp Solar España, S.A).

Esta forma de obtención de energía se caracteriza por ser limpia, silenciosa y en algunas cosas gratuitas, se desarrolla a partir de obtener un método secundario para dejar de lado el uso de generados accionados por motores de combustión, lamentablemente el desarrollo tecnológico en este campo se descubrió por un largo tiempo debido a la facilidad de generar electricidad con ayuda de combustibles fósiles.

## Ciclo termodinámico.

Una serie de procesos que comienzan y terminan en el mismo estado se denominan ciclos termodinámicos. Todas las propiedades tienen los mismos valores al principio y al final del bucle. Como resultado, al final del ciclo, el sistema no cambia de estado. Los ciclos de enfriamiento.

El ciclo termodinámico en el que funcionan se conoce como ciclo de fuerza, y aparatos o esquemas utilizados a la creación de efectos neto denominan con frecuencia motores térmicos o motores. Una máquina térmica está hecha para convertir la energía térmica en trabajo. Un refrigerador, aire acondicionado o calor es un aparato o sistema al generar energía de enfriamiento y el ciclo de refrigeración describe cómo funciona. Los motores térmicos difieren significativamente entre sí, pero se pueden dividir en las siguientes categorías:

También es necesario contar con un regulador de voltaje, cuyo objetivo inicial es quitar las baterías se sobrecarguen

1. Las fuentes de alta temperatura (energía, petróleo, reactores, etc..) les proporcionan sol.
2. Ocasionalmente, de modo al eje giratorio, parte de este calor se transforma en trabajo.
3. Rechazan calor para radiadores de baja temperatura (atmosfera, rio, etc.).

El ciclo termodinámico también se puede dividir en unos dos ciclos gas o vapor dependiendo del estado del medio de la tarea a realizar. un ciclo abierto, el paso del trabajo se refresca al termino de los ciclos en lugar esto recircula. El tipo de motores térmicos de combustión externa se subdividen según el tipo de suministro de calor fluido de trabajo. Esto se logra quemando el combustible internamente en una máquina de combustión interna, como el motor del automóvil.

# CAPITULO DOS

## ENERGIA PROCEDENTE DE FUENTES RENOVABLES.

## Fuentes renovables de energía.

Uno de los esfuerzos más significativos para producir energía limpia, una alternativa a las fuentes de energía convencionales (la mayor utilización de las cuales los combustibles fósiles, producen y contribuyen a emisiones de un efecto de gases invernadero) es el desarrollo de tecnologías de energía renovable. En la actualidad, se utiliza una variedad de fuentes de energía renovable para generar electricidad mediante celdas de turbinas eólicas o fotovoltaicas. Dado que la electricidad se crea a partir del calor producido por procesos térmicos, como el calentamiento de los colectores solares, esto es posible. El costo de las nuevas tecnologías solares significativamente menos que el de las tecnologías convencionales, pero dentro de un año, como consecuencia de la escasez de petróleo, el precio de los hidrocarburos aumentara significativamente devolviéndonos a la situación de las fuentes de energía convencionales.

El captador cilíndrico parabólico es también denominado por las siglas CCP, esto se debe a que sus componentes claves; que son la superficie reflectiva cilíndrica parabólica que mediante la radiactividad refleja la concentración directa solar concentrando en los tubos absorbedores colocando, cuando se calienta, un fluido circula a través de las superficies internas, convirtiendo el calor fluido sensible o latente se produce como resultado de la conversación de la radiación solar en energía térmica. La cantidad del fluido de radiación solar que ha absorbido el colector cilíndrico parabólico es entre 49 y 60  $kw / m^2$ , operando hasta una temperatura de entre los 450 y 550 °C.

Una de las ideas a utilizar los colectores solares para para utilizar la luz del Sol, proviene del científico Arquímedes quien invento una técnica para destruir barcos romanos en el mar. Esto implica construir un espejo de tamaño considerable, el cual los rayos del sol se pudieran reflejar en cada nave.

## Aplicaciones con luz solar.

El primer uso de luz solar se operan concentradores solares, que son muy difíciles de operar debido a su diseño estructural y al requisito de seguir al sol. La construcción de hornos solares estructuras capaces de fundir acero, cobre y otros metales en el siglo XVIII dio lugar a su uso en Europa y Oriente Medio y llamo la atención sobre el diseño del horno inspirado en Lavoisier creado por Antonio de Francia. 1750 C es la temperatura del horno.

En 1901 A.G. instalo el colector cilíndrico parabólico, capaz de generar vapor en la fuente y suministrar agua al sistema de bombeo de california. Con el paso del tiempo los diseños de los colectores cilíndricos fueron cambiando y utilizados para diferentes casos, pero primordialmente para el aprovechamiento de energía solar, en estos tiempos se cuentan con dos diferentes disposiciones de colectores solares que se encuentran difundidas ampliamente.

Hay muchas tecnologías disponibles en la actualidad para utilizar la radiación solar, pero solo unas pocas son bien conocidas, como los sistemas de celdas solares para generar electricidad. Los colectores cilíndricos parabólicos (CCP), son otra tecnología de colectores solares que la mayoría de la gente desconoce.

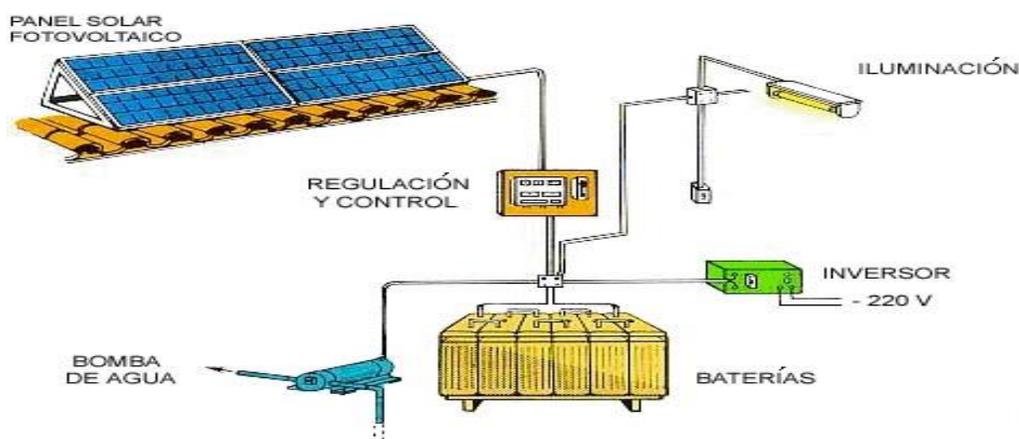


Figura 2.1. Aplicaciones con luz solar.

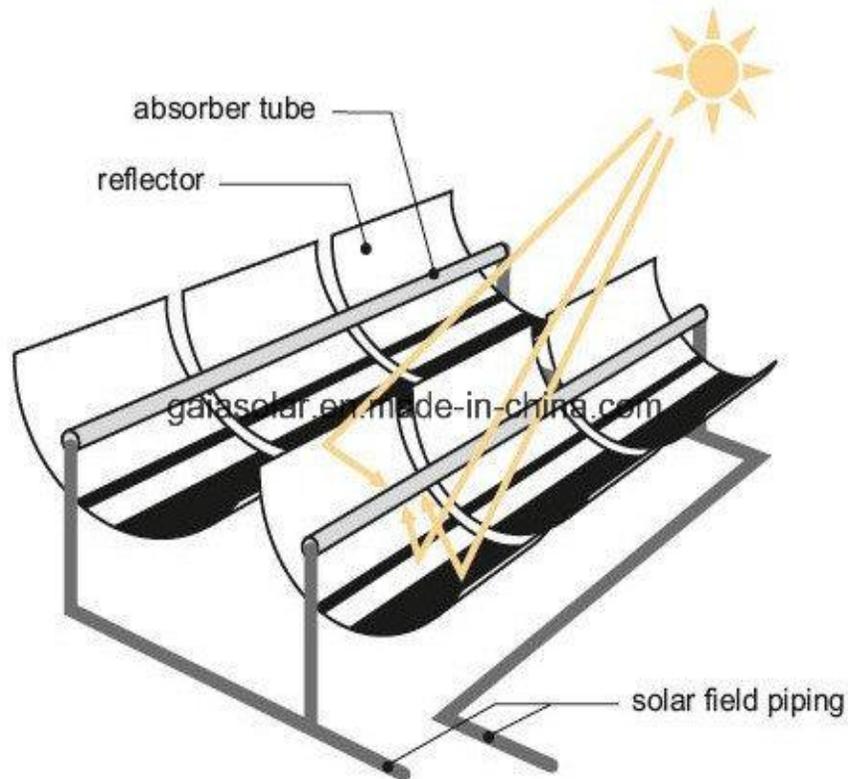
Fuente: <http://www.diariodeciencias.com.ar/energia-solar-fotovoltaica-y-termica-diferencias-y-aplicaciones/>

En este trabajo se va introducir con mayor peso el uso y aplicación del equipo de colectores solares, ya que se tienen como finalidad hacer pruebas y analizar con los datos recabados la diferencia entre usar un sistema convencional para el precalentamiento del fluido (agua) y la eficiencia con la que se trabaja el equipo como evaporador a partir del único uso de los colectores como precalentador, evaporador y recalentador, de esta manera buscamos la implementación de este equipo para la aplicación en otros ciclos y de esta manera hacer más eficiente el trabajo de conversión de energía.

### Concentración cilíndrica de colectores solares

La relación de concentración geométrica para este tipo de colectores teniendo en cuenta la concentración, es posible determinar la conexión entre el área de apertura del colector solar y la superficie de recepción. Se desempeñan bien y con buena eficiencia se crean para tales sistemas mediante laminas reflectantes plegables parabólicas. La distancia focal de los tubos absorbedores, que tienen una menor emisión en forma de pérdida de calor por radiación, se cruza entre estas placas para obtener radiación solar. Los tubos de vidrio alrededor de los tubos generalmente están cubiertos lo que evita que el calor se escape por convección al medio ambiente. El reflector permite dirigir los rayos incidentes al foco donde se encuentra el tubo absorbedor cuando el colector parabólico está abierto y mirando al sol cuando a lo largo del eje de la parábola, el rayo incidente es paralelo.

Con una eficiencia de entre el 60 y 70%, el CCP es un panel solar que ocupa energía solar directa para estimular el líquido que pasa por un tubo de absorción a una temperatura de 675 K. Esto debido a las elevadas temperaturas con las que se trabaja dentro de los colectores cilíndricos – parabólicos, este colector solar es idónea para alimentar térmicamente a una gran diversidad de procesos industriales como lo son: ciclo de Rankine generación de energía, tratamiento residuos, etc.



Operating principle of a parabolic trough collector.

Figura 2.2. Captador cilíndrico parabólico típico.

Fuente: [https://es.made-in-china.com/co\\_parabolic-trough-solar-concentrator-for-space-heatlin\\_ernruiurg.html](https://es.made-in-china.com/co_parabolic-trough-solar-concentrator-for-space-heatlin_ernruiurg.html).

Otra variedad de colector solares es los colectores solares parabólicos. Debido a que el CCP opera en sincronía con el sol durante el día, solo puede beneficiarse de la radiación solar directa. Para cambiar de posición, el colector solar gira su línea focal es paralela a un eje apuntando hacia nosotros. Este tipo de colectores emplean espejos cilindros parabólicos, el fluido llega alcanzar temperaturas máximas a 400 grados Celsius.

Debido a que son bidimensionales y pueden acomodar densidades y temperaturas promedio cercanas al punto focal, los cilindros parabólicos también se conocen como 2D.



Figura. 2.2 Concentrador Cilíndrico 2D.

