



**Centro de Investigación en
Materiales Avanzados, s.c.**

**“Colector Solar Plano
Didáctico”**

T E S I S
PARA OBTENER EL TITULO DE
Maestro En
Energías Renovables

PRESENTA:

Julio Amado Alvarado Hernández

Generación

2010-2012

Nuevo Laredo Tamaulipas

Abril del 2013



**Centro de Investigación en
Materiales Avanzados, s.c.**

Maestro en Energía Renovable

**“Colector Solar Plano
Didáctico”**

**TESIS
QUE SUSTENTA**

Julio Amado Alvarado Hernández

**PARA OBTENER EL GRADO DE
Maestro en Energías Renovables**

Asesor:

Dr. José Alberto Duarte Moller

Nuevo Laredo Tamaulipas

Abril del 2013



AGRADECIMIENTO

Un Agradecimiento especial

A la Universidad Tecnológica de Nuevo Laredo, Tamaulipas por haberme permitido realizar mis estudios, mediante una beca gestionada por la coordinación de Universidades Tecnológicas y cimav, en particular atención al Ing. Juan Leonardo Sánchez Cuellar rector de la Universidad tecnológica de Nuevo Laredo, por el gran impulso hacia la educación.

DEDICATORIA

En primer lugar doy gracias a Dios por haberme brindado las fuerzas y salud necesarias para seguir adelante en esta etapa de mi vida y así poder culminarla satisfactoriamente, lo cual me llena de alegría y felicidad.

A mi familia por haberme apoyado incondicionalmente en este proyecto, por el tiempo invertido en este gran proyecto que llena de gozo y satisfacción familiar.

A Julio Y Alicia mis queridos hijos.

Resumen

En la actualidad el uso irrazonable de los recursos no renovables a dejado para muchos países ser fuente de energías, y han pasado a ser recursos caros y cada vez más difícil de extraer.

Es por ello la importancia de la explotación de los recursos naturales renovables, en particular la inmensa energía que radia nuestra estela solar, energía barata y fácil de extraer, en esta tesis se muestra una de tantas formas de explotar la energía solar, como es el caso de los colectores solares, que transforman la radiación solar en calor, en este proceso se puede calentar y/o evaporar agua y utilizarlo para uso domestico, comercial e industrial, y en la generación de energía eléctrica.

En la actualidad la necesidad de tener un colector solar didáctico, que sea capaz de arrojar datos técnicos y físicos es de gran importancia ya que con este equipo el alumno comprenderá fácilmente el funcionamiento, operación y la recolección de datos mediante instrumentos de medición esenciales para el funcionamiento y operación de los colectores.

Este equipo estaría en prototipo instalado en la universidad, con el objetivo básico de experimentación y elaboración de prácticas.

Summary

Today the unreasonable use of non-renewable resources to ceased for many countries to be a source of energy, and have become expensive resources and becoming more difficult to extract.

That is why the importance of the exploitation of renewable natural resources, in particular the immense energy that radiates our solar wake, energy cheap and easy to remove, this article demonstrates one of many ways of exploiting solar energy, as in the case of solar collectors, which transform solar radiation into heat, this process is can heating and/or evaporating water and use it to use domestic commercial and industrial, and in the generation of electric power.

At present the necessity of having an educational solar collector, which is able to arrogate physical and technical data is of great importance since with this team the student will understand easily the performance, operation and data collection by means of measuring instruments essential for the functioning and operation of the collectors.

This team would be in prototype installed in the University, with the basic objective of experimentation

INDICE

GENERALIDADES

Título

I. Portada de título	1
II. Contraportada de título.....	2
III. Agradecimiento.....	3
IV. Dedicatoria.....	4
V. Resumen.....	5-6
VI. Índice.....	7-8

CAPITULO 1

Participantes

1.0 Participantes.....	9
1.1 Población.....	9-10
1.2 Muestra.....	11

CAPITULO 2

Introducción

2.0 Introducción.....	12
2.1 Antecedentes.....	13-14
2.2 Contexto.....	14-20

CAPITULO 3

Objetivo

3.0 Objetivo del proyecto.....	21
3.1 Problema.....	21-22
3.2 Conceptos.....	22-26

CAPITULO 4

Justificación

4.0 Justificación.....	27-29
4.1 Hipótesis.....	29

CAPITULO 5

Desarrollo y Método

5.0 Desarrollo.....	30-44
---------------------	-------

5.1 Instrumentos.....44-45
5.2 Tipo de investigación.....45

CAPITULO 6
Resultados y Discusiones

6.0 Resultados.....46
6.1 Discusiones.....47

CAPITULO 7
Conclusiones

7.0 Conclusiones.....48
7.1 Referencias.....49-50

CAPITULO 1

PARTICIPANTES

1.0 PARTICIPANTES

En este proyecto existe una participación en conjunto, desde personal docente, alumnos y administrativos de la Universidad, con el fin de contribuir a la conclusión del proyecto de un colector didáctico para tener en el laboratorio de energías renovables.

Lista de participantes:

- a) Alumno de maestría en energías renovables:
Desarrollo de proyecto de colector didáctico
- b) Docente de la carrera de energías renovables:
Administración de tiempos de alumnos
- c) Alumnos de TSU en energías renovables:
Soporte en actividades técnicas mecánicas tales como plomería y palería
- d) Área administrativa de UTnvo. Laredo:
Aprobación de ubicación y costos de fabricación
- e) Responsable de laboratorios:
Salvaguardar y administrar la disponibilidad de los laboratorios

1.1 POBLACION

El resultado de este proyecto es de alto impacto y será para la universidad Tecnológica de Nuevo Laredo, Universidad compuesta de dos divisiones.

1.- Área académica técnica de Desarrollo científico y Tecnológico

- a) TSU en Energías Renovables
- b) TSU en Mantenimiento area Instalaciones
- c) TSU en Mecatronica area Automatización

2.- Área académica administrativa de Desarrollo de Negocios Internacionales

- a) TSU en comercialización
- b) TSU en transporte
- c) TSU en aduanas y arancelaria

Desde luego, la aportación y los beneficios serían a toda la población de la Universidad, desde visitas del área académica administrativa desde comercialización, inventarios, transportes o cambio de cultura en el uso de las energías alternativas.

Para el área académica técnica, la aplicación dirigida es de alto impacto ya que con el colector didáctico sería un detonante para el desarrollo y uso de prácticas en las diferentes materias técnicas que se imparten, desde automatizarlo en el área de Mecatrónica hasta dar mantenimiento preventivo o correctivo a colector didáctico.

1.2 MUESTRA

Cada componente fue clasificado y fue plasmado en la práctica por el equipo de trabajo desde su asignación en dimensiones y materiales de fabricación. Así como forma de ensamble, desde luego siempre utilizando técnicas confiables y seguras para su posible fabricación en serie,

Siendo este el objetivo final, para su aplicación de conocimiento y aportar en el cambio de cultura en el uso de energías renovables.

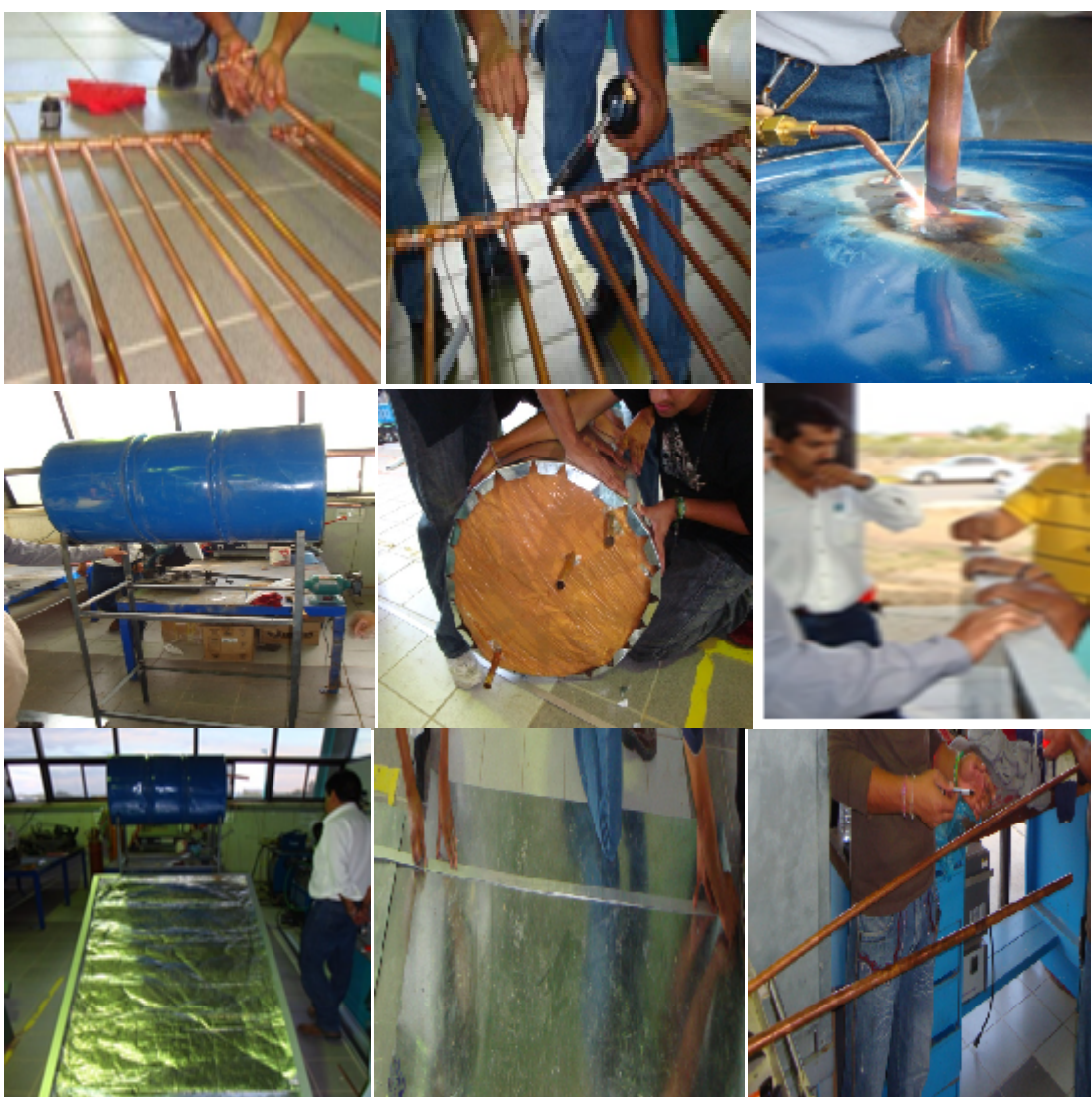


Imagen. 1 Conjunto de fotografías, muestras de fabricación de colector

CAPITULO 2

INTRODUCCION

2.0 INTRODUCCION

El Colector es un equipo termo solar capaz de calentar agua tan solo estar expuesto a la radiación solar, es un aprovechamiento térmico eficiente y muy barato en operación a comparación con otros equipos caloríficos que requieren de energía eléctrica o combustión para operar.

