



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

“MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE UN CALENTADOR SOLAR DE
PLACA PLANA DE 250 LITROS”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA:
ERNESTO SÁNCHEZ VÁZQUEZ

ASESOR DE TESIS:
DR. ALEJANDRO ROGEL RAMÍREZ



MÉXICO D.F.

2014



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ZARAGOZA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

OFICIO: FESZ/JCIQ/ 037/14

ASUNTO: Asignación de Jurado

Alumno (a): Sanchez Vazquez Ernesto

PRESENTE

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

PRESIDENTE	QUIM. MARTHA ORTIZ ROJAS
VOCAL	DR. ALEJANDRO DE LA CRUZ ROGEL RAMÍREZ
SECRETARIO	M. en I. RAFAEL SÁNCHEZ DIRZO
SUPLENTE	I.Q. DOMINGA ORTIZ BAUTISTA
SUPLENTE	I.Q. CUAUHTÉMOC LAGOS CHÁVEZ

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”
México D.F. a 28 de enero de 2014

JEFE DE CARRERA



DR. ROBERTO MENDOZA SERNA

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por abrir sus puertas y permitirme ser parte de ésta máxima casa de estudios, ya que dentro de ella aprendí no sólo conocimientos de la carrera, aprendí a ser una persona crítica y profesional.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, por brindarme la oportunidad de ser mi segundo hogar.

Al Dr. Alejandro Rogel, por compartir su experiencia, por su apoyo en todo momento para poder concluir este trabajo profesional.

A todos mis profesores de la carrera de Ingeniería Química, que me transmitieron sus conocimientos.

A mis compañeros de aula con los que compartí momentos agradables y a veces frustrantes, pero que hoy, gracias a esos momentos son los que me motivaron a concluir ésta etapa escolar.

DEDICATORIAS

A mi madre Beatriz y a mi padre Ernesto, quienes con esa forma tan peculiar de demostrar su cariño me motivaron a seguir siempre adelante, a ellos que siempre me dieron la libertad de elegir, a quienes les di más mortificaciones que satisfacciones, a ellos que siempre me dijeron que mi única herencia sería el conocimiento, hoy les puedo decir que han cumplido su propósito y les dedico éste trabajo que es parte de su gran esfuerzo.

A mis hermanos, Alejandra, Ramiro e Itzel, de quienes siempre tuve su apoyo y confianza en todo momento.

A mis sobrinas, Mariana, Miriam y Abigail, para darles testimonio, que cuando te propones hacer algo lo tienes que lograr.

Y un agradecimiento muy en especial a Ale, mi novia, quien nunca dudo que podía lograrlo, quien siempre a mi lado ha estado, antes, durante y después de concluir la carrera, a ella que con su amor, paciencia y dedicación siempre me dio ánimos para seguir hasta el final, a ella que es parte importante en este proyecto de vida, y por su amor incondicional es a quien también le dedico éste trabajo.

ÍNDICE

RESUMEN.....	8
OBJETIVOS.....	9
CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES.....	10
1.1 INTRODUCCIÓN A LAS ENERGÍAS RENOVABLES.....	10
1.2 ENERGÍA SOLAR.....	11
1.2.1 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	12
1.2.2 ENERGÍA SOLAR TÉRMICA.....	14
1.3 ENERGÍA EÓLICA.....	16
1.4 ENERGÍA HIDRÁULICA.....	19
1.5 ENERGÍA GEOTÉRMICA.....	21
1.6 ENERGÍA MAREOMOTRIZ.....	23
1.7 ENERGÍA BIOMÁSICA.....	23
CAPÍTULO 2 ENERGÍA SOLAR TÉRMICA.....	26
2.1 ENERGÍA SOLAR TÉRMICA (EST).....	26
2.2 ENERGÍA SOLAR TÉRMICA DE BAJA TEMPERATURA.....	27
2.3 COLECTORES SOLARES DE BAJA TEMPERATURA.....	28
2.4 COLECTORES SOLARES DE ALTA TEMPERATURA.....	32
2.4.1 SISTEMA CON COLECTORES CILÍNDRICOS-PARABÓLICOS.....	32
2.4.2 TORRES SOLARES.....	34

2.4.3 SISTEMA DISCOMOTOR.....	34
2.4.4 SISTEMAS DE MEDIA TEMPERATURA.....	36
2.4.5 SISTEMAS DE ALTA TEMPERATURA.....	36
CAPÍTULO 3 CALENTADORES DE PLACA PLANA DE TUBOS EN PARALELO.....	38
3.1 CALENTADORES SOLARES DE PLACA PLANA.....	38
3.2 COMPONENTES DEL COLECTOR SOLAR.....	39
3.3 PÉRDIDAS TÉRMICAS.....	40
3.4 EFECTO INVERNADERO.....	44
3.5 FRACCIÓN SOLAR (f).....	45
3.6 ÁNGULO DE INCLINACIÓN DEL COLECTOR Y AZIMUT DEL MISMO.....	45
CAPÍTULO 4 MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DEL CALENTADOR SOLAR.....	47
4.1 ARMADO DE LA TUBERÍA.....	47
4.2 ARMADO DE LA CARCASA.....	51
4.3 COLOCACIÓN DEL AISLANTE A LA CARCASA.....	55
4.4 ELABORACIÓN Y APLICACIÓN DE LA MEZCLA ABSORTIVA-RADIATIVA.....	57
4.5 ARMADO DE LA BASE PARA EL TERMOTANQUE Y BASES PARA COLECTORES SOLARES.....	62
4.6 ARMADO DEL TERMOTANQUE.....	67
4.7 INSTALACIÓN DEL CALENTADOR SOLAR.....	71

CONCLUSIONES.....	75
APÉNDICE.....	76
FUNCIONAMIENTO DE GEMA SOLAR.....	76
PLANOS.....	77
LISTA DE MATERIALES.....	82
LISTA DE MATERIALES POR SECCIÓN DE CONSTRUCCIÓN.....	85
BIBLIOGRAFÍA.....	89

RESUMEN

El presente trabajo está enfocado a la importancia de los calentadores solares para el calentamiento de agua, ya que son sistemas ecológicos que no utilizan ningún tipo de combustible fósil.

Tomando en cuenta que el ahorro de energía en la actualidad ha cobrado gran importancia dado el agotamiento y encarecimiento de los combustibles fósiles, así como la contaminación que conlleva el uso de éstos. De ésta forma lo que me interesa infundir a los lectores sobre este trabajo es ayudar a colaborar con el medio ambiente y mejorar la forma de utilizar nuestros recursos naturales, así como divulgar y transferir tecnologías apropiadas a nuestra realidad social, mediante la incorporación de tecnología sencilla, proponiendo para nuestro caso un calentador solar de placa plana, el cual será desarrollado con materiales de fácil adquisición.

En cuanto al aspecto metodológico, en primer lugar se optó por armar la red de tubería, ésta fue hecha de cobre, ya que es un buen conductor de energía térmica. Después el armado de la carcasa que es el soporte del colector solar el cual fue cubierto con una mezcla absorbente-radiativa de energía solar, hecha a partir de carbón y mucílago de nopal, la cual nos sirviera como medio para captar la radiación solar en nuestra placa absorbente que está colocada dentro de la carcasa del colector solar. Posteriormente, se armaron las bases de herrería para el soporte del termotanque y carcasa del colector solar, y por último el termotanque para 250 litros de agua. Al tener completo el calentador solar se instaló en el bioterio de la FES Zaragoza campo II.

Actualmente el calentador solar opera con una alta eficiencia y es usado por el personal para bañarse antes de entrar y después de salir del bioterio.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Construir un calentador solar de placa plana con capacidad para calentar 250 litros de agua para uso sanitario, con materiales de fácil adquisición y algunos de éstos de origen orgánico que no dañen al ambiente, para después elaborar un manual de construcción para dicho calentador.

OBJETIVOS PARTICULARES

Difundir éste material, para que un gran porcentaje de la población tenga acceso a la tecnología solar.

Contribuir a no contaminar más el ambiente al dejar de depender de combustibles fósiles.

Ayudar a la población a disminuir sus gastos en combustibles.

CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES

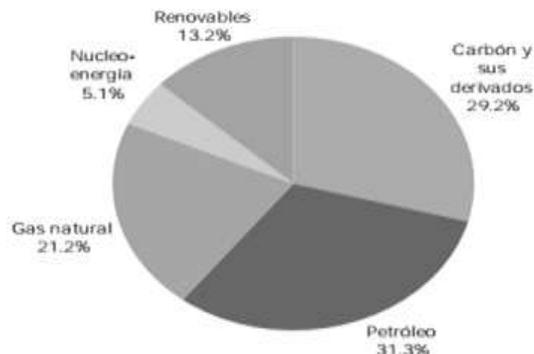
1.1 INTRODUCCIÓN A LAS ENERGÍAS RENOVABLES

El cambio climático ya es una realidad que nos afecta a todos. Si queremos conservar nuestro planeta para las generaciones futuras, es necesario tomar medidas ya. Las emisiones contaminantes de los combustibles fósiles son la causa principal de dicho cambio climático. Está claro que hay que tratar de sustituirlos por energías limpias y renovables.

Tomando en cuenta una definición de energía renovable; es aquella que, administrada en forma adecuada, puede explotarse ilimitadamente, es decir, su cantidad disponible (en la Tierra) no disminuye a medida que se aprovecha.

Dentro de las cuales tenemos: la energía solar, que desde mi punto de vista es la más importante ya que la mayoría se derivan de ella, como la solar fotovoltaica, solar térmica, la eólica, mareomotriz, biomasa e hidráulica. Pero también debemos considerar a la geotérmica como energía renovable. Figura 1.1.1 del consumo mundial de energía

Figura 1.1.1



Fuente: World Energy Balances, IEA, edición 2013.

Figura 1.1.1 Consumo mundial de energía por energético 8917.53 MMtep

(MMtep) millones de toneladas equivalentes de petróleo.

1.2 ENERGÍA SOLAR

Es la base de las demás energías. Sin Sol no existiría vida, se calcula que al Sol le quedan unos 5000 millones de años de vida, en los que seguirá suministrando energía a nuestro planeta (si sigue existiendo entonces).

La energía solar, como recurso energético terrestre, está constituida simplemente por la porción de luz que emite el Sol y que es interceptada por la Tierra. Por ejemplo México es un país con alta incidencia de energía solar en todo su territorio. Con una irradiación media anual de aproximadamente 5 kWh/m^2 por día, esto equivale a 600W/m^2 . Figura 1.2.1. México es uno de los países a nivel mundial que presenta condiciones ideales para el aprovechamiento masivo de este tipo de energía.

El calor y la luz del Sol pueden aprovecharse por medio de captadores como células fotovoltaicas, helióstatos y colectores térmicos, que pueden transformarla en energía eléctrica o térmica.

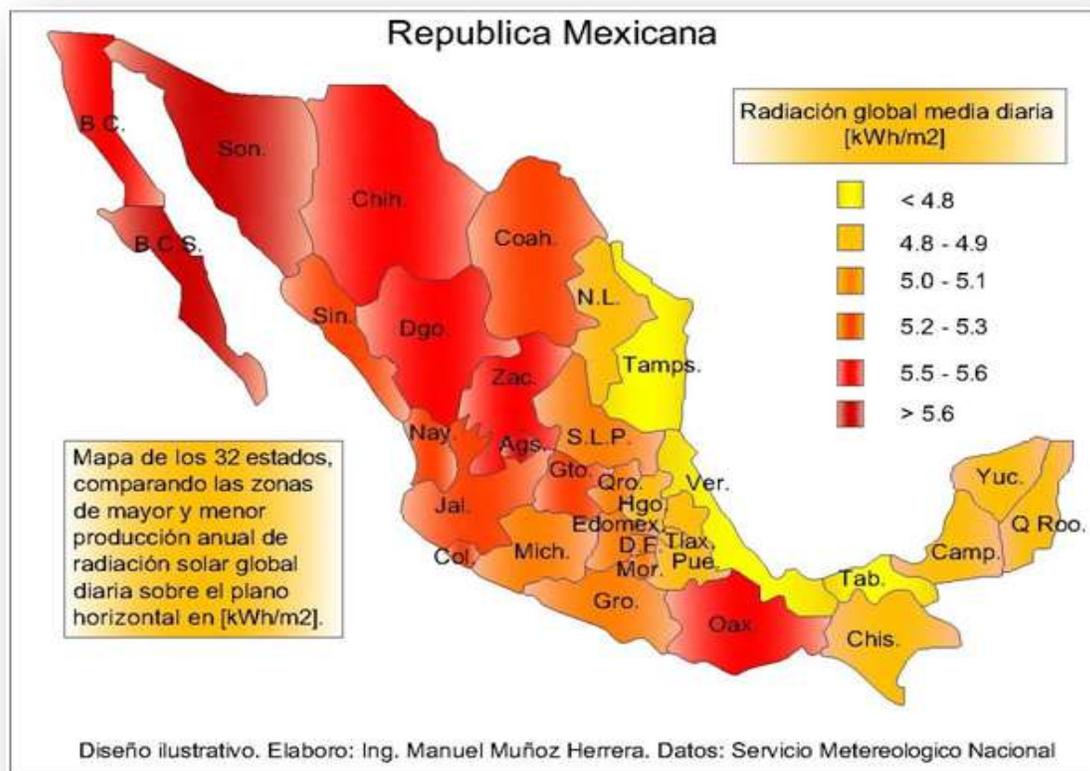


Figura 1.2.1 Cantidad de irradiación solar por estados

Energía solar directa

Una de las aplicaciones de la energía solar es directamente como luz solar, por ejemplo, para la iluminación de recintos. En éste sentido, cualquier ventana es un colector solar, otra aplicación directa y muy común es en el secado de la ropa.

Existe otra forma de utilizar la energía solar, como son paneles fotovoltaicos y colectores térmicos, siendo éstos los más importantes para captar la energía del Sol.

1.2.1 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica es un tipo de electricidad renovable obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, o una deposición de metales sobre un sustrato llamado célula solar de película fina.

Éste tipo de energía se usa para alimentar innumerables aparatos autónomos, para abastecer refugios o casas aisladas de la red eléctrica y para producir electricidad a gran escala a través de redes de distribución.

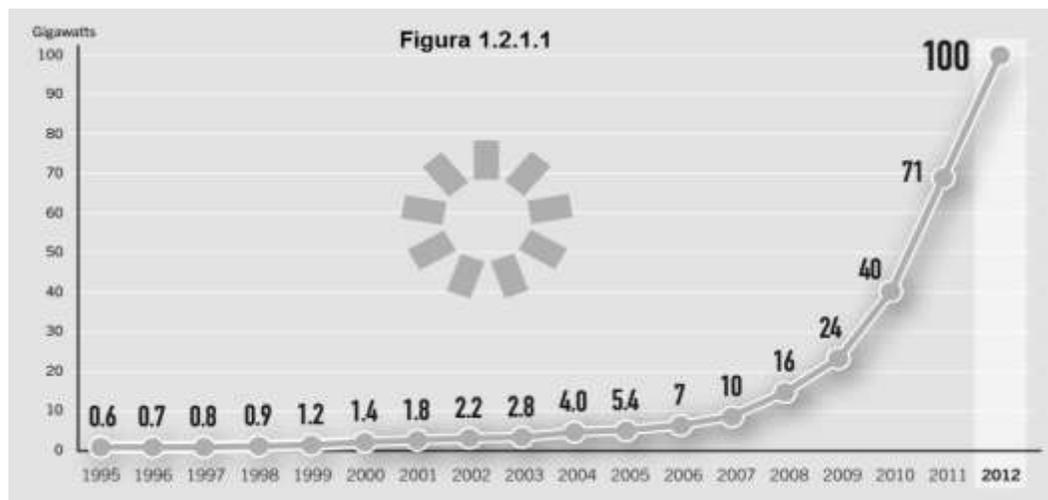
Debido a la creciente demanda de energías renovables, la fabricación de células solares e instalaciones fotovoltaicas han avanzado considerablemente en los últimos años.

Entre los años 2001 y 2012 se ha producido un crecimiento exponencial de la producción de energía fotovoltaica, doblándose aproximadamente cada dos años. Si esta tendencia continúa, la energía fotovoltaica cubriría el 10% del consumo energético mundial en 2018, alcanzando una producción aproximada de 2,200 TWh, y podría llegar a proporcionar el 100% de las necesidades energéticas actuales en torno al año 2027.

A finales de 2012, se habían instalado en todo el mundo más de 100 GW de potencia fotovoltaica. Gracias a ello la energía solar fotovoltaica es actualmente, después de las energías hidroeléctrica y eólica, la tercera fuente de energía renovable más importante en términos de capacidad instalada a nivel global, y supone ya una fracción significativa del mix eléctrico en la Unión Europea, cubriendo de media el 3-5% de la demanda y hasta el 10% en los períodos de mayor producción, en países como Alemania, Italia o España.

Gracias a los avances tecnológicos, la sofisticación y la economía de escala, el coste de la energía solar fotovoltaica se ha reducido de forma constante desde que se fabricaron las primeras células solares comerciales, aumentando a su vez la eficiencia, y logrando que su coste medio de generación eléctrica sea ya competitivo con las fuentes de energía convencionales en un creciente número de regiones geográficas, alcanzando la paridad de red.

Programas de incentivos económicos, primero, y posteriormente sistemas de autoconsumo fotovoltaico y balance neto sin subsidios, han apoyado la instalación de la energía fotovoltaica en un gran número de países, contribuyendo a evitar la emisión de una mayor cantidad de gases de efecto invernadero. Figura 1.2.1.1 gráfica de capacidad instalada de energía solar fotovoltaica.