Fuente: <https://www.unida.org.ar/virtuales/energias/clase%204/concetradores%20solares.pdf>.

## Clasificación para los colectores solares.

Las siguientes son marcadas como las más utilizadas en el ámbito de termo solares:

Los colectores solares se pueden clasificar en dos grupos, aquellos con sistemas de concentración y aquellos sin sistemas de concentración.

Las ventajas de colectores parabólicos con los convencionales colectores planos:

- Es un colector parabólico se obtienen mayores temperaturas para una misma área de superficie. Esto hace que tenga mejor eficiencia.
- Mayor eficiencia porque tiene menores pérdidas de calor esto dado a su pequeña área de recepción.
- Este tipo de tratamientos son económicamente menos costosos debido a los tubos de vacío para el montaje y las superficies selectivas ayudan a mantener el calor.

Los problemas que llegan a tener los colectores cilíndricos-parabólicos son:

- Este tipo de aparatos no funcionan en días nublados, dado que estos pueden coleccionar radiación difusa que solo aprovecha la luz solar.
- Se necesita de un sistema de seguimiento del sol que este en movimiento hacia con él, en forma que este puede ir recolectando la radiación directa y mejore su eficiencia.
- Se necesita tener un mantenimiento adecuado que de los espejos reflectantes pueden perder su reflectancia con el uso y el tiempo.

La concentración de la radiación solar es el mayor activo de este tipo de sistemas, y se pueden rotar para seguir al sol y bloquear mayor espacio posible de radiación directa. Puede obtener varios ejes y estando orientado de cualquier forma de los puntos cardinales. Las cantidades de radiación percance, en función a la programación y calidad en imagen producida por este tipo de sistema varían significativamente. La ubicación y el diseño de los sistemas con poca luz solar deben modificarse semanal o mensualmente, según el diseño del sistema.

### Proyecto euro rough.

En el 11° simposio internacional sobre tecnologías de energía química y solar concentrada, realizado en suiza en 2002, se informaron avances significativos en estas tecnologías. Es un nuevo tipo de cilindro parabólico con múltiples aplicaciones que trabaja entre 200 y 400 °C. se anticipa que esta tecnología permitirá que las plantas de energía solar CSP produzcan cientos de megavatios de electricidad.

Este concentrador parabólico está hecho de acero per galvanizado, es más liviano y de menor torque que los concentradores convencionales, y cada espejo se apoya en una estructura de cuatro puntos en la parte superior. Estos elementos de 12 m de largo pueden conectar de 10 a 12 colectores solares de 120 a 140 m de largo en total. Puede operar con un accionamiento hidráulico mientras soporta cargas de viento a una velocidad del viento de 14m/s /50 km/h). con un reloj y sensor solar, su plato tiene una longitud de apertura de 5.8 m y un foco de 1.71 m. la tecnología más puntera es el tubo de absorción, un tubo de vacío que utiliza vapor o aceite según el fluido

En este diseño para este panel solar de gran rendimiento, es aprovechado por las siguientes potencias en cuestión a su reducción de costo:

- Se ha simplificado el diseño del perfil para que sea adaptable y sencillo de transportar e instalar. Los costos ambientales se han reducido debido al peso más ligero de la estructura, que tiene en cuenta los perfiles cerrados, la prevención de la corrosión, el método de elementos finitos para los cálculos estructurales y el análisis de carga de viento.
- Una estructura rígida que tiene en cuenta los momentos de rotación, la precisión de fabricación y la precisión de montaje da como resultado un rendimiento óptico mejorado.
- Las tuberías de fluido caloportador y UVAC.
- Las modificaciones adicionales incluyen las inclinaciones potenciales de los paneles solares y alargamiento de los paneles solares a los módulos

En España (sur) se tiene el primer compa solar de canal parabólico, conocido como ET 150, con al menos 500,000  $m^2$ . En cuanto al costo de euro rough los diseñadores estiman que fue un campo solar de 206 euros/ $m^2$ ., incluyendo el montaje y calentamiento. Según el acuerdo solar con la alemana Millennium AG. Uno de ellos es para proyectos de construcción de instalaciones solares de 50MW con 549,346  $m^2$ . Y un periodo de 9 horas de almacenamiento.

Con una eficiencia anual del 38%, este campo de colectores solares proporcionara la energía necesaria para ejecutar un ciclo Rankine y producir vapor. Sin incluir terrenos no gastos imprevistos, el contrato costo aproximadamente con un costo superior a los 180 millones de euros o más de 2,000 millones de pesos.

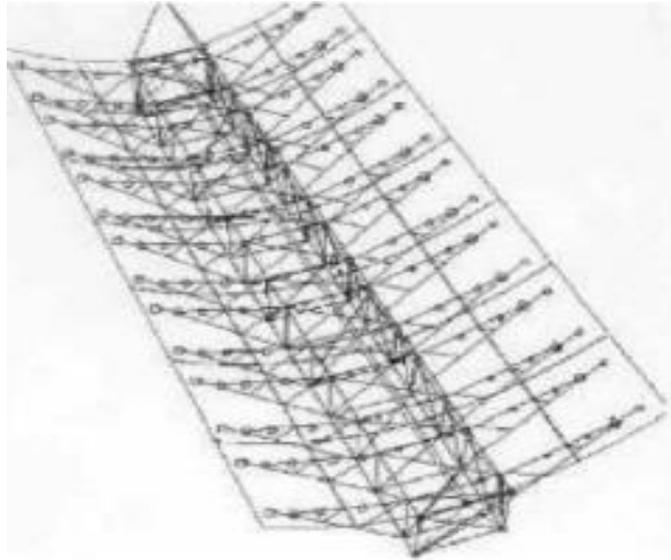


Figura 2.3 Diseño conceptual del colector euro rough.

Fuente: [https://www.researchgate.net/figure/fig.2.1-vista-interior-del-concetrador-de-canal-parabolico-se-muestran-las\\_279766271](https://www.researchgate.net/figure/fig.2.1-vista-interior-del-concetrador-de-canal-parabolico-se-muestran-las_279766271).

El proyecto tiene 25 años sería una vida útil minia indispensable, una tasa de perdida estimada de 6 a 7 5, una tasa de descuento anual de 9%, una de garantía tasada en igual al uno por ciento y un tasa igual o mayor a los impuestos de 30%. Esto es 2 a 10 pesos mexicanos por kWh de energía eequalizada.



Figura 2.4. Estructura de soporte de euro rough.

Fuente: <https://cordis.europa.eu/article/d/id/80455-parabolic-trough-collector-for-solar-power/>.

## Los heliostatos en un colector solar.

Los espejos planos llamados heliostatos son un tipo de colector de luz más grande. Se parece mucho a los campos solares. Cada heliostato está formado por una serie de espejos planos que se apoyan en soportes. Para que la luz reflejada por un heliostato llegue al recibir, el heliostato debe mirar hacia el sol y moverse en ambas direcciones.

El receptor de este sistema cilíndrico parabólico adquiere la mayor reflectividad que ingresa en el cono de apertura, por lo que no es necesario seguir al Sol mientras este dentro del cono de apertura debido a ciertas propiedades geométricas del sistema. Por lo tanto, se puede encontrar una pequeña cantidad de radiación difusa.

## Concentración térmica solar.

Proceso de transformación de energía de luz solar en calor en un intercambiador de calor conocido colector solar. En función de si había habido concentración de la radiación solar, que en este caso la hubo, así como de la clasificación de las distintas tecnologías por la cantidad de concentración, se optó por una clasificación más objetiva.

Hay tres tipos diferentes de tecnologías de concentración de energía solar. El absorbedor o receptor y el concentrador o la óptica de alineación, que tienen diferentes funciones y ubicaciones componentes distintos del colector concentrador.

La radiación es absorbida por los receptores, que luego la transforman en varias formas de energía. El sistema óptico que dirige la radiación al colector solar del receptor es en este caso el receptor. La apertura de un área abierta donde se intercepta la radiación se denomina concentrador.

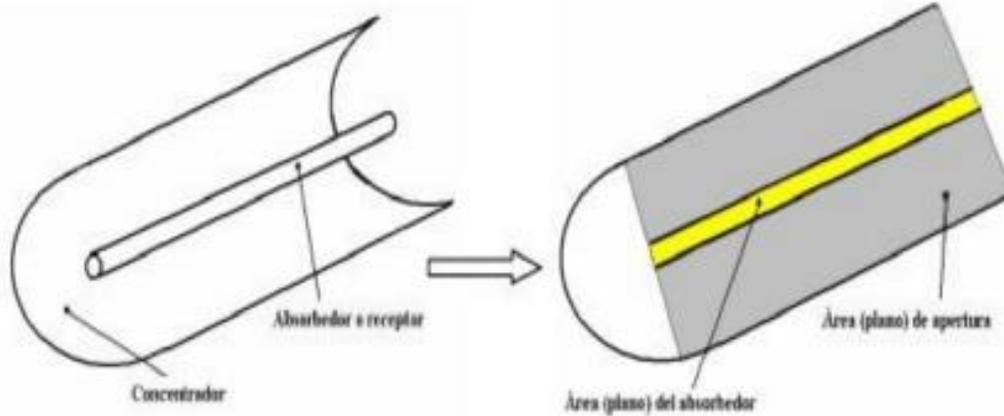


Figura 2.5. Planos de apertura y del absorbedor de un concentrador lineal.

Fuente: <https://core.ac.uk/download/pdf/30044951.pdf>.

## Componentes Principales en un CCP

Los elementos principales centros de los colectores cilíndrico parabólicos son:

- Espejo parabólico.
- Absorbedor o tubo receptor.
- Sistema de seguimiento solar.
- Construcción de metal.

El trabajo de un reflector parabólico es enfocar al sol que incide encima del tubo absorbedor que se sitúa el foco del reflector reflejándola, como su nombre indica. En el proyecto se utiliza un espejo que, por su geometría, puede concertar toda la luz solar directa que entra por su abertura en la línea focal. Actualmente se utilizan soportes reflectantes de chapa, plástico y vidrio.

Esto implica que los diferentes diseños de sistemas de energía de concentración en una planta termo solar para la producción de electricidad pueden tener diferentes dimensiones y, en algunas circunstancias operativas del mundo real, la geometría se aproxima a ala de un concentrador parabólico ideal. Para alcanzar la temperatura necesaria para que funcione el

ciclo termodinámico, se suelen utilizar concentradores de reflexión solar. Nos concentraremos más en cilindros parabólicos que en los otros dos de los modelos de concentrar la luz solar sean populares, que son:

- Paneles parabólicos concertadores de la línea focal de un eje de una concentración de radiación de 30 a 80 veces y de 30 a 80 MW de potencia por campo.
- Los sistemas de torre o receptor se componen de arreglos heliostatos siguen el movimiento del sol y enfocan el has reflejado en un punto focal en la parte superior de la torre. La capacidad unitaria oscila entre 10 y 200 MW, y la concentración entre 200 y 1000.
- Antenas parabólicas: son dispositivos compactos e independientes con un reflector parabólico que normalmente se diseñan con un motor Stirling como un punto focal. Se utilizan niveles de concentración más alto (1000 a 4000) y un rango de 5 a 25 KW.