Tiene como referencia la orientación hacia el hemisferio sur para poder recolectar la mayor radiación solar, y es posible conectarlo a un tanque térmico para continuar utilizando el agua caliente cuando la puesto del sol allá caído.

Sus componentes son económicos y de fácil de instalar ya que lo único que requiere para su funcionamiento adecuado, es limpieza del vidrio captador de radiación. Además que sus instrumentos de medición son de fácil lectura, ya que para su funcionamiento solo se requiere la temperatura y flujo. El resto es procedente del mismo colector.

Y su principio básico es debido al conjunto de elementos mecánicos sincronizado entre sí, para recibir la radiación solar ya sea:

- Radiación directa
- Radiación difusa
- Radiación reflejada

2.1 ANTECEDENTES

HISTORIA

El concentrador más simple y conocido que muchos hemos usado para quemar pequeños objetos es la clásica lupa. Históricamente, la idea de concentrar la radiación solar para obtener más energía, fue anterior a la de los colectores planos un relato muy famoso de la antigüedad nos cuenta cómo en el año 212 ac a petición del rey Herón, Arquímedes, quemó las naves romanas que sitiaban la ciudad de Siracusa, utilizando un gran espejo cóncavo en sus trabajos de óptica.

, Euclides menciona que es posible obtener temperaturas elevadas mediante un espejo cóncavo. Lavoisier construyó un concentrador con una lente de más de 1m. De diámetro, que alcanzaba temperaturas de 1700° c con el que podía fundir platino. No nos podemos olvidar de Mouchot que construyó un colector en forma de cono truncado de 2,2 m de diámetro que utilizó primero en una caldera y después en una planta para bombear agua.

El primer colector solar plano fue fabricado por el suizo Nicholas de Saussure (1740-1799), y estaba compuesto por una cubierta de vidrio y una placa metálica negra encerrada en una caja con su correspondiente aislamiento térmico. Este colector solar se utilizó para cocinar alimentos.

Sin embargo, La intensidad de energía solar disponible en un punto determinado depende, de forma, del día del año, de la hora y de la latitud.

Además, la cantidad de energía solar que puede recogerse depende de la orientación del dispositivo receptor, en el siguiente cuadro indica la explotación de las energías limpias de nuestro país durante el 2012.

Capacidad instalada y potencial para generación de energía a través de fuentes renovables en México, 2012 (Mega watts)		
Fuente de energía	Capacidad potencial	Capacidad instalada
Hidráulica	53,000	11,603.4
Eólica	71,000	1,214.7
Geotérmico	40,000	958.0
Biomasa	83,500 -119,498	547.9
Solar	24,300	33.0 ¹
Total	271,800 -307,798	14,357.0

¹) Incluye proyectos de electrificación rural, comunicaciones, etc., conectados o no al Sistema Eléctrico Nacional.
Fuente: Secretaría de Energía (SENER), CRE y CFE, 2012.

Tabla.1 relación de capacidad instalada y potencia en México

2.2 CONTEXTO

La generación de este anteproyecto surge por la necesidad de tener un colector didáctico, equipo que estará disponible para las carreras de Técnico Superior universitario en Energía Renovable, y Técnico Superior Universitario en Mantenimiento área Instalaciones en la Universidad Tecnológica de Nuevo Laredo. En donde el material utilizado y los instrumentos utilizados en el equipo serán proporcionados por la Universidad. El grupo de trabajo estará integrados por alumno de la carrera de maestría en energía renovables , además de integrar de forma aleatoria a alumnos de la carrera de TSU en energías renovables, hasta que este proyecto esté concluido en su totalidad y puesta en marcha.

Es por ello la importancia de la explotación de los recursos naturales renovables, en particular la inmensa energía que radia nuestra estela solar, energía barata y fácil de extraer. En este análisis se muestra una de tantas formas de explotar la energía solar, como es el caso de los colectores solares, que transforman la radiación solar en calor, en este proceso se puede calentar y/o evaporar agua y utilizarlo para uso domestico, comercial e industrial, y en la generación de energía eléctrica.

La radiación solar, es resultado de un proceso de fusión nuclear que tiene lugar en el interior del Sol, la separación del sol y la tierra es de un aproximado de 150 millones de kilómetros.

Sin embargo aun así se reciben una radiación de 1.367 w/m^2 en nuestra superficie terrestre.

El sol es la estrella del sistema planetario en el que se encuentra la Tierra; por tanto, es el astro con mayor brillo aparente. Su visibilidad en el cielo local determina, respectivamente, el día y la noche en diferentes regiones de diferentes lugares en la Tierra, la energía radiada por el Sol es aprovechada por los seres vivos, que constituyen la base de la vida, siendo así la principal fuente de energía de la vida. También aporta la energía que mantiene en funcionamiento los procesos climáticos.

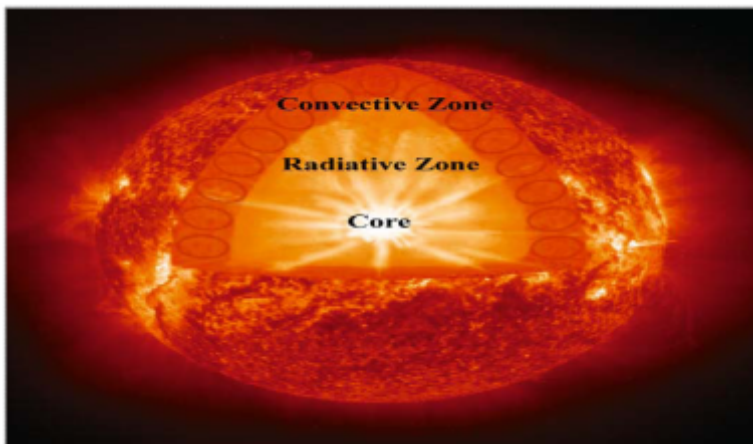


Imagen. 2 Corte transversal del sol

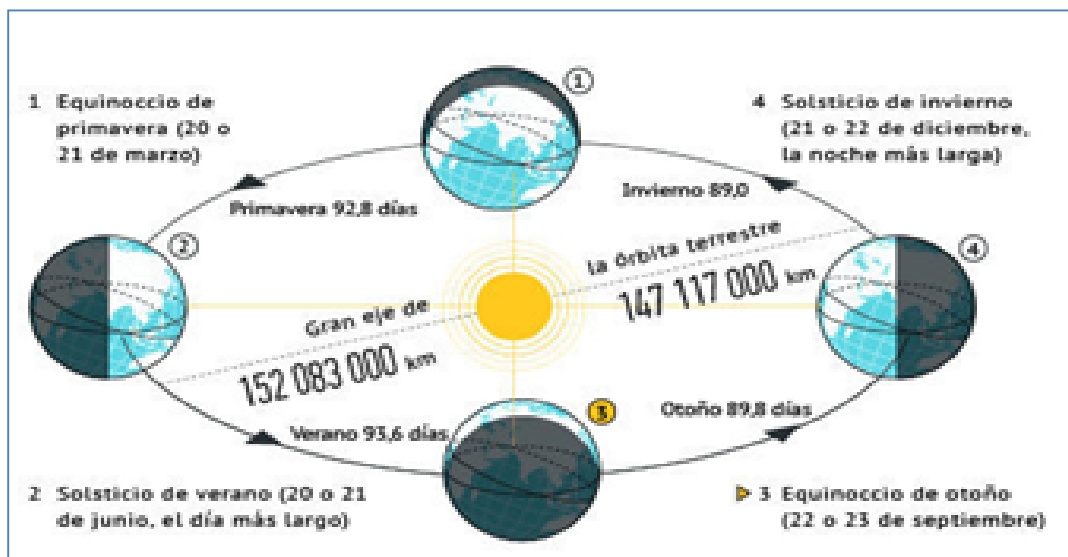
Contenido del sol:

- 70% de su peso es hidrógeno
- 28% de su peso es helio
- 1.5% es carbono, nitrógeno y oxígeno
- 0.5 % restante son otros elementos

Traslación de la tierra con respecto al sol

El equinoccio es el momento en que el centro del sol en su desplazamiento por la eclíptica, cruza el ecuador celeste. En donde la eclíptica es el gran círculo de la esfera celeste que recorre el sol en su movimiento aparente anual.

Los solsticios son los momentos del año en los que el Sol alcanza su mayor o menor altura aparente en el cielo, y la duración del día o de la noche son las máximas del año, respectivamente. Astronómicamente, los solsticios son los momentos en los que el Sol alcanza la máxima declinación norte ($+23^{\circ} 27'$) o sur ($-23^{\circ} 27'$) con respecto al ecuador terrestre. Como se muestra en la imagen.

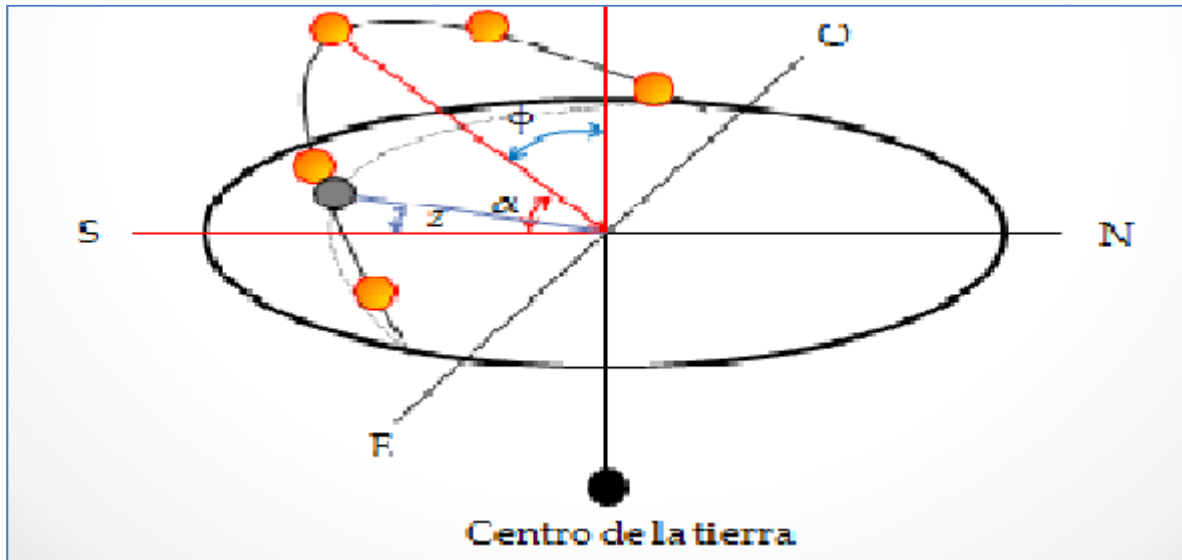


RIANOVOSTI © 2011 WWW.RIA.RU

Grafica.1 Traslación y rotación de la tierra.