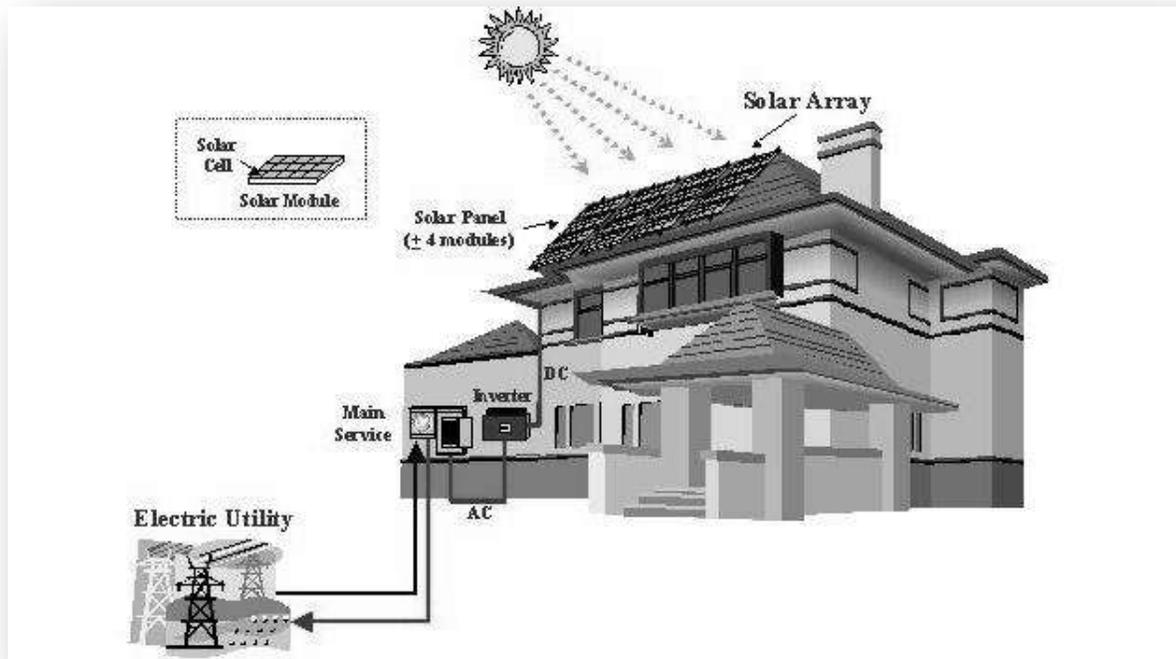
Fuente: REN 21 Renewables 2013 Global Status Report.

Figura 1.2.1.1 Capacidad instalada de energía solar fotovoltaica

La tasa de retorno energético de esta tecnología, por su parte, es cada vez menor. Con la tecnología actual, los paneles fotovoltaicos recuperan la energía necesaria para su fabricación en un período comprendido entre 6 meses y 1.4 años; teniendo en cuenta que su vida útil media es superior a 30 años, producen electricidad limpia durante más del 95% de su ciclo de vida.

Las células fotovoltaicas en su forma más común, están compuestas casi de forma principal de silicio, el elemento más abundante existente en la naturaleza.

Al carecer de elementos mecánicos en movimiento puede, al menos en teoría, aunque no en la práctica, funcionar indefinidamente sin desgaste y su salida directa es la electricidad, probablemente la forma más útil de energía conocida hasta la fecha. Imagen de un sistema fotovoltaico instalado, figura 1.2.1.2



Fuente: <http://www.dforceblog.com/2009/08/22/usos-de-la-energia-solar-fotovoltaica>

Figura 1.2.1.2 Sistema fotovoltaico instalado en un hogar.

1.2.2 ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

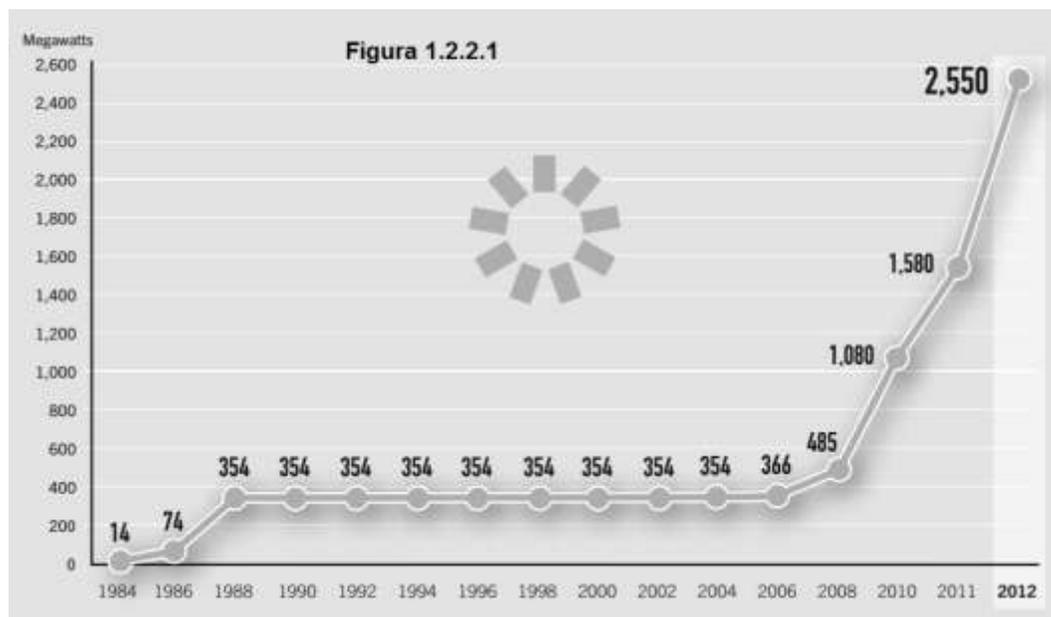
La energía solar térmica o energía termosolar consiste en el aprovechamiento de la energía del Sol para producir calor que puede aprovecharse para cocinar alimentos o para la producción de agua caliente destinada al consumo de agua doméstico, ya sea agua caliente sanitaria, calefacción, o para producción de energía mecánica y, a partir de ella, energía eléctrica. Adicionalmente puede emplearse para alimentar una máquina de refrigeración por absorción, que emplea calor en lugar de electricidad para producir frío con el que se puede acondicionar el aire de los locales.

La tecnología solar térmica es empleada para convertir la energía radiante del Sol en calor; a este proceso se le llama calentamiento solar. El calor es transmitido a un fluido de trabajo (aire, agua, aceite, u otros) para elevar su temperatura y así satisfacer los requerimientos de calor en distintos servicios. Las temperaturas a las que puede llegar el fluido a calentar pueden ser hasta los 500 °C.

Se distingue entre dos niveles de temperatura dentro la tecnología de calentamiento solar, los cuales son:

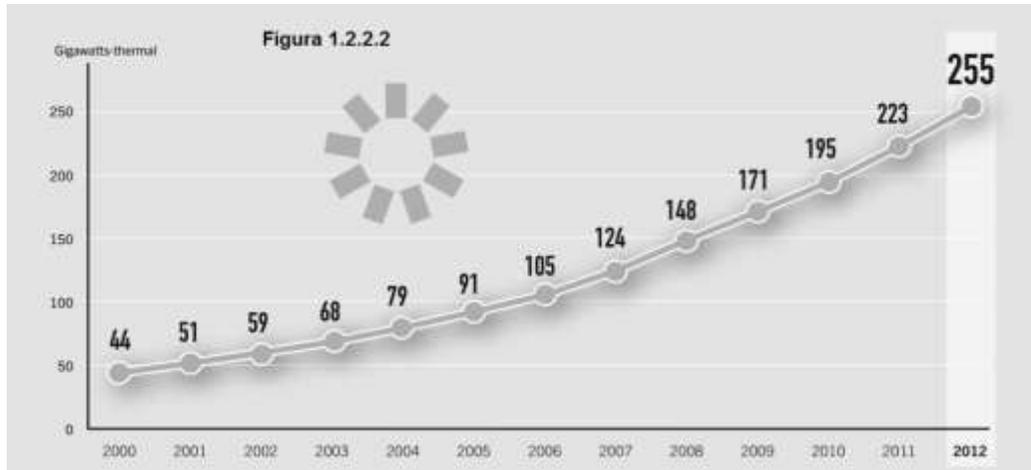
- Sistemas de baja temperatura (hasta aprox. 100 °C)
- Sistemas de alta temperatura (hasta los 500 °C aprox.).

Gráfica de capacidad instalada de energía solar térmica. Figura 1.2.2.1



Fuente: REN 21 Renewables 2013 Global Status Report.
Figura 1.2.2.1 Capacidad instalada de energía solar térmica

Gráfica de capacidad instalada de calentadores solares para agua. Figura 1.2.2.2



Fuente: REN 21 Renewables 2013 Global Status Report.

Figura 1.2.2.2 Capacidad instalada de calentadores solares

1.3 ENERGÍA EÓLICA

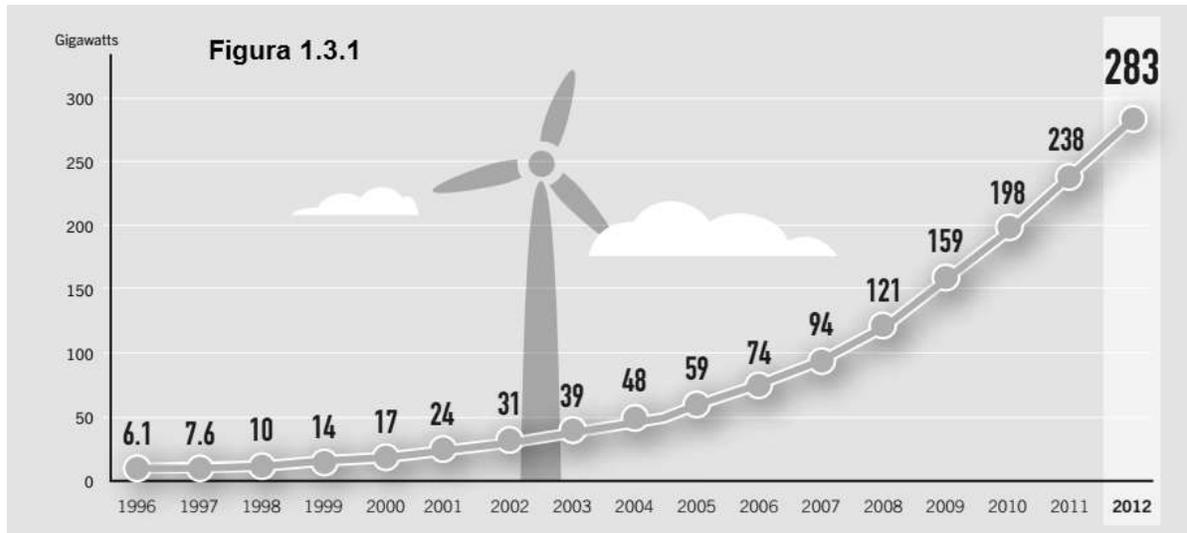
La palabra eólica viene de Eolo, dios de la mitología griega que designaba el viento, la energía eólica ha sido utilizada a lo largo de los siglos para moler grano, bombear agua y en otras aplicaciones mecánicas más o menos elementales. Hoy en día, existen miles de molinos de viento funcionando en el mundo, muchos de los cuales son utilizados como elementos de bombeo.

Estrictamente hablando, la palabra molino proviene de moler. Los molinos destinados a la molienda se suelen llamar turbinas de viento, de forma análoga a las denominaciones de turbinas de vapor y turbinas de gas. Sin embargo, los utilizados para la producción de electricidad suelen recibir el nombre de aerogeneradores o sistemas de conversión de energía eólica.

Los intentos de generar energía eléctrica a partir de la eólica se han venido haciendo con éxito diverso desde finales del siglo XIX.

Desde los años 30's se han fabricado pequeñas máquinas cuya misión era cargar las baterías, sin embargo, no fue hasta los 80's cuando la tecnología llegó a estar suficientemente madura para permitir la evolución hacia una industria de una escala mayor.

El coste de los aerogeneradores cayó de una manera notable entre los años de 1980 y 2000. El viento es, en la actualidad, una de las fuentes de energía con mejor relación coste eficiencia para la producción de energía eléctrica. La mejora tecnológica está permitiendo unos precios cada vez más bajos y una mayor fiabilidad, por lo que es de esperar que aún sea más competitiva en las próximas décadas. El viento es, asimismo, una de las energías renovables. A continuación se muestra una gráfica de capacidad instalada a nivel mundial. Figura 1.3.1



Fuente: REN 21 Renewables 2013 Global Status Report.

Figura 1.3.1 Capacidad instalada de energía eólica

¿Cómo se produce y obtiene?

La energía del viento está relacionada con el movimiento de las masas de aire que se desplazan de áreas de alta presión atmosférica hacia áreas adyacentes de baja presión, con velocidades proporcionales al gradiente de presión.

Los vientos son generados a causa del calentamiento no uniforme de la superficie terrestre por parte de la radiación solar, entre el 1 y 2 % de la energía proveniente del Sol se convierte en viento. De día, las masas de aire sobre los océanos, los mares y los lagos se mantienen frías con relación a las áreas vecinas situadas sobre las masas continentales.

Los continentes absorben una menor cantidad de luz solar, por lo tanto el aire que se encuentra sobre la Tierra se expande, y se hace por lo tanto más liviana y se eleva. El aire más frío y más pesado que proviene de los mares, océanos y grandes lagos se pone en movimiento para ocupar el lugar dejado por el aire caliente.

Para poder aprovechar la energía eólica es importante conocer las variaciones diurnas, nocturnas y estacionales de los vientos, la variación de la velocidad del viento con la altura sobre el suelo, la entidad de las ráfagas en espacios de tiempo breves, y valores máximos ocurridos en series históricas de datos con una duración mínima de 20 años. Es también importante conocer la velocidad máxima del viento. Para poder utilizar la energía del viento, es necesario que este alcance una velocidad mínima que depende del aerogenerador que se vaya a utilizar pero que suele empezar entre los 3 m/s (10 km/h) y los 4 m/s (14,4 km/h), velocidad llamada "*cut-in speed*", y que no supere los 25 m/s (90 km/h), velocidad llamada "*cut-out speed*".

La energía del viento es utilizada mediante el uso de máquinas eólicas (o aeromotores) capaces de transformar la energía eólica en energía mecánica de rotación utilizable, ya sea para accionar directamente las máquinas operatrices, como para la producción de energía eléctrica. En éste último caso, el sistema de conversión, (que comprende un generador eléctrico con sus sistemas de control y de conexión a la red) es conocido como aerogenerador.

En la actualidad se utiliza, sobre todo, para mover aerogeneradores. En estos la energía eólica mueve una hélice y mediante un sistema mecánico se hace girar el rotor de un generador, normalmente un alternador, que produce energía eléctrica. Para que su instalación resulte rentable, suelen agruparse en concentraciones denominadas parques eólicos. Figura 1.3.2

En este tema destaca la realización de la primera etapa de un proceso de consulta indígena para la construcción y operación de un proyecto eólico en el Istmo de Tehuantepec, que tendrá una capacidad de generación cercana a los 300 MW.

En lo que se refiere a la energía eólica en México, durante el 2012, arrancaron las centrales Oaxaca I, II, III, IV y La Venta III con una capacidad de 510.9 MW.²¹ Con ello, la producción eólica alcanzó 13.12 PJ (3,643.80GWh), 121.1% mayor respecto a 2011.



Fuente foto: Jorge Alonso Cervera /
Procesofoto / Oax.

Figura 1.3.2 Parque Eólico de la
Venta, en el municipio de Juchitán,
Oaxaca.

1.4 ENERGÍA HIDRÁULICA

Como la mayor parte de las energías renovables la energía hidráulica no es sino energía solar indirecta, y ha realizado, a lo largo de los tiempos, una contribución muy importante en el mundo de la energía. La hidroeléctrica es una tecnología bien establecida, que proporciona cerca de la sexta parte de la electricidad mundial de forma fiable y a precios competitivos desde hace más de un siglo, suponiendo más del 90% de la electricidad suministrada por las renovables.

Los recursos hidroeléctricos como ocurre con la mayor parte de las energías renovables, no son una cantidad finita de energía almacenada sino un flujo de energía que va sumando año tras año nuevas cantidades adicionales de energía, esta energía proviene de la lluvia o nieve que cae en las montañas. Normalmente se expresa en kWh/año o TWh/año.

Casi la cuarta parte de los 1.5 billones de TWh, es la energía solar que incide en la Tierra, es consumida por la evaporación del agua, por lo que el vapor de agua existente en la atmósfera supone una enorme cantidad de energía renovable.

Desgraciadamente, la mayor parte de la misma no está disponible en la Tierra. Cuando el vapor de agua se condensa, la mayor parte de la energía es liberada en la atmósfera en forma de calor, e irradiada de nuevo hacia el espacio exterior, pero una minúscula fracción, alrededor del 0.06%, es retenida mediante precipitación que cae sobre las colinas y montañas.

Se denomina energía hidráulica, energía hídrica o hidroenergía, a aquella que se obtiene del aprovechamiento de las energías cinética y potencial de la corriente del agua, saltos de agua o mareas. Es un tipo de energía verde cuando su impacto ambiental es mínimo y usa la fuerza hídrica sin represarla, en caso contrario es considerada sólo una forma de energía renovable.

Se puede transformar a muy diferentes escalas, existen desde hace siglos pequeñas explotaciones en las que la corriente de un río mueve un rotor de palas y genera un movimiento aplicado, por ejemplo, en molinos rurales. Sin embargo, la utilización más significativa la constituyen las centrales hidroeléctricas de presas, aunque estas últimas no son consideradas formas de energía verde por el alto impacto ambiental que producen.

Cuando el Sol calienta la Tierra, además de generar corrientes de aire, hace que el agua del mar, principalmente, se evapore y ascienda por el aire y se mueva hacia las regiones montañosas, para luego caer en forma de lluvia.