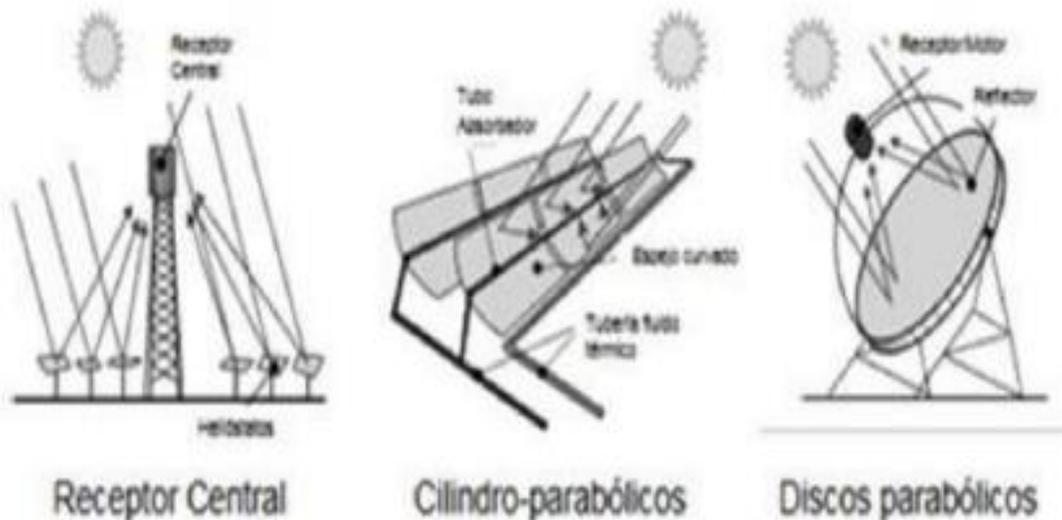


Figura 2.6 el diseño más popular para sistemas solares de concentración reflectantes.

Fuente: <https://ptolomeo.unam.mx8080/jspui/bitstream/132..100/277/6/A6.pdf>.

El ciclo Rankine se usa para producir electricidad usando CCP. La tecnología empleada en estas plantas se conoce como fluido caloportador, o HTF y consiste en utilizar un portador de calor para transferir la energía térmica que ofrece el campo solar.

La superficie reflectora parabólica, que conecta directamente la energía solar reflejando radiación, da nombre al colector solar cilíndrico parabólico, también conocido por la abreviatura CCP. esta energía se concentra luego en tubos absorbentes, que está colocado la línea al fuego de la parábola. La luz solar se convierte en radiación concentrada en los tubos absorbentes calienta el líquido que circula por los tubos utilizando energía térmica en forma de calor líquido sensible o latente

Solo la radiación solar directa puede beneficiar a un Colector parabólico, lo que requiere que el panel ajuste su movimiento a medida que se mueve en sincronía con el sol durante todo el día. Lo logra girando sobre un eje que es perpendicular a su línea focal, el eje que identifica su ubicación.

Este tipo de colectores emplean espejos cilíndricos parabólicos. Debido a que son “bidimensionales” o “parabólicos” los cilindros se pueden usar para medir la densidad y la temperatura promedio del medio del punto focal.

### Radiación solar concentrada.

Se necesita una radiación solar de  $1,400 \text{ W/m}^2$ . En la superficie de la tierra, en ubicaciones de latitud baja y alta transferencia de la atmosfera, se llega a medio día, hasta poco más de  $1,000 \text{ W/m}^2$ . Estas aplicaciones térmicas, como los colectores solares de panel plano o los cultivos cubiertos con mantillo, pueden utilizar la energía solar para bajar las temperaturas debido a su densidad. La necesidad de concentrar la radiación solar surge a temperaturas estándares. Los hornos solares se utilizan en metalurgia para algunas aplicaciones que dan como resultado electricidad.

Los concentradores de radiación solar deben usarse en situaciones donde la radiación se concentra para aumentar la intensidad por superficie.

***“concentración a través de superficies reflectoras parabólicas”.***

la parábola tiene la propiedad de que el Angulo que forma la recta tangente que une los puntos tangentes en el punto focal de la parábola es igual al ángulo que forma la recta tangente a cualesquiera que sean los puntos de las parábolas y siendo una recta al eje paralelo de la parábola del origen.

El rayo siempre se refleja el rayo que pasa por el foco si la parábola es reflexiva y la línea recta es Paralela al punto del eje. Cuando un rayo (digamos R) entra en la parábola paralelo a su eje E, se refleja en f en R, que se lleva por el foco F. cualquiera sea el rayo adicional, uno de un tono más claro, se refleja y siempre viaja a través de F.

**Radiación solar y rotación de energía.**

A través del cual se obtiene radiación solar da como resultado una distribución específica de longitudes de onda. Debido a que surgió como resultado de procesos que tuvieron lugar a temperaturas extremadamente altas en la superficie del Sol, tiene una alta calidad termodinámica. Para este tipo de uso de energía se puede utilizar un modelo simplificado, en el que se comprara el sol con un cuerpo negro visto desde la tierra que emite energía a temperaturas superiores a 5,000 K.

No hay volumen de luz solar que ha sido atenuada en la atmosfera se denomina “radiación extraterrestre<sup>2</sup> y se puede encontrar dentro de estos límites de la atmosfera exterior.

## Seguimiento del sol.

Dado que el sistema de seguimiento puede seguir al Sol de norte a sur o de este a oeste, el colector puede orientarse de norte a sur o este a oeste. asegurarse que los rayos del sol estén siempre paralelos al eje del paraboloide es difícil con estos sistemas. Un sistema de control, que se es esencialmente un pequeño tubo que deja entrar la luz del sol y tiene una celda solar en la parte inferior, se utiliza para seguir el movimiento del sol.

Cuando el concentrado se coloca correctamente de cara al Sol en este caso, la luz entra por la parte inferior del tubo y produce electricidad. De lo contrario, el concentrador sigue girando hasta que el voltaje de la batería aumenta una vez más. Con concentradores pequeños o grandes, puede haber algunas diferencias; por ejemplo, algunos están diseñados como cocinas solares y con grandes concentradores, la parábola puede haberse complicado por deformaciones superficiales.

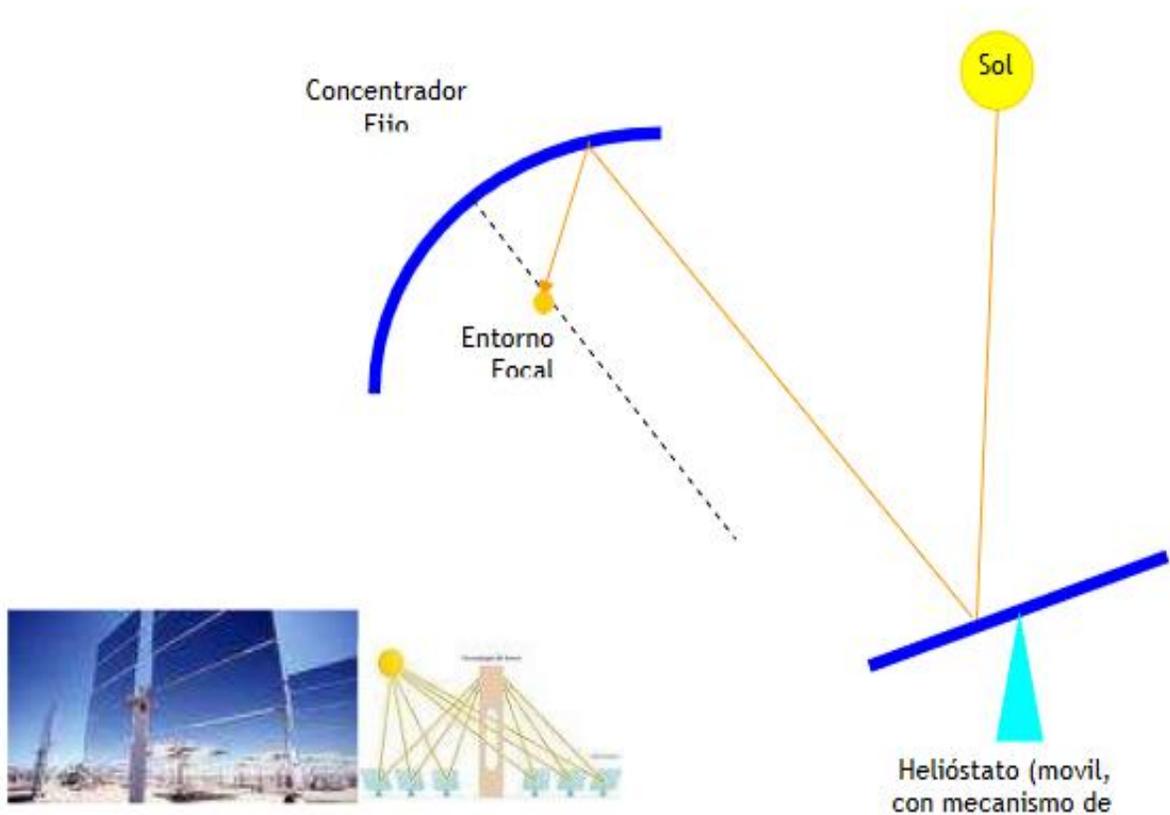


Figura 2.7 Sistema con heliostatos múltiples.

Fuente: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bistreamhande/10902/10056/>.

Tales situaciones requieren el uso de uno o más espejos entre planos, también conocidos como heliostatos. Hay dos reflejos en el sistema concentrador:

1. La superficie reflectante del heliostato recibe el primer rayo del sol.
2. El medio focal sirve como camino para que esta luz reflejada viaje de regreso al condensador.

Debido a que no toda la radiación es absorbida o refractada en cada etapa, hay una pérdida de intensidad en ambos tipos de reflexión.

## Posicionamiento de superficie al seguimiento del sol.

Desde el punto de vista de un observador en la superficie de la tierra, el Sol viaja en un arco alto desde el amanecer hasta el mediodía solar, cruzando el meridiano local aproximadamente a la mitad.

Se utilizan dos marcos de referencia o sistemas de coordenadas diferentes, ambos centrados en el observador, para determinar la posición del sol.

- Las horas y ángulos de gracia sirven como coordenadas de tiempo.
- El ángulo de elevación del sol está representado por la coordenada horizontal.

La siguiente imagen muestra un gráfico de todos los ángulos que involucran en cierto modo el vector solar.

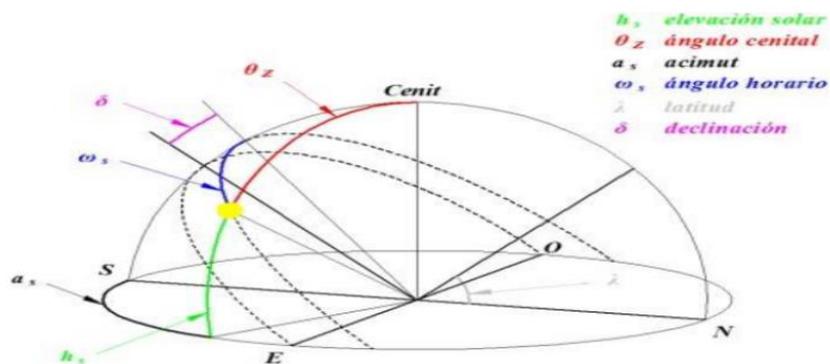


Figura 2.8 ángulos solares.

Fuente: <http://kilowatio.net/coordenadas-solares..html>

Se observa que las coordenadas horizontales (elevación y azimut solares) para determinar la posición que tiene el sol relativamente, indican claramente que el vector solar índice perpendicular al plano de apertura de un concentrador.

## Perdidas y rendimiento global del sistema.

En este tipo de sistemas se tienen diferentes tipos de pérdidas que ocurren y se clasifican en: geométricas, ópticas y térmicas, estas pérdidas se dan con el trabajo que va teniendo el sistema.

La primera pérdida es la pérdida geométrica, que resulta en una disminución del área impactada por el entrenamiento del concentrador. Se dividen en dos categorías, una para las pérdidas de sombra parciales únicas de cada concentrador provocadas por las sombras que algunos concentradores pueden proyectar en los concentradores cercanos. El área efectiva de entrenamiento de los trabajadores autorizados, que se divide en dos grupos, se reduce como consecuencia de la rarefacción geométrica.