Ángulos astronómicos del sol sobre la Tierra

El sol está restringido a moverse dentro de dos grados de libertad en la esfera celestrial, por lo tanto, su posición con respecto a un observador en la tierra puede ser completamente definida por medio de dos ángulos astronómicos; la altura solar y el ángulo azimutal



Grafica 2. Ángulos astronómicos del sol

el Ángulo de la altitud del sol (α): es el ángulo entre la horizontal y la línea del sol

$\sin(\alpha) = \cos(\Phi) = \sin(L) \sin(\delta) + \cos(L) \cos(\delta) \cos(h)$
 y el Ángulo zenital (ϕ): es el ángulo entre la vertical y la línea del sol, es decir, el complemento de la altura solar.

Para el Angulo Azimutal (Z): es el ángulo entre la línea del sol y el sur geográfico

$$\text{Sen } Z = \cos(\delta) \text{ sen}(h) / \cos(\alpha)$$

Además, podemos obtener el Angulo horario de salida y puesta del sol mediante la sig. Ecuación.

$\text{hss} = -\tan L \tan \delta$
 y por ultimo obtenemos el la longitud del día en horas

$$\text{Long. Del día} = 2/15 \cos^{-1} [-\tan L \tan \delta]$$

Tipos de colectores solares

Los tipos de colectores solares; como mencionamos, es un sistema foto térmico capaz de utilizar la radiación del sol para transformarla en calor, y a su vez utilizar el calor para una necesidad, sin usar ningún tipo de combustible, en la siguiente tabla se muestra la concentración y la temperatura dependiendo el tipo de colector.

Tipo	Concentración	Temperatura	Seguimiento
Plano	$C < 1$	$30 < T < 80$	Estacionario
tubo evacuado	$C < 1$	$50 < T < 190$	Estacionario
CPC	$1 < C < 5$	$70 < T < 240$	Estacionario
Canal parabólico	$15 < C < 40$	$70 < T < 300$	Un eje
Plato parabólico	$100 < C < 1000$	$70 < T < 930$	Dos ejes
Torre central	$100 < C < 1500$	$130 < T < 2700$	Dos ejes

Tabla 2. De concentración y temperatura en colectores

Transferencia de calor

Es el calor que se transmite por la radiación mediante la conducción, convección y radiación. En donde tenemos lo siguiente.

Conducción

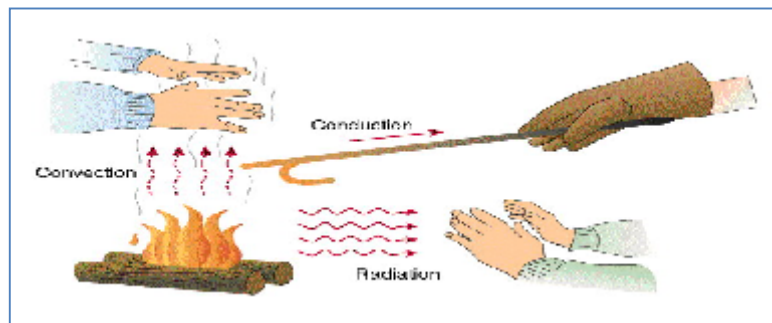
Es el fenómeno consistente en la propagación de calor entre dos cuerpos o partes de un mismo cuerpo a diferente temperatura debido a la agitación térmica de las moléculas, no existiendo un desplazamiento real de estas.

Convección

Es la transmisión de calor por movimiento real de las moléculas de una sustancia, este fenómeno sólo podrá producirse en fluidos en los que por movimiento natural (diferencia de densidades) o circulación forzada (con la ayuda de ventiladores, bombas, etc.) puedan las partículas desplazarse transportando el calor sin interrumpir la continuidad física del cuerpo.

Radiación

Es la transmisión de calor entre dos cuerpos los cuales, en un instante dado, tienen temperaturas distintas, sin que entre ellos exista contacto ni conexión por otro sólido conductor. Es una forma de emisión de ondas electromagnéticas (asociaciones de campos eléctricos y magnéticos que se propagan a la velocidad de la luz) que emana todo cuerpo que esté a mayor temperatura que el cero absoluto. Por ejemplo de este fenómeno es el planeta Tierra, Los rayos solares atraviesan la atmósfera sin calentarla y se transforman en calor en el momento en que entran en contacto con la tierra. Otro ejemplo sería la representación de una fogata como se muestra en la grafica.



Grafica 3. Transferencia de calor

TIPOS DE RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar se puede manifestar de tres formas distintas dependiendo de cómo se recibe en los objetos y estas pueden ser:

Radiación solar directa

Es la radiación que llega directamente del Sol sin haber sufrido cambio alguno en su dirección. Este tipo de radiación se caracteriza por proyectar una sombra definida de los objetos opacos que la interceptan.

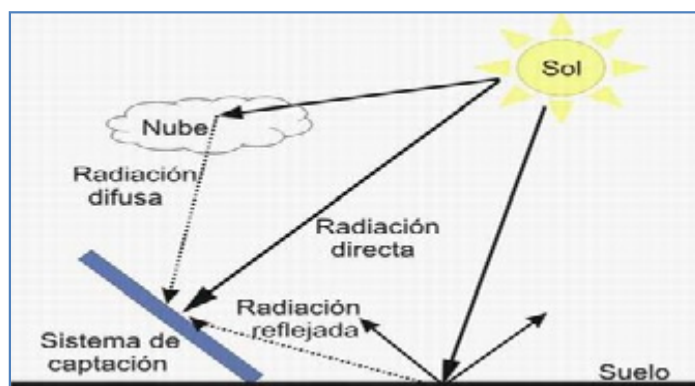
Radiación solar difusa

Una parte de la radiación que atraviesa la atmósfera es reflejada por las nubes o absorbida por éstas. Esta radiación, llamada difusa, va en todas direcciones, efecto producido por las reflexiones y absorciones, no sólo de las nubes sino de las partículas de polvo atmosférico, montañas, árboles, edificios, el propio suelo. Este tipo de radiación se caracteriza además, por no producir sombra alguna respecto a los objetos opacos interpuestos. Las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, mientras que las verticales son las que reciben menos.

Radiación solar reflejada

Este tipo de radiación solar es la que refleja la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, también llamado albedo.

Las superficies horizontales reciben más radiación difusa que reflejada y las superficies verticales más reflejada que difusa.



Grafica 4. Imagen representando la radiación solar.

CAPITULO 3

OBJETIVO

3.0 OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto es realizar, un colector didáctico de laboratorio, que tenga instrumentos de medición para poder manipular condiciones que un colector estaría expuesto, además de ser suficientemente robusto para generar prácticas a un nivel de técnico superior universitario, tomando en cuenta los diferentes parámetros que un colector solar necesita para su funcionamiento.

Realizar un colector a escala en donde podremos trasladar los resultados a casos reales, tanto de funcionamiento, eficiencia y planes de mantenimiento. En donde el alumno pueda ejercitar manipulando las condiciones y obtener resultados simulados de casos reales, para ello el colector estaría expuesto a la radiación solar y tendría los instrumentos de medición básicos que podrán estar montados en el equipo. Y la actividad de análisis estaría en el laboratorio de energía renovable.

3.1 PROBLEMA

Descripción

En la actualidad la falta de colectores didácticos en las universidades para la realización de prácticas es una necesidad básica, para ilustrar al estudiante los efectos físicos, ocurridos en un colector es de gran importancia, es por eso que se ha tomado la iniciativa de elaborar un prototipo que sea capaz de visualizar lo aprendido en los laboratorios aplicado a la práctica, tales como, hojas de rutinas e inspección de datos, hojas de mantenimientos preventivos y correctivos, reemplazo de componentes e instrumentos de medición.

La forma de hacer toma de medibles con los instrumentos instalados en un colector didáctico, es fundamental ya que es la fuente de información para la toma de decisiones, de tal forma de ajustes de componentes tales como válvulas, conectores, termómetros, manómetros, flujo metro, transportadores y componentes esenciales en los colectores va a dar gran valor práctico al estudiante. Existen instrumentos más especializados como medidores de radiación solar y software especializados con gran precisión en la obtención condiciones ambientales.

Los planes de mantenimiento será una necesidad de aplicar, tener programas de mantenimiento, realizar reemplazos componentes y realizar actividades de palería.

3.2 CONCEPTOS

El colector solar plano es un intercambiador de calor que utiliza radiación solar para calentar un fluido de trabajo (fluido térmico), generalmente es agua, refrigerantes o aire.

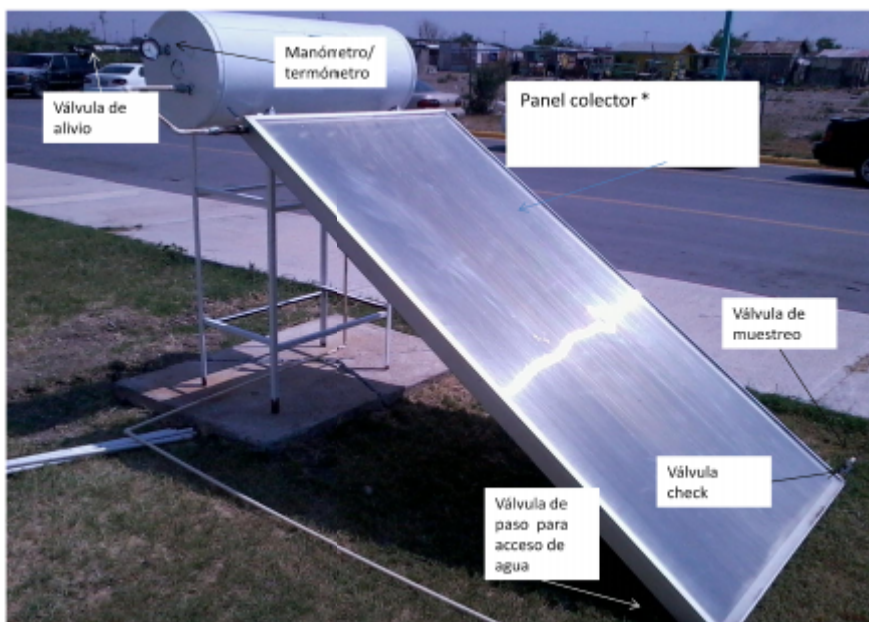


Imagen 3. Muestra de imagen de colector plano didáctico.