Esta agua se puede coleccionar y retener mediante presas. Parte del agua almacenada se deja salir para que se mueva los álabes de una turbina engranada con un generador de energía eléctrica. Figuras 1.4.1 y 1.4.2



Fuente: juannali.wordpress.com

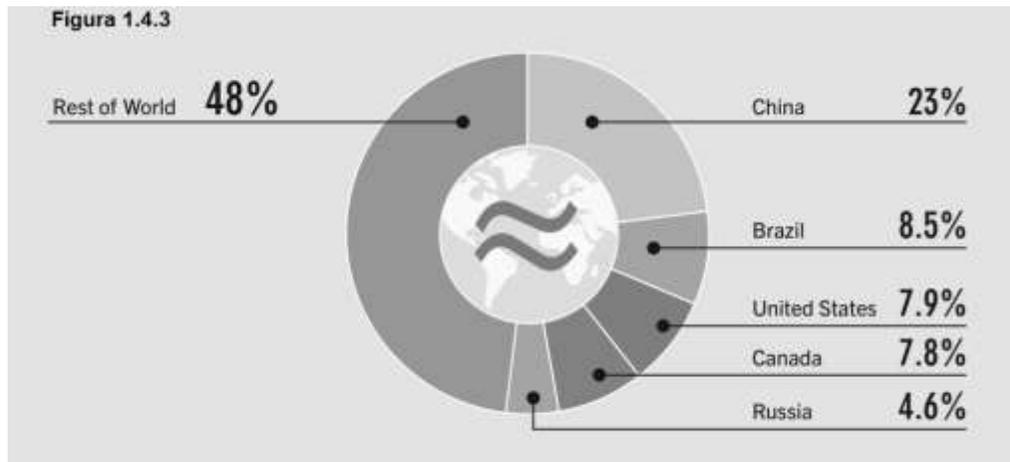
Figura 1.4.1 Esquema de planta hidroeléctrica



Fuente <http://hidraulicaunionccs.blogspot.mx/>

Figura 1.4.2 Hidroeléctrica el Cajón Nayarit, México

Capacidad instalada de hidroeléctrica en el mundo. Figura 1.4.3



Fuente: REN 21 Renewables 2013 Global Status Report.

Figura 1.4.3 Capacidad instalada de energía hidráulica

1.5 ENERGÍA GEOTÉRMICA

En la continua búsqueda de mejoras de coste y eficiencia en las diversas formas de la energía que contribuyan a paliar el calentamiento global, y que no constituyan, además, un ataque a la seguridad nacional y mundial, la energía geotérmica ha llegado a ser un protagonista indiscutible. La geotérmica es la única forma de energía renovable que es independiente del Sol, teniendo su única fuente de calor en el interior de la Tierra. Es un recurso comparativamente difuso; la cantidad de calor existente en el interior de la Tierra es de 10^{21} julios/año muy pequeña si la comparamos con la enorme 5.4×10^{24} de la energía solar calentando la Tierra, lo produce ciclos atmosféricos e hidrogeológicos. Existen, sin embargo, muchos lugares en la Tierra donde el flujo es lo suficientemente concentrado para generar recursos naturales en forma de vapor y agua caliente (180 a 250 °C), existentes en rocas a gran profundidad, y adecuadas para la generación de energía eléctrica, son los que se denominan recursos de alta entalpía.

Las técnicas para explotar los recursos son, en principio, muy sencillas, y análogas a las bien establecidas de extracción del petróleo y gas. Se realiza una o más perforaciones en el recipiente, el agua caliente fluye en estado líquido o es bombeada hasta la superficie, siendo luego utilizada para alimentar turbinas de vapor convencionales o equipos de calefacción.

Evidentemente, el producto final más valioso potencialmente obtenible es la electricidad, mucho más que el agua caliente.

Así que la mayor parte de la atención se centra en los recursos capaces de generar energía eléctrica. Es decir, tratar de conseguir el suficiente calor que sea capaz de generar finalmente electricidad de forma barata. Figura 1.5.1

En el caso de la geotermia, los mayores recursos se ubican en el denominado “Cinturón de Fuego”, localización que coloca a México como el cuarto mayor productor mundial de geotermoelectricidad, tan sólo aprovechando aproximadamente el 10% de nuestros recursos.

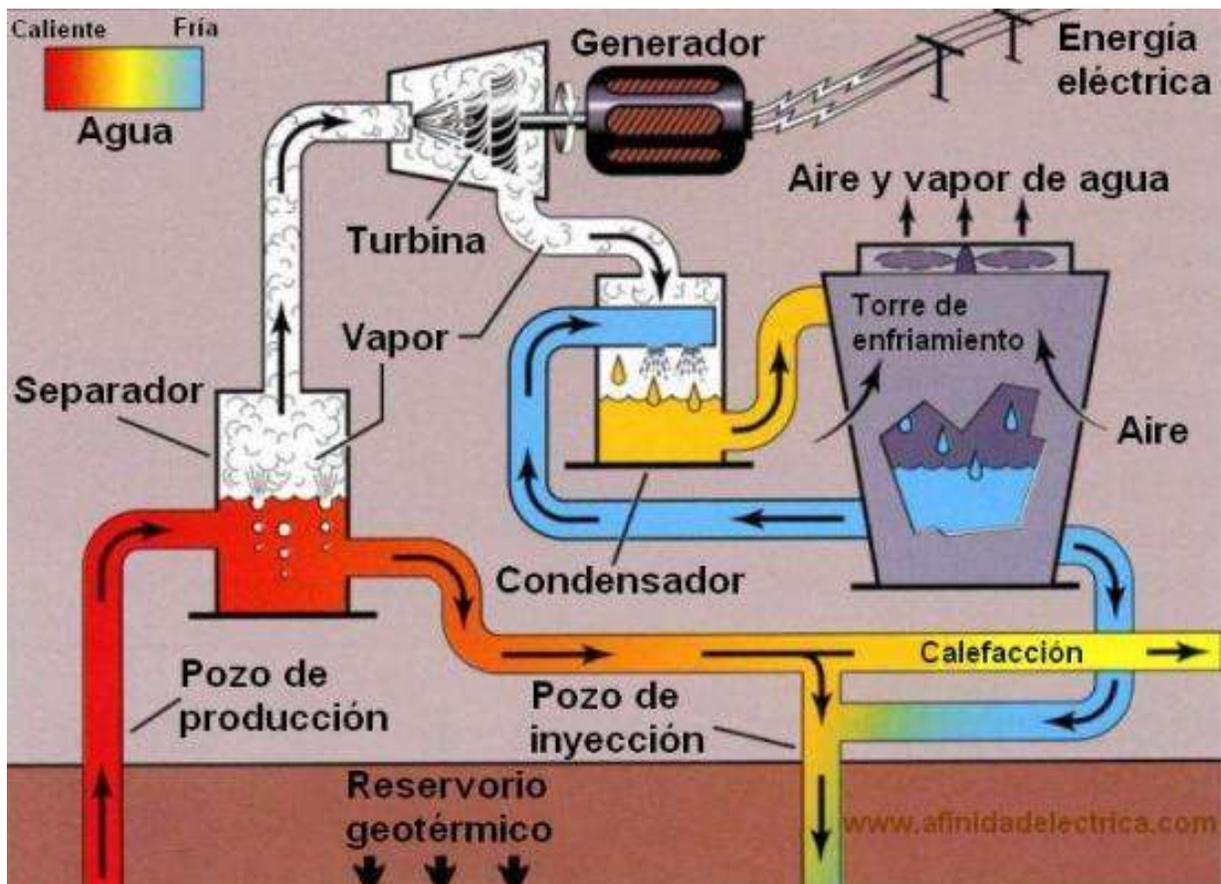


Figura 1.5.1 Ciclo de la generación de electricidad por energía geotérmica

1.6 ENERGÍA MAREOMOTRIZ

La energía mareomotriz es la que se obtiene aprovechando las mareas, mediante su empalme a un alternador se puede utilizar el sistema para la generación de electricidad, transformando así la energía mareomotriz en energía eléctrica, una forma energética más segura y aprovechable. Es un tipo de energía renovable, en tanto que la fuente de energía primaria no se agota por su explotación, y es limpia ya que en la transformación energética no se producen subproductos contaminantes gaseosos, líquidos o sólidos.

Sin embargo, la relación entre la cantidad de energía que se puede obtener con los medios actuales y el coste económico y ambiental de instalar los dispositivos para su proceso han impedido una penetración notable de este tipo de energía.

Otras formas de extraer energía del mar son: las olas (energía undimotriz), de la diferencia de temperatura entre la superficie y las aguas profundas del océano, el gradiente térmico oceánico; de la salinidad, de las corrientes marinas o la energía eólica marina.

La posibilidad de extraer energía de las olas de los mares ha intrigado a la humanidad durante siglos.

Sin embargo, aun cuando existen conceptos que tienen más de 200 años de antigüedad, no fue hasta los años setenta, del siglo pasado, cuando comenzaron a surgir esquemas viables. En realidad, estos esquemas de conversión de la energía de las olas en energía útil tienen pocas desventajas medioambientales. Las prospecciones que pueden hacerse de su contribución para lograr una energía significativa son prometedoras. De hecho, en regiones del mundo donde el clima del oleaje es energético y donde las fuentes de energía convencionales son caras, como ocurre en las islas remotas, estos esquemas pueden llegar a ser competitivos.

1.7 ENERGÍA BIOMÁSICA

Bioenergía es un término general derivado de la obtención de energía de materiales tales como la madera, paja o residuos de animales, y cuya antigüedad es escasa, en contraste con los combustibles fósiles.

Los materiales citados pueden ser quemados directamente para producir calor o energía, pero también pueden ser convertidos en biocombustibles. El carbón vegetal y el biodiesel, por ejemplo, son biocombustibles obtenidos a partir de la madera y de las semillas de las plantas respectivamente.

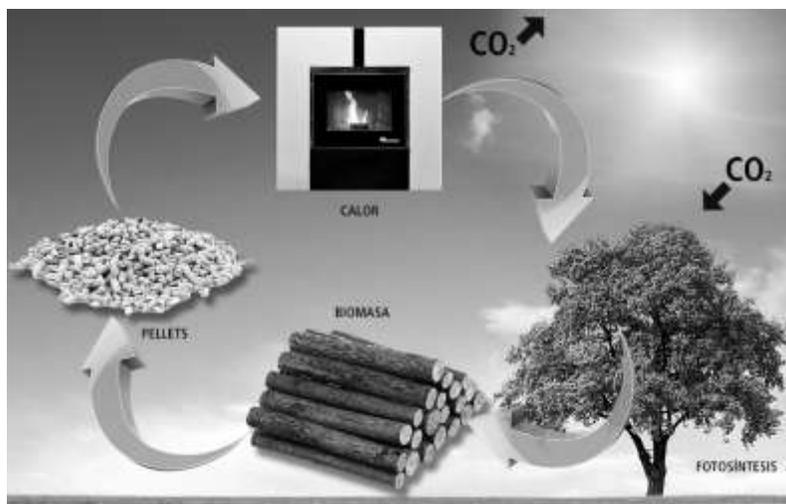
Toda materia viva de la Tierra forma la biomasa, existe en una delgada capa de la superficie que se llama biósfera, y representa sólo una minúscula fracción de la masa total de la Tierra, pero en términos humanos es un enorme almacén de energía. Más significativamente, es un almacén que es abastecido continuamente por un flujo de energía procedente del Sol, mediante un proceso llamado fotosíntesis. Aunque sólo una pequeña fracción de la energía solar alcance la Tierra anualmente, una parte de ella es captada por la materia orgánica que existe sobre la Tierra, su volumen es, sin embargo, equivalente a casi siete veces el consumo de energía primaria en todo el mundo.

En la naturaleza, la energía es almacenada en los carbohidratos de las plantas y disipada a través de una serie de conversiones que implican procesos químicos y físicos en las plantas, el suelo, y la atmósfera que lo rodea, así como a otros seres vivos.

Algunos elementos habrán perdido esa energía al cabo de un año, pero la biomasa puede acumular durante décadas esta energía, por ejemplo, la madera de los árboles. Una nueva fracción puede acumularse durante siglos y una minúscula proporción ha llegado a convertirse en combustible fósil durante miles de años.

Lo significativo de éste proceso es, así podemos intervenir y capturar algo de la biomasa en el estado en el que está actuando como un yacimiento de energía química, tendremos por tanto un combustible.

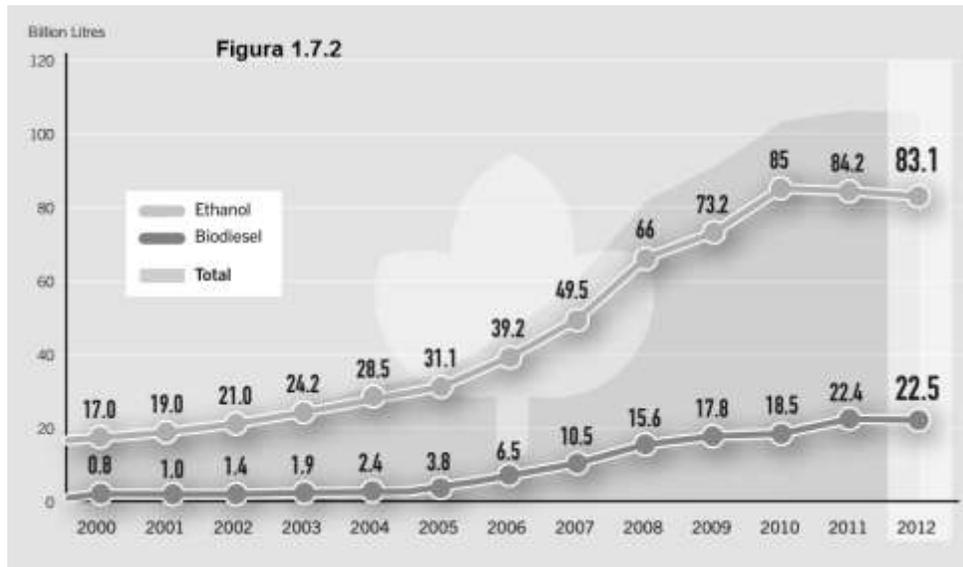
Aún más, con tal de que nuestro consumo no exceda el nivel natural de producción, la combustión de los biocombustibles debería generar más calor, emitiendo no más dióxido de carbono que el que se hubiera formado mediante un proceso natural. Tendríamos así una fuente de energía verdaderamente sostenible, sin efectos globales y nocivos para el entorno. Figura 1.7.1



Fuente:
www.areaciencias.com

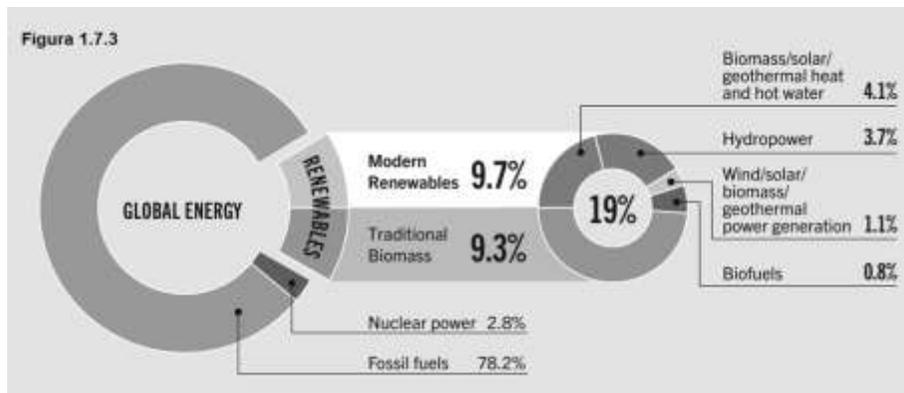
Figura 1.7.1 Ciclo de la energía biomásica

Capacidad instalada de biocombustible en el mundo. Figura 1.7.2



Fuente: REN 21 Renewables 2013 Global Status Report.

Figura 1.7.2 Producción global de etanol y biodiesel



Fuente: REN 21 Renewables 2013 Global Status Report.

Figura 1.7.3 Consumo de energía a nivel mundial

CAPÍTULO 2 ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

2.1 ENERGÍA SOLAR TÉRMICA (EST).

La energía solar debería ser la primera energía en considerar, realiza de hecho, una enorme pero mucho más oculta contribución a nuestras necesidades de energía. Es la energía radiante del Sol la que mantiene la superficie terrestre a una temperatura suficientemente caliente capaz de hacer soportable la vida humana. Pero a pesar de esta enorme entrada de energía en nuestra civilización, el Sol es virtualmente ignorado en las estadísticas energéticas nacionales e internacionales, las cuales están casi enteramente centradas en el consumo de los combustibles comerciales.

El Sol tiene una temperatura de 6,000°C, mantenida mediante reacciones continuas de fusión nuclear entre átomos de hidrogeno en su interior. Estas reacciones convertirán gradualmente todo su hidrógeno en elementos más pesados, pero éste es un proceso relativamente lento. El Sol debería continuar suministrando energía durante otros 5 billones de años.

El Sol irradia enormes cantidades de energía en el espacio que le rodea, y una mínima fracción es interceptada por la atmósfera de la Tierra, a 150 millones de Km, carece de sentido hablar que es del orden de 15,000 veces la tasa de uso de la energía fósil y nuclear utilizada por la humanidad actual. Aunque, aproximadamente, un tercio de la energía es reflejada por la atmósfera antes de que alcance la superficie de la Tierra, todavía permanece un flujo continuo y aprovechable y virtualmente inagotable de energía.

Éste flujo de energía es todavía del orden de 10,000 veces nuestra tasa de consumo de los combustibles convencionales y está disponible, en principio, a toda la civilización humana.

La energía solar, cuando entra en nuestros edificios, calienta e ilumina con una considerable extensión. Cuando los edificios están específicamente diseñados para tomar plena ventaja de la radiación solar, sus necesidades para un calentamiento adicional y para la iluminación artificial pueden ser notoriamente reducidas.

La energía solar puede ser recogida mediante el uso de colectores solares para producir agua caliente para el lavado o el calentamiento de espacios dentro del edificio.

Tales colectores (colectores planos y tubos de vacío) son de uso muy extendido en países soleados como Israel o Grecia, pero también son ampliamente utilizados en países menos soleados como Austria o Alemania. Incluso en la nubosa Inglaterra existen más de 40,000 sistemas de calentamiento de agua por energía solar.

En regiones tales como las del sur de California, España Grecia, etc., donde los niveles de radiación del Sol son más del doble de los existentes en Alemania y Suecia y los cielos más claros, los rayos de Sol son lo suficientemente potentes como para generar vapor de agua usando espejos como concentradores. Este vapor puede ser usado, posteriormente, en una turbina que se conecta a un generador para producir finalmente electricidad.

Otros sistemas de colectores con concentradores lo forman los colectores cilíndrico-parabólicos, los sistemas disco motor y las torres de potencia.