- Considere la pérdida de características
- Penalización por la colocación en relación con filas de colectores.

Debido a que los colectores cilíndricos parabólicos solo se mueven en la dirección de la altura debido al seguimiento de un solo eje, resultan aberturas perpendiculares al cubo. Esto provoca las pérdidas inherentes que se producen en estas estructuras. Hay un parte del tubo que no recibe la luz reflejada por el condensador para ángulos de incidencia distintos de cero.

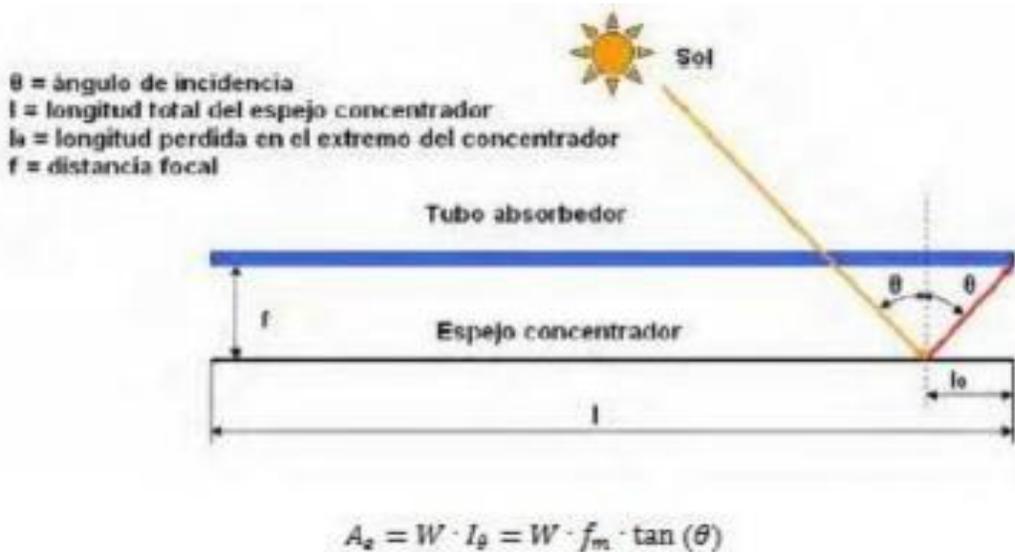


Figura 2.9. Angulo de incidencia del tubo y espejo concentrador.

Fuente: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642013000100013](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642013000100013)

El proceso que debe seguir el tubo absorbedor se muestra en el diagrama, donde A representa el área del espejo perdida como consecuencia de este fenómeno, W representa el ancho de la parábola y  $f_m$  representa la distancia media entre la superficie cubierta por la parábola y el tubo receptor en la misma sección transversal. El valor de  $f_m$  se determina geoméricamente usando la ecuación donde f representa la distancia focal de la parábola.

Debido a las sombras reales que algunos colectores pueden proyectar sobre otros colectores, la posición relativa entre las filas de colectores sufre. Esto se debe a que hay menos sombra cuanto más separadas están las filas paralelas de colectores. Sin embargo, en este caso expandir el potencial de pérdidas por bombeo y pérdidas de calor en el sistema de tuberías.

Por lo tanto, fallas en los componentes del sistema, como la superficie del concentrador, el vidrio que cubre el tubo absorbente de metal, la superficie selectiva del tubo de metal y la geometría del tubo concentrador parabólico, son los que provocan pérdidas ópticas. Como resultado una parte de la radiación solar directa pasa a través de los tubos absorbentes del sistema y hacia los concentradores parabólicos del índice de refracción superficial.

Las pérdidas en el proceso de reflexión aumentan al disminuir la reflectividad del vidrio.

Además de los problemas del posicionamiento con el colector solar o problemas con la posición relativa del tubo absorbente, los rayos reflejados con frecuencia no llegan al tubo absorbente debido a imperfecciones macroscópicas o microscópicas en el revestimiento. El factor de explicación y que mide estas pérdidas, se limita al 95% en colectores solares con muy buena calidad de fabricación y técnicas de montaje muy cuidadas.

La relación entre la radiación que sale de la cubierta y la radiación que cae sobre ella determina la transmitancia de la cubierta porque, en este caso, la cubierta de vidrio permite que pase la máxima cantidad de radiación solar, y parte de la radiación se refleja o absorbe. El rango de los valores de transmitancia es aproximadamente entre 92 y 96 %. Determina la cantidad precisa de radiación incidente que finalmente es absorbida por el tubo al absorber las superficies selectivas. Estos porcentajes de absorción típicos oscilan entre el 90% y el 96%.

Tanto los radiadores como las tuberías de fluido de calefacción experimentan pérdidas de calor, aunque los radiadores son el lugar donde ocurre con más frecuencia. Los requisitos de calor del tubo absorbente se componen de la pérdida de calor por conducción hacia el soporte del tubo de absorción, la pérdida de calor por radiación, convección y conducción, así como la radiación del tubo de vidrio hacia el medio ambiente.

Un típico colector cilíndrico parabólico consta de los siguientes elementos para que este funcione:

- La lamina focal de un espejo parabólico, que tiene forma parabólica unidimensional, recibe todo a la radiación solar que entra en su plano. Se aplica una fina capa de plata o aluminio sobre el soporte, dándole rigidez para crear la superficie del espejo. las láminas de aluminio, vidrio o incluso se pueden utilizar como soportes para varios tipos de películas.
- Tubo receptor este componente comparte todas las características generales de un colector. Puede estar formado por uno o dos tubos concéntricos, con el tubo interior típicamente hecho de un material metálico que permite que el líquido caliente fluya a través de él y el tubo exterior típicamente hecho de vidrio. El tubo

de metal tiene un recubrimiento selectivo de baja emisividad que tiene una alta tasa de absorción de radiación un 905. El interior de este tubo será permeable al agua o al aire, así como al fluido de trabajo. Debido a su recubrimiento selectivo, el tubo de vidrio que encierra al tubo interior tiene el doble propósito de minimizar la pérdida de calor por convección dentro del tubo de metal y protegerlo de los efectos del clima. El rendimiento óptico del colector solar se mejora al tratar este tubo de vidrio para que sea autorreflexivo en ambos lados, lo que aumenta su transmisión a la radiación solar.

- Si existe un mecanismo de seguimiento solar automático que pueda seguir la trayectoria del sol a lo largo del día, entonces es un sistema que maximiza la radiación solar directa. Un sistema de seguimiento solar es un sistema utilizado para colectores cilíndrico parabólicos. El sistema está compuesto por un componente que hace girar el reflector parabólico del colector solar alrededor del eje de seguimiento.
- El reflector parabólico cilíndrico está formado por una serie de componentes y es esta estructura metálica la que le da rigidez.

### Tecnología cilindro parabólica.

En el área de la energía solar térmica, resulta que están montando espejos en forma de cilindro parabólico utilizando este tipo de tecnología. Funciona siguiendo al sol y enfocando sus rayos a través de un tubo receptor térmicamente efectivo en el punto focal interno del cilindro.

El fluido de transferencia de calor se calienta a temperaturas superiores a 400°C mientras los tubos absorben la radiación. Para crear vapor sobrecalentado este fluido se bombea a través de varios intercambiadores de calor mientras fluye por el interior de los tubos. En una turbina de vapor típica, el valor actual del vapor se convierte en electricidad.

La energía puede ser almacenada por esta tecnología. Mediante el uso de este almacenamiento, el sistema también puede proporcionar electricidad en días nublados o por la noche. Actualmente una de las opciones más populares es utilizar tecnología de campo solar, que consiste principalmente en un tanque de salida de fusión que almacena energía

para su posterior distribución.

### Colector de tubos al vacío.

Los cabezales planos no pueden alcanzar las temperaturas que alcanzan los tubos de escape. Por lo tanto, su temperatura de funcionamiento supera los 100°C. en comparación con los colectores planos, son mucho más caros. El propio tubo en el que se produce el vacío, ocupa el lugar del cristal exterior del colector plano. Los tubos de transporte de líquido se encuentran dentro del tubo de vidrio. Estas plantas son capaces de alcanzar altas temperaturas porque el vacío impide cualquier transferencia de calor al exterior. También se utiliza en concentradores como cilíndricos parabólicos compuestos y cilíndricos parabólicos.

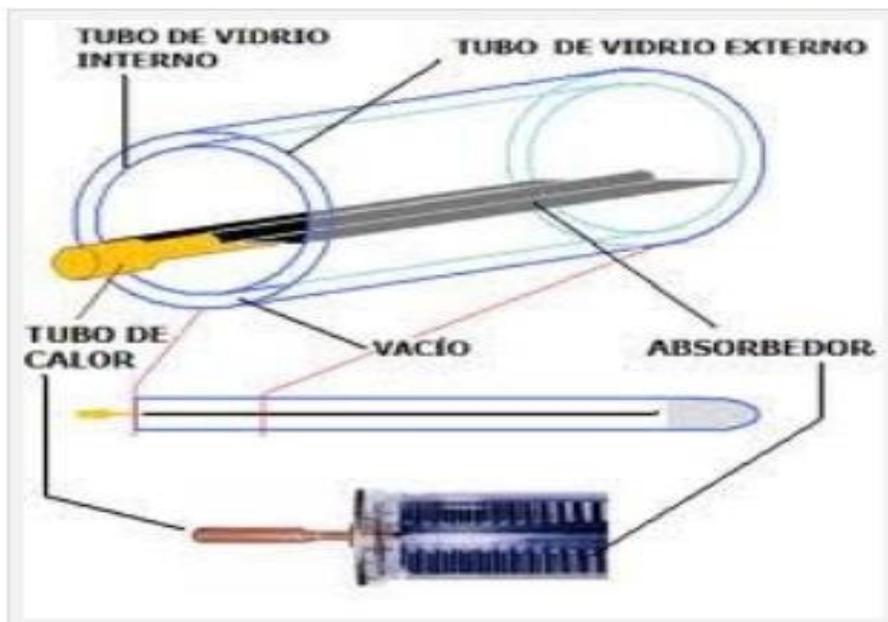


Figura 2.10 tubos al vacío.

Fuente: <http://www.garciabarba.com/cppa/energia-solar-tubos-al-vacio/>

# Capitulo tres.

## Normatividad.

En este capítulo se centrará en el estudio a las normas requeridas para poner en marcha el proyecto con respecto a las características necesarias las cuales se marcan para el funcionamiento de un calentador solar y la eficiencia térmica instantánea del equipo. El objetivo principal dentro del capítulo de la normatividad se examinará la eficiencia térmica inmediata del campo de colectores cilíndrico parabólicos para suministrar vapor saturado a una turbina de potencia en consideración. El equipo de colectores solares en la práctica sería el equivalente a una caldera o evaporador, pero para su estudio y cálculos lo abordaremos como un calentador solar debido a que las normas para este tipo de proyecto son más acordes según el alcance que tiene el proyecto y sus características técnicas. La funcionalidad de las siguientes normas nos garantiza la durabilidad de los sistemas y equipos, lo que prolonga su vida útil, reduce el riesgo asociado a la financiación, define las características de rendimiento de los sistemas y equipos para permitir un dimensionamiento adecuado y permite la comparación de sistemas fabricados por diversas tecnologías o fabricantes.

La dependencia de mi país de la energía importada se ha incrementado en las últimas décadas debido al rápido crecimiento del consumo de energía no renovable. Este consumo también contribuye a una grave contaminación del aire que tiene un efecto adverso tanto a la salud humana como en la calidad del medio ambiente, particularmente en las zonas urbanas, lo que subraya el vínculo entre la producción a gran escala y el cambio climático.