Componentes de colector

Lista de componentes generales de colector plano didáctico de acuerdo a Fig 1.

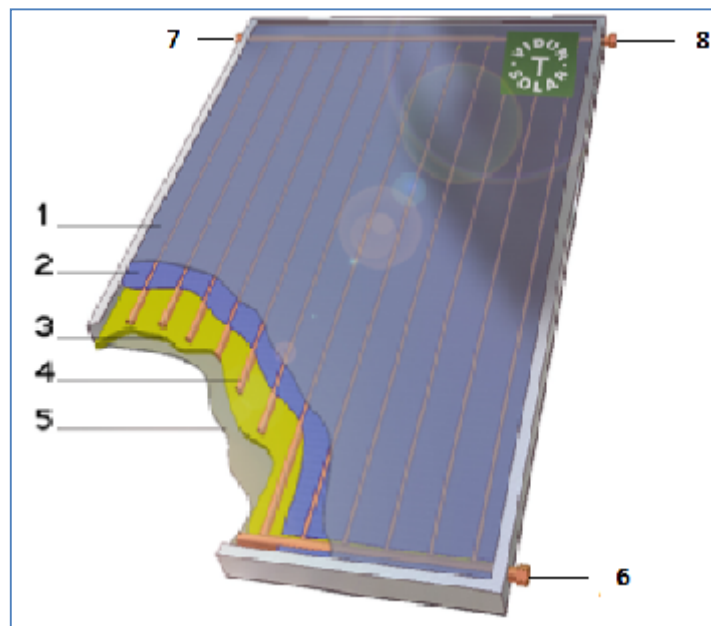
1. Válvula de Paso para acceso de agua:
Control de volumen de agua para colector.
2. Válvula anti retorno:
Válvula que permite el flujo hacia solo un sentido no permitiendo el retroceso de agua caliente.
3. Válvula de muestreo:
Válvula para toma de muestra y monitorear temperatura y flujo.
4. Panel de colector*:
Arreglo mecánico que permite la recolección de radiación solar para calentar agua mediante la absorción de calor mediante tubos negros, además de absorber y conservar la temperatura.
5. Válvula de alivio:
Válvula de presión que desfoga y mantiene el equipo en condiciones seguras de funcionamiento.
6. Manómetro:
Instrumento para medir la presión existente en el equipo.
7. Termómetro:
Instrumento para medir la temperatura existente en el equipo, y podría ser de entrada y salida.
8. Flujo metro:

Medidor de cantidad de agua que pasa por un punto-

9. Transportador:

Instrumento de medición de ángulos.

Panel de Colector*



Grafica 5. Panel de colector*

1.- Cubierta de vidrio templado: Absorvedora de radiación solar y proporciona un efecto invernadero.

2.- Placa absorbidora: Placa oscura para eficientizar la radiación solar.

3.- Aislante: Usualmente polietileno o fibra de vidrio para conservar la temperatura absorbida.

- 4.- Malla de tubería: arreglo de tubería para el mejor aprovechamiento de la radiación solar, pudiendo ser esta en serie o paralelo.
- 5.- Caja del colector: Cuerpo galvanizado que agrupa los componentes de un colector.
- 6.- Entrada de fluido: Acceso de agua para iniciar proceso de calentamiento.
- 7.- Salida de fluido: Salida de agua caliente expuesta a radiación solar.
- 8.- Salida a conexión: salida para conexión de accesorios

PERDIDA DE CARGA Y DIAMETRO EN TUBERIA DE COBRE, CON RESPECTO A SU GASTO.

En esta tabla podemos identificar la pérdida de carga que se presenta en la red de agua, que tiene en la distribución del panel del colector, considerando el caudal en l/min, la velocidad en m/s y diámetro interior de tubería dada en mm, con estos datos y trazando una línea recta, en por lo menos dos datos podremos conseguir el tercero. Como se muestra en la tabla adjunta.

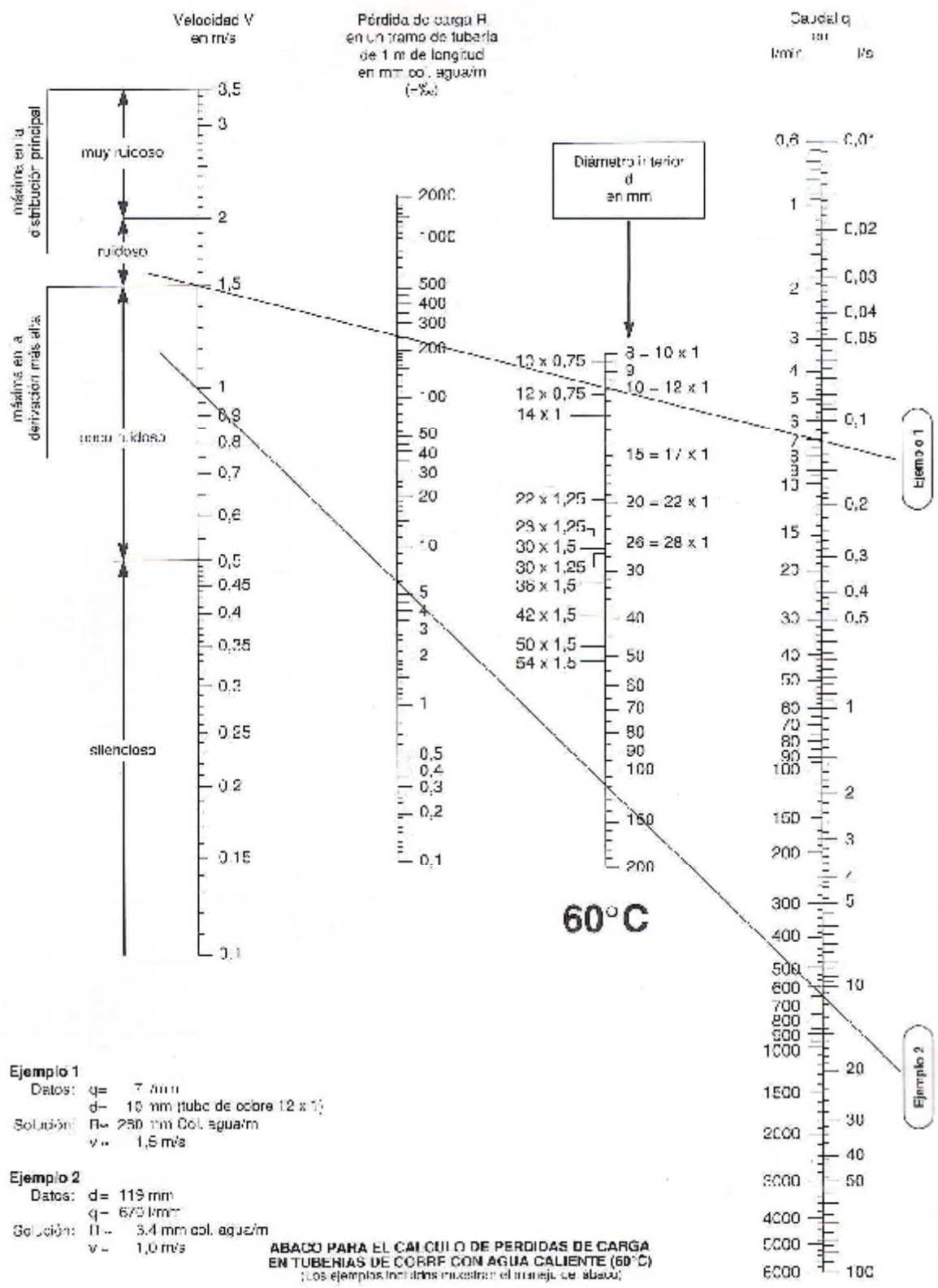


Tabla 3. Perdida de carga en tubería

CAPITULO 4

JUSTIFICACION

4.0 JUSTIFICACION

En la actualidad el uso de las energías naturales, en nuestro país ha ido en aumento, no con la velocidad que los ambientalistas desearan, ni con la visión de algunos países de Europa, tales como Alemania, Francia, España, lugares donde sigue creciendo el desarrollo y la necesidad de aplicar estas energías naturales, que traen beneficios inmediatos.

En nuestro país apostar en el cambio de cultura y sobre todo en el conocimiento de las energías renovables, nos traen grandes beneficio que se tiene principalmente con recursos naturales, esto es fundamental ya que con ellos obtenemos ganancias tanto económicos como el cuidado de nuestra madre tierra.

Es por eso la necesidad involucrar al alumno prácticas objetivas, prácticas que demuestran el fenómeno físico que ocurre en el equipo y el beneficio inmediato, que induce a la generación de la investigación.

VENTAJAS DE LOS COLECTORES SOLARES

El colector solar, es un equipo de ahorro de energía en donde se contempla la reducción del daño ecológico ocasionado en el uso de los equipos caloríficos utilizando energía no renovable, esto nos lleva a tener ventajas considerables ,

Lista de ventajas de los colectores

- Bajo costo de fabricación
- Bajo costo en sus mantenimientos
- La disponibilidad continúa en su funcionamiento
- No contaminantes
- No tiene riesgos mayores de seguridad

Reducción de costos

El funcionamiento de los colectores solares, son mas económicas ya que dependen solamente de la radiación solar, además de sus mantenimientos preventivos con un bajo costo, los componente posibles a reemplazo del colector están considerados de bajo costo, en consideración con otros equipos caloríficos de generación de calor, estos equipos pueden ser tan eficientes que podrían generar vapor para aplicarse en actividades industriales, comerciales e inclusive para la generación de energía eléctrica, reduciendo los costos considerablemente.

Impacto ambiental

El impacto ambiental, es considerablemente bajo en contaminación ambiental ya que los colectores solares, no tienen emisiones a la atmósfera, y por ello no requiere de algún combustible para que pueda funcionar, son equipos muy nobles capaces de sustituir a los equipos generadores de grandes emisiones, ya que solo requiere de radiación solar, energía que se encuentra durante el día en proporciones considerables en nuestra tierra. Con respecto a los mantenimientos no se generan residuos ni contaminantes que requieran de un tratado y/o procedimiento especial.