2.2 ENERGÍA SOLAR TÉRMICA DE BAJA TEMPERATURA

Se ha insistido desde hace tiempo en la necesidad de abandonar las energías más contaminantes e ir pasando a otras tecnologías que lo sean mucho menos, y en particular, aquellas que se encuentran con un grado de madurez tecnológica suficiente como para ser aplicadas sin aventuras, y sin que terminen costando finalmente más caras a la colectividad, que si utilizáramos los sistemas convencionales.

Tradicionalmente el aprovechamiento de la energía solar térmica se ha asociado a los usos residenciales, especialmente para agua caliente sanitaria, sin embargo, también son utilizadas en las empresas, tanto en la industria para aportar calor en muchos de sus procesos, como en los servicios, sector muy importante en las ciudades desarrolladas; en sus variantes de calefacción, agua caliente sanitaria e incluso de refrigeración.

Cabe señalar que éstas instalaciones de energía solar térmica permiten el ahorro de energía de los combustibles convencionales que son caros, muy contaminantes y sometidos a fuertes fluctuaciones de precios, sin embargo, es necesario resaltar que resulta necesario mantener estos sistemas convencionales como apoyo en las situaciones en las que, cuando se presente una climatología adversa, la instalación solar no es capaz de aportar la energía demandada, además de la discontinuidad, típica entre la noche y el día.

Las posibilidades de desarrollo de la energía solar térmica son muy grandes en los países cálidos tal es el caso de México. Además del calentamiento del agua, resulta posible técnicamente ayudar a la calefacción e incluso a la refrigeración de los locales sean estos viviendas (unifamiliares y multifamiliares), edificios de servicios e industrias, reduciendo, de ese modo, la factura del combustible convencional usado y de las emisiones nocivas a la atmósfera. No es de extrañar, por lo tanto, que tales iniciativas sean molestas para los propietarios de las grandes empresas energéticas que verían disminuir su porción del pastel si tales iniciativas fueran impulsadas ya que se encontrarían fuera de su control.

Ese planteamiento sería muy conservador ya que existen una gran cantidad de negocios relacionados.

La transformación de la energía solar en energía directamente aprovechable para nuestros fines se realiza por medio de los colectores solares que almacenan el calor producido por la radiación solar en su superficie. Según las temperaturas que alcance la instalación hablaremos de sistemas de energía solar térmica (EST) de baja o alta temperatura. Los sistemas de baja temperatura (inferior a los 100°C) resultan suficientes para suplir dos tercios del consumo energético convencional utilizado para calentar el agua, tanto sanitaria como industrial, estos sistemas son tecnológicamente los más sencillos, muy fáciles de instalar y se amortizan en pocos años, siendo a partir de esa fecha muy baratos ya que el combustible es gratuito.

Las instalaciones solares térmicas de baja temperatura son sistemas silenciosos, limpios, sin piezas móviles y con una larga vida útil, que generan una energía distribuida, y cercana al lugar donde se necesita, no precisan infraestructuras especiales para su transporte, siendo su montaje “muy sencillo”.

2.3 COLECTORES SOLARES DE BAJA TEMPERATURA

La temperatura del fluido a calentar está en la mayor parte de éstos colectores por debajo del punto de ebullición del agua, de ahí que se les conozca como de baja temperatura (BT). Según los materiales y técnicas de captación empleados podemos considerar en el mercado tres tipos de colectores de baja temperatura, de menor a mayor complejidad técnica: colectores sin cubierta, de placa plana, y de tubos al vacío.

La instalación EST más simple y más común se compone de un colector plano adosado a un único depósito de acumulación.

A) Colectores sin cubierta

No necesitan carcasa ni cubierta de cristal, por esta razón, el incremento de temperatura conseguido es bajo, en torno a los 30°C, están especialmente recomendados para calentar el agua de piscinas, su rendimiento es excelente durante los meses de verano. Las pérdidas de calor son elevadas, lo que impide su aplicación a otro tipo de instalaciones.

B) Colectores de placa plana

Son los más extendidos comercialmente, pues consiguen incrementos de temperatura considerables (temperaturas de trabajo) llegando hasta unos 80°C con un coste reducido.

El agua fría entra por la parte inferior, que está conectada a una serie de tubos en paralelo cuya misión es absorber el calor proporcionado por la cubierta absorbente superior, el agua se va calentando según avanza a través de estos tubos paralelos, que finalizan hasta la boca de salida del colector. Figura 2.3.1

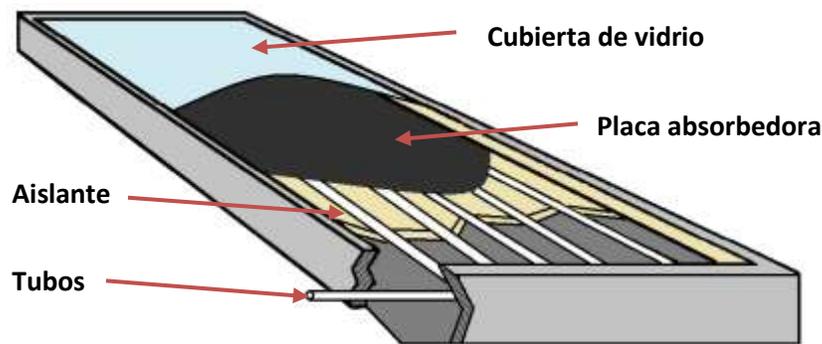


Figura 2.3.1 Esquema de un colector solar de placa plana

Los colectores de placa plana, por todo ello, serán descritos más detenidamente en el siguiente capítulo. Están compuestos por los siguientes elementos:

Cubierta de vidrio

Habitualmente es un cristal de vidrio simple, preferiblemente de bajo contenido en hierro, aunque también pueden encontrarse, si bien raramente, cubiertas con cristal doble o incluso con materiales plásticos. Su función es materializar la trampa térmica, reducir las pérdidas de calor, y hacer estanco el colector.

Placa absorbedora

Suele estar constituido por una placa metálica a la que se encuentran unidos los tubos paralelos. La función de la placa es absorber la máxima radiación solar posible y ceder el calor acumulado a las tuberías que conducen el líquido caloportador.

La gran superficie de contacto entre los tubos y la placa absorbedora favorece el intercambio de calor entre la placa y el fluido circulante, para mejorar, aún más, la absorción de calor, la superficie de la placa expuesta al Sol se suele recubrir de pintura negra, buscando además minimizar la posible reflexión de la radiación absorbida.

La placa cede calor a los tubos paralelos que suelen estar unidos a ella, progresivamente, el fluido que circula por el interior de los tubos transversales y longitudinales aumenta su temperatura hasta alcanzar la temperatura de trabajo del colector.

Aislante térmico

Recubre los laterales y la parte posterior del colector, reduciendo así al mínimo la pérdida de calor a través de la carcasa o marco. Puede emplearse un aislante corriente, como fibra de vidrio, poliuretano, etc. Siempre habrá que considerar la durabilidad del mismo al igual que su eficiencia.

Carcasa o marco

Es la caja que contiene todos los componentes del colector, proporciona rigidez al conjunto, manteniendo su interior sellado y a salvo de las inclemencias atmosféricas. Puede ser metálica e incluso de madera.

C) Colectores de tubo de vacío

Los colectores de tubos de vacío alcanzan mayores temperaturas que los dos anteriores, usualmente llegan a temperaturas de trabajo de más de 100°C. Por esta razón, su aplicación más habitual es la generación de agua caliente para su aprovechamiento en procesos industriales. Asimismo, resultan apropiados para alimentar las máquinas de absorción existentes en el mercado actual, con el fin de producir frío industrial. También se pueden usar para alimentar una instalación de calefacción con radiadores convencionales, de alta temperatura, o para precalentar fluidos de entrada de una caldera. Son mucho más caros que los colectores de placa plana alrededor del doble de su precio.

Su principio de funcionamiento es idéntico a los de placa plana. La única diferencia estriba en que el vidrio exterior se sustituye por los propios tubos, en el interior de los cuales se ha hecho el vacío. Los tubos de vacío están compuestos por un doble tubo de vidrio, entre cuyas paredes se hace un vacío muy elevado (en torno a 0.005 Pa), y el vidrio interior suele llevar un tratamiento a base de metal pulverizado para aumentar la absorción de radiación y es el que lleva el fluido de trabajo.

Las dimensiones de los tubos son similares a las de un tubo fluorescente; en torno a los 60mm de diámetro y 180cm de largo. Figuras 2.3.2 y 2.3.3.

Las tuberías que transportan el fluido se encuentran en el interior de los tubos de vidrio. El vacío impide cualquier transmisión de calor por convección pero no por radiación al exterior, lo que explica las altas temperaturas que pueden alcanzar este tipo de instalaciones. Son especialmente adecuados para climas con poca radiación solar disponible, o para alcanzar temperaturas superiores a los 100°C.

En muchos casos ese vacío se pierde con el tiempo por lo que se debe considerar cuidadosamente su período de envejecimiento así como la posible rotura de los tubos.



Fuente: www.articuloz.com

Figura 2.3.2 Tubo al vacío de calentador solar



Fuente: led-dragon.mercadoshops.com.mx

Figura 2.3.3 Calentador solar de tubos al vacío

2.4 COLECTORES SOLARES DE ALTA TEMPERATURA

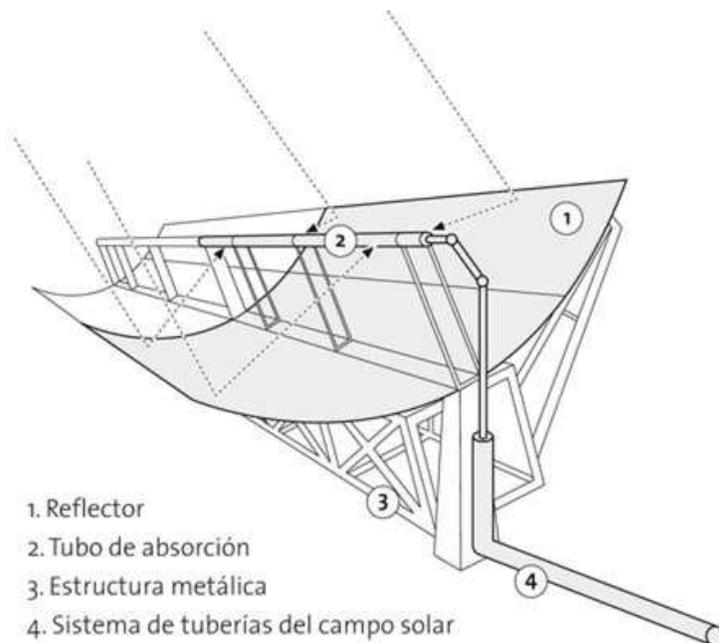
Los sistemas de concentración de energía solar existentes en la actualidad para la producción masiva de energía eléctrica a partir de energía solar mediante dispositivos ópticos concentradores son: los concentradores cilíndrico-parabólicos, las torres de potencia, y los sistemas disco parabólico-motor Stirling.

Cualquiera de estos sistemas se presta a funcionar de forma mixta o combinada utilizando también combustible fósil.

La principal ventaja de esta combinación estriba en conseguir energía útil en períodos en los que la energía solar no esté disponible. Tanto la solución de producción mixta, como la de almacenamiento térmico pueden potenciar el valor económico de la electricidad producida, reduciendo así su coste medio y disminuyendo la contaminación.

2.4.1 SISTEMA CON COLECTORES CILÍNDRICOS-PARABÓLICOS

Se utilizan colectores cilíndrico-parabólicos en cuyo foco geométrico está situado un tubo longitudinal por cuyo interior circula el fluido a calentar según se muestra en las figuras 2.4.1.1 y 2.4.1.2



Fuente: www.solarmillennium.de

Figura 2.4.1.1 Esquema Colector cilíndrico-parabólico

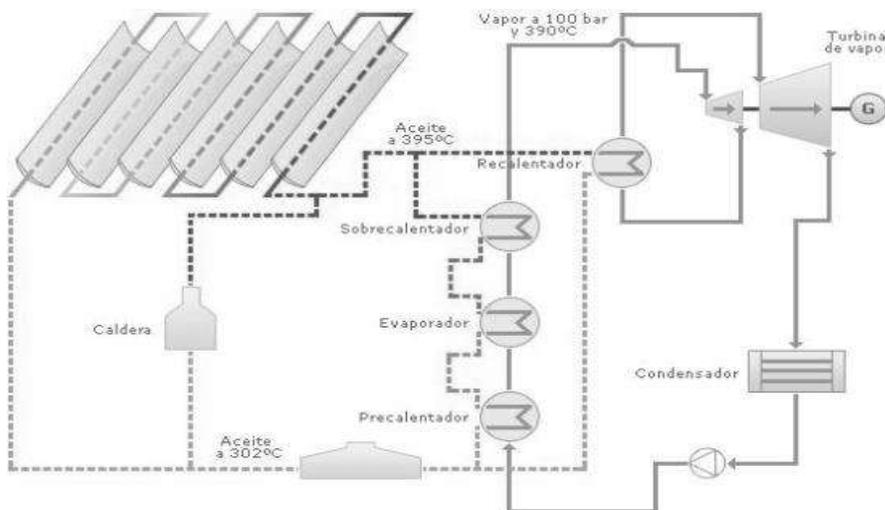


Fuente: themorningstarg2.wordpress.com

Figura 2.4.1.2 Funcionamiento de colector solar cilíndrico-parabólico

El fluido puede alcanzar temperatura de 400°C y es bombeado a través de una serie intercambiadores de calor con el fin de producir finalmente vapor sobrecalentado que impulsará a una turbina de vapor que accionará un alternador que genere finalmente la energía eléctrica. Figura 2.4.1.3

Los costes estimados para esta tecnología son más elevados que en el caso de las torres solares y los sistemas de disco-motor, debido en gran parte a la menor concentración de energía solar conseguida y por tanto a las menores temperaturas resultantes lo que conduce a menos rendimientos.



Fuente:
www.afinidadelectr
ica.com.ar

Figura 2.4.1.3 Esquema de generación de energía eléctrica por colectores cilíndrico-parabólico

2.4.2 TORRES SOLARES

Este sistema utiliza como captadores a una distribución circular de helióstatos (espejos dotados de un sistema de seguimiento de la trayectoria del Sol), los espejos se orientan hacia la luz del Sol y hacia el receptor central montado en lo alto de una torre. Figura 2.4.2.1



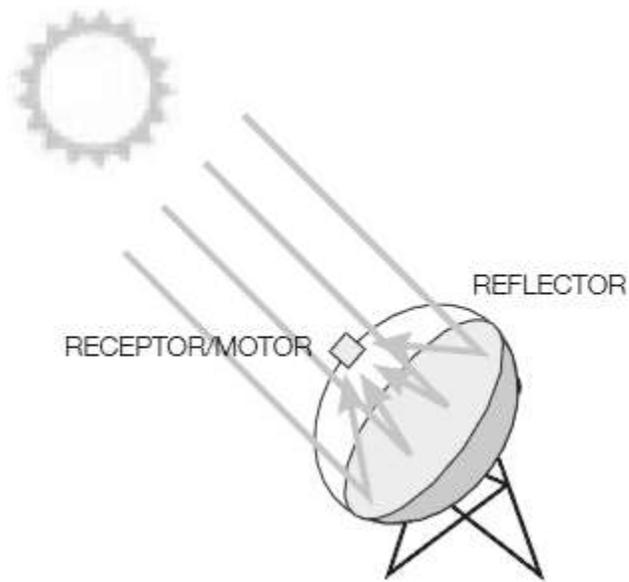
Fuente, Foto: Abengoa Solar. www.abengoa.es

Figura 2.4.2.1 Torres solares PS10 y PS20 en Sevilla, España

2.4.3 SISTEMA DISCO MOTOR

Este sistema utiliza una matriz de discos parabólicos (mediante membrana tensionada o mediante unas facetas de espejos solares planos) que enfocan hacia su foco donde está situado un receptor, el fluido que se halla en el interior del receptor es calentado hasta unos 750°C y es usado para generar electricidad en un pequeño motor que está unido al receptor. Los motores más utilizados son los de tipo Stirling y Brayton. Existen ya prototipos que proporcionan potencias de 7 a 25 kWe, que ya han sido instalados en todo el mundo. Figuras 2.4.3.1 y 2.4.3.2

Su alta eficiencia óptica y sus bajas pérdidas en el arranque convierten a estos sistemas en los más eficientes de todas las tecnologías solares, tienen un registro de 29.4% en la conversión solar a eléctrica). Además, el diseño modular de estos sistemas los hace adecuados tanto en localizaciones remotas con rangos de kW como en las aplicaciones conectadas a la red y en el orden de los MW.



Fuente: www.adrformacion.com

Figura 2.4.3.1 Esquema Disco motor



Fuente: themorningstarg2.wordpress.com

Figura 2.4.3.2 Planta de disco motor

2.4.4 SISTEMAS DE MEDIA TEMPERATURA

Las plantas térmicas de espejos parabólicos son utilizados para calentar agua a mayor temperatura (hasta los 130 °C) o aceite térmico (este puede ser calentado más todavía). Están conformados por una superficie cóncava (parabólica) en dónde los rayos solares son dirigidos a un tubo concéntrico en el cual se calienta el fluido. Cuando el fluido es agua, ésta es enviada directamente al servicio o proceso, y en el caso de utilizar aceite térmico, éste es enviado para intercambio térmico. Normalmente usan el vapor generado para la generación de electricidad.