El problema de cambiar los modelos energéticos ha sido planteado por el calentamiento global en todas las instituciones políticas internacionales, nacionales o locales. El uso de energías limpias y renovables es la base de este nuevo paradigma energético. En respuesta a esto, nuestro gobierno ha puesto en marcha una serie de políticas para fomentar el crecimiento de estas fuentes de energía como un medio para asegurar el suministro de energía en el futuro y minimizar el impacto ambiental. Dentro de estas estrategias, los productos relacionados con las energías limpias deberán cubrir estándares de calidad, por tal razón a nivel internacional se han desarrollado normas de diferentes pruebas a estos equipos y sobre todo en la parte del calentamiento de agua. A continuación, se describen las principales normas empleadas.

## Normatividad.

En México hay un incremento en el uso de energías limpias. En 2015, la capacidad instalada del país estuvo compuesta en un 28% por fuentes de energía limpia, que generaron el 20% de la cantidad total de energía eléctrica producida. Aunque en menor medida, los sectores de uso final, residencial, comercial e incluso industrial han visto un aumento en el uso de energía limpia. Desde 2008. La presencia de energías renovables en la matriz productiva de México ha aumentado levemente, sin embargo, la implementación de esta tecnología se ha registrado en gran medida a mercados auto eficientes para grandes usuarios y proyectos financiados con fondos públicos. Debido a la velocidad con la que cambio la estructura del mercado energético a raíz de la reforma energética de 2013, México se convirtió en un referente para otras naciones. Los cambios en la industria de electricidad en particular fomentaran la competencia mediante el establecimiento de mercados libres y abiertos.

El porcentaje mínimo de energía limpia en la producción de energía eléctrica fue fijado por la secretaria de energía (SENER) en 25% en 2018, 30% en 2021 y 35% en 2024. Además, México se ha comprometido a una reducción del 20% en las emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual fue anunciado públicamente por la secretaria de Medio Ambiente y Recursos Físicos (SEMARNAT), en un 51%.

De esta manera, el Gobierno Federal de México, la SENER y la Academia Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT), que fundo el circulo mexicano de investigación educativa (CEMIE), han contribuido al auge reciente de la investigación el desarrollo y la innovación. El establecimiento de CEMIE Sol, en particular reúne a los principales centros de investigación, universitarias y empresas del país para expandir el mercado de la energía solar.

El uso de calentadores de agua en México se ve limitado por una serie de obstáculos, incluida la desconfianza de los clientes potenciales hacia la tecnología. El desarrollo del citado marco regulatorio, que permita a los usuarios asegurarse de que el sistema y sus equipos tengan la calidad suficiente, ha sido, por tanto, un foco de trabajo durante muchos años.

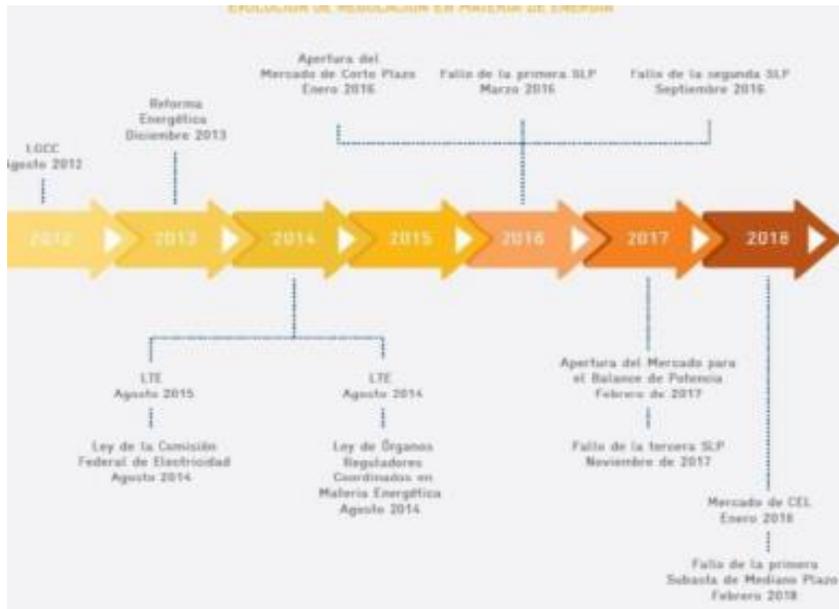


Figura 3.1 evolución de la regulación sobre energía solar.

Fuente: <https://es.scribd.com/presentation/526916285/Linea-de-Tiempo-de-la-Electricidad>

Las leyes que se aplican a los sistemas solares térmicos. La funcionalidad térmica, los procedimientos de prueba y el mercado de colectores de calentamiento de agua están de acuerdo con la NMX-ES-001-NORMEX-2005. Esta norma describe como probar los colectores solares que utilizan agua como fluido de trabajo y se venden en los a Estados Unidos Mexicanos para determinar su rendimiento térmico y sus características funcionales.

Energía de luz solar, NMX-ES-NORMEX-2007.esta norma mexicana define los términos, símbolos e ideas que se utilizan con mayor frecuencia en el estudio y creación de tecnologías que maximicen el aprovechamiento de la radiación solar como fuente de energía sustituta.

NMX-ES-003-NORMEX- 2007, especificaciones mínimas para la instalación de sistemas solares técnicos para el calentamiento de agua. Están sujetos a esta norma mexicana todos los sistemas mecánicos, hidráulicos, eléctricos, electrónicos y otros instalados en sistema de calefacción solar con un volumen mayor a 500 litros. Lo dispuesto en el anexo I será de aplicación a los sistemas de capacidad inferior a 500 litros.

El estándar de competencia técnica para la instalación de calentadores solares de agua (NTCL) verifica que los instaladores de calentadores solares de agua sean capaces de realizar tareas como interpretar diagramas y manuales, preparar el sitio con materiales y herramientas, e instalar y poner materiales y herramientas, e instalar y poner en marcha los componentes del sistema. Si se requiere conocer más sobre las pautas específicas para la competencia laboral.

Normas ambientales federales para los condados. Crea pautas técnicas para el uso de agua calentada con energía solar en piscinas, pozos de buceo, duchas, fregaderos, cocinas, lavandería y tintorería. Solo accesible para empresas con más de 51 empleados. Si se requiere conocer más sobre las normas ambientales del distrito federal. En octubre de 2011, CONUEE emitió una opción sobre los sistemas solares de agua caliente y calentadores de agua de respaldo que funcionan con GLP o gas natural, electricidad otra fuente de energía.

Los requisitos etiquetados y marcados, así como las especificaciones a las que deben adherirse dichos sistemas de agua caliente, se describen en este documento.

Sistemas de calefacción solar en empresas agrícolas para apoyar la adopción efectiva de calentadores solares de agua en empresas agrícolas, este documento divulga las mejores prácticas en reglamentos técnicos para la correcta instalación de sistemas de calefacción solar en empresas agrícolas en México.

(ANSI/ASHRAE, 1986), establece las especificaciones del estándar ASHRAE se pueden resumir de la siguiente manera:

1. El colector solar debe instalarse en lugares donde las estructuras cercanas u otras superficies no reflejen suficiente energía para las pruebas al aire libre área determinar la eficiencia térmica.
2. Para determinar la curva de eficiencia térmica, la constante de tiempo y la corrección del ángulo de incidencia para el colector solar específico, el caudal masico siempre debe ser el mismo que el especificado en el diseño.
3. Calculando el valor de utilidad instantáneo de la combinación del valor de radicación incidente, la temperatura ambiente y la temperatura de entrada del líquido, es

posible determinar la eficiencia térmica del colector solar hasta cierto punto.

Al utilizar el procedimiento, se deben tener en cuentas los siguientes aspectos:

- Una entrada debe permitir la entrada del fluido y una salida debe permitir su salida.
- El líquido no puede pasar de líquido a gas o viceversa
- Para comparar los datos con el procedimiento descrito por Hotel en 1976, el procedimiento tuvo que llevarse a cabo al aire libre con luz natural en un día despejado.
- Como se indica a continuación, el colector debe estar en reposo o cerca de él.
- Es posible utilizar termopares con una constancia de tiempo inferior a 10 segundos
- Para el rango de temperatura y la diferencia de temperatura experimentada durante la prueba, el aparato de medición necesita ser calibrado.
- La medición del flujo de líquido debe tener una precisión de 1 punto a 0 % de la medición masa por unidad de tiempo, lo que sea mejor.
- El equipo debe medir la presión de entrada del múltiple y los cambios de presión del múltiple con una precisión de 3,5Kpa.
- Para medir la velocidad del viento se utiliza un dispositivo que puede calcular la velocidad del viento integrada promedio para cada ciclo de prueba con una precisión de  $0.8^m/s$ .
- Configuración de prueba de colector solar térmico con cada indicador colocado donde se indica en la figura 35.
- Para evitar que la luz directa del sol incida sobre el sensor, el sensor de temperatura ambiente debe instalarse en un cobertizo bien ventilado con la pared posterior a 1.25 m del suelo y la puerta orientada hacia el norte.
- El exterior de la cubierta del termómetro debe pintarse de blanco y no debe colocarse más lejos de cualquier obstrucción, como árboles, cercas, edificio, etc., que el doble de la altura de la cubierta.
- Las mediciones de radiación solar en el sitio de prueba deben informarse como tiempo solar aparente.
- El sensor del piranómetro debe estar nivelado con el plano de la abertura del colector cuando se instala.
- Posicionar de la abertura del colector cuando se instala.

- Posicionar los piranómetros de modo que la cantidad de radiación terrestre entrante no difiera significativamente de la cantidad de radiación terrestre que recibe el colector.
- La ubicación del piranómetro debe estar cerca o por encima del centro del colector solar.
- Para reducir el calor solar de la conexión eléctrica, el piranómetro debe orientarse de modo que los cables del enchufe estén al norte de la superficie de detección o protegidos.
- Cada sonda debe colocarse de modo que disminuya el error de medición de la temperatura.
- Lo más cerca posible de la entrada o salida del colector.
- La caída de presión piezométrica del fluido entre la entrada y salida del colector se calculará a partir de la presión en el círculo del colector.
- La presión debe medirse en el puerto de presión que se ha perforado y el borde inferior del tubo del orificio debe estar libre de astillas.
- El diámetro de la abertura no puede ser superior a 1.6 mm o el 40% del espesor de la pared. Tanto la entrada como la salida del colector solar deben tener tomas de presión.
- Ajuste la cabeza estática del fluido si la entrada y la salida están a diferentes alturas.
- El sensor de velocidad no debe ser bloqueado por el viento durante la prueba de viento exterior, y el sensor no debe proyectar una sombra sobre el panel solar. La prueba debe realizarse cerca del panel solar.
- Para cada ciclo de ensayo, también se debe establecer la dirección del viento.

La Norma (NMX-ES-001-NORMEX, 2005), para sistemas de calentamiento de agua, se hará las pruebas necesarias para conocer la eficiencia térmica instantánea del equipo ya que con estas normas tenemos la metodología general del análisis para cualquier sistema de calentamiento solar en México desde la perspectiva de la termodinámica haciendo uso de balances de masa y energía.

En la siguiente norma mexicana nos indica como podemos notar el uso de energía solar como sustituto de los combustibles fósiles ayudara a reducir el consumo de ese combustible y las emisiones contaminantes resultantes, como combustible primario, esto para el calentamiento de agua de un uso sanitario, la cual la podemos aplicar a los colectores solares que

proporcionan únicamente agua caliente en una fase líquida.

La inspección se llevó a cabo en el trabajo de los tres días, incluyendo de los últimos 10 días de la inspección un periodo de exposición a la radiación solar de 30 días.