Lista de desventajas de los colectores

- Desconocimiento de su existencia
- Falta de cultura, para su uso
- Falta de personal capacitado para su implementación
- Falta de recursos económicos para su compra

4.1 HIPOTESIS

En el caso de implementar este modelo de colector didáctico se obtendrían beneficios considerables, ya que el costo de fabricación es considerado bajo en comparación al beneficio que se obtendría.

Los componentes del colector son relativamente accesibles y fáciles de obtener. A excepción de instrumentos para medir radiaciones solares o la adquisición de software.

Su mantenimiento planeado son de costos bajos. Los reemplazos de elementos son considerados a largo plazo y son robustos de tal forma que soportaría las manipulaciones al equipo por parte de los alumnos, lo cual podrán dar amortización a los costos de fabricación y costos de implementación.

Es por ello que un modelo de colector didáctico podría ser factible tanto teórico como físicamente.

CAPITULO 5

DESARROLLO Y METODO

5.0 Desarrollo

Funcionamiento Del calentador solar

Los colectores solares tienen un funcionamiento en realidad muy sencillo. La radiación solar se convierte en calor al tocar la placa térmica colectora, en la cual la malla puede ser de cobre, con recubrimiento y esto dependerá de la aplicación y la capacidad de absorción de calor en los materiales. Como se muestra en el recuadro.

Recubrimiento	Absorción (α)	Cociente (ϵ)
CuO sobre cobre	0.89	0.17
Cromo negro sobre cobre	0.92	0.12
MnO ₂ sobre acero inoxidable	0.85	0.20
NiS sobre níquel	0.91	0.11
CuO sobre níquel	0.81	0.17
Pintura negro mate	0.92	0.90

Tabla 4. Recubrimientos en absorción.

La mica de recepción de la radiación solar captura el calor y mediante los componentes internos, la recubierta y gabinete insulated generan una cámara para transmitir y mantener el calor llamado efecto invernadero.

Por otra parte en el exterior en la parte inferior se encuentra la alimentación del agua y en el extremo opuesto la entrada de la circulación de agua caliente, proveniente del termo tanque, para mantener el calor en él, en el extremo superior sale el agua caliente y una línea para el retorno en la parte inferior antes mencionada y en

el extremo opuesto superior la conexión entre el colector y el termo tanque.

El agua circula dentro del sistema, por la tubería interconectada a lo largo del cuerpo del gabinete en forma de malla siendo esta en conexión serie o conexión paralelo, en donde una mejora el flujo y la otra mejora la temperatura respectivamente con las siguientes características.

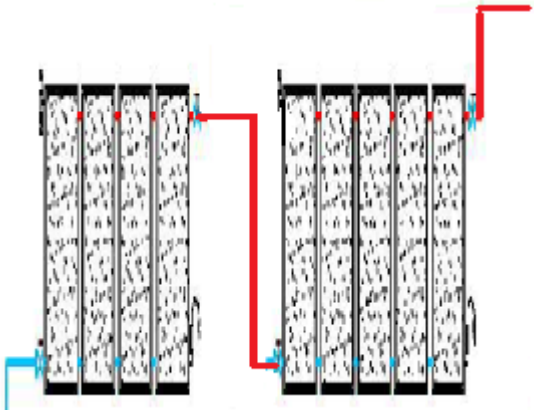
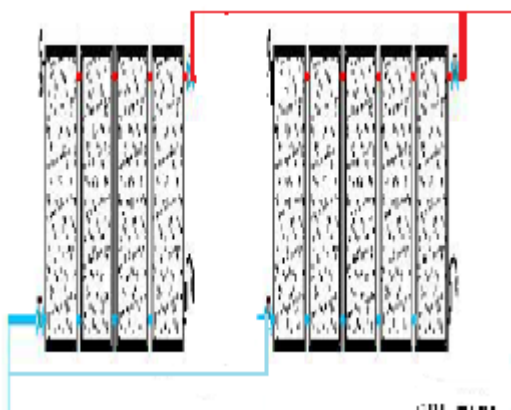
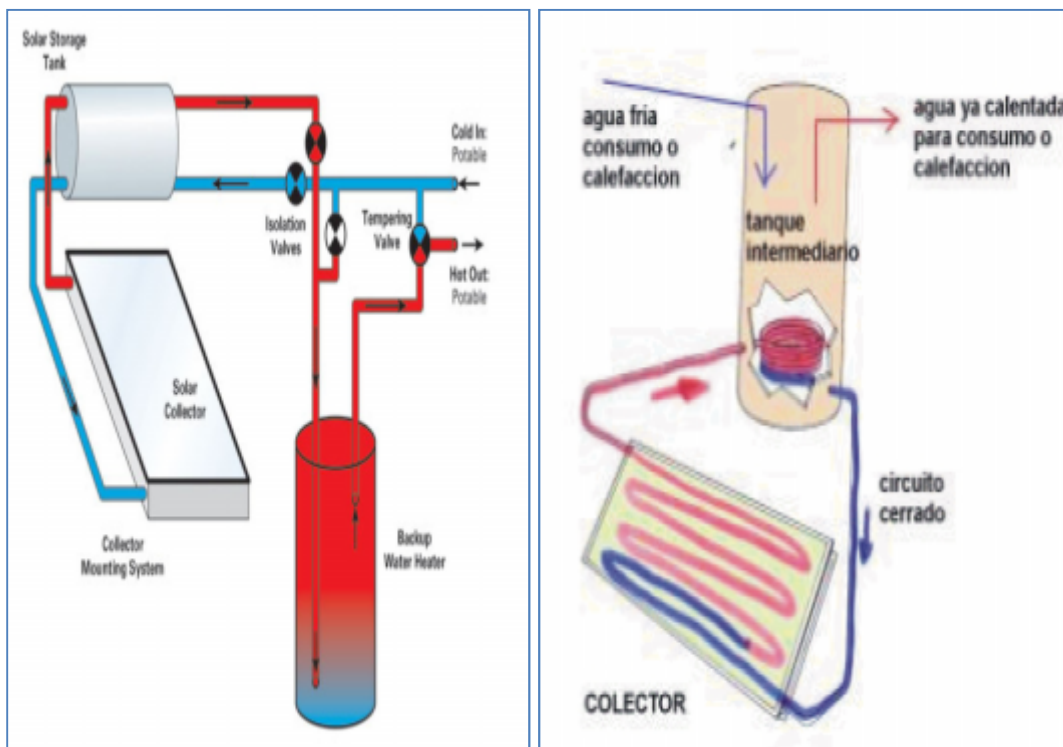
Malla en Conexión en serie	Malla en Conexión en paralelo
<ul style="list-style-type: none"> • Menores caudales, secciones más pequeñas y recorridos más cortos, reduce costes de instalación y operación • Aumento de la temperatura producida, disminuye el rendimiento de la instalación; poco recomendable en termosifón 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor rendimiento • Incrementa la longitud y diámetro de tuberías Válvulas detectoras (equilibrar pérdidas de carga) 

Tabla 4. Relación de conexiones serie y paralelo.

Cuando el agua circula por la malla esta eleva la temperatura por la captura y retención de calor del panel del colector, por la diferencia de temperatura que se genera en el agua debido al calentamiento proporcionado por la radiación solar y el agua fría que entra, provoca que el agua caliente suba por ser más ligera que la fría, y en consecuencia, tiende a subir.

Esto es lo que sucede entre el colector solar plano y el termo tanque, con lo cual se establece una circulación natural, sin necesidad de ningún equipo de bombeo eléctrico, por medio de un sistema de termosifón, el cual puede ser este para consumo directo o Acumulación intermedia, como se muestra en las graficas.



Grafica 6. Sistema termosifón directo Grafica 7. Sistema termosifón intercambiador

Mediante este proceso permite que el agua se mantenga caliente para utilizarse, en el momento requerido, por almacenamiento en el termo tanque, el cual está forrado con un Aislante térmico para evitar la pérdida de calor.

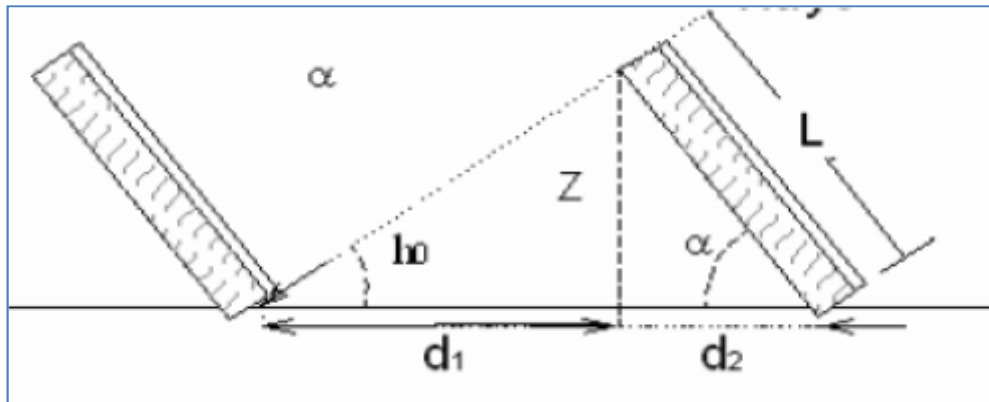
Instalación de colector solar plano

Se recomienda que estos se instalen en lugares libres de obstáculos tales como las azoteas de las casas, orientados hacia el hemisferio sur, de tal manera que se exponga a la radiación solar durante el día. Se deberá evitar sombras sobre el calentador, por lo que se sugiere que el termo tanque quede del lado norte del calentador solar. Si existen muros o columnas deberán estar tan separados como la altura de los mismos. El colector solar plano debe colocarse con cierto grado de inclinación, lo que permite aprovechar eficientemente la radiación. No obstante, la inclinación a la que se debe colocar el colector dependen de la localización de la ciudad donde se pretenda instalar, sin embargo, se recomienda, que esta sea aproximadamente 10° más, que la latitud del lugar de instalación. La posición del termo tanque debe permitir que este se llene por gravedad, por lo que se debe colocarse por lo menos 30 cm., sobre el nivel superior del colector. De tal suerte, que los tinacos que sean abastecidos por los calentadores solares, deberán estar como mínimo 50 cm., sobre el nivel de los calentadores solares.

Es frecuente y recomendable que el calentador solar y el termo tanque se instalen en serie, es decir, uno después del otro. De esta forma, el consumo es continuo, y se alterna su uso. Por ejemplo en el caso de días muy nublados o si se requiere más agua caliente que lo normal, el termo tanque respalda al sistema solar garantizando que siempre habrá agua suficientemente caliente.