2.4.5 SISTEMAS DE ALTA TEMPERATURA

Las plantas térmicas del tipo torre solar, son una tecnología que se basa en la reflexión simultánea desde un campo de espejos orientados hacia una torre, la cual aprovecha la radiación solar para generar vapor en lo alto de la torre. El objetivo de estos sistemas es la generación de energía eléctrica por medio de una turbina que utiliza vapor de agua. Figura 2.4.5.1



Fuente: <http://www.torresolenergy.com>

Figura 2.4.5.1 Central solar térmica Gema sola en Sevilla, España

El funcionamiento de la Gema solar es similar a la de concentradores parabólicos. En el apéndice A se muestra como opera la Central solar térmica Gema solar

Las instalaciones comerciales de centrales CSP comenzaron alrededor del año 1984 en Estados Unidos con las centrales SEGS hasta el año 1990 cuando se completó la última central SEGS. Desde el año 1991 hasta el año 2006 no se construyó en el mundo ninguna central CSP. Figura 2.4.5.2

Central Solar de Concentración (MWp)

Año	1984	1985	1989	1990	...	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012*
Instalada	14	60	200	80	0	1	74	55	178.5	306.5	628.5	630
Acumulada	14	74	274	354	354	355	429	484	662.5	969	1597.5	2227.5

Fuente: <http://www.csp-world.com>, <http://www.irena.org>

Figura 2.4.5.2 Capacidad instalada de energía solar térmica concentrada en el mundo

CAPÍTULO 3 CALENTADORES DE PLACA PLANA DE TUBOS EN PARALELO

3.1 CALENTADORES SOLARES DE PLACA PLANA

La potencia solar incidente en un metro cuadrado de plano perpendicular a los rayos del Sol en un día despejado a nivel del mar puede aproximarse a los 1000W. Si toda ésta energía fuera absorbida durante una hora por una masa de agua de 50Kg, el líquido se calentaría 17.2°C por encima de la temperatura inicial. Si la masa a calentar fueran 25Kg, el incremento de temperatura se duplicaría. Empleando la misma energía solar para calentar otro fluido, aire en lugar de agua, se obtendría que 50Kg de aire en una hora incrementaría su temperatura en 72°C. A partir de estos sencillos cálculos parece concluirse que en lugares con una irradiancia sobre el captador de 4kWh día⁻¹ se podrían calentar 100L de agua por metro cuadrado desde 20 hasta prácticamente 55°C. La observación de la conversión de la radiación solar en energía solar térmica del fluido dio lugar, ya en el siglo XIX, a los primeros colectores térmicos comerciales y a las instalaciones de energía solar térmica activa.

Un colector solar es un tipo especial de intercambiador térmico que transforma radiación solar en energía térmica utilizable. El aprovechamiento mediante colectores térmicos de la energía solar es la aplicación más inmediata de las tecnologías solares. Se basa en la captación de energía mediante cuerpos expuestos a la radiación, preferentemente de color oscuro con el fin de mejorar la conversión. Usualmente, el dispositivo se utiliza para calentar un fluido que circulando por el colector transfiere la energía a un sistema de almacenamiento intermedio para su uso final en el momento de la demanda. El colector como intercambiador tiene unas limitaciones de forma que transforma sólo una fracción de la radiación solar recibida en energía útil, energía térmica del fluido.

La realidad es que con un caudal de 50 Lh⁻¹ por metro cuadrado de colector muchos de los dispositivos de placa plana sencillos dan rendimientos medios del 40%. Esto implica que incluso con irradiancias de 1000Wm⁻² sobre el plano del colector los saltos térmicos son inferiores a los 10°C. Para alcanzar temperaturas de consumo de 50 a 60°C se tiene que recircular el agua en diversas ocasiones por el colector. El rendimiento de un colector depende de la temperatura del fluido, de la temperatura del entorno y de la irradiancia recibida.

Es decir, la ganancia energética es notablemente diferente si se reciben 1000W a lo largo de una hora que si éstos se distribuyen en 5 horas con 200W de irradiancia constante. Existe un umbral de irradiancia a partir del cual se tiene generación térmica útil. El colector es únicamente un componente del sistema de energía solar térmica.

Para obtener agua caliente a partir de energía solar son imprescindibles también otros elementos: depósitos, bombas, válvulas y tuberías. La complejidad del sistema solar térmico es innegable. Su correcto funcionamiento depende de un sabio equilibrio entre la superficie de captación, los caudales empleados, el volumen del depósito de almacenamiento, el sistema de control, y todo ello en función de la irradiancia disponible y la temperatura de los consumos.

3.2 COMPONENTES DEL COLECTOR SOLAR

La producción de agua caliente sanitaria es la aplicación de la energía solar térmica más popular dada su alta rentabilidad. La tecnología utilizada para ello se centra en el colector de placa plana dado que las temperaturas máximas deseadas quedan por debajo de los 80°C. El colector de placa plana está constituido por un elemento absorbente el cual puede ser metálico o a base de polímeros, protegido térmicamente mediante un aislante y una cubierta de material transparente figura 3.2.1. Una caja rígida o carcasa da cuerpo y resistencia mecánica a todo el dispositivo permitiendo su anclaje en el lugar determinado. Este captador térmico es denominado colector de placa plana porque básicamente está constituido por una caja de superficie mucho mayor que su altura y utiliza una placa metálica o polimérica como superficie absorbente. Los colectores de placa plana son habituales en aplicaciones donde se requiere disponer de energía térmica a temperaturas bajas o moderadas. Aprovechan tanto la radiación directa como difusa; no necesitan de seguimiento del Sol y requieren un mantenimiento prácticamente nulo.

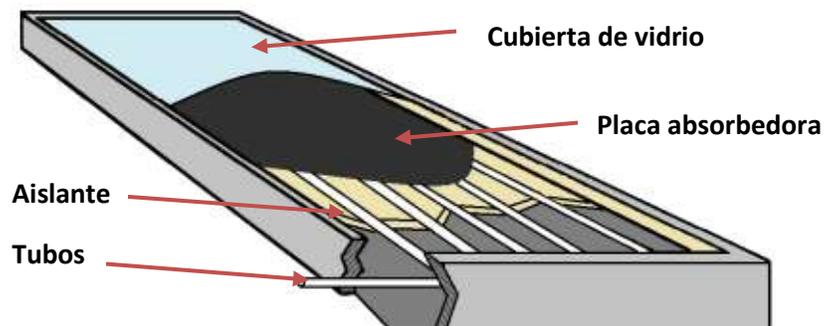


Figura 3.2.1 Componentes de un colector solar

La figura 3.2.1 representa el esquema de un colector solar plano típico. La estructura de conexión de los conductores acostumbra a ser la de una parrilla donde estos están unidos en paralelo a un tubo de mayor diámetro que recoge todos los caudales. La caja o carcasa, abierta en la parte superior, incorpora en el interior un aislante como fibra de vidrio o lana de roca. La cubierta de la caja es suficientemente transparente a la radiación solar y opaca para la radiación en el infrarrojo térmico; así se genera el efecto invernadero en el interior del colector.

Entre los captadores térmicos existen importantes variaciones respecto al colector de placa plana con una cubierta, desde los colectores sin cubierta a los más eficientes colectores de tubos de vacío. La mejora del rendimiento en los colectores ha sido un caballo de batalla desde los primeros tiempos pero, frecuentemente, las mejores han conllevado un aumento del coste de la energía obtenida en el colector. Es necesario encontrar el punto de equilibrio rendimiento-coste para la temperatura de trabajo deseada en cada aplicación. Por ejemplo, para agua caliente destinada a piscinas al aire libre se puede recurrir a colectores sencillos y económicos, de materiales plásticos como polipropileno o caucho, ya que la temperatura que se desea alcanzar en el fluido es baja. Para aplicaciones a altas temperaturas se tendrá que recurrir a tecnologías más sofisticadas y costosas. En definitiva, la selección del tipo de colector óptimo depende principalmente de la temperatura de trabajo deseada y de las condiciones climáticas.

3.3 PÉRDIDAS TÉRMICAS

En la mejora del rendimiento de los colectores solares de placa plana existen dos líneas de trabajo: la reducción de las pérdidas térmicas y el incremento de la energía solar absorbida. La evaluación de las pérdidas térmicas de un colector es muy compleja. Es un fenómeno dinámico en el que intervienen procesos y materiales diversos, resultado del conjunto de intercambios que se producen internamente entre los diferentes componentes del colector. El sistema de captación solar está supeditado a los diferentes procesos de transferencia de energía:

Conducción, que describe el transporte de calor por la interacción entre átomos y moléculas pero sin movimiento neto de la materia.

Convección, que describe la transferencia de calor mediante el movimiento directo de la materia, esencialmente de fluidos debido a las fluctuaciones de la densidad de ellos como consecuencia de las variaciones de temperatura.

Radiación, que es la transferencia de energía térmica mediante la radiación electromagnética y que por lo tanto no requiere necesariamente de soporte material.

Conducción

La conducción térmica consiste básicamente en la transferencia de calor por medio de las colisiones de los átomos que forman la materia. La conducción térmica aparece cuando la temperatura varía dentro de un sistema material y el flujo de calor trata de establecer el equilibrio térmico, de tal forma que el flujo calorífico va de las zonas de alta temperatura a las más frías.

Cuando los extremos de una varilla uniforme se mantiene a diferente temperatura T_1 y T_2 existe un gradiente de temperatura a lo largo de la varilla definido por:

$$\Delta T = \frac{dT}{dx} \quad [3.3.1]$$

Si dQ es la cantidad de energía térmica conducida a través de la sección de la varilla en un cierto intervalo de tiempo dt ; el ritmo de producción de energía térmica dQ/dt se denomina corriente térmica o flujo de calor I_Q (W). Experimentalmente se encuentra que la corriente térmica es proporcional al gradiente de temperatura y a la sección transversal de la varilla A (m^2):

$$\frac{dQ}{dt} = -kA \frac{dT}{dx} \quad [3.3.2]$$

Donde la constante de proporcionalidad k se denomina conductividad térmica ($Wm^{-1}K^{-1}$) y es característica del material que forma la varilla (Figura 3.3.1).

SÓLIDOS		GASES	
ALUMINIO	240	AIRE	0.025
COBRE	400	AMONÍACO	0.023
DIAMANTE	990	DIÓXIDO DE CARBONO	0.016
ORO	320	COLORO	0.008
HIERRO	80	HELIO	0.147
PLOMO	35	HIDRÓGENO	0.182
PLATINO	72	METANO	0.033
SILICIO	150	NITRÓGENO	0.025
PLATA	430	OXÍGENO	0.026
ACERO	30	VAPOR DE AGUA	0.017
HIELO	1.7	LÍQUIDOS	
ARENISCA	4	MERCURIO	8.3
MÁRMOL	2-3	AGUA (15°C)	0.59
HORMIGÓN	0.9-1.3	AGUA (60°C)	0.66
VIDRIO	0.7-0.9	ALCOHOL ETÍLICO	0.17

Fuente: M. Ibañez Plana, J. R. Rosell Polo, J. I. Rosell Urrutia. Tecnología Solar.2005

Figura 3.3.1 Tabla de conductividades térmicas

($Wm^{-1}K^{-1}$)

Resistencia térmica

En aplicaciones para aislamiento es usual utilizar la ecuación 3.3.2 simplificada en términos de incrementos y escrita en la forma:

$$\Delta T = R_Q I_Q \quad [3.3.3]$$

Tal que $I_Q = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ es la corriente térmica y $R_Q = \frac{\Delta x}{\Delta A}$ la resistencia térmica (KW^{-1}).

Para comparar valores R_Q de diferentes materiales se define el factor R_{QA} (m^2KW^{-1}), muy utilizado en el ámbito de la construcción:

$$R_{QA} = \frac{\Delta x}{k} \quad [3.3.4]$$

La ventaja del uso de la resistencia térmica es la simplificación de cálculos en el problema de la composición de dos o más capas de aislante. Utilizando el concepto de resistencia térmica las expresiones necesarias para el cálculo de la composición en serie y en paralelo son equivalentes a las expresiones utilizadas con resistencias eléctricas:

Serie $R_Q = R_{Q1} + R_{Q2} + \dots \quad [3.3.5]$

Paralelo $\frac{1}{R_Q} = \frac{1}{R_{Q1}} + \frac{1}{R_{Q2}} + \dots \quad [3.3.6]$

Los fenómenos de conducción son importantes en diferentes partes de un colector de placa plana y en su rendimiento. La transferencia de la energía por conducción desde la placa hasta los tubos por los que circula el fluido es uno de los fenómenos que determinan la diferencia de temperatura entre el fluido y la placa. Evidentemente se conseguirán mejores rendimientos cuanto más próximas sean ambas temperaturas. De ahí que existan diferentes diseños en cuanto a las superficies absorbentes. Y que se utilicen diferentes materiales: cobre, aluminio y acero.

La conducción térmica también se considera a la hora de escoger los materiales de aislamiento. Por una parte, existen pérdidas por conducción en la cubierta de vidrio.

Por otra el aislamiento trasero y lateral es fundamental para evitar las pérdidas en ésta zona. El calor que se transfiere hacia la parte posterior del colector se refleja situando una superficie como papel de aluminio o acero inoxidable pulido en la parte trasera. En la Figura 3.3.2 se muestran algunos de los aislantes más utilizados por los fabricantes de colectores térmicos.

Fuente: M. Ibañez Plana, J. R. Rosell Polo, J. I. Rosell Urrutia. Tecnología Solar. 2005

Figura 3.3.2 Tabla de Aislantes más utilizados en colectores de placa plana

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/MK)	TEMPERATURA LÍMITE (°C)	RESISTENCIA A LA HUMEDAD
POLIESTIRENO MOLDEADO	0.035-0.045	80	IMPERMEABLE
POLIESTIRENO EXTRUÍDO	0.030-0.035	80	IMPERMEABLE
FIBRAS MINERALES	0.05	150	REDUCIDA
ESPUMA POLICLORURO DE VINILO	0.030-0.031	70	IMPERMEABLE
ESPUMA DE POLIURETANO	0.029-0.030	100	IMPERMEABLE
CORCHO PENSADO	0.052	110	REDUCIDA

Convección

La convección es la transferencia de energía por el movimiento de un fluido. Como la mayoría de los fluidos se expanden al calentarse, el fluido caliente es menos denso que el fluido frío que se encuentra sobre él, y la fuerza de flotación hace que se mueva hacia arriba. El fluido frío se desplaza para tomar el lugar del fluido caliente, a continuación se calienta, de modo que el flujo continúa. La convección es una forma importante de transmisión de energía, tanto en el Sol, como en el interior o exterior de un colector solar térmico y en las conducciones de agua caliente.

El mecanismo de la convección es un fenómeno de descripción muy complicado dentro de la dinámica de fluidos. De todas formas, en algunas aplicaciones prácticas se puede simplificar en la forma:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = h_{\text{CONV}} A (T_0 - T_f) \quad [3.3.7]$$

Donde h_{CONV} es el coeficiente de transferencia de energía por convección ($\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$) que depende fuertemente de la forma, rugosidad y posición de la superficie así como de las características del flujo del fluido, T_0 es la temperatura de la superficie ($^{\circ}\text{C}$) y T_f la temperatura media del fluido ($^{\circ}\text{C}$).

Dependiendo de las características del flujo la convección puede ser libre o forzada. En general, cuando el flujo pasa de laminar a turbulento aumenta de forma importante el coeficiente de convección y por lo tanto el intercambio térmico.

La forma más sencilla de caracterizar h_{CONV} es experimentalmente o mediante el uso de tres números adimensionales: el número de Nusselt (Nu), el número de Rayleigh (Ra) y el número de Prandtl (Pr) que se utilizan para caracterizar el intercambio térmico entre un fluido y un cuerpo sólido en contacto con él.

Radiación

Es el mecanismo de transporte de energía mediante radiación electromagnética emitida por un cuerpo en virtud de su temperatura y a expensas de su energía interna. La radiación térmica es de la misma naturaleza que la luz visible, los rayos X y las ondas de radio y sólo se diferencia de éstas en la longitud de onda y la fuente de generación.

3.4 EFECTO INVERNADERO

Si se tiene un colector por el que no circula fluido su temperatura aumenta hasta alcanzar la temperatura de equilibrio o de estancamiento. A la temperatura de equilibrio las ganancias en radiación solar del colector equilibran las pérdidas energéticas hacia el entorno y se obtiene la temperatura máxima que puede alcanzar el dispositivo. Cuando refrigeramos el colector haciendo circular el fluido por su interior, se extrae la energía útil del colector. En un colector sin cubierta se comprueba fácilmente que debido a las importantes pérdidas radiativas la temperatura de equilibrio queda muy por debajo de los 100°C mientras que los colectores comerciales sencillos pueden alcanzar en equilibrio una temperatura alrededor de los 100°C. La reducción, muy importante, de pérdidas en un colector utilizando una cubierta transparente se debe a que ésta disminuye las pérdidas por convección pero principalmente se debe a la influencia sobre los términos radiativos explicada por el fenómeno conocido como efecto invernadero, el cual consiste en:

El cristal que cubre todo el conjunto por su parte superior crea una trampa térmica, a medida que la temperatura del colector supera la temperatura ambiente. Su principal propiedad es transmitir un máximo de radiación solar y un mínimo de radiación infrarroja emitida por el absorbedor. De éste modo, la cubierta evita las pérdidas de calor originadas por el viento (convección).

3.5 FRACCIÓN SOLAR (f)

Como ya se ha indicado anteriormente la radiación que llega a la Tierra varía a lo largo del año, de forma que la captación de la radiación por parte del colector no es constante a lo largo del mismo.

Existe por otro lado, una demanda térmica de los usuarios que no se corresponde con la oferta energética disponible. Es por ello, muy importante, planificar y dimensionar una instalación solar con una flexibilidad suficiente como para permitir una relación óptima precio rendimiento.

La fuerte exposición al Sol durante el verano puede llegar a hacer que gran parte de la energía absorbida sea totalmente inútil e incluso contraproducente si la instalación no ha sido correctamente dimensionada, sobre todo, en el caso en que el calor producido durante éstos meses no llegara a ser consumido. Una tasa de fracción solar económica de la demanda mediante energía solar puede ser alcanzada en torno al 60%. En los meses de verano llegará hasta el 100%, si lo excedemos sufrirá la instalación influyendo en gran manera en la durabilidad de la misma. Durante los meses de invierno, por el contrario, ésta oferta de energía solar bajará hasta el 35%. Esta es una fórmula para calcular la fracción solar:

$$Q_r = Q_s + Q_{aux} \quad \text{por lo tanto } f = Q_s / (Q_s + Q_{aux})$$

3.6 ÁNGULO DE INCLINACIÓN DEL COLECTOR Y AZIMUT DEL MISMO

La posición óptima del colector, en cuanto a inclinación y azimut se refiere, será aquella en la que se consiga que la superficie colectora fuera exactamente perpendicular a la radiación solar recibida, esto es lo que se persigue en los sistemas de media y alta temperatura mediante el seguimiento continuo y automatizado de la trayectoria solar. En las aplicaciones de sistemas de calentamiento a baja temperatura, no consideraremos el sistema de seguimiento continuo, buscándose un emplazamiento fijo, y optimizando esa orientación actuando sobre una base anual.

a) Inclinación

Si el colector se halla situado en una superficie horizontal (nivelada) será de 0° y si se halla en una superficie vertical, como cuando se halla colocado en fachadas es de 90°.