1. Se expondrá el colector solar a una irradiancia no menor a  $800,000 \text{ W/m}^2$ , esto mediante un periodo de tiempo de al menos unos 60 minutos en un transcurso de dos horas de mediodía solar.
2. Se deberá rociar el colector solar en su parte superior 8 cubiertas transparentes, durante 5 minutos, el flujo de agua no debe ser menor a 20,000 m/s por metro cuadrado del colector, esto mediante un patrón de roció diseñado para una precipitación normal de lluvia, con una temperatura de  $24^{\circ}\text{C}$  a  $1^{\circ}\text{C}$ .
3. Se deberán tomar los resultados de dicha prueba de choque térmico con roció de agua.

Los criterios de aprobación de dicha norma se basan en que no debe existir una penetración de humedad dentro de los colectores solares, tampoco debe de ver agrietamiento o pandeo de las cubiertas principales.

El procedimiento se debe aplicar teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Mediante la prueba el colector solar debe tener una irradiación mínima no menor a  $800 \text{ W/m}^2$  durante una hora.
- El colector debe estar conectado a una bomba hidráulica a la conexión de entrada y haga circular unos 17 m/s de caudal de agua por metro cuadrado de colector.
- El líquido que se inyectó durante la prueba tenía una temperatura de unos  $24^{\circ}\text{C}$  el registro de los resultados de las pruebas en formato de prueba de choque.
- El banco de pruebas debe configurarse y los paneles solares deben colocarse allí teniendo en cuenta la latitud de la ubicación de la prueba.
- Las tuberías de entrada y salida del colector solar deben estar selladas.

Tenemos los siguientes requisitos para los estándares internacionales de energía renovable, los datos de rendimiento y las especificaciones técnicas de los colectores de concentración parabólica no son muy conocidos.

Hasta 2022 no se descubrió ningún modelo de colector solar ensayado según la norma de ensayo UNE-EN-ISO 9806, que recientemente permitía el uso de colectores solares de concentración parabólica. Debido a que es una tecnología menos desarrollada que los colectores solares de baja temperatura y que es mucho más desafiante obtener las especificaciones técnicas de los equipos, esta falta de información ha generado desconfianza entre las empresas de ingeniería y los posibles inversionistas. Este es uno de los mayores retos a la hora de llevar a cabo un proyecto de esta naturaleza. Se recomienda ponerse en contacto con fabricantes de equipos de todo el mundo para obtener una cantidad mínima de datos para proyectos similares que involucren los mismos datos en el futuro. Se debe crear una simulación adecuada porque los factores como la geografía o la ubicación del diseño y el cálculo de cada componente del proyecto.

Un punto de referencia para la evaluación de colectores cilíndrico parabólicos o CCP es la norma ANSI/ASHRAE 93-1986:

1. Se da referencia a aquellos que realizan pruebas exhaustivas en los módulos.
2. Para estas pruebas al aire libre para obtener la eficiencia térmica, de los paneles solares de instalarse en edificios adyacentes u otras superficies que no reflejen suficiente energía. Esto se debe de realizar con precaución en el sitio de prueba para evitar grandes reflectancias del suelo.
3. El caudal masico siempre tiene que ser igual que el diseño para obtener la curva de eficiencia térmica. así el tiempo y el modificador del ángulo de incidencia es particular a un colector.
4. Calculando el valor de utilidad instantáneo de la combinación del valor de radiación incidente, la temperatura ambiente y la temperatura de entrada del líquido es posible determinar la eficiencia térmica del colector solar hasta cierto punto.

## Normatividad Internacional

Con respecto a la normatividad señalada en el trabajo de tesis se puede observar la existencia y similitudes con las normas de otros países con respecto al proyecto de colectores solares.

Las diferentes normas existentes a nivel internacional que encontramos para poder apoyarnos con respecto a nuestros colectores solares son: UNE-EN ISO 9488 “vocabulario de la energía solar” (Norma Europea que adopta la norma Internacional): Norma Internacional que define los conceptos básicos relativos a la energía solar en los temas de captadores solares, componentes, medición de la radiación, terminologías magnitudes, entre otras.

Podemos decir que tienen su similitud con la norma mexicana (NMX-ES-002-NORMEX, 2007), ya que las dos normas nos hablan de las terminologías que se llegan a utilizar con respecto a los diversos proyectos donde se involucre la energía solar ya sea en colectores o paneles solares ISO/TR 10217 “Sistemas calentadores de agua”. Norma que es guía para la selección de materiales respecto a la corrosión interna. Además, nos habla acerca de los problemas de compatibilidad que pueden existir entre materiales de diferentes polímeros (plásticos y gomas), agua, riesgos de corrosión e higiene y salud.

En el caso de nuestros colectores solares nos permite buscar los mejores materiales que pueden utilizarse para su instalación, además que también nos permite observar y comparar como se podrán comportar los materiales con respecto al clima en donde estarán instalados. Si los mejores y más compatibles materiales que podemos encontrar llegan a ser afectados por las condiciones climatológicas entonces tenemos las opciones de cambiarlos por los que mejor se acoplen a las condiciones. UNE-ISO 9806:2020, “Captadores solares”, (Norma Española de la versión oficial de la norma europea (9808 E- I, 2007)); “Norma que especifica los métodos de ensayo para evaluar la durabilidad, fiabilidad, seguridad y el rendimiento térmico de captadores solares, térmicos, métodos aplicables para ensayos en laboratorios y en exteriores.

Aplicable a todo tipo de captadores solares térmicos, captadores solares para calentamiento de aire, captadores solares híbridos para producción conjunta de calor y electricidad, así como, captadores solares que usen fuentes de potencia externas para la operación normal y/o para fines de seguridad.

Como se pueden observar en el párrafo anterior esta norma nos permite poder conocer las características que tienen nuestros captadores solares. El saber el tiempo de duración que tendrán los captadores con respecto a cada uno de sus elementos y cuando se necesitaran cambiarlos, nos ayudara para saber que tan bien cumplirá con su propósito además del rendimiento que nos otorga cuando este en su funcionamiento.

ISO 9060 “energía solar, especificaciones y clasificaciones de instrumentos para medir radiación solar hemisférica y directa”, Norma que establece una clasificación y especificaciones de instrumentos de mediciones de la radiación solar hemisférica y directa integrado a un rango espectral de aproximadamente de 0.3  $\mu\text{m}$  entre  $\mu\text{m}$  a 4  $\mu\text{m}$ .

ISO 22975-1 “energía solar, materiales y componentes de colectores”. Esta norma está compuesta de 5 partes donde esta primera parte habla acerca de los tubos de vacío, su duración y rendimiento. Norma que platica acerca de los tubos de vacío, su duración y rendimiento.

Los tubos de vacío son un componente que se ocupa mucho en los calentadores solares donde se puede ver que tienen un observador que este ayuda para poder absorber la energía solar.

De forma más explicada debido al vacío el calor se retiene de forma más completa dentro de los colectores de los tubos y la construcción del tubo también hace uso de la radiación solar que penetra desde el lateral.

Entonces esta norma se ocupa para conocer el tiempo que tendrán de uso los tubos hasta su cambio y el rendimiento que tendrán dentro del sistema dependiendo del tubo.

ISO 22975-2 “energía solar, materiales y componentes de colectores” tuberías de calor para aplicación de energía solar, su duración y rendimiento.

Las tuberías de calor o tubos de calor son aquellos que se caracterizan por tener una gran conductancia térmica lo que hace que tengan una efectividad muy grande para el traslado de calor a distancias largas y con una pérdida de temperatura muy baja. Norma muy útil para conocer el funcionamiento e instalación de estas tuberías dentro de proyectos solares, el tiempo en el que se pueden ocupar y su rendimiento dentro de estos proyectos:

- ISO 22975-3” energía solar, materiales y componentes de colectores”.
- Parte que habla acerca de la adquisición de luz solar y su energía del área de la superficie de los colectores, las tuberías para poder hacer los cálculos de la eficiencia que nos entregara el sistema además de la duración de los componentes.
- ISO 22975-4 “energía solar, materiales y componentes de colectores
- Parte de los materiales (glazing materiales) duración y rendimiento.
- ISO 22975-5” energía solar, materiales y componentes de colectores.
- Parte que menciona los materiales de aislamiento que recubren todo el sistema para que no se vea afectado por las altas temperaturas además de que no lleguen a existir fugas que puedan afectar el proceso dentro de los colectores, su duración que tendrán antes de fallar y que tengan que ser cambiados y el rendimiento existente del sistema.

Algo que se puede observar que las normas mexicanas con respecto a las normas internacionales es que las colocamos en normatividad están hechas para equipos que trabajaran a condiciones de nuestro país y normas más específicas dependiendo el estado en el cual se colocara.

Las normas internacionales nos ayudan a observar y poder incorporar algunas de las condiciones que tienen los colectores en diferentes países para tener mejores rendimientos,

que nuestro colector pueda tener una duración mayor a cada uno de sus componentes además que trabajen bien entre ellos y puedan cumplir con las expectativas con las cuales se diseñan sus colectores. A continuación, se pueden ver dos proyectos de colectores solares que tienen una importancia a nivel mundial ya que cumplen con características que hacen que tengas unos rendimientos bastante grandes, tienen varias certificaciones de diferentes países y son innovadores con respecto al uso de la energía solar.

### Proyectos a colectores solares en el mundo.

“The parabolic through Colector”

“Absolicon T160 Solar Collector”.



Figura 3.2 Colector Solar Parabólico.

Fuente: <https://www.tecpa.es/tipos-de-centrales-termosolares/>

# CAPITULO CUATRO

## SIMULACION DE

### PROYECTO.

En este capítulo se abordará el planteamiento de la simulación del ciclo Rankine y proceso realizado y llevado de trabajo, se tiene como objetivo explicar cómo se puede reducir el costo de la generación eléctrica a través de energía solar basándonos en un ciclo Rankine por medio de una turbina de vapor saturado de 5 *kw* de potencia.

En este caso se redujeron los costos de los instrumentos, empleando material de bajo costo, como lo fue el plástico que se usó para la estructura, el aluminio que se ocupó en las parábolas, de igual forma se usó en impresora 3D, que se tienen en el centro tecnológico que funciona con la creación de diferentes piezas, para esto lo único que tuvimos que comprar fueron carretes de filamento para las impresiones en 3D, esta función con la creación de chumaceras que se ocuparon en la estructura de las parábolas, también realizamos los moldes de las turbinas y se encargaron mismas que se mandaron a fabricar, la turbina se mandó a fabricar de bronce con un peso de 5.5 kg y la carcasa se realizó con ayuda del laboratorio de fundición del L2 en la Facultad, este proceso fue realizado con aluminio fundido, llevando a cabo el proceso de forja, fundición y extrusión.

Para la realización del proyecto, presentándose diferentes dificultades una de ellas fue la pandemia de COVID-19, la cual impidió la conclusión del prototipo que veníamos realizando, por lo cual se llegó a la conclusión de realizar una simulación en el programa COCO SIMULATOR, el cual nos fue de utilidad para poder simular y llevar a cabo el trabajo de otra forma, esto con la idea que en un futuro alguien puede apoyarse en este trabajo y concluirlo de una manera más eficiente y con mejoras dentro del sistema y el aprovechamiento que da energía nos brinda como principal generadora, por eso mismo se tomó como finalidad realizar una simulación que apunta a crear un prototipo a escala que tenga un sistema de un líquido de calor de transferencia calorífica un sistema con almacenamiento termo energético con baja temperatura.