Sombras y ángulos de inclinación en colectores solares térmicos

Es indispensable mantener la eficiencia calculada, y evitar que en el caso de la instalación de dos colectores evitar que se generen sombras entre ellos, y seleccionar el ángulo de inclinación adecuada, para eso aplicaríamos lo siguiente.



Grafica 8. Ángulos de colectores

Para considerar la distancia entre colectores:

$$d_{\min.} = d_1 + d_2 = z / \operatorname{tg} h_0 + z / \operatorname{tg} \alpha = L \sin(\alpha) / \operatorname{tg} h_0 + L \sin(\alpha) / \operatorname{tg} \alpha = L [\sin(\alpha) / \operatorname{tg} h_0 + \cos \alpha]$$

Donde:

$$h_0 = (90^\circ - \phi) - 23.5$$

Para considerar el Angulo aplicamos las siguientes:

- Invierno – latitud del lugar + 10 grados
- Verano – latitud del lugar - 10 grados
- Sujeción y orientación hacia el hemisferio sur

Selección de tubería conociendo el caudal

Para calcular el diámetro de una tubería es necesario calcula el caudal, después se pasa a m³/s, y por último se sustituye este dato en la fórmula que relaciona el diámetro con el caudal.

La velocidad estimada como idónea se concidera 50 l/h de agua por cada m2 de salto térmico en °C (a velocidades inferiores existirán pérdidas de rendimiento). Si en vez de agua se utiliza anticongelante, se debe estudiar las variaciones de caudal en función de ese calor específico (Ce) y de su densidad (d).

$$50 = Q \times Ce \times \rho$$

Donde:

Q= Caudal, en l/h

Ce = Calor específico, en Kcal/ kg °C

P= Densidad, en l x m

Despejando:

$$Q=50/ Ce \times \beta$$

El caudal obtenido están en l x h, para pasarlo a m³ x seg. Se multiplica por 3.6 x10-6.

$$Q=(50/ Ce \times \beta) 3.6 \times 10^{-6}.$$

Por último, conociendo el caudal de la instalación se debe calcular el valor del diámetro de tubería, utilizando una velocidad promedio de 1 m/s., el diámetro se obtiene a partir de formula.

$$D= \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}}$$

Donde:

D= diámetro de la tubería

Q= caudal

π = constante 3.1416

V= velocidad (1 m/s)

Mantenimiento en los colectores planos

Los colectores solares es un sistema fácil de operar y prácticamente autónomo, requiere de poca intervención directa para su buen funcionamiento, no obstante, se requieren tener en cuenta algunos aspectos, para que el equipo se encuentre en óptimas condiciones y su funcionamiento sea el esperado, con el fin de mantener el valor inicial del colector a base de planes de mantenimiento establecidos. Tales como:

- a) Mantenimiento Preventivo
- b) Mantenimiento Correctivo

Estos son los tipos de mantenimiento más utilizado en los colectores, sin embargo no debemos dejar de aplicar el resto de los programas de mantenimiento como:

- a) Mantenimiento Predictivo
- b) Mantenimiento de Conservación

Mantenimiento preventivo a colectores solares

La generación de hojas de inspección periódicas, es esencial en el Mantenimiento preventivo de los colectores, ya que de ellos podrán identificarse puntos de mejora y acciones preventivas antes de ocurrir la falla, en cualquiera de sus elementos que lo constituyen, además la recomendación de los siguientes puntos.

- Mantener libre de polvo y obstrucciones la superficie de captación de los colectores solares planos, limpiando la cubierta de vidrio.
- Revisar periódicamente toda la instalación hidráulica y mecánica que contiene el colector para evitar fugas y fallas en su estructura.
- Capacitación al personal para realizar cualquier reparación, modificación o instalación de estos equipos.

- Mantener en óptimas condiciones de insulación al termo tanque y la tubería hidráulica expuesta.
- Revisar los instrumentos de medición.

Calculo del área de un colector plano mediante software

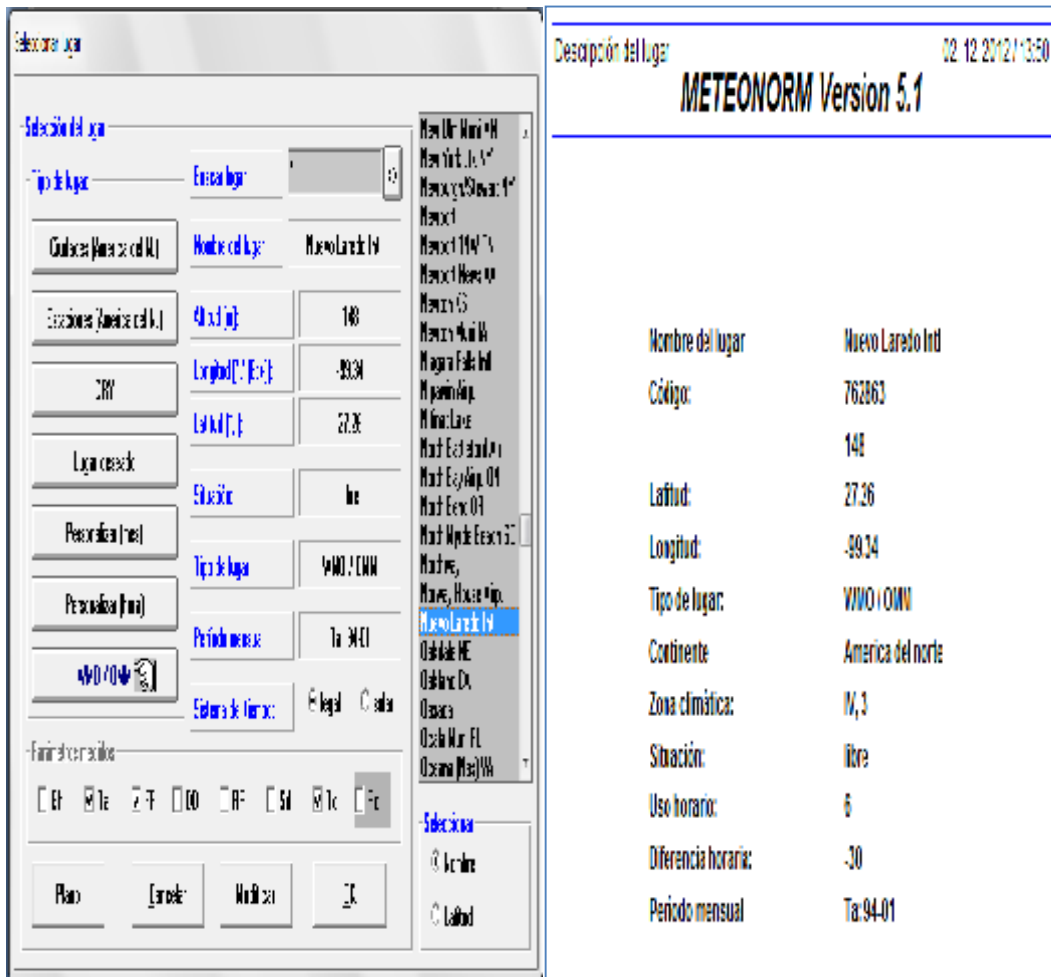
El cálculo del área del panel solar, puede ser mediante el cálculo con software quien nos proporcionan datos rápidos, en tan solo introduciendo las variables correspondientes al caso a estudiar, efectuando cálculos necesarios mediante su base de datos metrológicos de los meses del año, en donde predomina los datos de base tales como:

- Latitud
- Inclinación
- Orientación
- Eficiencia del sistema (FS)

Además, capturaremos datos específicos tales como:

- Número de usuarios
- Demanda de agua caliente sanitaria (ACS)
- Temperatura de agua fría
- Temperatura de agua caliente
- Eficiencia del sistema (FS)
- Gastos
- Zona climática
- Y diam. De tubería

En los siguientes recuadros informativos se muestra la manera como presenta Meteonorm al momento de capturar información, tal como Ciudad elegida para obtener los datos técnico y el entorno de donde se va elegir el panel de colector solar

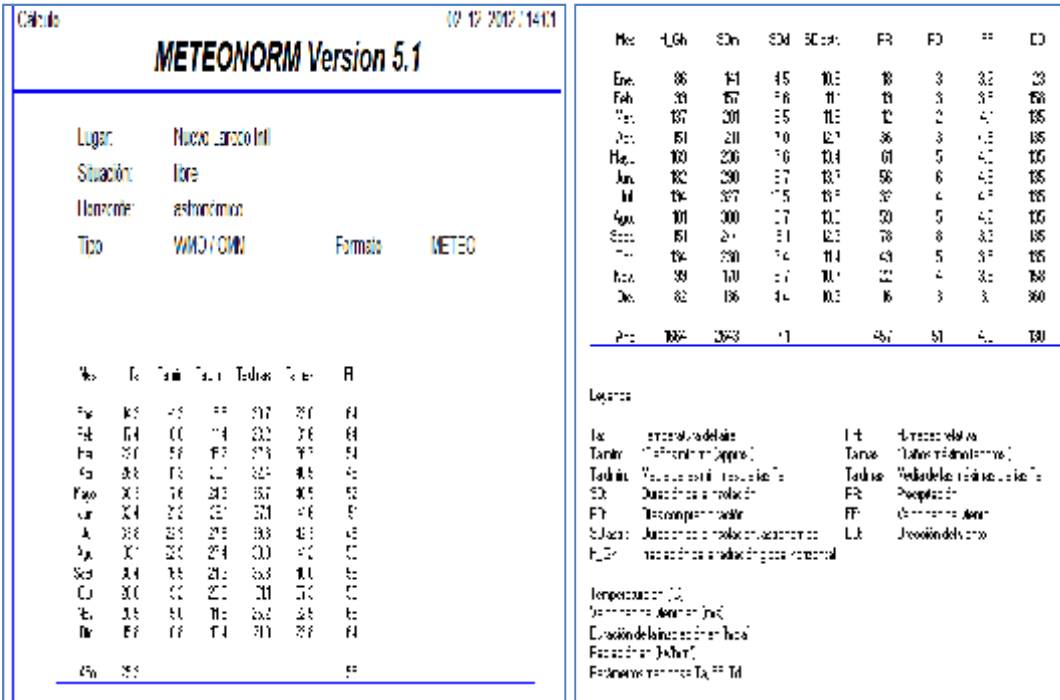


Grafica 9. De programa Meteonorm.