En nuestras latitudes la inclinación del colector en México debería ser del orden de 20° con tolerancia de $\pm 15^\circ$. Ésta variable tiene un enorme interés en el diseño de las cubiertas con el fin de conseguir una buena integración arquitectónica del edificio.

b) Azimut

Un ángulo de azimut u orientación del colector de 0° permite la mejor ganancia solar (orientación al sur).

En el caso de desviaciones sustanciales de la dirección hacia el este o hacia el oeste, el área de la superficie colectora deberá ser mayor para conseguir una ganancia equivalente a la que se obtendría para el caso de 0° orientación sur. Se aconseja que las desviaciones con respecto al sur de 0° no excedan los valores $\pm 25^\circ$.

En el caso de la radiación difusa, la radiación no depende de la inclinación, ni de la orientación (azimut), en regiones en que la radiación difusa corresponde a una parte importante de la radiación total (regiones frecuentemente nubosas) el posicionamiento del colector tiene menos influencia en la ganancia solar obtenida, con lo que será más sencillo conseguir una buena integración con el resto del edificio.

Una desviación con respecto a la orientación óptima penaliza menos la eficiencia del colector en el caso de una inclinación reducida.

CAPÍTULO 4 MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DEL CALENTADOR SOLAR

4.1 ARMADO DE LA TUBERÍA

Para comenzar el armado de la tubería se tienen que lijar los accesorios, (tees, codos, conectores), éstos se lijarán por la parte interna con lija roja del número 120, de la cual se debe cortar una tira y se hará en forma de rollito al tamaño del diámetro de los accesorios, de tal forma que se pueda girar dentro de ellos, como se muestra en la figuras 4.1.1 y 4.1.2. Esto de hacer rollito la lija es para poder lijar con mayor facilidad los accesorios y adquirir un pulido uniforme.



Figura 4.1.1 Lija roja del 120



Figura 4.1.2 Lijado de accesorio

En la figura 4.1.3, se muestran dos accesorios, uno lijado y otro sin lijar, el que esta lijado (lado izquierdo), tiene un color más brillante en la parte interna, es así como debe quedar el accesorio después de ser lijado.

Éste mismo procedimiento se hará con todos los accesorios y tubos de cobre que se utilizarán para el armado de la tubería del colector solar.



Figura 4.1.3 Accesorio lijado (lado izquierdo)

El lijado es necesario para poder soldar sin tener riesgo posterior de fuga en la tubería. Después de lijar las conexiones, se cortarán 24 tubos de cobre a 1.79m y 44 niples de 7cm, esto se hace con un cortador para tubo como se muestra en la figura 4.1.4, el diámetro de los tubos es de 3/4", éstos también se lijarán por los extremos con la misma lija que se utilizó para los accesorios como se muestra en la figura 4.1.5, los tubos y niples deberán quedar de un color brillante después de haberse lijado, como fue el caso de los accesorios.



Figura 4.1.4 Cortador de tubos



Figura 4.1.5 Lijado de tubos por extremos

Después de terminar de lijar los accesorios y los tubos, se procede a aplicarles pasta para soldar, los accesorios llevarán la pasta por la parte interna y los tubos se les pondrán por la parte externa como se ve en las figuras 4.1.6 y 4.1.7



Figura 4.1.6 Aplicación de pasta



Figura 4.1.7 Aplicación de pasta

Para comenzar a soldar la red de tubería necesitamos guiarnos en el siguiente plano: figura 4.1.8

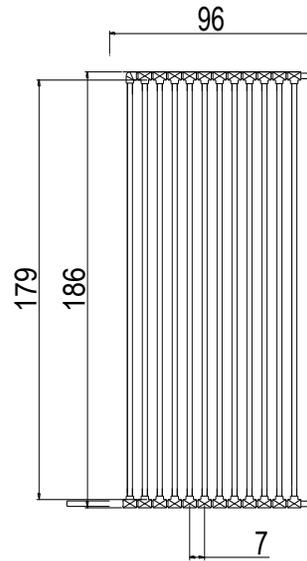


Figura 4.1.8 Plano de la red de tubería

Una vez puesta la pasta en los tubos y accesorios, se procede a soldar con la soldadura 50/50 (estaño/plomo) de la siguiente forma: para ello se debe colocar una boquilla al cartucho de gas butano, como se observa en la figura 4.1.9



Figura 4.1.9 Cartucho con boquilla colocada

Después se desenrolla un poco de soldadura del carrete, figura 4.1.10, y se comienza a calentar alrededor de 2 minutos la zona que se desea soldar, figura 4.1.11, al contacto con el fuego la pasta comenzará a ebullicir, ésto será el primer indicador para poder comenzar a ponerle la soldadura, para ello se debe acercar la soldadura a la zona de unión del tubo y el accesorio, manteniendo el fuego directo a la zona que se desea soldar, la soldadura comenzará a derretirse y se impregnará por efecto de capilaridad en las uniones de las conexiones, figura 4.1.12.



Figura 4.1.10 Soldadura desenrollada



Figura 4.1.11 Zona para soldar



Figura 4.1.12 Soldadura derretida e impregnada por capilaridad

La red de tubería ya soldada deberá quedar como se muestra en las figura 4.1.13 y 4.1.14



Figura 4.1.13 Red de tubería armada



Figura 4.1.14 Red de tubería armada

De esta misma forma se armará la segunda red de tubería, ya que para calentar los 250 litros de agua que se encuentran en el termotanque será necesario armar 2 dos módulos colectores.

4.2 ARMADO DE LA CARCASA

Para comenzar el armado de la carcasa hay que trazar las dimensiones de la carcasa en la lámina galvanizada del calibre 24, para ello hay que guiarse en el plano como se muestra en la figura 4.2.1

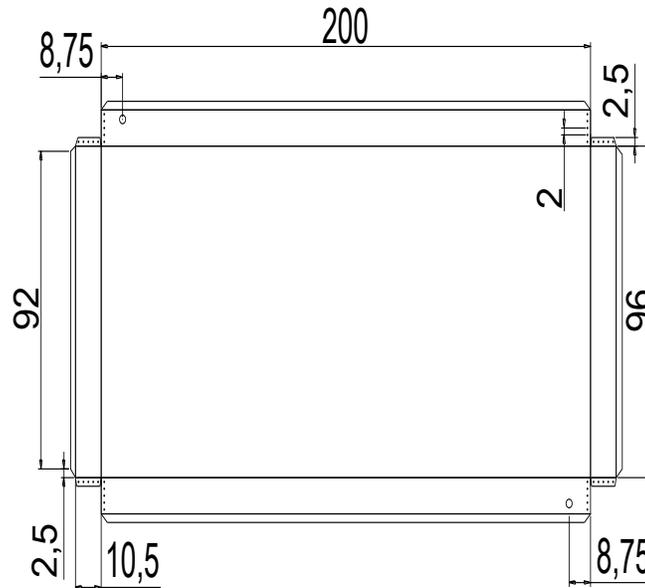


Figura 4.2.1 Plano de la carcasa

Se necesitarán tijeras para corte de lámina, flexómetro, plumín y una tira larga de metal que servirá como regla para hacer los trazos.

Una vez trazada la plantilla, ésta deberá quedar como en el plano 4.2.1

Entonces se procede a recortar los trazos con las tijeras para corte de lámina como se muestra en la figura 4.2.2 y 4.2.3



Figura 4.2.2 Trazos en la lámina



Figura 4.2.3 Corte de los trazos

Una vez recortada se comienzan hacer los dobleces de la carcasa, para ello será necesario empezar a doblar las pestañas de 2.5cm de los lados más largos, para después doblar los lados de 10.5cm, con la finalidad de hacer más fácil este proceso, ya que si no comenzamos en ese orden será más difícil hacer los dobleces de la carcasa, esto se hará con: prensas para sujetar la lámina, un ángulo de acero de 2” y un martillo de goma como se muestra en la figura 4.2.4 y 4.2.5, en este caso se utilizó un trozo de ángulo del que se empleará para construir las bases de herrería que soportarán al calentador solar.

El martillo de goma es necesario ya que si doblamos la lámina con un martillo metálico ésta quedaría abollada, o bien, si se dispone de una dobladora éste proceso sería más rápido y eficiente.



Figura 4.2.4 Lámina sujeta con prensas



Figura 4.2.5 Martillo de goma

Para unir las aristas de la carcasa hay que barrenar los costados y ponerle remaches como a continuación se muestra en la figura 4.2.6



Figura 4.2.6 Remaches en las aristas

La caja llevará orificios de 3/4" por los costados, esto es para las alimentaciones y uniones de los colectores solares en paralelo, esto se hará con el taladro y un sacabocados de 3/4" como se muestra en la figura 4.2.7



Figura 4.2.7 Orificio de 3/4" con conector de polipropileno

Una vez doblada y remachada la carcasa deberá quedar como a continuación se muestra en la figura 4.2.8



Figura 4.2.8
Carcasa
armada

4.3 COLOCACIÓN DEL AISLANTE A LA CARCASA

Para este caso se utilizó fibra de vidrio, ya que es más económica en comparación con la espuma de poliuretano, aunque es más recomendable la espuma de poliuretano, ya que ésta tiene una menor conductividad térmica que la fibra de vidrio, figura 4.3.1, pero podría ser cualquiera de los aislantes que mencionaremos en la siguiente tabla, cabe mencionar que con la fibra de vidrio se pierden 2° por cada hora y con el poliuretano es de 1° por hora.

Figura 4.3.1 Tabla de conductividades de algunos materiales más comunes.

Material	K (W/m°C)
Espuma de poliuretano	0.026
Plancha rígida de poliuretano expandido	0.020
Poliestireno	0.16
Espuma de poliestireno	0.10
Fibra de vidrio	0.04
Corcho	0.045



Figura 4.3.2 Fibra de vidrio

La fibra será desenrollada y se comienza a rellenar la carcasa con dos capas de fibra de vidrio, debemos utilizar guantes para aplicar la fibra, ya que es un material que se impregna en la piel y produce irritación y comezón.

La carcasa con la fibra de vidrio quedará como se muestra en la figura 4.3.3



Figura 4.3.3 Carcasa rellena con fibra de vidrio

4.4 ELABORACIÓN Y APLICACIÓN DE LA MEZCLA ABSORTIVA-RADIATIVA

Se comienza a hacer la mezcla absortiva-radiativa a base de mucílago de nopal y carbón.

Para poder cubrir un área aproximadamente de 4m^2 , que es la necesaria para calentar 250 litros de agua en el termotanque, será necesario machacar o triturar 100 pencas de nopal, de preferencia que sean nopales gruesos como en la figura 4.4.1 y 4.4.2.



Figura 4.4.1 Penca de nopal



Figura 4.4.2 Nopales triturados

Estos nopales una vez triturados se dejarán un día completo en un recipiente con agua para extraer el mucílago y poder mezclarlo con el carbón. El carbón que utilizaremos tendrá que ser molido para éste caso se utilizó un molino eléctrico como se ve en la figura 4.4.3

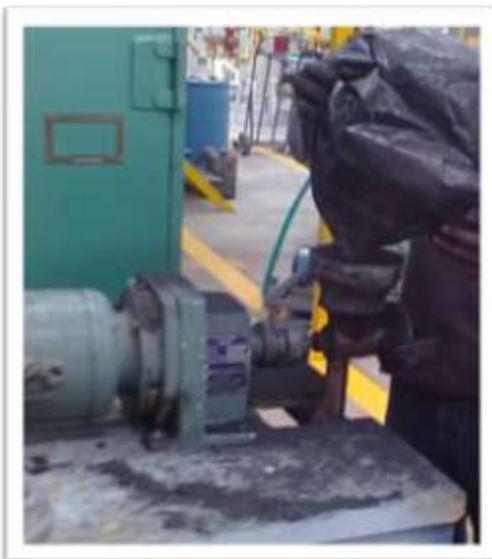


Figura 4.4.3 Moliendo el carbón

Para hacer la mezcla absorbente-radiativa se ocuparon aproximadamente 30 litros de agua y un costal de carbón previamente molido.

Al momento de incorporar el carbón y el mucílago del nopal la mezcla deberá ir adquiriendo una consistencia espesa como se muestra en la figura 4.4.4.



Figura 4.4.4 Consistencia de la mezcla (carbón y mucílago de nopal)

Una vez que se obtuvo la mezcla, se procede a aplicarla a la red de tubería de cobre, la cual se hará de la siguiente manera: colocaremos una malla metálica como la de la figura 4.4.5 por debajo de la tubería, ésta malla tendrá la función de soporte, al igual que servirá para que la mezcla no se desborde y para que tenga una mejor adherencia.

Aplicaremos primero una capa fina de la mezcla, esto es con una brocha, y se dejará secar sin moverse la tubería por unos 4 días, después se le aplicará lo demás en dos manos hasta dejarlo completamente cubierto con la mezcla, figuras 4.4.6, 4.4.7



Figura 4.4.5 Malla metálica



Figura 4.4.6 Primer mano



Figura 4.4.7 Segunda mano

El acabado de la aplicación deberá quedar de forma áspera, esto es para lograr una mayor área de captación solar. Figuras 4.4.8 y 4.4.9



Figura 4.4.8 Acabado áspero



Figura 4.4.9 Acabado áspero

Una vez cubierta la tubería, se dejará secar por al menos 15 días, esto es para que al momento de colocar la tubería dentro de carcasa, la placa absorbente-radiativa tenga la cantidad mínima de humedad y no se evapore, ya que produciría demasiado condensado dentro de la carcasa cuando este tapada, el secado, aparte de evitar el condensado hace que haya menos presión dentro de la carcasa, esto del aumento de la presión dentro de la carcasa se puede evitar si se deja un pequeño orificio por la parte que quedara debajo de la carcasa.

Una vez completamente seco el arreglo de tuberías, se colocará dentro de la carcasa previamente hecha y aislada con la fibra de vidrio, esto se deberá colocar con mucho cuidado a modo de no fracturar la placa, figura 4.4.10.



Figura 4.4.10 Placa colocada dentro de la carcasa

Una vez colocada la tubería dentro de la carcasa le pondremos el vidrio templado, este será de 6mm como si fuera su tapa, el vidrio debe ser templado para resistir al ambiente por ejemplo en caso de caer granizo u otro objeto que pudiese fracturar el vidrio, este deberá estar previamente limpio por ambas caras antes de colocarlo, figura 4.4.11.



Figura 4.4.11 Vidrio previamente limpio

Para pegar el vidrio colocaremos silicón alrededor de la carcasa, y colocaremos el vidrio encima de ella, figura 4.4.12



Figura 4.4.12 Vidrio colocado en la carcasa

Se dejarán las conexiones preparadas para poder hacer el arreglo en paralelo de los 2 colectores, para este arreglo necesitaremos unirlos mediante tuercas unión de polipropileno de 3/4", figura 4.4.13, 4.4.14 y 4.4.15



Figura 4.4.13 Conexión para arreglo en paralelo



Figura 4.4.14 Tuercas unión



Figura 4.4.15 Conexiones

Utilizaremos una cortadora para metal, figura 4.5.2



Figura 4.5.2 Cortadora circular para metal

Una vez hechos los cortes de PTR, figura 4.5.3, se deben soldar con planta eléctrica y electrodos, figura 4.5.4



Figura 4.5.3 PTR cortado



Figura 4.5.4 Planta eléctrica

La planta eléctrica debe posicionarse en el amperaje recomendado, en este caso será alto, ya que el material es de un calibre grueso.

Es recomendable el uso de careta y guantes de carnaza ya que éstos nos protegerán de la luz emitida y de las chispas al soldar. Figura 4.5.5

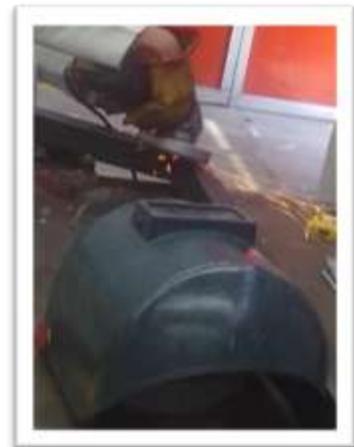


Figura 4.5.5 Careta y guantes para soldar

Hay que soldar las piezas como en el plano 4.5.1, es recomendable auxiliarse con una escuadra metálica, primero se colocarán puntos pequeños de soldadura en las piezas a unir, ya que así se puede mover un poco si es que no se encuentran formando ángulos de 90° las piezas unidas, ya que formen los 90° , se soldarán de forma continua las piezas, figura 4.5.6 y 4.5.7



Figura 4.5.6 Unión de piezas para la base del termotanque



Figura 4.5.7 PTR formando ángulos de 90°

Una vez soldadas las partes para las bases, hay que desbastar con una pulidora, esto es para tener una superficie lisa, figura 4.5.8

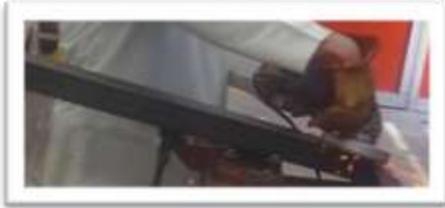


Figura 4.5.8 Desbaste con pulidora

Al terminar de soldar las bases se deben pintar con una capa de primer para una mayor durabilidad. Y después con el color deseado, éste proceso puede ser con brocha o pistola de aspersión.

Las bases deberán quedar como se muestra en la figura 4.5.9



Figura 4.5.9 Bases pintadas

Hay que recordar que las bases que soportarán los colectores solares deberán tener un ángulo de inclinación de 20° , para poder tener una mejor captación solar durante todo el año.