## Historia de COCO SIMULATOR.

Un programa de simulación llamado COCO SIMULATOR está diseñado para uso académico tanto de estudiantes como profesores. En Ámsterdam se utilizó el estándar abierto CAPE-OPEN para

crear el simulador. Incluyendo los procesos de extracción, destilación y absorción en el simulador de procesos Chemsep.

Para incorporar un modelo de trabajo en un simulador de procesos. Richard Baur ideó un concepto CAPE-OPEN en 1994. Este concepto fue parte del proyecto CAPE-OPE que se desarrolló desde enero de 1997 hasta mediados de 1999. Sin embargo, el dispositivo CAPE-OPEN no se hizo realidad hasta 2002, luego de extensas pruebas y revisiones. Los siguientes elementos componen el simulador COCO:

- TEA (termodinámica Aplicada a la ingeniería). Esta construido usando un código tomado de la biblioteca termodinámica de Chemsep, que tiene una base de datos de 430 compuestos ampliamente utilizados. Las características calculadas por encima de los 100m lo demuestran.
- COFE es una herramienta gráfica de diagramas de bloques fácil de usar.
- Es sencillo especificar reacciones cinéticas de equilibrio el tipo COCO, que forma parte del paquete de reacciones de CORN. Estos incluyen reactores sencillos como reactores de flujo, reactores de conversión y reactores CSTR.
- COCO incluye un mecanismo de control sencillo llamado COUSCOUS, incluye intercambiadores de calor, bombas, reactores, divisores de calor, mezcladores y otras operaciones unitarias. Además, se incluye Chemsep-LITE, esta versión restringida admite hasta 40 compuestos y 300 pasos, además de tener columnas de destilación, absorbedores, extracciones individuales y más.
- De acuerdo con el estándar de la industria IAPWS-97-CAPE-OPEN, utiliza el paquete de Water, que tiene atributos independientes, para calcular el agua y el vapor. En la web de COCO simulador puedes encontrar el código fuente y su licencia.
- OATS (Out Procesos Aplicación Thermal Service): este elemento permite el manejo de paquetes que contienen datos de atributos físicos.
- COFE. Se proporciona acceso a operaciones unitarias de diagramas de flujo, datos de secuencia y cálculos de Excel para termodinámica y propiedades físicas.

- Solo un editor de iconos de operaciones de unidad o JUICE, es responsable de desarrollar y actualizar los iconos de operación de unidad utilizados con los componentes COFE.

## Prototipo de calentamiento solar

Este prototipo consta de 4 láminas de aluminio con acabado espejo con dimensiones de 2 x 1.5 metros por lamina y de 4.5 x 1.5 m ya instalada en sus respectivas paletas sujetadores hecho todo el sistema de la base en aluminio así mismo como las paletas sujetadores de los costados maquillada a medida en los laboratorios de la facultad y los tubos por donde va a pasar la tubería de cobre hechos en acero al carbón con costura, y maquiladores a medidas en torno para dar el diámetro correspondiente según los rodamientos utilizados variando sus dimensiones en el largo según la posición dentro del sistema, dependiendo de si el tubo va en los costados o a la mitad sujetando arribas laminas. La temperatura máxima que llega a alcanzar este sistema va a depender de la hora del día en la que se trabaje así también de otras condiciones meteorológicas o la estación del año, pero los datos que vamos a utilizar van a ser los recabados en las mediciones correspondientes y estarán más adelante en este trabajo la utilización de los sistemas de colectores solares como una especie de la caldera o evaporador.

¡El sistema móvil está diseñado hecho a partir de paletas en los costados con tubos de acero para dar movimiento en un rango de 30! Con ayuda de un pistón conectado al inicio de las parábolas accionando por un motor eléctrico el cual sincronizado con un programa de Arduino y tiene la finalidad de mover las parábolas en busca de mantener siempre un foco en un mismo punto incidiendo el sol con los tubos de cobre en la mayor parte de lo posible, para mantener calor constante durante las horas con mayor radiación solar durante el día.



Figura 4.8 Foto del sistema de parábolas.



Figura 4.9 base de estructuras de las parábolas del sistema de colectores solares de las fes Aragón.



Figura 4.10. Foto de la carcasa de la máquina del ciclo Rankine de la Fes Aragón

Siendo una máquina de vapor consta de dos piezas las cuales son las carcasa y el eje con los alabes para la carcasa, se realizó el diseño tomando en cuenta las dimensiones de los alabes los cuales ya contábamos con ellos a la hora de iniciar el proyecto, el diseño se hizo con la ayuda del software Solid Works, para posteriormente imprimir el modelo en 3D en PLA como filamento, una vez teniendo el modelo impreso se pasó a la parte de la fundición en donde se nos brindó apoyo por parte de la FES Aragón para hacer la carcasa y su tapa en el laboratorio L1 de facultad, bajo la supervisión del técnico académico Jose A. Sanchez Cisneros, en esta pieza se utilizaron 4.5 Kg de aluminio contando la tapa.



Figura 4.11 Foto del barreno de la carcasa de la turbina para la entrada del vapor.

La carcasa cuenta con cuatro barrenaciones, dos para pasar el eje de tres cuartos de pulgada y sujetado con dos rodamientos y otros dos para la entrada y salida de los fluidos de media pulgada, la tapa se sujeta al cuerpo de la carcasa con 6 tornillos y se hizo a medida una junta para evitar fugas. Para evitar cualquier tipo de afectación en el acabado, se terminó por dar un último acabado con el torno de Pinacho para las partes internas de la carcasa rectificando las paredes internas y puliendo la parte externa de la misma manera que las paletas sujetadoras con ayuda de una pulidora al igual que la tapa.



Figura. 4.12. Foto de las dos partes de la carcasa y tapa elaborada en aluminio.



Figura. 4.13. Foto de eje y álabes de la turbina del ciclo Rankine de la Fes Aragón

La parte del eje y alabes de la carcasa están hechos de una aleación de bronce con latón y cuentas de 40 alabes distribuidos en el diámetro del cuerpo del eje de la turbina, teniendo un peso aproximado de 2.5 kg y un diámetro 0.38m, el eje va estar sujeto con la ayuda de dos rodamientos en cada lado del eje.



Figura 4.14. foto de la turbina montada.

En cuanto al espacio que existe entre los alabes y la pared de la carcasa se tomó como referencia los diseños de turbinas de vapor del libro de máquinas de vapor el cual menciona que el diseño óptimo en cuanto a la distancia de las paletas o alabes de una turbina de este tipo y la pared de la carcasa es de 0.003 a 0.004 m y la distancia que le diseñamos fue de 0.0045m y sus datos técnicos se abordaran durante las pruebas y resultados del proyecto. En las siguientes imágenes se muestra el diseño original para sujetar dos parábolas con la ayuda de un tubo, sin embargo se le hicieron modificaciones al diseño original para evitar los problemas que se muestra en la foto, los cuales eran que debido al paso de las parábolas y el largo del tubo sujetador, se inclinaba el sistema hacia un lado ya sea derecha o izquierda, por lo que en el transcurso del proyecto, se maquilo una segunda paleta sujetadora por cada lado del sistema y de esta manera se evitara problemas de desacomodo del tubo y daño a la chumaceras en donde se colocaban los rodamientos correspondientes para permitir el movimiento del pistón y de esta manera tenemos un trabajo mecánico óptimo para el sistema móvil.



Figura 4.15 foto del sistema de paletas para sujetar y mover el juego de parábolas del sistema.



Figura 4.16 foto motor eléctrico del pistón para el sistema móvil del equipo de parábolas.

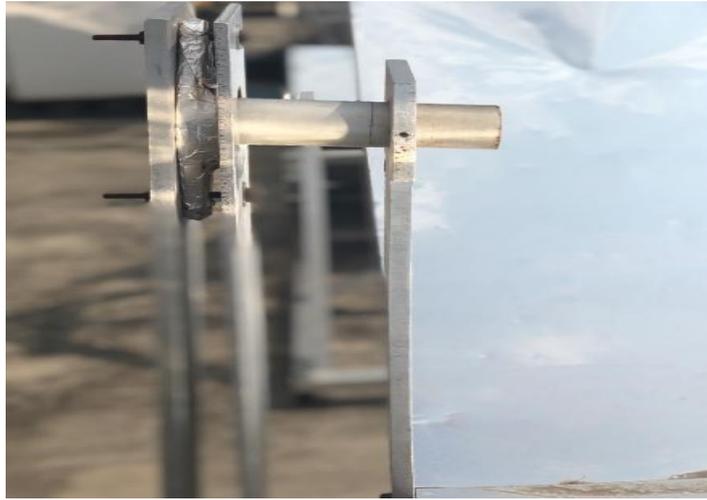


Figura. 4.17. Foto de la corrección para nivelar las parábolas con placas extras en los costados de cada lámina.

El sistema de tubería que se utiliza en el proyecto es de tres pulgadas de diámetro, contando con accesorios, como cople, codos, y uniones en T, todo de cobra, formando en total 10 m de tubería.

Para el sistema móvil se cuenta con un equipo conformado por un brazo móvil el cual hace un recorrido vertical a partir de un tornillo sin fin, el cual es accionando según el seguidor solar programado en Arduino, el cual esta calibrado para continuar con seguimiento del sol en las principales horas al día con mayor radiación solar.



Figura. 4.18. Foto del pistón o brazo para el sistema móvil de las parábolas.

## Simulación del proyecto en COCO Simulator.

Para la realización de la simulación de nuestro proyecto, así como lo hemos explicado en el tema, nos basamos en el ciclo Rankine y su aprovechamiento profundamente el agua es utilizada como fluidez del empleo en el sector energético, donde se transforma en vapor para posteriormente mandarlo a una microturbina, para esta simulación ocupamos los siguientes datos de flujo y vapor saturado.

La microturbina de vapor saturado produce alrededor de 5Kw de electricidad, la cual no está disponible en el mercado comercial de turbinas de vapor, además tomando en cuenta la producción de electricidad del DAC de 500 kWh cada dos meses (según informe de CFE), esperan el vapor de generación mensual para la energía eléctrica en este sistema sea de alrededor de 600 kWh durante 4 horas al día, lo que supera el consumo de energía Inter solar, pero menor que el consumo de energía solar. El uso de turbinas axiales de tipo de empuje con flujo axial pulsado, alabes simétricos y entradas semi radiales es comparable a las turbinas.

Por lo tanto, la utilización de un ciclo Rankine que nos indica la generación de electricidad utilizando mediante de agua – vapor, es uno de los métodos más empleados hoy en día. Este se utiliza en la generación de colectores solares termoeléctricas convencionales que siguen utilizando combustibles fósiles, así como centrales termo solares.

Apoyándonos del software COCO simulador, este programa de simulación nos ayudó , en la figuración ion de un ciclo Rankine convencional sin recirculación de fluido y con los componentes por separado como lo son la caldera y condensador, posteriormente realizamos la configuración de un ciclo Rankine adoptando el acomodo que tenemos en las instalaciones de la facultad, en donde configuramos nuestro sistema de colectores solares implicando dos componentes haciendo uno solo que serían el condensador la caldera.