Como respuesta el sistema informático, entrega la demanda energética anual o estacionaria, el tamaño del acumulador, la superficie colectora que es preciso instalar, de igual forma el software puede simular el comportamiento energético del sistema y graficar estos resultados, algunos software que nos proporcionan estos datos son,

- A) Software Meteonorm
- B) Software trnsys simulation studio

De igual forma arroja EL METEONORM, datos técnicos, del ambiente donde se va a instalar el colector.,



Grafica 10. De programa Meteonorm.

Una vez teniendo los datos por Meteonorm, para Nuevo Laredo, Tamaulipas, capturamos en trnsys los datos, a partir de aquí podemos traerlos posteriormente por en excel. Por ejemplo la (graf-rad-hr, rhor-med.,graf-radl-hr, rincl-med., resumen, anual, radhor-anual, radincl-anual, rad-promhor-anual, rad-hor e incl. Media,) como se muestra a continuación.



HORA	HORA-ANUAL [C]	Rad. Ho	Rad. an	
14:00	21	1413	0.00	0.00
14:18	22	1419	0.00	0.00
14:37	23	1426	0.00	0.00
14:55	24	1436	0.00	0.00
15:14	1	1446	0.00	0.00
15:32	2	1456	0.00	0.00
15:51	3	1469	0.00	0.00
16:10	4	1480	0.00	0.00
16:28	5	1491	0.00	0.00
16:47	6	1500	0.00	0.00
17:05	7	1509	0.00	0.00
17:24	8	1517	0.00	0.00
17:42	9	1524	0.00	0.00
18:01	10	1529	53.00	53.00
18:20	11	1534	129.00	182.00
18:38	12	1538	200.00	382.00
18:57	13	1542	270.00	652.00
19:15	14	1545	340.00	992.00
19:34	15	1548	410.00	1402.00
19:52	16	1550	470.00	1872.00
20:11	17	1552	520.00	2402.00
20:30	18	1553	560.00	2982.00
20:48	19	1554	590.00	3612.00
21:07	20	1554	610.00	4292.00
21:25	21	1554	620.00	5022.00

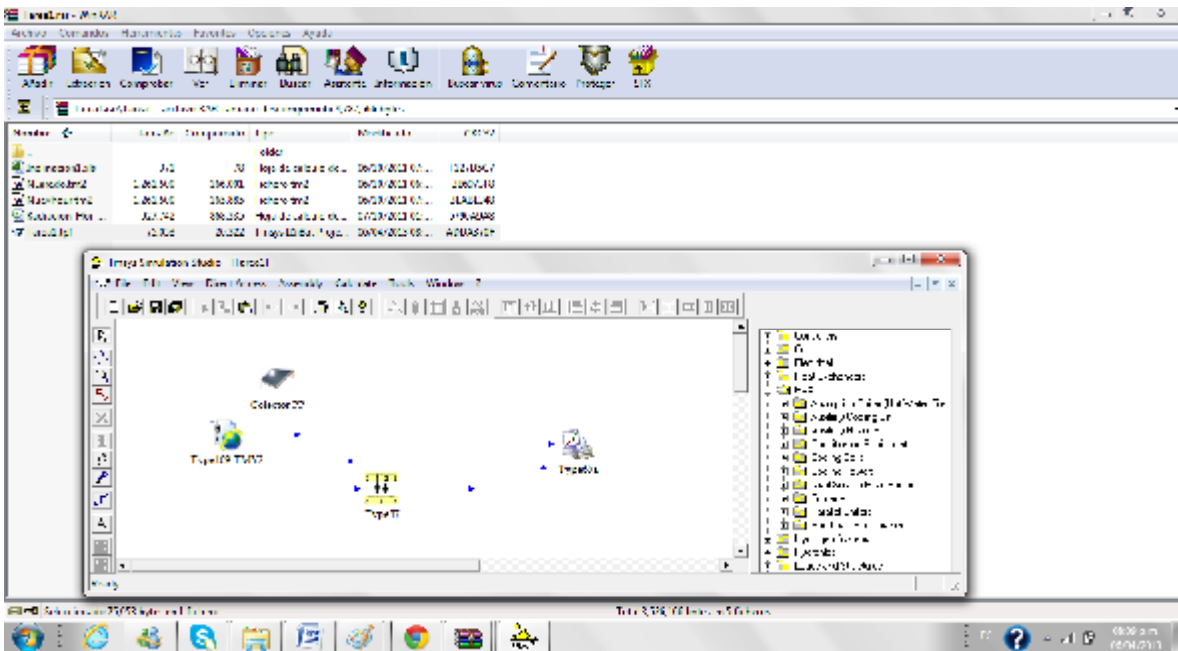
Grafica 11. Datos en Excel para trnsys.

Y los datos para captura de inclinación de igualmente-

HORA	label	label	label	label
1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
3	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
5	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
6	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
7	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
8	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
9	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
10	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
11	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
12	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
13	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
14	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
15	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
16	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
17	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
18	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
19	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
20	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
21	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
22	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
23	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
24	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
25	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

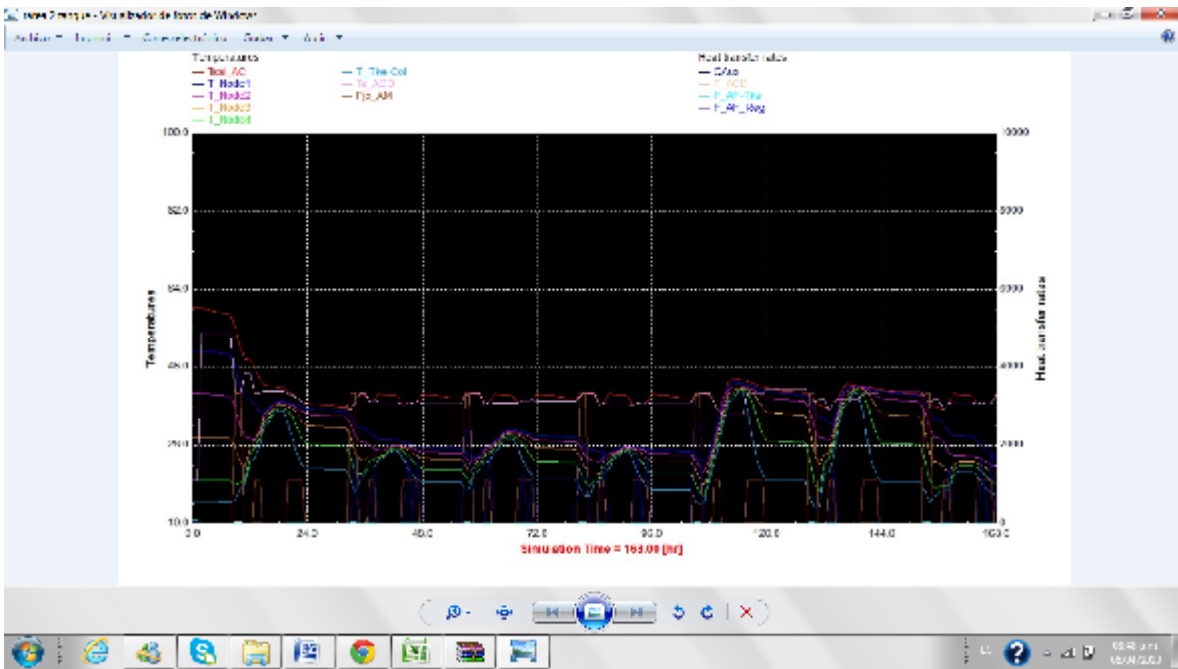
Grafica 12. Datos en Excel para trnsys de inclinación.

Navegamos en software de trnsys, para proporcionar los datos que el software requiere para su corrida de simulación. Como se muestra en la siguiente grafica.



Grafica 12. Datos en trnsys para captura de datos.

Se hace la corrida por medio de trnsys simulation studio, obteniendo los siguientes resultados, como se muestra en la grafica, tiempo de simulación estimada de 168 h, temperatura máxima de salida de 59.5 y un rango de transferencia de calor de (0-1800).



Grafica 13. Corrida de trnsys de colector.

Cálculo del área de panel solar sin software

Este procedimiento de cálculo se lleva a cabo manualmente, en donde se requiere instrumentos de medición tales como, pirómetro de radiación y óptico, termómetros ambientales y de flujo de líquidos, transportadores para ángulos y manómetros de presión. Elementos esenciales para recolectar información para el cálculo manual y obtener el área requerida para un colector. Sin embargo este proceso tiene limitaciones ya que solo es eficiente en colectores pequeños,

Además que el cálculo de cuantificación de rendimiento energético es complejo ya que requiere de muchos datos no siempre al alcance del instalador, sin embargo de acuerdo a la experiencia en las instalaciones se recomienda utilizar el 50 % en rendimiento energético. Otra limitación en este proceso es el cálculo de pérdidas energéticas por la desorientación de los paneles térmicos principalmente en el eje vertical, o sea el del ACIMUT que es igual al ángulo

formado por el plano de la altura que contiene la línea de un astro y el plano del meridiano del lugar.

Para ilustrar y poder comprender con más claridad el método de cálculo sin software, se mostrara mediante un ejemplo, los datos básicos para obtener el área del panel requerido conociendo mediante los instrumentos de medición lo siguiente datos:

I.- Instalar un sistema solar térmico plano del tipo termosifón que satisfaga la demanda energética de un laboratorio de maquinado durante el verano. Con los siguientes datos,

Los datos de partida que determinan las características energéticas del equipo termosifón a instalar son los siguientes:

- Irradiación media durante el verano 6.86 kwh/m²
- Temperatura de agua fría 15 °C
- Temperatura de agua caliente 60 °C
- Consumo diario de agua caliente 200 litros (incluye sanitarios)
- Fracción solar 0.85

Eficiencia del sistema 50% con tubos de absorción.

En tales condiciones la energía y el área de captación solar necesarios se calculan mediante la siguiente expresión:

$$Q_{(kWh)} = M \times \rho \times CP (T_{cal} - T_{fría})$$

Donde:

M = Consume de agua caliente

ρ = Densidad del liquido, igual a 1.0 kilo/litro para el h₂O.