4.6 ARMADO DEL TERMOTANQUE

El termotanque se hará de lámina galvanizada de calibre 14. Este tanque se mandará hacer con personas encargadas, el tanque puede ser de metal o plástico tendrá las dimensiones como se muestra en la figura 4.6.1

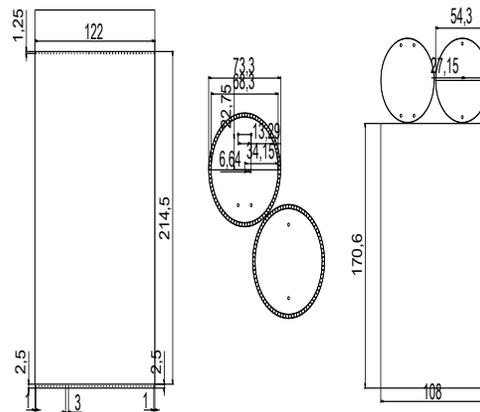


Figura 4.6.1 Plano del termotanque y envolvente

El termotanque ya armado quedará como se ve en la figura 4.6.2 y 4.6.3

El termotanque tendrá dos salidas laterales por cada extrema al igual que una por la parte inferior esta última será para un dren.



Figura 4.6.2 Termotanque con salidas laterales



Figura 4.6.3 Termotanque con salidas laterales

Las salidas deberán de ser de 3/4”, para poder aislar al termotanque, será cubierto con el mismo tipo de fibra de vidrio utilizada en la carcasa, figura 4.6.4 y 4.6.5



Figura 4.6.4 Termotanque aislado con fibra de vidrio



Figura 4.6.5 Termotanque cubierto con fibra de vidrio

Deberá llevar al igual que la carcasa una doble capa de fibra de vidrio, una vez cubierto se hará una envolvente de lámina, esta es para cubrir la capa de aislante térmico y para darle soporte a la fibra de vidrio, la envolvente del termotanque será construida según la figura 4.6.1 con lámina galvanizada del mismo calibre de la que se utilizó en la construcción de la carcasa.

El termotanque ya aislado, y con su envolvente quedará como se ve en las figuras 4.6.6 y 4.6.7



Figura 4.6.6 Termotanque aislado y con envolvente



Figura 4.6.7 Termotanque aislado y con envolvente

Al termotanque le colocaremos 2 termómetros de tallo largo para observar las temperaturas alcanzadas por el calentador solar, figura 4.6.8



Figura 4.6.8 Termotanque con termómetros

Terminadas las partes que integran un calentador solar se procederá a la instalación del mismo.

4.7 INSTALACIÓN DEL CALENTADOR SOLAR

Para ello se debe montar el calentador solar en la posición más adecuada que será en dirección al sur (La cruz del sur nos orienta al sur geográfico), como se menciona en el capítulo 3.

Es variante la forma de colocar el calentador solar ya que dependerá de la zona, y el espacio disponible, a continuación se mostrará unas imágenes en la que se ve cómo debe ir colocado, figuras 4.7.1 y 4.7.2

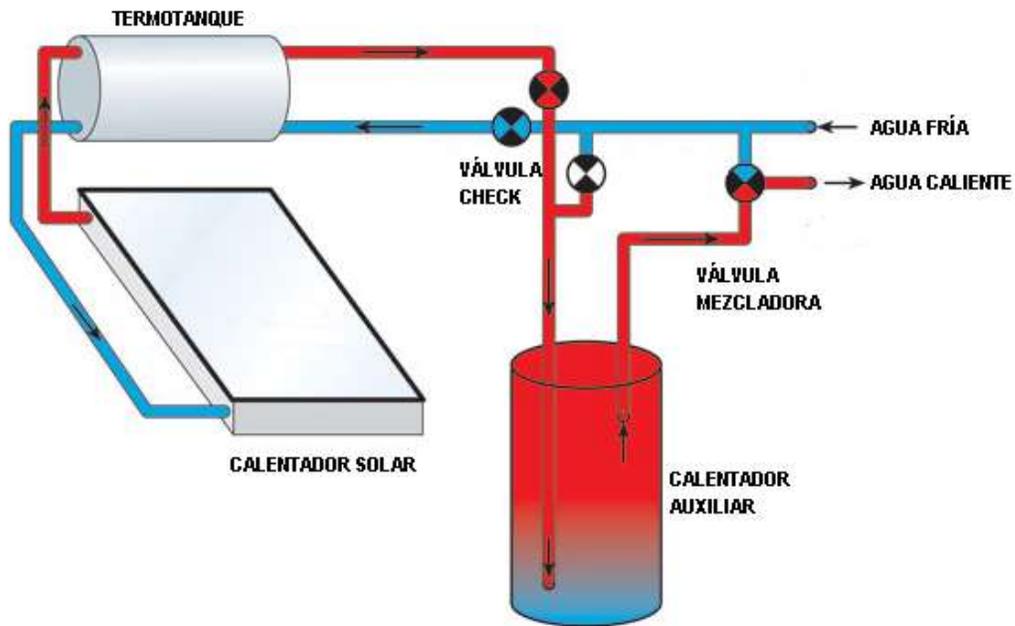


Figura 4.7.1 Esquema de Instalación de calentador solar



Figura 4.7.2 Esquema de Instalación de calentador solar

Respecto a la válvula check que lleva en la entrada del agua fría es importante porque evitará que el agua caliente que se encuentra en el termotanque se mezcle con la fría y haya más pérdidas de temperatura, figura 4.7.3



Figura 4.7.3 Válvula check a la entrada del agua fría al termotanque

El calentador solar construido se colocó en el bioterio de la FES Zaragoza y quedó como se ve en las figuras 4.7.4, 4.7.5, 4.7.6, 4.7.7 y 4.7.8



Figura 4.7.4 Vista de frente del calentador solar



Figura 4.7.5 Vista lateral



Figura 4.7.6 Vista lateral



Figura 4.7.7 Vista con conexiones



Figura 4.7.8 Vista con todos los elementos que conforman al calentador solar

CONCLUSIONES

Al realizar este trabajo se concluye que:

A veces el problema de utilizar energías alternas no es tan simple, ya que se interponen empresas que ven este tipo de energías como amenazas a sus intereses económicos y prefieren seguir consumiendo gas para calentar el agua de uso sanitario.

Es posible construir un calentador solar con una eficiencia del 15-25% acorde a la irradiancia en México, esto abarata la construcción, ya que algunos calentadores comerciales en especial los de tubos al vacío (en su mayoría de origen chino), al estar sobrediseñados para México los vuelven más costosos.

El calentador que se construyó tiene la ventaja que se le puede dar mantenimiento propio, y no como el caso de los calentadores solares comerciales, de los que dependes del proveedor para obtener piezas de refacción o para alguna compostura a futuro.

La difusión de dicho manual tendrá que ser en comunidades o agrupaciones, esto es, porque si una sola persona quisiera hacer su calentador solar y no cuenta con la herramienta necesaria le saldría más caro construirlo que comprarlo ya hecho.

El calentador solar construido e instalado en FES Zaragoza alcanzó temperaturas mayores a las esperadas, teniendo registros de hasta 87°C en el mes de mayo, esto es una buena noticia, ya que los prototipos en los que está basado alcanzaron temperaturas menores. Cabe señalar que un calentador comercial de placa plana te brinda temperaturas de alrededor de 65°C, y 50°C en promedio anual.

El termotanque llega a perder 30°C en el transcurso de la noche, encontrándose por la mañana en promedio a 50-55°C, a ésta temperatura sigue siendo ideal para poder utilizar el agua almacenada sin tener que utilizar el sistema auxiliar (boiler), ya que la gente utiliza el agua para bañarse a 42-44°C en promedio.

Se observó que en la temporada de invierno disminuyó únicamente 10°C en promedio la temperatura alcanzada. Esto es porque en esa estación del año nos encontramos más alejados del Sol.

Se puede hacer más barata la construcción del calentador solar, en vez de utilizar PTR de 2" éste se puede sustituir por perfil o bien por ángulo de 2", esto reduciría la mitad del costo en la base del termotanque.

Para las bases que soportan los módulos, se pueden omitir y se colocarían recargadas en la base del termotanque, y detenidas con unos simples topes en el suelo.

PLANOS

ARMADO DE LA TUBERÍA

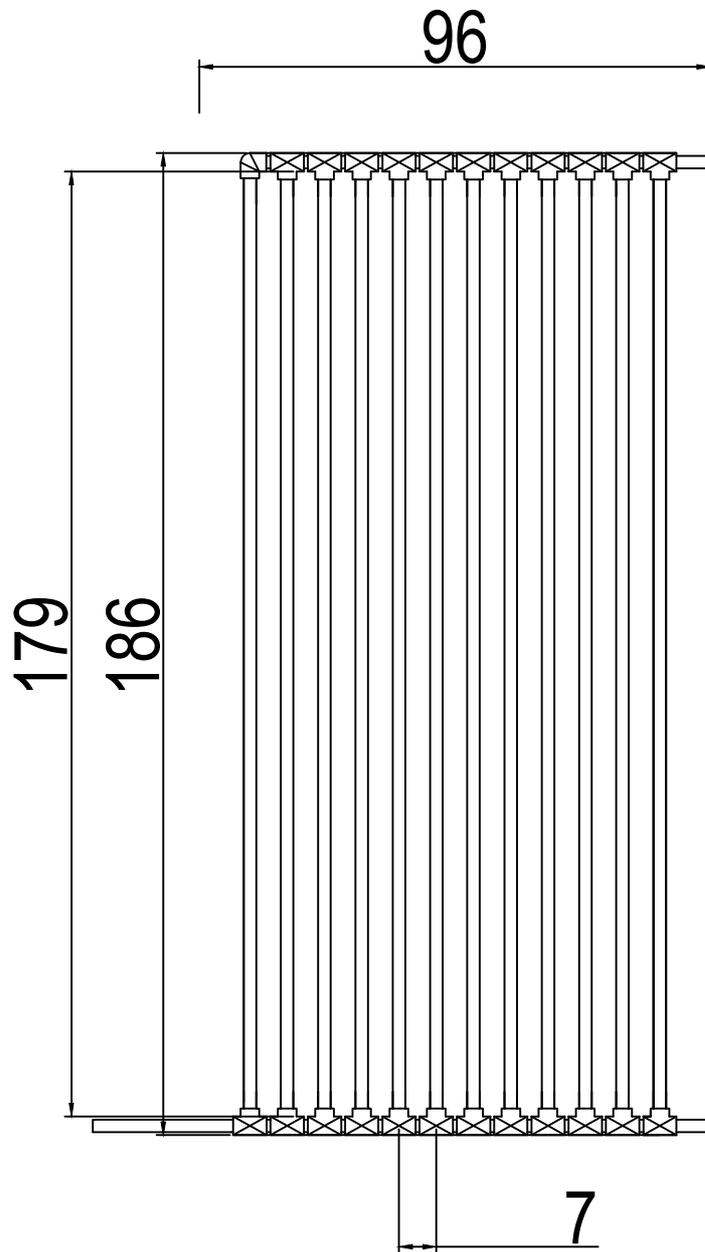


Figura 4.1.8 Plano de la red de tubería

ARMADO DE LA CARACASA

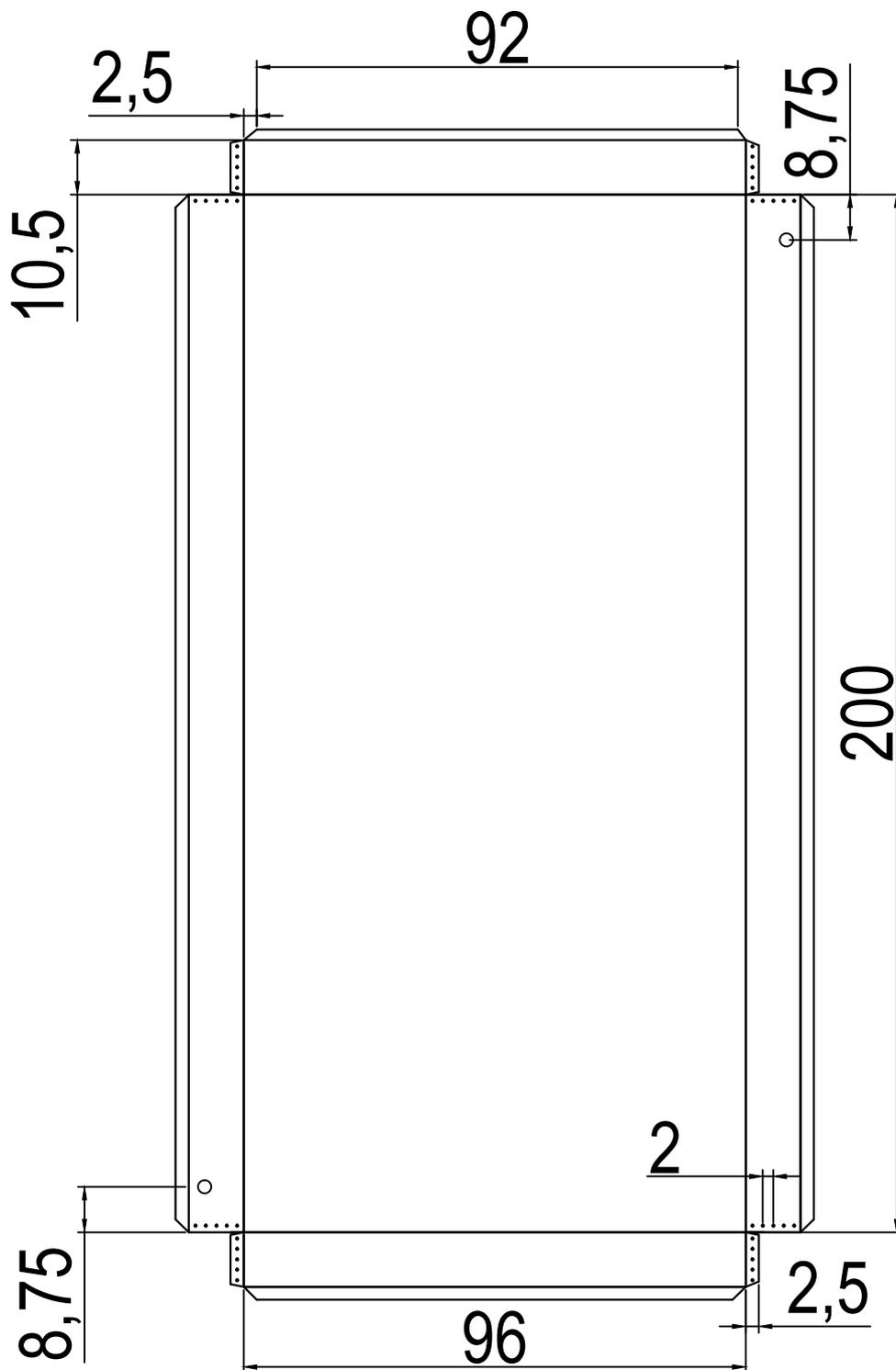


Figura 4.2.1 Plano de la carcasa

ARMADO DE LA BASE DEL TERMOTANQUE

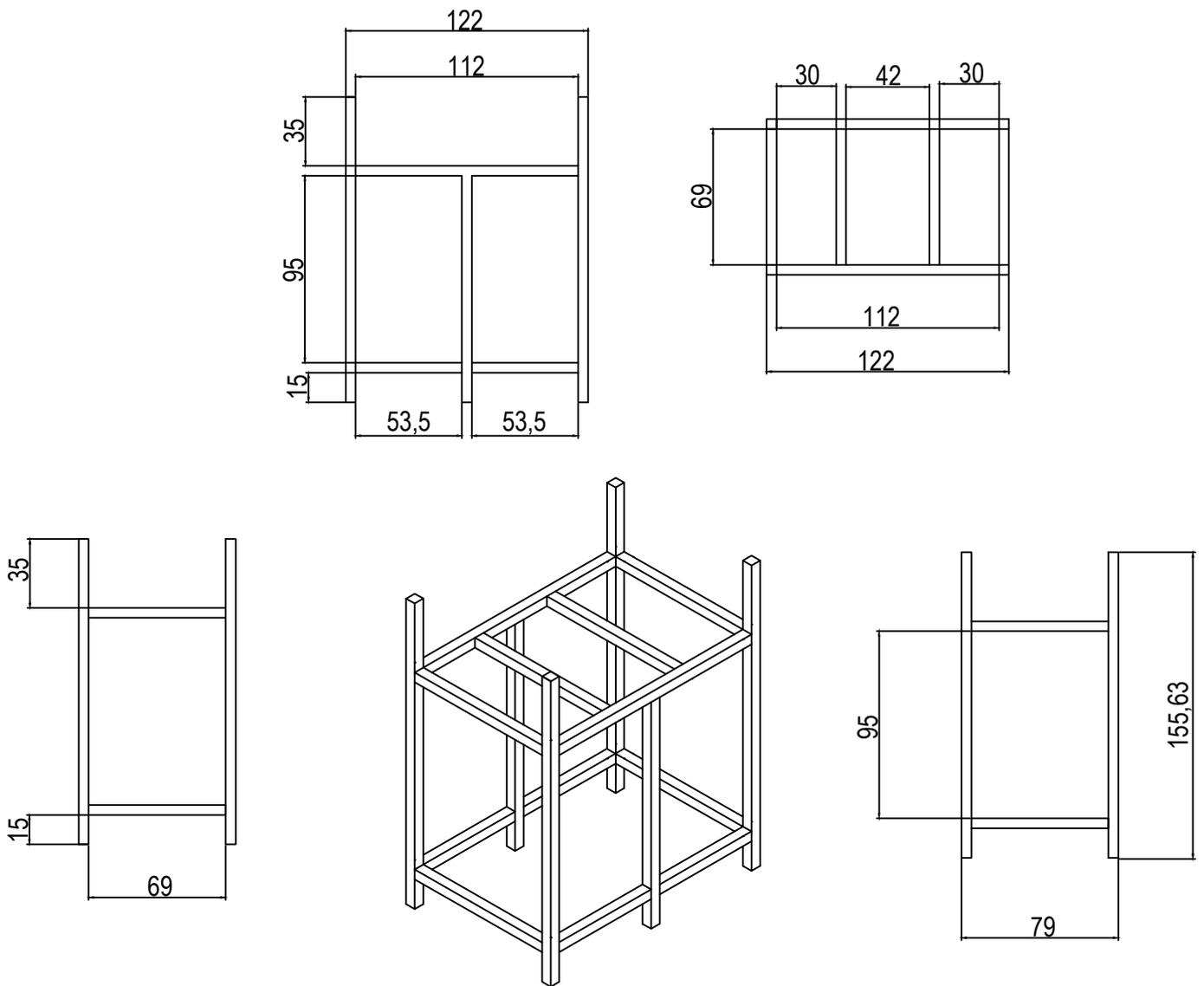


Figura 4.5.1 Plano de la base del termotanque

ARMADO DEL TERMOTANQUE

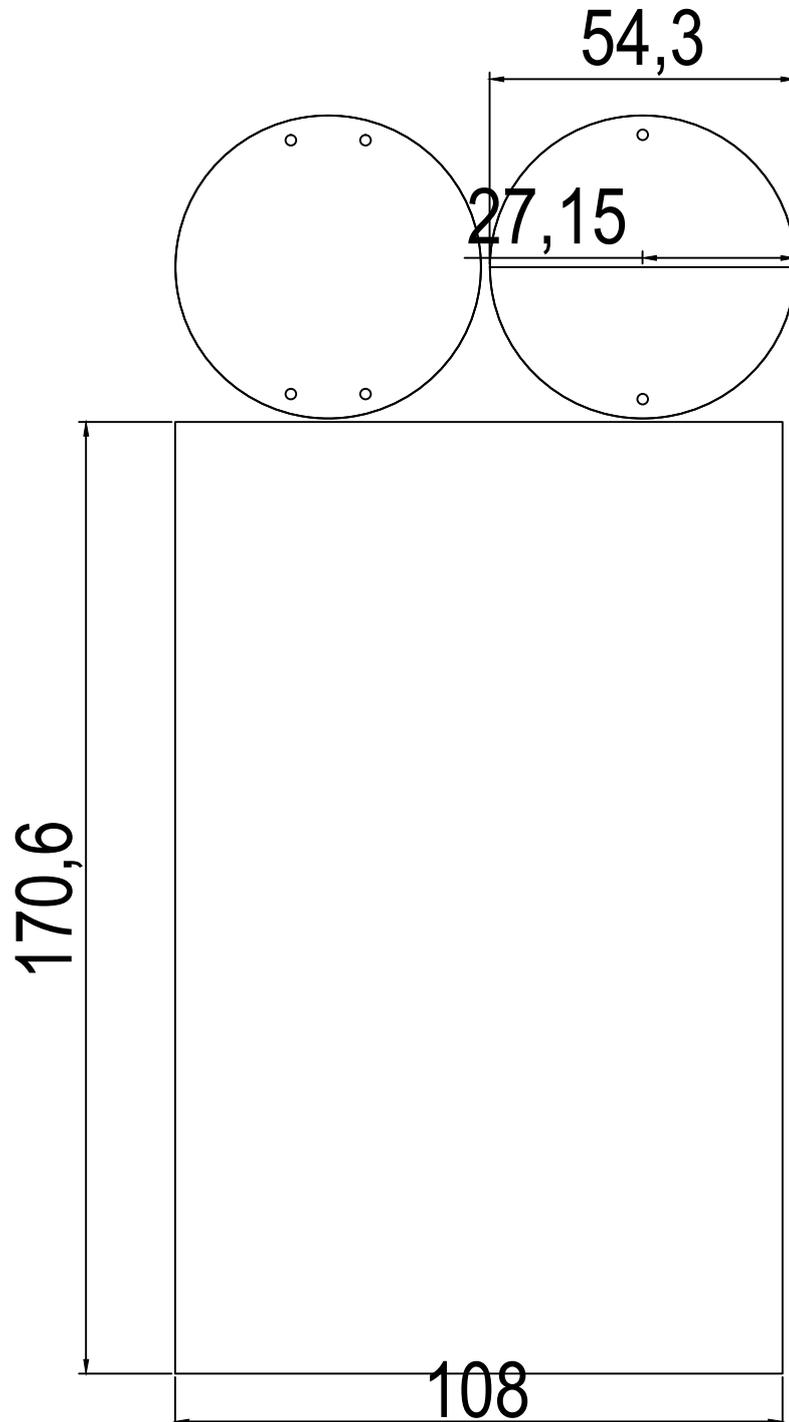


Figura 4.6.1 Plano del
termotanque

ARMADO DE LA ENVOLVENTE

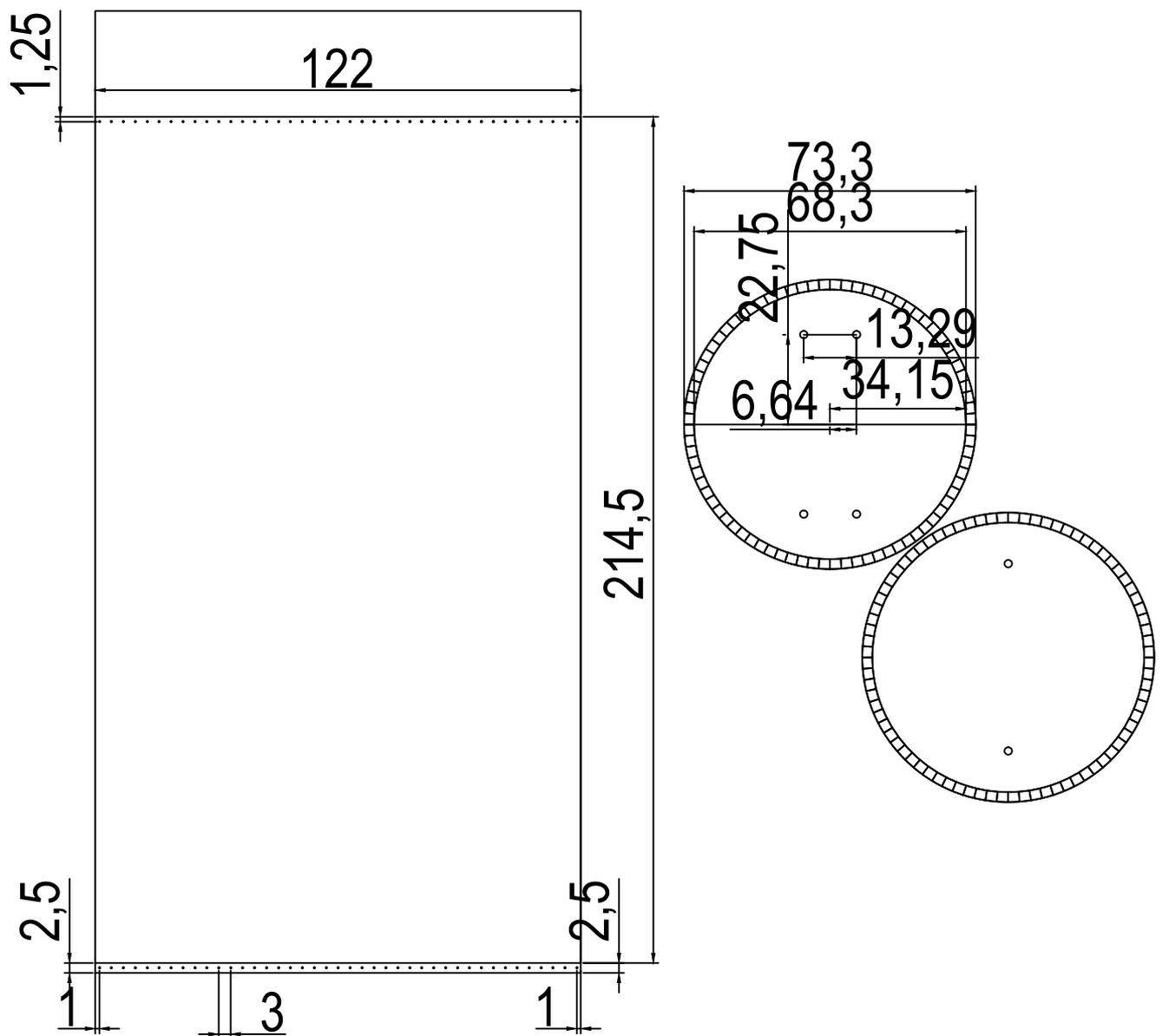


Figura 4.6.1 Plano del termotanque

LISTA DE MATERIALES

23 METROS DE PTR DE 2”
27 METROS DE ÁNGULO DE 2”
SOLDADORA ELÉCTRICA
5 Kg DE ELECTRODOS
GUANTES DE CARNAZA PARA SOLDAR
CARETA PARA SOLDAR
CORTADORA PARA METAL
ESCUADRA
PULIDORA PARA DESBASTE
12 TAPONES DE PLÁSTICO PARA PTR DE 2”
1/2 LITRO DE PRIMER ROJO
COMPRESOR
PISTOLA DE ASPERSIÓN
2 LITROS DE THINNER
1/4Kg. DE ESTOPA
MARTILLO DE GOMA
PRENSAS
FLEXÓMETRO
TIJERAS PARA CORTE DE LÁMINA
3 LÁMINAS GALVANIZADAS CALIBRE 12
1 LÁMINA GALVANIZADA CALIBRE 14
TALADRO
BROCAS PARA METAL DEL # 5/32



4 PAQUETES DE REMACHES CABEZA DE ALUMINIO DEL # 5/32

REMACHADORA

SACABOCADOS PARA METAL DE 3/4" Y 1/2"

2 ROLLOS DE FIBRA DE VIDRIO

47 METROS DE TUBO DE COBRE DE 3/4"

2 CODOS DE COBRE DE 3/4"

46 TEES DE COBRE DE 3/4"

6 CONECTORES DE COBRE DE ROSCA INTERNA DE 3/4"

SOLDADURA DE ESTAÑO/PLOMO 50/50

1 CARTUCHO DE GAS BUTANO

BOQUILLA PARA CARTUCHO DE GAS BUTANO

2 METROS DE LIJA ROJA PARA PLOMERO DEL #120

PASTA PARA SOLDAR ESTAÑO/PLOMO

CORTADOR DE TUBO

6 CONECTORES DE POLIPROPILENO DE ROSCA EXTERIOR DE 3/4"

6 CONECTORES DE POLIPROPILENO DE ROSCA INTERIOR DE 1/2"

2 VIDRIOS TEMPLADOS DE 6mm

3 CARTUCHOS DE SILICÓN

PISTOLA PARA CALAFATEADO

TIJERAS PARA CORTE DE POLIPROPILENO

TERMOFUSOR CON DADOS DE 3/4" Y 1/2"

4 CODOS DE POLIPROPILENO DE 3/4"

COPLES DE POLIPROPILENO DE 3/4"

4 TEES DE POLIPROPILENO DE 3/4"

2 BROCHAS DE 3”

40 KG CARBÓN MOLIDO

100 PENCAS DE NOPALES

1 TINA

1 COLADOR

4 METROS DE MALLA METÁLICA

PINZAS

DESARMADORES

MARTILLO

3 CINTAS TEFLÓN

5 METROS DE TUBO DE POLIPROPILENO DE $\frac{3}{4}$ ”

4 VÁLVULAS DE MARIPOSA DE $\frac{3}{4}$ ”

1 VÁLVULA CHECK DE $\frac{3}{4}$ ”

5 METROS DE MANGUERA DE 1”

TERMOTANQUE DE 250 LITROS CON SALIDAS LATERALES DE $\frac{1}{2}$ ” Y $\frac{3}{4}$ ”

4 CONECTORES DE ACERO ROSCA INTERNA DE $\frac{1}{2}$ ” Y $\frac{3}{4}$ ”

4 ABRAZADERAS PARA MANGUERA DE 1”

3 PAQUETES DE CINCHOS DE PLÁSTICO

2 TUERCAS UNIÓN DE POLIPROPILENO DE $\frac{3}{4}$ ”

LISTA DE MATERIAL POR SECCIÓN DE CONSTRUCCIÓN

4.1 ARMADO DE LA TUBERÍA:

FLEXÓMETRO

2 CODOS DE COBRE DE 3/4”

47 METROS DE TUBO DE COBRE DE 3/4”

46 TEES DE COBRE DE 3/4”

6 CONECTORES DE COBRE DE ROSCA INTERNA DE 3/4”

SOLDADURA DE ESTAÑO/PLOMO 50/50

1 CARTUCHO DE GAS BUTANO

BOQUILLA PARA CARTUCHO DE GAS BUTANO

2 METROS DE LIJA ROJA PARA PLOMERO DEL #120

PASTA PARA SOLDAR ESTAÑO/PLOMO

CORTADOR DE TUBO

4.2 ARMADO DE LA CARCASA:

GUANTES DE CARNAZA PARA SOLDAR

ESCUADRA

PULIDORA PARA DESBASTE

MARTILLO DE GOMA

PRENSAS

FLEXÓMETRO

TIJERAS PARA CORTE DE LÁMINA

2 LÁMINAS GALVANIZADAS CALIBRE 12

TALADRO

BROCAS PARA METAL DEL # 5/32

5 METROS DE MANGUERA DE 1”

4 PAQUETES DE REMACHES CABEZA DE ALUMINIO DEL # 5/32

REMACHADORA

SACABOCADOS PARA METAL DE 3/4” Y 1/2”

2 ROLLOS DE FIBRA DE VIDRIO

4.3 COLOCACIÓN DEL AISLANTE A LA CARCASA:

GUANTES DE CARNAZA PARA SOLDAR

FLEXÓMETRO

TIJERAS PARA CORTE DE LÁMINA

1 ROLLO DE FIBRA DE VIDRIO

2 TUERCAS UNIÓN DE POLIPROPILENO DE 3/4”

4.4 ELABORACIÓN Y APLICACIÓN DE LA MEZCLA ABSORTIVA-RADIATIVA

GUANTES DE CARNAZA PARA SOLDAR

2 BROCHAS DE 3”

40 KG CARBÓN MOLIDO

100 PENCAS DE NOPALES

1 TINA

1 COLADOR

4 METROS DE MALLA METÁLICA

PINZAS

DESARMADORES

3 PAQUETES DE CINCHOS DE PLÁSTICO

4.5 ARMADO DE LA BASE PARA EL TERMOTANQUE Y BASES PARA COLECTORES SOLARES

23 METROS DE PTR DE 2”

27 METROS DE ÁNGULO DE 2”

SOLDADORA ELÉCTRICA

5 Kg DE ELECTRODOS

GUANTES DE CARNAZA PARA SOLDAR

CARETA PARA SOLDAR

CORTADORA PARA METAL

ESCUADRA

PULIDORA PARA DESBASTE

12 TAPONES DE PLÁSTICO PARA PTR DE 2”

1/2 LITRO DE PRIMER ROJO

COMPRESOR

PISTOLA DE ASPERSIÓN

2 LITROS DE THINNER

1/4Kg. DE ESTOPA

PRENSAS

FLEXÓMETRO

TALADRO

BROCAS PARA METAL DEL # 5/32

4 PAQUETES DE REMACHES CABEZA DE ALUMINIO DEL # 5/32

REMACHADORA

PINZAS

MARTILLO

4.6 ARMADO DEL TERMOTANQUE

1 LÁMINA GALVANIZADA CALIBRE 14

GUANTES DE CARNAZA PARA SOLDAR

FLEXÓMETRO

TALADRO

BROCAS PARA METAL DEL # 5/32

4 CONECTORES DE ACERO ROSCA INTERNA DE 1/2" Y 3/4"

4 PAQUETES DE REMACHES CABEZA DE ALUMINIO DEL # 5/32

REMACHADORA

SACABOCADOS PARA METAL DE 3/4" Y 1/2"

2 ROLLOS DE FIBRA DE VIDRIO

6 CONECTORES DE COBRE DE ROSCA INTERNA DE 3/4"

6 CONECTORES DE POLIPROPILENO DE ROSCA EXTERIOR DE 3/4"

6 CONECTORES DE POLIPROPILENO DE ROSCA INTERIOR DE 1/2"

TIJERAS PARA CORTE DE POLIPROPILENO

TERMOFUSOR CON DADOS DE 3/4" Y 1/2"

4 CODOS DE POLIPROPILENO DE 3/4"

DESARMADORES

PINZAS

1 VÁLVULA CHECK DE 3/4"

3 CINTAS TEFLÓN

5 METROS DE TUBO DE POLIPROPILENO DE 3/4"

4 VÁLVULAS DE MARIPOSA DE 3/4"

TERMOTANQUE DE 250 LITROS CON SALIDAS LATERALES DE 1/2" Y 3/4"

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- José Ma. Fernández Salgado. Compendio de energía solar: Fotovoltaica, Térmica, y termoeléctrica, Mundi-Prensa, España, 2010.
- 2.- Antonio Madrid. Energías Renovables (Fundamentos , Tecnologías y Aplicaciones), 1^{ra} Edición, Mundi-Prensa, España 2009.
- 3.- John A. Duffie & William A. Beckman. Solar Engineering of Thermal Processes. Jhon Willey & Sons Inc, 3rd Edition, New Jersey, USA, 2006. ISBN: 978-0-471-69867-8.
- 4.- M. Ibañez Plana, J. R. Rosell Polo, J. I. Rosell Urrutia. Tecnología Solar. Mundi-Prensa Libros, España, 2005.
- 5.- Gregorio Gil García, Dr. Ing. Industrial. Energías del siglo XXI de las Energías Fósiles a las Alternativas. Mundi-Prensa España, 2008
- 6.- Aden B. Meinel y Marjorie P. Meinel. Aplicaciones de la energía solar. Editorial Reverté, S. A., España, 1982.
- 7.-Balance Nacional de Energía 2010, PROCALSOL 2011 Comisión Federal de Electricidad y Comisión Reguladora de Energía.
- 8.-<http://www.ren21.net/> febrero, 2014
- 9.-<http://www.ren21.net/REN21Activities/GlobalStatusReport.aspx>, febrero 2014
- 10.http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2013/GSR2013_lowres.pdf, febrero, 2014
- 11.- http://www.sener.gob.mx/portal/Default_intermedia.aspx?id=2578, febrero, 2014

12.-<http://www.sener.gob.mx/portal/default.aspx?id=1433>, febrero,2014

13.-<http://www.elsevier.com/locate/enconman>, febrero,2014

14.-<http://www.torresolenergy.com/TORRESOL/tecnologias/es>, febrero,2014

15.-http://www.seas.es/blog/energias_renovables/gemasolar-primera-planta-solar-en-el-mundo-con-tecnologia-de-torre-central-con-receptor-de-sales/, febrero,2014

16.-<http://www.afinidadelectrica.com.ar/articulo.php?IdArticulo=189>, febrero,2014

17.http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/RE_Technologies_Cost_Analysis-CSP.pdf, febrero,2014