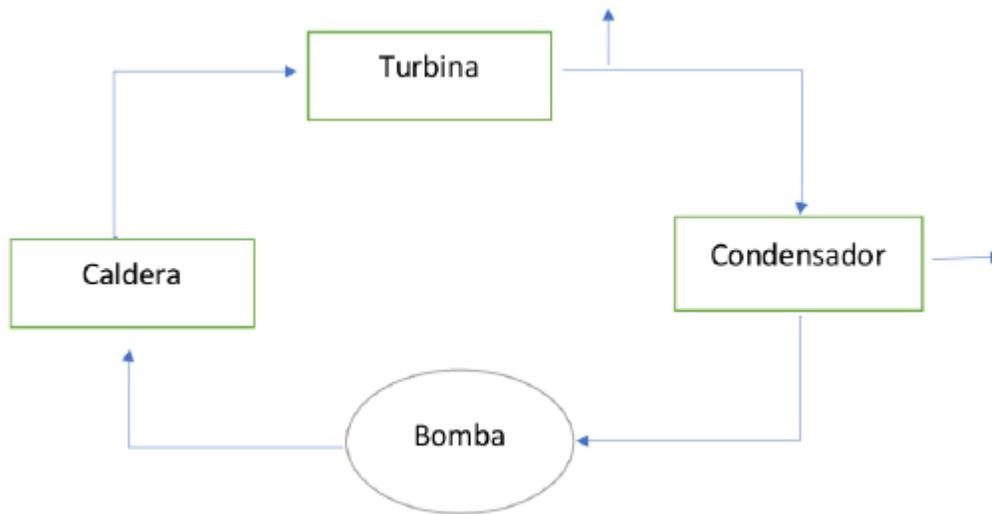


Figura 4.18. simulación en programa coco simulador. Elaboración propia.

Con la ayuda de este software se pudo calcular y simular en un ciclo ideal las principales variables termodinámicas requeridas para el fluido de trabajo tanto la fase líquida como del vapor y de igual manera saber con exactitud la entropía, entalpía, temperatura del fluido, y a la vez podemos añadir datos estimados o reales como por ejemplo las presiones de la entrada o salida de la bomba así como el flujo y temperaturas inicial o final, permitiéndonos a su vez editar o seleccionar absolutamente todas las unidades de medida con las que queremos trabajar. De esta manera nos apoyamos para poder rediseñar nuestro sistema y componentes del ciclo Rankine que se tiene en la facultad, ya que por ejemplo en el caso de tener datos específicos. Por ejemplo si fuera necesario para un buen funcionamiento del sistema que nuestra bomba requiera en algún punto elevar la presión de 18 a 20 bar, el software nos apoya para saber la cantidad de trabajo que requiere la bomba para hacer dicho incremento, simplemente capturando los datos correspondientes del sistema como por ejemplo la presión de entrada y salida requerida, dándonos un valor negativo dentro de la información de la bomba de su corriente de energía, dándonos un dato positivo en caso de que no requiera incrementar su corriente de energía o un dato negativo en caso de requerir incrementar su corriente de energía para sus especificaciones deseadas, y así con cada componente de nuestro ciclo.

Los siguientes pasos para seguir en el diseño del prototipo realizado en el simulador COCO se basaron en el análisis de la microturbina que se fabricó en el edificio tecnológico en la FES Aragón, los siguientes datos de desempeño de la nueva microturbina que se calcularon se reflejan en la siguiente tabla:

<i>Fluido de trabajo</i>	<i>Vapor Ssturado</i>
<i>Presion de flujo de vapor</i>	<i>10 bar.</i>
<i>Microturbinas de presion interna.</i>	<i>18 a 20 bar</i>
<i>salida de vapor (presión)</i>	<i>3 bar.</i>
<i>Angulo de rotación</i>	<i>1800 a 2000 rpm (minimo y maxima).</i>

Tabla 1. valores de una microturbina (elaboración propia).

En la siguiente imagen se muestra el acomodo de nuestro ciclo Rankine, realizado en el programa, la distribución y valores introducidas a la simulación, el modo correspondiente para añadir nuestro sistema de colectores solares de manera que funciones como si estuvieran separados por motivos de cálculo.

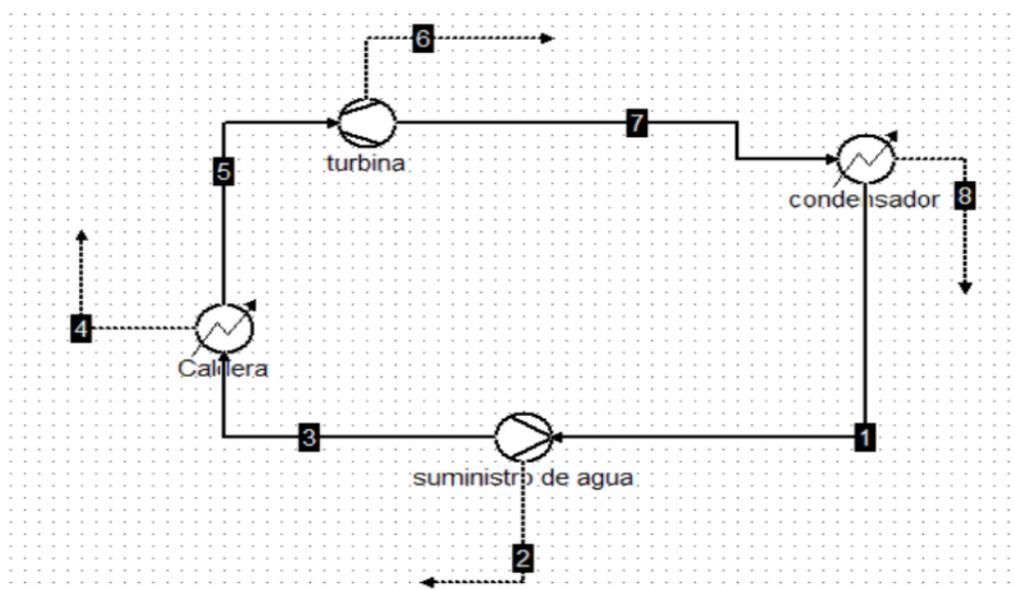


Figura 4.6 simulación de un ciclo Rankine. (elaboración propia).

De la simulación se obtuvo lo siguiente:

- La potencia de salida necesaria, así como la potencia necesaria y el caudal de vapor, es de 5kw. Por lo tanto, necesitamos 107 kw de energía térmica para generar 5 Kw de electricidad con una eficiencia de turbina esperada de 805 y un equilibrio energético térmica.
- Con el experimento prototipo, se obtienen los siguientes parámetros, datos de entrada, presión y temperatura inicial, caudal y fluido del proceso.

De acuerdo a la tabla anterior, la imagen a continuación demuestra que, usando esta información, pudimos lograr un balance energético equilibrado. La microturbina necesita la siguiente cantidad de energía.

$$Q_{ent} = m'(h_1 - h_2)$$

Se requiere que entiendan el flujo masico, somos conscientes de m.

$$m' = \frac{Q_{ent}}{(h_1 - h_2)}$$

▶ Stream		
▶ Connections		
▼ Overall		
pressure	18	bar
temperature	45.807548	°C
mole fraction (Water)	1	
flow	1	kg / s
Mw'	0.0180153	kg / mol
▶ Compound flows		
▶ Phase Fractions		
▶ Liquid composition		
▶ Overall properties		
▼ Liquid properties		
density	54987.816	mol / m <sup>3</sup>
internalEnergy	3450.9411	J / mol
enthalpy	3.4836756	kJ / mol
gibbsEnergy	-242.36086	J / mol
entropy	0.64844436	kJ / kg K
heatCapacityCp	75.211222	J / mol K
heatCapacityCv	72.785438	J / mol K
thermalConductivity	0.6365993	W / m K
volume	0.0010094668	m <sup>3</sup> / kg
viscosity	0.00058763428	Pa s

Figura 4.4 valores arrojados en el software COCO. (elaboración propia).

Realizando los calculo adecuados y al utilizar la segunda ley de termodinámica se pudo establecer el caudal de flujo masico de vapor saturado 12 kg/s.

## Conclusiones.

Como conclusiones del trabajo de tesis se buscó realizar una simulación de un ciclo Rankine y el aprovechamiento de energía solar, esto con el uso de reducir el costo en base a la electricidad que se consume a diario, de la misma manera poder aplicar y complementar la teoría basada en los colectores cilíndrico parabólicos, esto realizándose de una manera y en simulación con el programa COCO SIMULATOR. La utilización de esta práctica de los colectores solares parabólicos principalmente como una simulación de una caldera, con el fin de buscar dar la veracidad del proceso y que sea más fácil de adaptar a la distintas aplicaciones posibles, mismas que podemos llegar a utilizar en un ámbito doméstico hasta industrial ya que con la ayuda del software COCO nos permitió realizar una simulación de resultados teórica ideal, usando los componentes de un ciclo Rankine convencional, por otra parte tenemos el sistema para generar el ciclo Rankine.

Sin embargo, por tema de la pandemia del COVID-19 se nos complicó el armado y puesta en marcha del prototipo, por lo cual se tomó la decisión de realizar la simulación basándonos en el programa ya mencionado.

Parte de nuestro desarrollo de tesis fue las complicaciones que fuimos teniendo y la forma en la cual fuimos resolviendo al transcurso del trabajo y con base en nuestros trabajos comenzados nosotros creemos que se pueden tomar como base para trabajos a futuros y que se pueden llegar a una resolución de los aprovechamientos de la energía solar y sus eficiencia, el diseño, los distintos componentes o la programación del seguidor solar con el que cuenta el sistema de colectores solares en la actualidad, sin mencionar el mantenimiento de todos los componentes del ciclo. Actualmente la búsqueda de antecedentes para generar esto basándonos por los costos que se han venido teniendo con la pandemia, y las guerras que se han visto alrededor del mundo entero, las energías fósiles han ido incrementadas sus precios más de un 50%, siguiendo el mejor camino para un desarrollo óptimo de soluciones para los grandes problemas que tenemos actualmente en cuanto al medio ambiente, el sector industrial o empresarial y en el uso excesivo de recursos naturales. Con la aplicación de este tipo de ciclos como lo es el ciclo Rankine en el aprovechamiento de las turbinas de reacción, el sector industrial ha puesto en marcha nuevos desarrollos de

opciones de producción de electricidad de energía buscando como otra opción distinta al uso de hidrocarburos, además de que con el uso y aplicación de estos ciclos se aprovecha las especificaciones geográficas con las que cuenta México siendo esta ocupación como una de las óptimas para la producción de electricidad de sostener de mejor manera.

## Bibliografía

- ASHRAE STANDARD, Methods of testing to determine thermal performance of solar collectors, Two-phase Flow (ANSI/ASHRAE.93/1986, 1997)
- B.G. Kyle, "Chemical and Process Thermodynamics" Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1984
- Energías renovables Tecnología Solar. Manuel Ibanez Plana, J. R. Rosell Polo, J. I. Rosell Urritia. Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona
- Hacia una Estrategia Mexicana para el Desarrollo Sustentable en un Mundo en Transición. SENER Noviembre, 2006
- Jardón, J. (1995). "Energía y medio ambiente, una perspectiva económico-social". México: Plaza y Valdés Editores
- Jiménez, B. 2001. La Contaminación Ambiental en México. Causas, efectos y tecnología apropiada. México. Editorial Limusa.
- Méndez J, Muñiz R, García C, Veritas B. (2011). Energía Solar Térmica. Madrid España: FC Editorial. Fundación CONFEMETAL.
- SANCHIDRIÁN, J.A; Transferencia de calor. FUNDACIÓN GÓMEZ-PARDO (1999).
- Solartronic S.A de C.V. (2003). Irradiaciones global, directa y difusa, en superficies horizontales e inclinadas, así como radiación directa normal para la República Mexicana. (2003). Morelos, México, Solartronic.
- Solar Engineering of Thermal Process 4ta Edition, John A. Duffie.
- UPME. (2020). Plan Energético Nacional 2020-2050 [E-book] (1st ed.). Sacado de: [https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/PEN\\_2020\\_2050/Plan\\_Energetico\\_Nacional\\_2020\\_2050.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/PEN_2020_2050/Plan_Energetico_Nacional_2020_2050.pdf)
- Wark, K. Richards, D. 2001, "Termodinámica" 6°Ed. México: McGraw Hill