CP= Calor específico agua en kwh/kg k = 1.16×10^{-3} kwh

T_{cal} = Temperatura de agua caliente de suministro

T_{fría} = Temperatura de agua fría de entrada

Sustituyendo:

$$Q_{(kwh)} = 200 \times 1 \times (1.16 \times 10^{-3}) \times (60-15) = \underline{5.75 \text{ kw}}$$

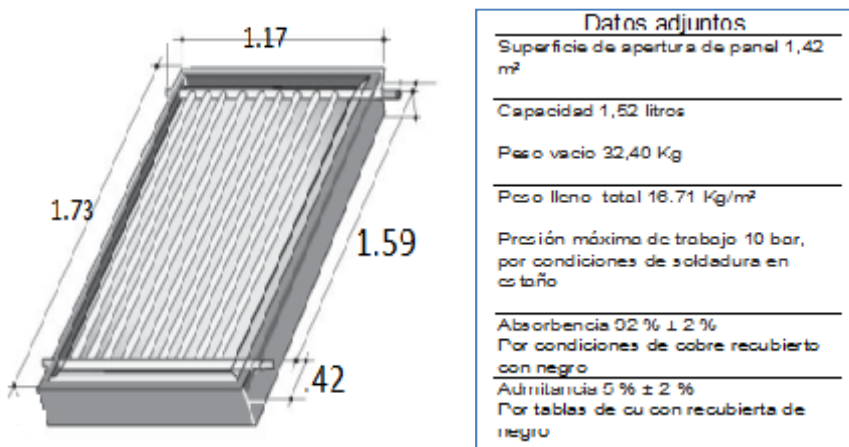
Luego el área necesaria de captación (S), teniendo en cuenta la energía demandada (Q), la captada (Q_{util}) la fricción solar (Fs) y el rendimiento del sistema (U), vale:

$$S = F_s \times Q / U \times Q_{util}$$

Sustituyendo:

$$S = 0.85 \times 5.75 / 0.5 \times 6.86 = \underline{1.42 \text{ m}^2}$$

Dimensiones de colector propuesto cumplir con 1.42 a 2.0 m²,



Grafica 14. Datos para considerar en diseño de colector.

El panel solar debe tener una área de 1.42 m^2 a un máx. De 2 m^2 . Para efectos prácticos de diseño y tolerancias. Y un Aislamiento de 40 mm de lana de roca.

Y para efectos del acumulador insulada sería de 200 litros de agua. Ya que es el total de agua a utilizar y recordemos que es más eficiente el colector mediante el concepto de termosifón y no de flujo continuo.

5.1 INSTRUMENTOS

La utilización de bitácoras fue uno de los instrumentos más utilizados ya que registraba el avance y la evidencia de lo que se iba fabricando o ensamblando, aunado las técnicas de administración de tiempos de igual forma fue primordial en este proceso ya que por la diferencia de disponibilidad de las personas en ocasiones podría ocasionar considerables atrasos.

Tener el pre-diseño y la selección de materiales a utilizar fue una instrumento indispensable para el logro del objetivo, ya que la falta de un componente no considerado podría ocasionar retrasos en el proceso de fabricación.

La elaboración de un software que simulaba el resultado del colector didáctico fue una gran ventaja porque se evito el proceso de prueba y error y se baso solamente en el pre-diseño hecho previamente, desde luego que es importante resaltar que el factor experiencia resultaban ventajoso ante un anteproyecto elaborado

teóricamente, ya que en conjunto conocimiento y practica se mostro técnicamente factible el proyecto de colector didáctico.

5.2 TIPO DE INVESTIGACION

El tipo de investigación utilizada es la experimental, por tener la oportunidad de tomar y ajustar parámetros, definir procedimientos y las pruebas a los que se va a tener que someter el colector didáctico,

Ser capaz de tener un diseño robusto para soportar manipulaciones por parte de los alumnos, considerando los elementos mecánicos e instrumentos adecuados para realizar las pruebas de investigación necesarias para determinar si en realidad es un modelo adecuado. La elaboración de prácticas definidas es el gran valor que se aportara en este proyecto, de esta manera provocaría desarrollo e investigación para los usuarios, a partir de los formatos hechos previamente.

El diseño propuesto instalado dejaría gran beneficio a la población estudiantil del área de energías renovables. Ya que por este medio se aplicarían físicamente los experimentos dirigidos mediante cálculos manuales matemáticamente o por diseño de hojas de cálculos, El lugar propuesto para la instalación definitiva de colector didáctico. Es cerca del laboratorio de energías renovable.

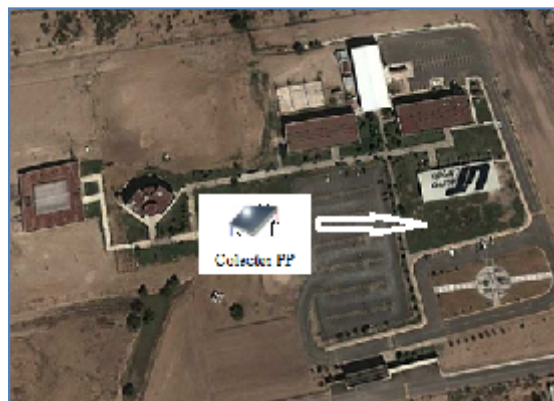


Imagen 5. Ubicación propuesta de colector.

CAPITULO 6

RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.0 RESULTADOS

Los resultados obtenidos fueron favorables, ya que el objetivo se logro en fabricar un colector didáctico. Además de la elaboración de formatos de prácticas para colector didáctico los cuales no permanecerán estáticos, serán dinámicos actualizándose en cada práctica que se realicen.

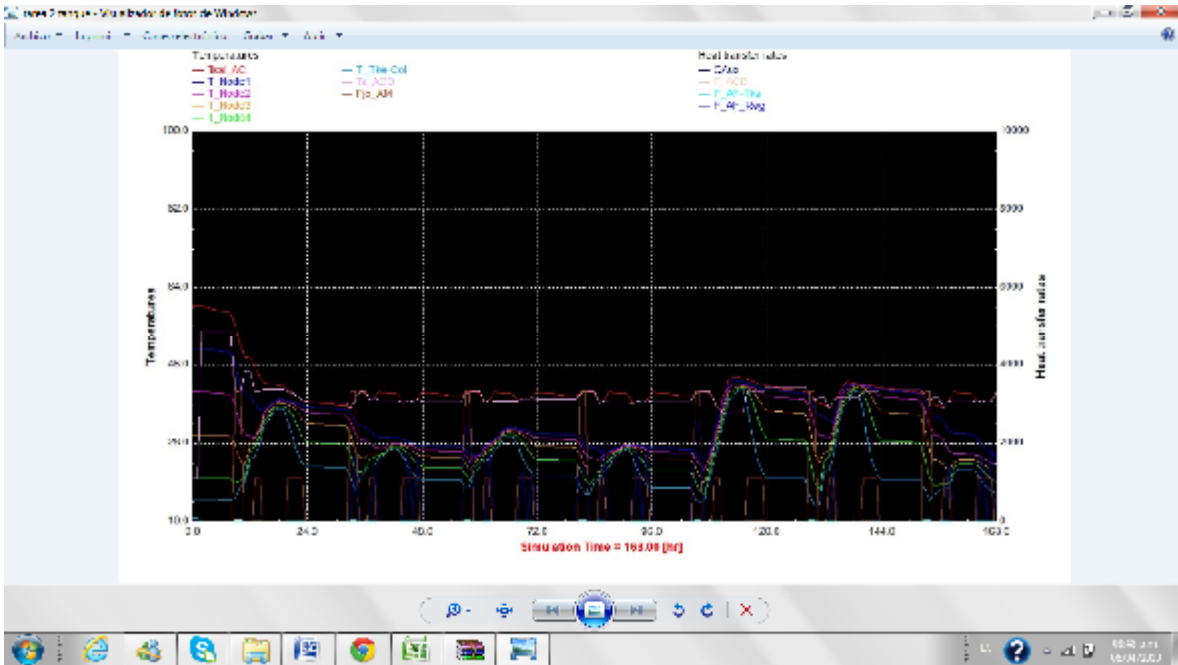


Imagen 6. Colector didáctico

6.1 DISCUSIONES

El ensaño analítico del colector didáctico, por medio de trnsys, fue el área donde hubo más problemas, tal es el caso en la corrida del programa en el software de trnsys simulation, en donde se invirtió gran cantidad de horas de trabajo para realizar la corrida, y en donde los datos que proporciono no tenía la exactitud con respecto a lo medido físicamente, fue una tarea de ajustes en el programa para llegar a una acercamiento de lo real.

Por el lado de la planeación y elaboración física del colector didáctico, fue esencial la disponibilidad de los participantes, ya que los diferentes horarios de clases no concedían, para una actividad en conjunto. Adjunto grafico de la última corrida.



Grafica 15. De corrida de programa de colector didáctico

CAPITULO 7

CONCLUSIONES

7.0 CONCLUSIONES

Este trabajo concluye en la elaboración de un colector didáctico capaz de dar servicio al estudiante de las carreras afines. Con el objetivo de hacer una herramienta didáctica para su aplicación inmediata.

Cabe dar mención que no es un proyecto estático es un proyecto que es dinámico, capaz de ser actualizado, automatizado e ir perfeccionando cada día su diseño original.

Y será entregado a resguardo de la universidad con el objetivo de pasar a ser propiedad de la universidad para fines meramente didáctico. Además de concluir excelentes prácticas de plomería de soldadura de estaño, pintura, cortes ensambles e instalación de instrumentos de medición, por parte de los participantes que con entusiasmo llevaron a cabo este proyecto.

7.1 REFERENCIAS

Agradecimiento por información obtenida en sus presentaciones a:

- 1.- Instalación de paneles Solares térmicos, Tomas perales, Alfaomega.
- 2.- Diseño e Integración de Sistemas Termo solares diapositivas,
3. - Dr. Daniel Saucedo Carvajal, uabc. Colectores solares - dispositive, 2011
4. - Solar energy engineering: processes and systems, Soteris Kalogirou, Academic Press, 2009.
- 5.- arquitexs.com/2010/11/arquitectura-sostenible-conceptos_12.html
- 6.- Ibáñez Plana, M. et al. "Tecnología Solar". Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 2005. 544 p. ISBN: 84-8476-199-1
- 7.- Perales Benito, Tomas. "Guía del Instalador de Energías Renovables:
- 8.- Energía Fotovoltaica, Energía Térmica, Energía Eólica, Climatización. Ed. LIMUSA / Noriega. México. 2005.
- 9.- Domínguez Garrido, Urbano. "Energía y Energías Renovables".
- 10.- Universidad de Salamanca. España. 1990
- 11.- Universidad de Oviedo, área mecánica de fluidos, EPS de ingeniería de Gijón presentación de pérdidas de cargas de tuberías, 2008
- 12.- Manual diseño de colector, Thisa, 2013, web

13.- Térmica de colectores, autor jmsantos, 2008

14.- energía solar-colectores térmicos, mc poul andres, 2010

: