

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y**

**Ciencias de la Producción**

“Diseño y construcción de un calentador de agua solar,  
económico y asequible a la clase media-baja del Ecuador.”

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Presentado por:

Carlos Alfredo Larreta Morán

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2015

## AGRADECIMIENTO

A Dios por colmarme de bendiciones, a mi madre que con su ejemplo me hizo un hombre de bien y del cielo me sigue guiando por el camino correcto, a mi padre mi mejor amigo quien me inculcó disciplina y perseverancia, a mis hermanas, mi familia que me brindan su apoyo incondicional y por último y no menos importante agradezco a mi esposa Cindy y a mi hijo Carlitos que son el motor de mi vida.

Carlos Larreta

## DEDICATORIA

A Dios, que es la luz que guía mi camino.

A mis padres, que son un ejemplo, y un apoyo constante e incondicional.

A los maestros, que me compartieron sus conocimientos y sus experiencias para contribuir de la mejor forma con mi formación profesional.

A los compañeros que me acompañaron día a día en el reto constante que es la vida universitaria.

Carlos Larreta

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

Carlos Alfredo Larreta Morán

Ing. Manuel Helguero

y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

Estamos también de acuerdo que el vídeo de la presentación oral es de plena propiedad de la FIMCP.



Carlos Alfredo Larreta M.

**Autor**



Ing. Manuel Helguero G.

**Director**

## RESUMEN

Las adversidades que presentan para la humanidad los diferentes cambios climáticos han llevado al desarrollo de tecnologías amigables con el ambiente, teniendo como opción los sistemas solar, por lo cual el presente trabajo explica qué es un sistema de calentamiento solar y los diferentes tipos que existen así como las características de cada uno y sus ventajas. Se desarrolla el diseño, selección y construcción de cada una de las partes del calentador solar térmico, así como el ensamblaje del equipo y ejecución de pruebas.

Se comparan las ventajas económicas del uso de cada una, tanto en su construcción como en uso diario. Así mismo se detallan las pruebas que se realizaron con el fin de comprobar que el equipo cumpla con las características definidas al inicio del diseño.

Por último se analizan los resultados con los cuales se dan las respectivas conclusiones y recomendaciones a la hora de construcción como de instalación del equipo, además de posibles mejoras que se pueden aplicar en el diseño para mejorar su eficiencia y funcionalidad.

**Palabras claves:** Tecnologías amigables, sistema solar, diseño, construcción, eficiencia, funcionalidad.

## ***ABSTRACT***

The adversities posed to humanity different climate changes have led to the development of environmentally friendly technologies, with the option solar systems, so this explains why work is a system of solar heating and the different types that exist as well as the characteristics of each and their advantages. The design, selection and construction of each of the parts of the thermal solar heater and assembly equipment and test execution develops.

The economic advantages of using each, both in construction and in everyday use are compared. Also the tests conducted in order to verify that the computer meets the requirements specified at the start of detailed design.

Finally the results which are given the respective conclusions and recommendations at the time of construction and installation of equipment, as well as possible improvements that can be applied in the design to improve efficiency and functionality are analyzed.

**Keywords:** friendly technologies, solar system, design, construction, efficiency, functionality.

# INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	I
ABSTRACT .....	II
INDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS .....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XII
ÍNDICE DE PLANOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	XIV
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>1. ANTECEDENTES .....</b>	<b>1</b>
1.1. Definición del Problema .....	2
1.2. Objetivos del Proyecto .....	3
1.3. Aplicaciones y Beneficios de la Radiación Solar.....	3
1.4. Colectores solares más comunes y descripción de componentes..	5
1.5. Especificaciones de un termo-tanque, regulación y control .....	8
1.6. Funciones de Válvulas y Accesorios del Calentador de Agua .....	10
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>2. METODOLOGÍA DE DISEÑO.....</b>	<b>11</b>

2.1. Parámetros del Diseño y Construcción .....	11
2.2. Normas que Rigen el Diseño y Construcción de Sistemas de Calentamiento de Agua con Energía Solar Para Uso Sanitario en el Ecuador.....	13
2.3. Materiales Utilizados Para la Construcción del Calentador de Agua en la Región Costa y sus Especificaciones.....	14
2.4. Diseño y Dimensionamiento del Calentador de Agua Para la Ciudad de Guayaquil.....	18
2.5. Diseño por Zonas de Irradiación Solar del Ecuador .....	29
2.6. Cronograma de construcción del sistema solar térmico.....	31
2.7. Construcción del sistema solar térmico bajo la norma NEC-10 .....	31
2.8. Análisis de Costo del Calentador Solar .....	36
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>3. RESULTADOS EXPERIMENTALES .....</b>	<b>39</b>
3.1. Procedimiento de Medición .....	39
3.2. Resultados Obtenidos.....	40
3.3. Eficiencia del calentador .....	48
3.4. Análisis de Resultados.....	50
<b>CAPÍTULO 4</b>	
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>52</b>
4.1. Conclusiones.....	52
4.2. Recomendaciones .....	53
4.3. Trabajos Futuros .....	54



<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	55
---	----

## **APÉNDICES**

APÉNDICE A.....	57
APÉNDICE B.....	65
APÉNDICE C.....	67
APÉNDICE D.....	68

## **ABREVIATURAS**

<b>GLP</b>	Gas Licuado de Petróleo
<b>SST</b>	Sistema Solar Térmico
<b>INEN</b>	Instituto Ecuatoriano de Normalización
<b>NEC 10</b>	Norma Ecuatoriana de Construcción

## SIMBOLOGÍA

$M$	Masa de agua
$n_p$	Número de personas por día
$V_p$	Volumen de agua por persona
$\rho_{H_2O}$	Densidad del agua
$E$	Demanda energética
$c_p$	Capacidad calorífica del agua
$T_f$	Temperatura de consumo del agua
$T_i$	Temperatura de la red sanitaria
$A_{cp}$	Área de captación
$H$	Radiación solar diaria
$\bar{H}$	Radiación sobre superficie inclinada
$n_g$	Eficiencia global del sistema
$T_{eq}$	Temperatura equivalente
$V_{dep}$	Volumen del depósito
$H$	Longitud del tanque de almacenamiento
$d$	Diámetro del termo-tanque interno
$E'$	Demanda energética crítica
$h$	Altura del termo-tanque interno
$L$	Longitud de los tubos de cobre
$N$	Número de vueltas del serpentín
$V_{se}$	Volumen del serpentín
$N$	Eficiencia experimental
$T_s$	Temperatura de salida del colector
$T_e$	Temperatura de entrada al colector
$\dot{m}$	Flujo másico del agua

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.1.</b>	ESQUEMA DEL COLECTOR DE UN CALENTADOR SOLAR DE PLACA PLANA .....	6
<b>FIGURA 1.2.</b>	ESQUEMA DEL COLECTOR DE UN CALENTADOR SOLAR DE TUBOS AL VACÍO.....	8
<b>FIGURA 1.3.</b>	CORTE DE UN TERMO-TANQUE SOLAR DE UN CALENTADOR DE TUBOS AL VACÍO. ....	9
<b>FIGURA 2.1.</b>	MODELO DE CALENTADOR SOLAR PLACA PLANA .....	29
<b>FIGURA 2.2.</b>	PLANO DE MONTAJE DEL CALENTADOR SOLAR DE PLACA PLANA. ....	29
<b>FIGURA 2.3.</b>	CORTE DE LAS PLANCHAS.....	31
<b>FIGURA 2.4.</b>	TERMO-TANQUE INTERNO .....	32
<b>FIGURA 2.5.</b>	AISLAMIENTO DE LANA DE VIDRIO.....	32
<b>FIGURA 2.6.</b>	SOLDADURA DE LA CUBIERTA PROTECTORA.....	33
<b>FIGURA 2.7.</b>	AISLANTE DEBAJO DE LA PLACA COLECTORA .....	33
<b>FIGURA 2.8.</b>	IZQ. PERFORACIONES AL TUBO PRIMARIO. DER. BANCO DE TUBOS DEL COLECTOR.....	34
<b>FIGURA 2.9.</b>	ENSAMBLAJE DEL COLECTOR. ....	35
<b>FIGURA 2.10.</b>	CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE DEL CALENTADOR.....	35
<b>FIGURA 2.11.</b>	CALENTADOR SOLAR TERMINADO.....	36

<b>FIGURA 3.1.</b>	PIRANOMETRO USADO PARA LA MEDICIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR. ....	40
<b>FIGURA 3.2.</b>	TOMA DE DATOS EXPERIMENTALES DEL CALENTADOR SOLAR .....	41
<b>FIGURA 3.3.</b>	VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA CON RESPECTO AL TIEMPO PARA LOS DATOS OBTENIDOS EL 4 DE SEPTIEMBRE DEL 2015.....	43
<b>FIGURA 3.4.</b>	VARIACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR CON RESPECTO AL TIEMPO PARA LOS DATOS OBTENIDOS EL 4 DE SEPTIEMBRE DEL 2015.....	43
<b>FIGURA 3.5.</b>	VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA CON RESPECTO AL TIEMPO PARA LOS DATOS OBTENIDOS EL 5 DE SEPTIEMBRE DEL 2015.....	45
<b>FIGURA 3.6.</b>	VARIACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR CON RESPECTO AL TIEMPO PARA LOS DATOS OBTENIDOS EL 5 DE SEPTIEMBRE DEL 2015.....	45
<b>FIGURA 3.7.</b>	VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA CON RESPECTO AL TIEMPO PARA LOS DATOS OBTENIDOS EL 6 DE SEPTIEMBRE DEL 2015.....	47
<b>FIGURA 3.8.</b>	VARIACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR CON RESPECTO AL TIEMPO PARA LOS DATOS OBTENIDOS EL 6 DE SEPTIEMBRE DEL 2015.....	47

<b>FIGURA 3.9.</b>	VARIACIÓN DE LA EFICIENCIA CON RESPECTO A $(T_e - T_{amb})/H$ PARA LOS DATOS OBTENIDOS EL 4 DE SEPTIEMBRE DEL 2015.....	48
<b>FIGURA 3.10.</b>	VARIACIÓN DE LA EFICIENCIA CON RESPECTO A $(T_e - T_{amb})/H$ PARA LOS DATOS OBTENIDOS EL 5 DE SEPTIEMBRE DEL 2015.....	49
<b>FIGURA 3.11.</b>	VARIACIÓN DE LA EFICIENCIA CON RESPECTO A $(T_e - T_{amb})/H$ PARA LOS DATOS OBTENIDOS EL 6 DE SEPTIEMBRE DEL 2015.....	50
<b>FIGURA A.1.</b>	PROPIEDADES Y USOS DEL POLICARBONATO .....	58
<b>FIGURA A.2.</b>	DATASHEET DE LA PINTURA UTILIZADA PARA RECUBRIR LA PLACA COLECTORA. PARTE 1 .....	58
<b>FIGURA A.3.</b>	DATASHEET DE LA PINTURA UTILIZADA PARA RECUBRIR LA PLACA COLECTORA. PARTE 2 .....	59
<b>FIGURA A.4.</b>	ETIQUETA DE INFORMACIÓN DEL COLECTOR SOLAR .....	60
<b>FIGURA A.5.</b>	ETIQUETA DE INFORMACIÓN DEL TANQUE SOLAR .....	60
<b>FIGURA A.6.</b>	SIMULACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL COLECTOR.....	62
<b>FIGURA A.7.</b>	SIMULACIÓN DE LA DEFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL COLECTOR.....	63
<b>FIGURA A.8.</b>	SIMULACIÓN DE LOS ESFUERZOS DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL COLECTOR.....	63

<b>FIGURA A.9.</b>	SIMULACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL TANQUE.....	63
<b>FIGURA A.10.</b>	SIMULACIÓN DE LA DEFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL TANQUE.....	64
<b>FIGURA A.11.</b>	SIMULACIÓN DE LOS ESFUERZOS DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL TANQUE.....	64
<b>FIGURA C.1.</b>	PRECIO DE IMPORTACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE UN EQUIPO SIMILAR AL DISEÑADO EN ESTE PROYECTO.....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1</b>	Rangos de la Radiación Solar en el Ecuador	19
<b>Tabla 2.2</b>	Promedio de los Datos Climáticos en la Ciudad de Guayaquil	20
<b>Tabla 2.3</b>	Rangos de la Radiación Solar en una Superficie de 5° Respecto a la Horizontal	22
<b>Tabla 2.4</b>	Datos de los Calentadores para Diferentes Zonas de Radiación Solar en el Ecuador	30
<b>Tabla 2.5</b>	Cantidad y Costos de los Materiales Utilizados en la Construcción	37
<b>Tabla 2.6</b>	Costos de Mano de Obra	37
<b>Tabla 2.7</b>	Costos Totales	37
<b>Tabla 2.8</b>	Comparación del Costo de Funcionamiento de un Equipo Solar, Eléctrico y a Gas	38
<b>Tabla 3.1</b>	Datos Experimentales Obtenidos el Viernes 4 de Septiembre del 2015 (Soleado)	42
<b>Tabla 3.2</b>	Datos Experimentales Obtenidos el Sábado 5 de Septiembre del 2015 (Nublado)	44
<b>Tabla 3.3</b>	Datos Experimentales Obtenidos el Domingo 6 de Septiembre del 2015 (Soleado)	46
<b>Tabla A.1</b>	Tipos de aislamiento y espesor recomendado	57
<b>Tabla A.2</b>	Características Recomendadas de Válvulas de Seguridad	60
<b>Tabla A.3</b>	Tabla de Pesos de los Diferentes Componentes del Calentador	61
<b>Tabla B.1</b>	Cronograma de Actividades Desarrolladas en este Proyecto	66



## ÍNDICE DE PLANOS

<b>Plano 1</b>	Soporte Colector
<b>Plano 2</b>	Planchas Colector
<b>Plano 3</b>	Conjunto Omegas
<b>Plano 4</b>	Marco Inferior
<b>Plano 5</b>	Marco Superior
<b>Plano 6</b>	Vidrio Receptor
<b>Plano 7</b>	Conjunto Tubos
<b>Plano 8</b>	Lana de Vidrio
<b>Plano 9</b>	Soporte 1 Tanque
<b>Plano 10</b>	Soporte 2 Tanque
<b>Plano 11</b>	Conjunto Tanque
<b>Plano 12</b>	Lana Vidrio Tanque
<b>Plano 13</b>	Forro Tanque
<b>Plano 14</b>	Plano Calentador
<b>Plano 15</b>	Corte Calentador
<b>Plano 16</b>	Despiece Calentador

## INTRODUCCIÓN

El *primer capítulo* es una revisión literaria en el cual se presentan los antecedentes que han llevado al desarrollo de la tecnología empleada, así como también los tipos de equipos que existen disponibles y sus diferentes partes.

En el *segundo capítulo* se plantean las ecuaciones de diseño del equipo, así como de la construcción del mismo. Además de un análisis de costos tanto del equipo como de su funcionamiento en comparación a otros equipos del mercado.

En el *capítulo 3* se presenta el procedimiento de medición a seguir para obtener los resultados del funcionamiento del equipo, así como el análisis de estos.

Finalmente en el *capítulo 4* se presenta las conclusiones basadas en los resultados obtenidos de las pruebas de campo, las recomendaciones en cuanto a la construcción y modelos de calentadores para perfeccionar este o futuros proyectos. Se mencionan algunos trabajos futuros que permitirán mejorar el diseño y eficiencia del equipo.

# CAPÍTULO 1

## 1. ANTECEDENTES

El cambio en la temperatura climática del mundo ha ocasionado que en ciertos sectores la temperatura del agua sea menor a la temperatura de confort de la mayoría de las personas, lo que ha provocado que se deba contar con ciertos sistemas que permiten elevar la temperatura del agua a la temperatura deseada, que a su vez ocasiona un gasto tanto de instalación como del uso de la energía que permite que estos equipos funcionen.

Estos cambios en el clima ocasionados por el uso indiscriminado de combustibles fósiles para generar la energía que usamos, han llevado al desarrollo de tecnologías que permitan utilizar la energía que el mismo medio ambiente produce sin la necesidad de contaminarlo, entre los que tenemos la energía solar que es la forma de energía en la cual está basada este proyecto. Permittiéndonos crear un equipo que sea económico en su fabricación y en el cual su costo de operación por la energía utilizada sea casi nulo.

## **1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

En el Ecuador por muchos años se ha utilizado gas licuado de petróleo (GLP) para alimentar calefones, termo-tanques, etc. Los cuales sirven para calentar agua potable o sanitaria dentro de las viviendas.

Con el cambio de la matriz energética el estado eliminará el subsidio del GLP encareciendo el uso de estos equipos, para impulsar el consumo de la energía eléctrica aunque en la actualidad este rubro también está encarecido por deficiencias económicas. Por lo tanto, surge la necesidad de desarrollar tecnologías que permitan utilizar energías renovables, las cuales serían una alternativa para las personas que no tienen los recursos suficientes para adquirir equipos eléctricos o asumir el costo del GLP sin subsidio.

En la actualidad las importaciones están cargadas de impuestos por lo que importar este tipo de productos sale muy costoso por lo cual surge la necesidad de diseñar y construir un calentador de agua potable o sanitaria, usando la energía solar disponible en el medio ambiente que sea económico y asequible a la clase media-baja regido bajo la norma ecuatoriana NEC 10.

## **1.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

- Diseñar calentadores solares térmicos de agua potable o sanitaria para una vivienda, utilizando la energía solar disponible en el medio ambiente de manera que sean económicos y asequibles para la clase media-baja, en las cuatro regiones del Ecuador divididas en cinco zonas de irradiación solar regidos por la norma ecuatoriana NEC 10.
- Seleccionar materiales económicos de preferencia producidos en el país que sean duraderos y de calidad.
- Diseño y construcción de un calentador de agua potable para la región costa utilizando como referencia los datos ambientales de la ciudad de Guayaquil, que sea asequible para la clase media baja y normado.
- Medición de parámetros necesarios para obtener la eficiencia del colector solar.
- Análisis de costos de la construcción del calentador de agua y posterior comparación con otros equipos del mercado.

## **1.3. APLICACIONES Y BENEFICIOS DE LA RADIACIÓN SOLAR**

Una de las aplicaciones que más ha sido aceptada por los usuarios de la energía solar es la calefacción de las habitaciones debido a su

denominación de tecnología verde y a su economía. El uso de este tipo de energía limpia nos permite pensar en un futuro donde la utilización de combustibles fósiles sea mínima y contribuir a que el mundo sea un lugar más limpio y a su vez reduciendo el efecto invernadero.

Debido a la ubicación geográfica del Ecuador la calefacción solar es una forma eficiente de aprovechar la energía del sol, esta aplicación nos permite reducir hasta un 75% de consumo de GLP, consiguiendo que las instalaciones sean eficientes, duraderas, económicas y seguras.

Las aplicaciones de la energía solar son tan variadas como los usos de la energía eléctrica debido a los avances en las tecnologías fotovoltaicas que con el paso del tiempo se han desarrollado, siendo más eficientes y rentables para ciertos casos ya que esta energía aparte de limpia, es gratis.

Ecuador tiene una ventaja geográfica al estar atravesado por la Línea Equinoccial tiene poca variabilidad en la posición del sol durante todo el año, el sol se desplaza 47°.

## **ALGUNOS DE LOS USOS PARA LA ENERGÍA SOLAR SON:**

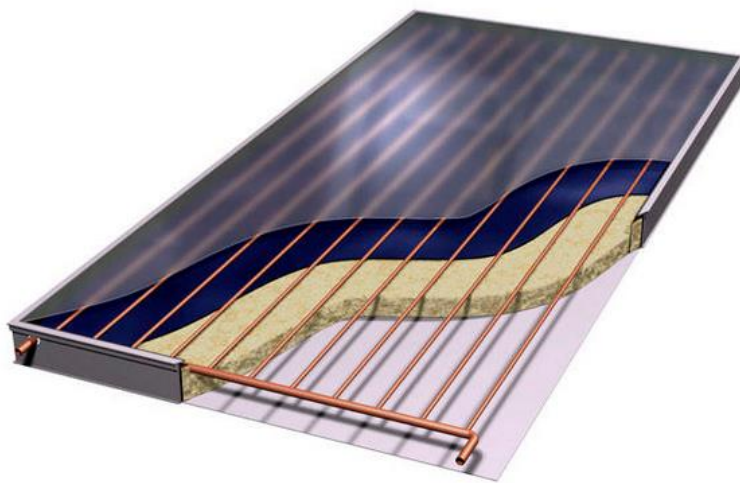
- Calentamientos del agua de piscinas.
- Calefacción de habitaciones.
- Calentar el agua de uso común.
- Poner en funcionamiento equipos de refrigeración.
- Para secar productos agrícolas.
- Transformarlo en energía eléctrica mediante paneles solares.
- Para potabilizar y desalinizar el agua de mar.

### **1.4. COLECTORES SOLARES MÁS COMUNES Y DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES.**

Se trata de un equipo capaz de transformar la energía producida por el sol que llega en forma de radiación solar en calor con procesos añadidos de transferencia de calor mediante radiación, conducción y convección. Con el propósito de elevar la temperatura de un fluido que generalmente es el agua.

El principio físico sobre el cual está basado este tipo de equipos es el efecto invernadero, resultado de la capacidad que tiene un cuerpo transparente de dejar pasar la radiación electromagnética solar.

Los colectores solares de placa plana son elementos capaces de calentar y conducir fluidos de trabajo debido a que están formados por una superficie absorbente de alta conductividad térmica y estable a la corrosión, también consta de tubos de cobre, cubierta transparente y caja hermética.



**FIGURA 1.1. Esquema del Colector de un Calentador Solar de Placa Plana.**

El colector solar plano está constituido por:

- Cubierta transparente de vidrio solar, vidrio común o policarbonato.
- Placa de absorción metálica que puede ser de cobre, aluminio o acero en donde la radiación solar se convierte en el calor que calentará el agua que fluye por los tubos. Con el fin disminuir la



transmisividad y aumentar la absorptividad, esta superficie suele ser pintada de negro.

- Material aislante, colocado tanto debajo como a los lados de la placa colectora para disminuir las pérdidas de calor, también se coloca material aislante entre el tanque interno y el tanque externo.
- Cubierta protectora que da soporte al colector y lo protege del medio.

Colectores solares de tubos al vacío: Son equipos en los cuales el colector está formado por tubos de vidrio recubiertos en su interior de una superficie metálica. Van dotados de una doble cubierta envolvente, herméticamente cerrada, aislada del interior y del exterior, y en la cual se ha hecho al vacío lo que reduce las pérdidas por convección e incrementa la eficiencia del colector (1).

Los colectores solares de tubos al vacío se encuentran entre los tipos de colectores más eficientes y costosos del mercado. Estos colectores se aprovechan al máximo en aplicaciones que requieren temperaturas moderadas, entre 50°C y 95°C, y/o en climas muy fríos (2).



**FIGURA 1.2. Esquema del Colector de un Calentador Solar de Tubos al Vacío.**

### **1.5. ESPECIFICACIONES DE UN TERMO-TANQUE, REGULACIÓN Y CONTROL.**

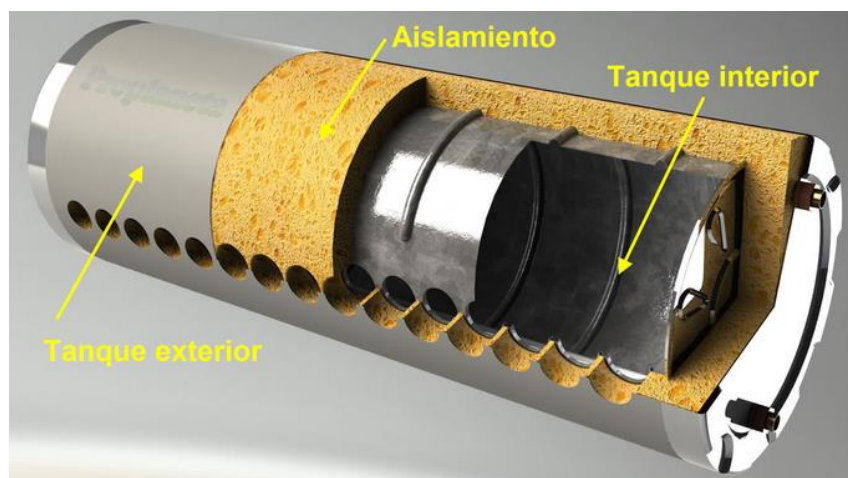
Los termo-tanques son los que reciben y almacenan agua caliente que ha pasado por el colector, es un tanque de cualquier material que permita mantener las condiciones del agua adecuadas para el consumo humano aislado térmicamente del ambiente exterior para reducir las pérdidas térmicas.

El termo-tanque tiene 4 tomas de agua de las cuales una es de entrada de agua potable, otra de salida del agua caliente de consumo y una de entrada y salida de los colectores.

El termo-tanque tiene las siguientes funciones:

- Disminuye las variaciones en la energía solar que recibe el colector.
- Almacena el agua caliente cuando no hay generación de calor.
- Se puede colocar sistemas de calentamiento auxiliares para momentos donde no hay radiación solar.

Dado que el tanque está conectado a la red hidráulica, debe ser construido de acuerdo a normas de construcción para que sea capaz de soportar la presión a la que va a estar sometido. El tanque aunque puede tener cualquier forma casi siempre es cilíndrico en posición horizontal o vertical.



**FIGURA 1.3. Corte de un Termo-Tanque Solar de un Calentador de Tubos al Vacío.**

Con la finalidad de aumentar la eficiencia del calentador ciertos modelos cuentan con sistemas de regulación y control, comprendidos por sistemas de medición, regulación, protección y seguridad.

Se recomienda la utilización de tanques de expansión o de elementos que no permitan la deformación del tanque, producida por el cambio de volumen debido al cambio de temperatura en todos los SST; es obligatorio para quipos de tubo de vacío tipo heat pipe (1).

#### **1.6. Funciones de Válvulas y Accesorios del Calentador de Agua.**

El circuito hidráulico entre el colector solar y el termo-tanque, se diseña de manera que permita la recirculación del fluido entre el termo-tanque y el colector mediante termosifón, que se basa el movimiento del fluido por la variación de densidad de un fluido frío y del mismo fluido caliente. Este circuito se diseñó de tal manera que no permita el reflujó del agua caliente en horas de ausencia de sol desde el tanque hacia el colector, además de evitar la mezcla del fluido caliente dentro del termo-tanque con el fluido frío de consumo. Se colocó aislamiento para tratar de almacenar el calor, el mayor tiempo posible para su uso incluso en la noche.

El agua caliente almacenada en el termo-tanque del calentador de agua, se debe conectar con la red de agua caliente existente de la edificación para su uso.

Se colocaron diversas válvulas auxiliares que permiten realizar mantenimientos preventivos a lo largo de la vida útil del equipo que se estima que sea de 5 años.

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA DE DISEÑO

El diseño y fabricación del calentador solar en su mayoría está realizado de manera que respete las indicaciones dadas en la norma ecuatoriana, por lo cual en el diseño se tuvo que tener en cuenta varios factores como el lugar geográfico y las condiciones climáticas, además de las necesidades del uso de agua.

Para la fabricación se tuvo en cuenta los diversos métodos por los cuales se pueden ensamblar los diferentes elementos, teniendo en cuenta que no se altere la forma del diseño o afecte en su funcionamiento futuro.

### 2.1. Parámetros del Diseño y Construcción

Los parámetros de diseño se detallan a continuación:

- Cantidad de miembros en una familia promedio en el Ecuador.
- Posición geográfica del Ecuador.
- La demanda de energía térmica.
- La energía solar térmica aportada.
- Las fracciones solares mensuales y anuales.
- El rendimiento medio anual.

La fracción solar anual será determinada de acuerdo a criterios técnicos y económicos, de conformidad con los términos de la norma NEC-10. Se recomienda que sea mínimo del 60% para usos residenciales y del 80% para piscinas. La fracción solar en ningún mes debe exceder el 100% de cobertura solar.

Los componentes tienen que ser capaces de soportar todos los intervalos de temperaturas que puedan experimentar durante su funcionamiento, así como las variaciones de temperatura en el intervalo de diseño.

El sistema debe ser capaz de soportar periodos en los que no se utilice agua caliente sin deterioro, ni de las partes, ni del sistema. Los componentes exteriores que estén expuestos al sol no deben verse afectados en sus propiedades, de manera que perjudique su funcionamiento durante la vida útil del sistema (1).

## **2.2. Normas que Rigen el Diseño y Construcción de Sistema de Calentamiento de Agua con Energía Solar Para Uso Sanitario en el Ecuador.**

En el Ecuador existe una norma vigente que regula el diseño y

construcción de calentadores de agua potable o sanitaria para la vivienda, aprovechando la energía solar. Por lo tanto para producir y vender estos equipos se debe obtener una certificación del instituto ecuatoriano.

Esta norma establece las especificaciones técnicas mínimas de fabricación e instalación, y guías para el dimensionamiento que deben cumplir los Sistemas Solares Térmicos (SST) para calentamiento de agua en aplicaciones menores a 100°C, respecto de los aspectos técnicos, clasificación, descripción, dimensionamiento, componentes, ensayos de homologación y etiquetado. Establece además, la información que debe entregar el fabricante con sus equipos y las consideraciones de seguridad para los usuarios.

### **2.3. Materiales Utilizados Para la Construcción del Calentador de Agua en la Región Costa y sus Especificaciones.**

#### **CUBIERTA**

Es la parte que permite ingresar a la radiación solar e impide la salida de la misma, produciendo un efecto invernadero, además de proteger a los tubos de la suciedad o cualquier elemento que pueda disminuir su eficiencia. Se puede utilizar cubierta de vidrio o un polímero



generalmente policarbonato, dado que las cubiertas de vidrio permiten mayores temperaturas las cuales son elegidas comúnmente.

Este vidrio puede ser normal transparente o vidrio solar. El vidrio solar se caracteriza por ser pulido en su cara interior y ligeramente rugoso en su cara exterior, posibilitando el aumento del cono de la abertura útil. Además de contener cantidades bajas de hierro en su composición, lo que aumenta su transmisividad y disminuye su emisividad, la desventaja de este tipo de vidrio es su alto costo que encarecería el colector solar de placa plana.

En el caso del policarbonato, debe reconocer la enorme transparencia siempre y cuando haya sido tratado para resistir la radiación ultravioleta, en cuanto a la eficiencia produciendo el efecto invernadero es menor en comparación al vidrio, pero por su resistencia es recomendable en zonas donde exista peligro de caída de objetos, como son en lugares donde se produce granizadas como por ejemplo la sierra ecuatoriana.

### **MATERIAL Y FORMA DEL CIRCUITO HIDRÁULICO.**

La elección del material y la forma del circuito son importantes por dos razones:

- Si se utilizan materiales diferentes entre el circuito y el termotanque, se puede producir corrosión galvánica lo que afectará la calidad del agua y la salud de las personas.
- La presión generada en ciertas aplicaciones del agua puede sobrepasar a la que pueden soportar ciertos materiales.

### **RECUBRIMIENTO DE LA PLACA COLECTORA.**

Se debe elegir un pigmento negro opaco que permita su aplicación sin que existan agrietamientos, irregularidades, etc. Se debe procurar que las características del recubrimiento mantengan sus condiciones a temperaturas cercanas a los 100°C. En este caso es recomendable pintura para aplicaciones industriales.

### **AISLANTE TÉRMICO.**

Para el aislante térmico existen diversos tipos, pero se debe considerar las condiciones de trabajo del equipo, entre las cuales se tiene la humedad a la que pueda estar sometido el aislante, por lo cual del material debe poder ser estable en un tiempo mínimo de 5 años. De preferencia con un coeficiente de conductividad térmica menor a 0.040W/m°C.

### **MARCO EXTERIOR.**

Los marcos generalmente están hechos de acero inoxidable o aluminio anodizado por su resistencia a la corrosión, y diseñados de tal manera que tengan la rigidez necesaria para soportar a los componentes internos. En ciertas ocasiones también pueden ser fabricados de algún polímero.

### **ELEMENTOS DE CIERRE.**

Debido a las variaciones de temperatura a las que está sometido el equipo, los diferentes elementos del calentador tienden a dilatarse y contraerse a lo largo de las horas de funcionamiento, por lo cual los materiales tienen que soportar estas dilataciones y contracciones.

Debido a esto se suele utilizar elementos plásticos o de caucho, que permitan estas dilataciones. Otra consideración importante es que la cubierta tiene que impedir el paso de la lluvia pero no ser hermético de manera que se eviten empañamientos en el vidrio.

### **ACCESIBILIDAD DEL COLECTOR SOLAR.**

Tanto a cubierta como a las diferentes conexiones deben permitir un acceso fácil, de manera que se permita un correcto mantenimiento del equipo cuando éste lo requiera.

## **TANQUE DE ALMACENAMIENTO.**

Los tanques deben ser de un material capaz de conservar el agua almacenada en condiciones de consumo humano, y además que éste pueda soportar las condiciones como: presión, temperatura, corrosión, oxidación, dureza de agua y resistencia al ambiente.

Para el material exterior es recomendable utilizar un material que pueda proteger al aislante del medio ambiente, y a su vez sea estéticamente agradable a la vista.

## **2.4. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL CALENTADOR DE AGUA PARA LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.**

La norma ecuatoriana NEC 10 solo hace referencia al diseño de calentadores de agua potable de placa plana, los cuales son más económicos en relación a los calentadores de agua por tubos al vacío, debido a los materiales empleados y porque es obligatorio utilizar un tanque de expansión, como requerimos que el calentador sea económico diseñaremos un calentador de agua con colector de placa plano.

Para el diseño del calentador hay que tener en cuenta las condiciones ambientales del lugar que se desea colocar el calentador.

En el presente trabajo se diseñará un calentador para cada una de las cinco zonas en las que está dividido el Ecuador, según la irradiación solar (tabla 2.1).

**TABLA 2.1. Rangos de la Radiación Solar en el Ecuador**

<b>ZONAS</b>	<b>MJ/m<sup>2</sup>.dia</b>
Zona 1	11.52 - 12.96
Zona 2	12.96 - 14.40
Zona 3	14.40 - 15.84
Zona 4	15.84 - 17.28
Zona 5	17.28 - 18.72

Debido a que nos encontramos en la ciudad de Guayaquil (latitud 2.2S y longitud 79.88W) para la demostración de los cálculos, se basarán en los datos climáticos promedios de esta ciudad durante 9 años de lectura mostrados en la tabla 2.2.

**TABLA 2.2. Promedio de los Datos Climáticos en la Ciudad de Guayaquil**

<b>Mes</b>	<b>H (MJ/m<sup>2</sup>.dia)</b>	<b>Tamb (°C)</b>	<b>T<sub>red</sub> (°C)</b>	<b>V<sub>viento</sub> (m/s)</b>
Enero	14.04	26.7	18.7	3.6
Febrero	15.12	26.7	18.7	2.6
Marzo	16.74	27.1	19.1	3.1
Abril	15.66	27.1	19.1	3.1
Mayo	16.20	26.4	18.4	3.6
Junio	15.12	25.2	17.2	4.1
Julio	15.66	24.4	16.4	4.1
Agosto	16.74	24.3	16.3	4.6
Septiembre	18.36	24.8	16.8	4.1
Octubre	16.20	24.9	16.9	4.1
Noviembre	17.82	25.4	17.4	4.1
Diciembre	17.28	26.4	18.4	4.1
<b>Promedio</b>	<b>16.25</b>	<b>25.8</b>	<b>17.8</b>	<b>3.8</b>

El consumo diario promedio de agua por persona para esta ciudad es de 45 litros al día, con lo que podemos obtener el valor de la masa de agua:

$$M = n_p \rho_{H_2O} V_p \quad (2.1)$$

$$M = 4 \frac{\text{personas}}{\text{dia}} * 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 45 \frac{\text{l}}{\text{persona}} * \frac{1 \text{m}^3}{1000 \text{l}}$$

$$M = 180 \frac{Kg}{dia}$$

La demanda energética, es la cantidad de energía necesaria para poder llevar la masa de agua utilizada desde la temperatura de la red a la temperatura deseada, que para nuestro caso es de 50°C, que se calcula mediante la ecuación (3):

$$E = Mc_p(T_f - T_{red}) \quad (2.2)$$

$$E = 180 \frac{Kg}{dia} * 4180 \frac{J}{Kg.K} * (323 - 290.8)K$$

$$E = 24.23 \frac{MJ}{dia}$$

Para el cálculo del área necesaria de captación en el calentador, es necesario conocer la radiación solar promedio sobre una superficie inclinada, la cual se puede ver en la tabla 2.3. Se debe considerar la inclinación que se desea del calentador, la cual por la norma ecuatoriana NEC-10 debe ser de 5° en dirección a la línea equinoccial, lo que altera del valor de la radiación horizontal mediante una constante k y nos da el valor de la radiación sobre la superficie inclinada mediante la fórmula:

$$H = k * \bar{H} \quad (2.3)$$

**TABLA 2.3. Rangos de la Radiación Solar en una Superficie de 5°  
Respecto a la Horizontal.**

<b>Mes</b>	<b>H (MJ/m<sup>2</sup>.dia)</b>	<b>K</b>	<b><math>\bar{H}</math> (MJ/m<sup>2</sup>.dia)</b>
Enero	14.04	0.97	13.62
Febrero	15.12	0.98	14.82
Marzo	16.74	1	16.74
Abril	15.66	1.01	15.82
Mayo	16.20	1.02	16.52
Junio	15.12	1.02	15.42
Julio	15.66	1.02	15.97
Agosto	16.74	1.01	16.91
Septiembre	18.36	1	18.36
Octubre	16.20	0.98	15.88
Noviembre	17.82	0.97	17.29
Diciembre	17.28	0.96	16.59
<b>Promedio</b>	<b>16.25</b>	<b>1.00</b>	<b>16.16</b>

Asumiendo una eficiencia estándar del 50% típica para este tipo de calentadores, el área de captación del calentador esta dado por:

$$A_{cp} = \frac{E}{\bar{H} * 0.5} \quad (2.4)$$



$$A_{cp} = \frac{24.23 \frac{MJ}{\text{día}}}{16.16 \frac{MJ}{m^2 \cdot \text{día}} * 0.5}$$

$$A_{cp} = 3.0 m^2$$

Dada el área que se debe tener para obtener la energía necesaria para calentar el agua, se eligió una longitud de 2.44 metros y 1.22 de ancho de la placa colectora por disponibilidad en el mercado. Se utilizó una lámina galvanizada calibre 18 (espesor de 1.2 milímetros).

El aislamiento que debe haber entre la placa colectora y la parte inferior de la estructura, se recomienda que sea de lana de vidrio o de espuma de poliuretano, por facilidad de instalación y por costo se eligió la lana de vidrio con una conductividad térmica de 0.038W/m.K, y con un espesor dado por:

$$\bar{H} = k \frac{(T_f - T_{amb})}{e} \quad (2.5)$$

$$e = 0.038 \frac{W}{m K} \frac{(323 - 298.8)K}{187.037 \frac{W}{m^2}}$$

$$e = 0.00491 m \approx 5 mm$$

Dado que se eligió la lana de vidrio como aislante térmico, se utilizó un espesor mínimo de 50 milímetros en lugar de los 5 milímetros calculados por especificaciones de la norma.

La distancia entre la placa colectora y la cubierta de vidrio por recomendación es de mínima 25 milímetros, y para aumentar la eficiencia del calentador se coloca una capa de aislamiento de 20 milímetros a los lados del colector.

Para calcular la masa de agua que se va a almacenar dentro del contenedor del calentador, es necesario definir la temperatura equivalente, por definición tenemos que la diferencia de temperatura entre la temperatura equivalente y la temperatura de red es una constante de 30°C. Con dicho valor se obtiene la masa de agua a almacenar mediante la siguiente ecuación:

$$M = \frac{E}{c_p(T_{eq} - T_{red})} \quad (2.6)$$

$$M = \frac{24.23 \times 10^6 \frac{J}{dia}}{4180 \frac{J}{Kg \cdot ^\circ C} (30^\circ C)}$$

$$M = 193.22 \frac{Kg}{dia}$$

Con la masa de agua a almacenar se calcula fácilmente el volumen del tanque reservorio, el cual por efectos de expansión del agua caliente se recomienda calcular un 15% más del volumen necesario a temperatura ambiente.

$$V_{dep} = 1.15M \quad (2.7)$$

$$V_{dep} = 1.15 * 193.22 \frac{Kg}{dia} * \frac{1 l}{1Kg}$$

$$V_{dep} = 222.20 \frac{l}{dia}$$

Para que el tanque reservorio tenga una longitud similar al ancho del área de captación, se asumió una medida de 1.20 metros, con lo que el diámetro obtenido es:

$$V_{dep} = \frac{\pi d^2}{4} * h \quad (2.8)$$

$$0.2222 m^3 = \frac{\pi d^2}{4} * h$$

$$d^2 = \frac{0.2222 m^3 * 4}{\pi * 1.20 m}$$

$$d = 0.49 m$$

Para el espesor de las paredes del tanque se basó en las normas API 650 y API 620 sobre tanques contenedores de agua a presión atmosférica, en donde nos refiere a que las planchas para las paredes de los contenedores deben tener un espesor mínimo de 4.76 mm, para contenedores de diámetro menor a 15.24 metros, mientras que para las planchas que forman los lados del tanque se debe tener un espesor mínimo de 6.3 mm. Esto es para evitar las deformaciones producidas por la soldadura de las partes.

Debido a que el tanque almacena agua caliente es necesario que esté debidamente aislado del medio ambiente, por lo cual la norma nos da diversos espesores de acuerdo al tipo de aislamiento usado (1). Por su menor conductividad térmica se eligió la lana de vidrio con un espesor de 50 milímetros en la pared del tanque y en las tapas del mismo, con el aislamiento tenemos que el diámetro interno del cilindro externo es de 599.52 milímetros y su longitud interna de 1312.6 milímetros.

Considerando una demanda de agua crítica en donde todos los miembros de la familia utilizan el agua al mismo tiempo y en el lapso de 1 segundo la demanda energética crítica es de:

$$E' = \frac{24.23 \text{ MJ}}{1 \text{ s}}$$

$$E' = 24.23 \text{ MW}$$

Por disponibilidad de utilizó tubos de cobre de 1/2 pulgada con un diámetro exterior de 15.87 milímetros con un espesor de 1.24 milímetros, con el valor de la demanda crítica podemos obtener la longitud necesaria de los tubos para alcanzar la transferencia de calor requerida, mediante la fórmula:

$$E' = \frac{2\pi Lk(T_f - T_{red})}{\ln\left(\frac{r_{ext}}{r_{int}}\right)} \quad (2.9)$$

$$24.23 * 10^6 W = \frac{2\pi L * 385 \frac{W}{m.K} (323 - 290.8)K}{\ln\left(\frac{6.35 \text{ mm}}{5.54 \text{ mm}}\right)}$$

$$L = \frac{24.23 * 10^6 W * \ln\left(\frac{6.35 \text{ mm}}{5.54 \text{ mm}}\right)}{2\pi * 385 \frac{W}{m.K} (323 - 290.8)K}$$

$$L = 42.45 \text{ m}$$

Para lograr que el calentador almacene el calor obtenido durante el día, necesitamos colocar un serpentín por el cual pase el agua de consumo evitando la mezcla con el agua del calentador, este serpentín será de la misma longitud encontrada para los tubos del calentador ya que se desea transferir la misma energía al fluido de consumo.

Para estar seguro que el serpentín entra en el tanque reservorio se calculará el volumen que este ocupa y la longitud una vez enrollado, teniendo:

$$V_{se} = \frac{\pi * d^2}{4} * L \quad (2.10)$$

$$V_{se} = \frac{\pi * 0.01587m^2}{4} * 42.45m$$

$$V_{se} = 0.0168 \text{ m}^3 \approx 17 \text{ l}$$

Dado que el volumen del tanque es de 223 litros, en cuanto a volumen el serpentín entra en el tanque reservorio, mientras que en su longitud

asumimos un espiral de diámetro medio de 400 milímetros tenemos el número de vueltas:

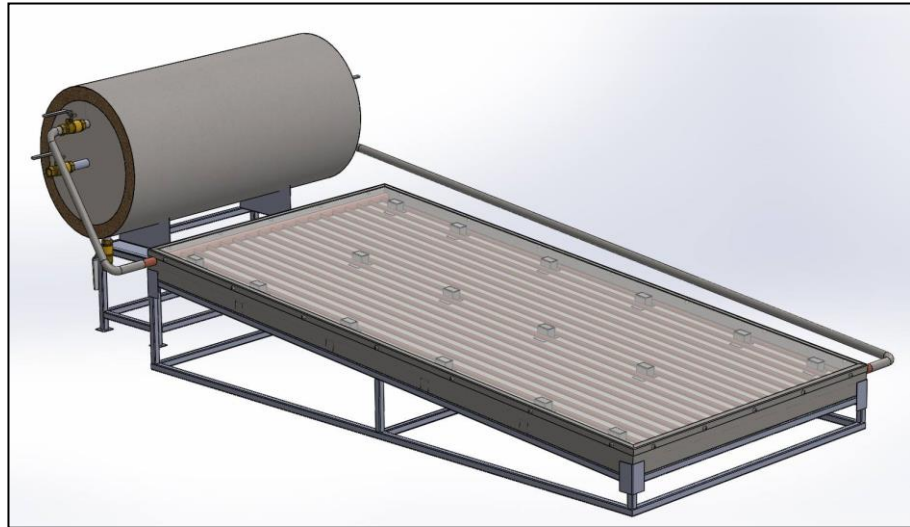
$$N = \frac{42.45 \text{ m}}{\pi * 0.40 \text{ m}} \quad (2.11)$$

$$N = 34 \text{ vueltas}$$

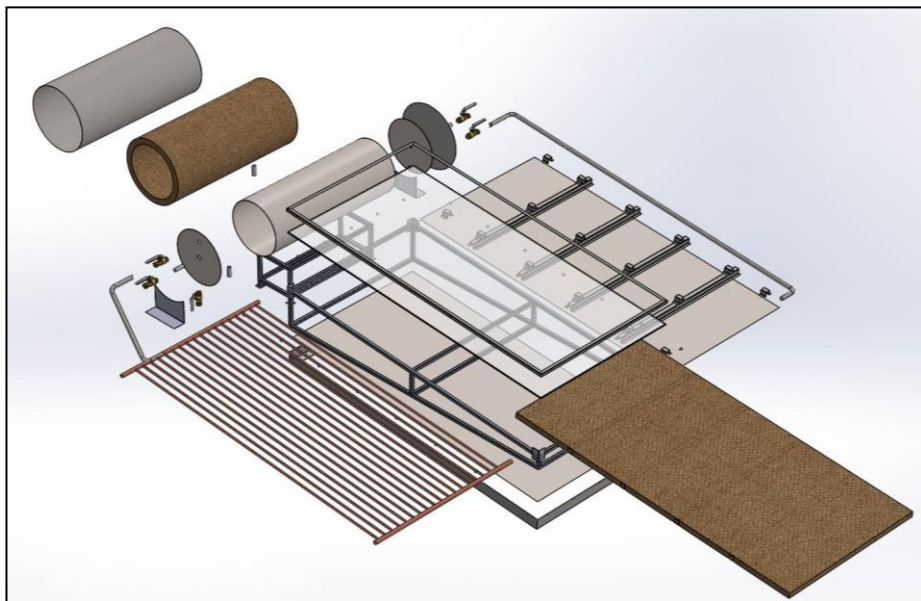
Si consideramos que el diámetro de la cañería de cobre es de 15.87 milímetros, la longitud del serpentín será de 539.58 milímetros que encajan perfectamente en los 1200 milímetros de longitud del tanque.

Para la construcción del calentador no se colocará el serpentín debido a que los costos aumentarían.

Por último se necesita de un sistema auxiliar que pueda suplir la demanda en los momentos que el calentador solar no funciona, para lo cual se debe considerar que no hay calentador solar y el sistema auxiliar es el único que satisface la demanda, por consideraciones de la norma (1) se utilizará un sistema de 1500 W de potencia con 110 voltios.



**FIGURA 2.1 Modelo de Calentador Solar de Placa Plana.**



**FIGURA 2.2 Plano de Montaje del Calentador Solar de Placa Plana.**

## **2.5. DISEÑO POR ZONAS DE IRRADIACIÓN SOLAR DEL ECUADOR.**

Dado que como me mencionó anteriormente, el Ecuador está dividido en 5 zonas de radiación solar, se diseñó un calentador para cada una

de estas zonas con la variación de que en las zonas 1 y 2 la temperatura de agua deseada es de 60°C, mientras que para las zonas 3, 4 y 5 la temperatura final será de 50°C, como se utilizó en el diseño para la ciudad de Guayaquil.

**TABLA 2.4. Datos de los Calentadores para Diferentes Zonas de Radiación Solar en el Ecuador.**

	<b>Zona 1</b>	<b>Zona 2</b>	<b>Zona 3</b>	<b>Zona 4</b>	<b>Zona 5</b>
Masa de agua (Kg)	180	180	180	180	180
Demanda energética (MJ/día)	29.50	29.50	24.23	24.23	24.23
Irradiación solar promedio (MJ/m <sup>2</sup> .dia)	12.24	13.68	15.12	16.56	18.00
Área del colector (m <sup>2</sup> )	4.82	4.31	3.21	2.93	2.69
Volumen del depósito (l)	270.53	270.53	222.85	222.85	222.85
Longitud de los tubos (m)	39.43	39.43	42.45	42.45	42.45



## **2.6. CRONOGRAMA DE CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA SOLAR TÉRMICO.**

El tiempo invertido en el desarrollo de este trabajo, tanto en el diseño como en la construcción esta detallado en la tabla B.1

## **2.7. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA SOLAR TÉRMICO BAJO LA NORMA NEC-10.**

Para la construcción del calentador de placa plana se comenzó con el termo-tanque, para lo cual se cortaron las piezas de acuerdo a los planos realizados.



**FIGURA 2.3. Corte de las planchas.**

Se procedió a unir el tanque interno mediante soldadura TIG debido a que se trata de acero inoxidable, y requiere que éste mantenga sus características.



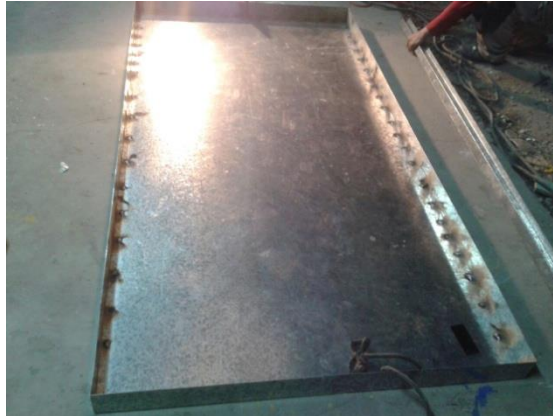
**FIGURA 2.4. Termo-Tanque Interno.**

Al tanque interno se lo recubrió de lana de vidrio como aislante térmico de forma que el calor se almacene el mayor tiempo posible, incluso en las horas nocturnas.



**FIGURA 2.5. Aislamiento de Lana de Vidrio.**

Para el colector, lo primero fue darle forma a la cubierta protectora, esto fue con la ayuda de una dobladora, en la cual se dió forma de L a cuatro planchas que se soldaron a los lados de la plancha inferior.



**FIGURA 2.6. Soldadura de la Cubierta Protectora.**

Sobre la plancha inferior se colocaron 4 ángulos en forma de omega los cuales soportan la plancha colectora, entre los cuales se colocó lana de vidrio.



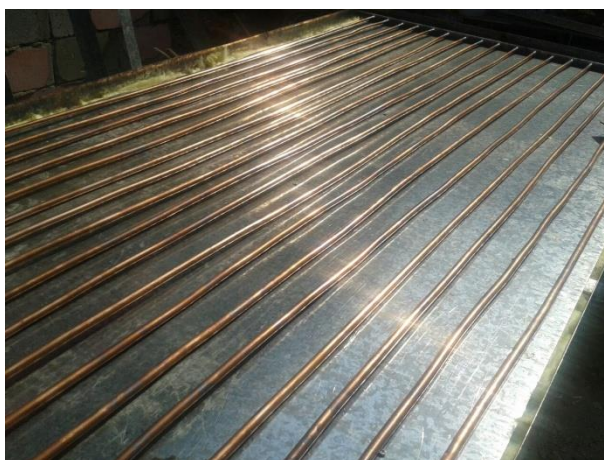
**FIGURA 2.7. Aislante Debajo de la Placa Colectora.**

Seguido se procedió con la construcción del banco de tubos, para lo cual a los dos tubos primarios se les realizó perforaciones de manera que encajen las cañerías, las que se las soldó mediante el proceso TIG.



**FIGURA 2.8. Izq. Perforaciones al tubo primario. Der. Banco de Tubos del Colector.**

Se colocó la plancha colectora sobre la lana de vidrio y sobre estos el banco de tubos, por encima de la plancha se colocaron soportes para poder evitar que el vidrio se doble provocando una posible ruptura y con ayuda de una resina se selló la unión entre el vidrio y la cubierta protectora.



**FIGURA 2.9. Ensamblaje del Colector.**

Como paso final se construyó el soporte que mantendrá el colector y el tanque en sus respectivos lugares, para lo cual se corto el tubo cuadrado y se lo soldó con el proceso SMAW con electrodo revestido 6011.



**FIGURA 2.10. Construcción del Soporte del Calentador.**



**FIGURA 2.11. Calentador Solar Térmico Terminado.**

## **2.8. ANÁLISIS DE COSTO DEL CALENTADOR SOLAR.**

Para el cálculo del costo total del equipo se consideró que se contaba con el personal necesario y con la totalidad de los equipos requeridos, ya que el objetivo es que éstos calentadores sean construidos en serie por lo cual se debe de contar con dichos elementos.

Los equipos principales que se utilizaron para la construcción del calentador solar térmico fueron: máquina de soldar, roladora y dobladora.

**TABLA 2.5. Cantidad y Costos de los Materiales Utilizados en la  
Construcción**

<b>Materiales utilizados</b>	<b>Cantidad (u)</b>	<b>Precio (\$)</b>	<b>Total (\$)</b>
Plancha galvanizada de 1,1 mm	3	18	54
Plancha galvanizada de 0,45 mm	1	9	9
Cañerías de 1/2 pulg x 15 metros	3	40	120
Tubo de cobre 1 pulg x 6 metros	1	37	37
Plancha de acero inox de 2mm	0,5	160	80
Tubo cuadrado de acero 1 pulg x 6 metros	4	5	20
Plancha de vidrio de 8mm	1	60	60
Lana de vidrio de 2 pulg x 10 metros	1	55	55
Galón de pintura negra mate anticalórica	0,5	60	30
Conexiones para tanque	6	4	24
Soldadura 6011, ER 308	1	50	50
Válvulas de bronce 1 pulg	4	6	24
Sikaflex	0,5	10	5
			<b>568</b>

**TABLA 2.6. Costos de Mano de Obra**

<b>Mano de obra</b>	<b>Sueldo (\$)</b>	<b>Tiempo trabajado (horas)</b>	<b>Total (\$)</b>
Soldador	500	8	25
Mecánico	500	8	25
Ayudante	354	8	17,7
			<b>67,7</b>

**TABLA 2.7. Costos Totales**

Uso de equipos para construcción del calentador	60,00 dólares
Costo de producción para el calentador solar térmico	695,70 dólares
Precio de venta al público	869,60 dólares

Al contabilizar tanto los materiales, como la mano de obra utilizada se obtuvo que el calentador tiene un precio final de \$869.60, que en comparación al precio de un equipo similar en el mercado ecuatoriano \$2,142.00 es mucho más económico y con las misma características de operación.

En cuanto a los costos de funcionamiento podemos ver la comparación de los costos de tres equipos funcionando por el mismo tiempo.

**TABLA 2.8. Comparación del Costo de Funcionamiento de un Equipo Solar, Eléctrico y a Gas**

Tipo de Calentador	Precio (\$)	Consumo diario	Costo mensual consumo(\$)	Costo anual consumo(\$)	Gasto anual (\$)
Solar	869,6	0	0	0	869,6
Eléctrico	460	8kwh	42	504	964
A gas	550	2,5kg/h	75	900	1450



# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS EXPERIMENTALES

### 3.1. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

Todo equipo antes de poder ser comercializado debe ser probado para asegurarse que se cumplen las características con las cuales fue diseñado, para esto es necesario que las pruebas sean realizadas siguiendo un procedimiento, el cual se detalla a continuación:

- Conectar las entradas y salidas de agua del calentador a la fuente de agua y a la llave de consumo.
- Colocar las termocuplas de manera que permitan tomar lecturas de la temperatura ambiente, la temperatura del agua de entrada, la temperatura del agua de salida y la temperatura del banco de tubos.
- Repetir las lecturas cada diez minutos con un mínimo de 10 mediciones.
- Realizar los gráficos de las temperaturas versus tiempo y calcular la eficiencia del calentador.
- Analizar los resultados obtenidos y concluir de acuerdo a lo obtenido.

### 3.2. RESULTADOS OBTENIDOS

Para tratar de asegurar que los resultados obtenidos abarquen la mayoría de escenarios posibles, se tomaron datos durante tres días de los cuales dos fueron días soleados y el otro fue un día nublado.

Para la obtención del valor de la radiación solar se utilizó un piranómetro el cual nos muestra el valor en milivoltios y mediante la fórmula 3.1 nos da el valor en  $W/m^2$ .

$$H = \frac{V}{13.77 \times 10^{-6} \frac{V \cdot m^2}{W}} \quad 3.1$$



**FIGURA 3.1. Piranómetro Usado para la Medición de la Radiación Solar.**



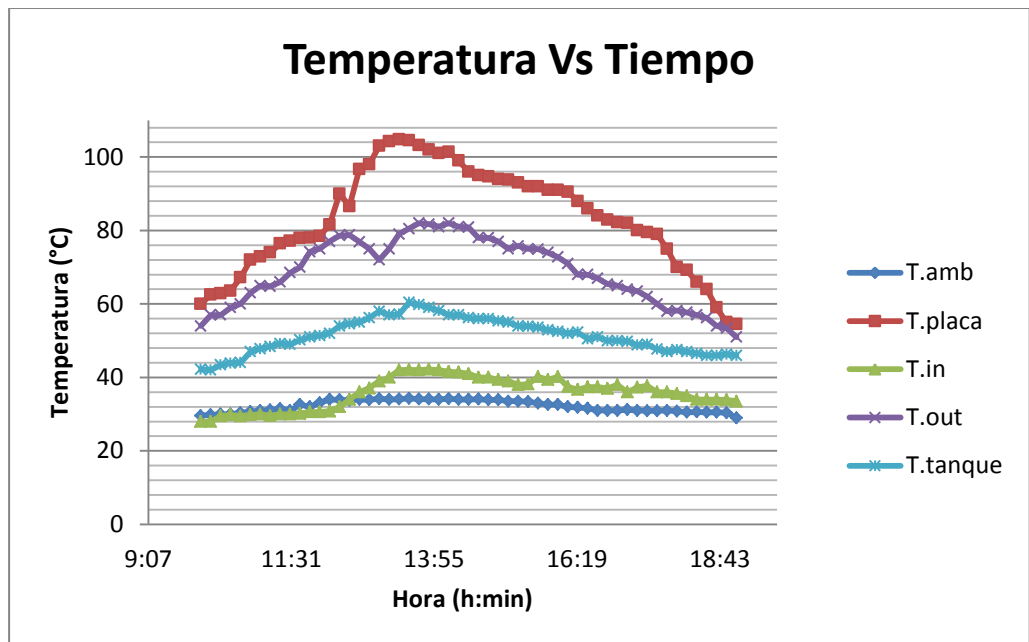
**FIGURA 3.2. Toma de Datos Experimentales del Calentador Solar.**

**TABLA 3.1. Datos Experimentales Obtenidos el Viernes 4 de Septiembre del 2015 (Energía solar directa)**

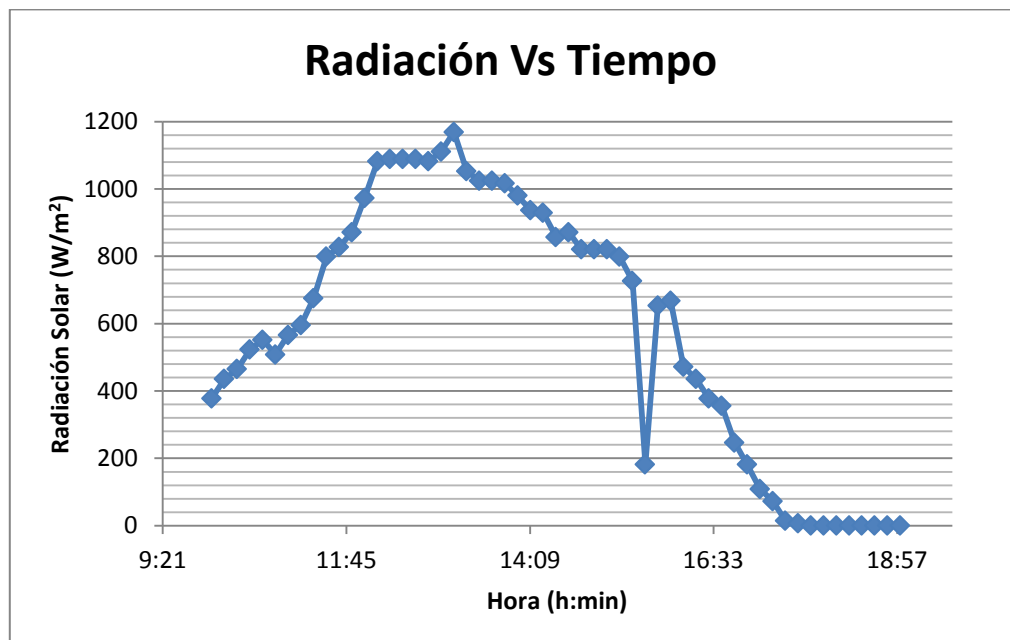
<b>Hora</b>	<b>T.amb °C</b>	<b>T.placa °C</b>	<b>T.in °C</b>	<b>T.out °C</b>	<b>T.tanque °C</b>	<b>Radiación W/m<sup>2</sup></b>
10:00	29,6	60	28	54	42,2	377,63
10:10	29,8	62,5	28	57	42	435,73
10:20	30	62,9	29,5	57	43,4	464,78
10:30	30	63,6	29,8	59	43,9	522,88
10:40	30,4	67,2	29,5	60	44	551,92
10:50	30,7	72	29,8	63	47	508,35
11:00	31	72,9	30	65	47,8	566,45
11:10	31,1	74	29,6	64,8	48,4	595,5
11:20	31,5	76,5	30	66	49,2	675,38
11:30	31	77,2	30	68,5	49	798,84
11:40	32,6	77,9	30,2	70	50,2	827,89
11:50	32	78	30,6	74,2	51	871,46
12:00	33,1	78,5	30,6	75	51,4	973,13
12:10	34	81,6	30,8	77	52	1082,06
12:20	33,9	90	32	78,6	54	1089,32
12:30	33,8	86,6	34	78,8	54,6	1089,32
12:40	34	96,7	36	76,9	55	1089,32
12:50	33,9	98	37,1	75	56,2	1082,06

**TABLA 3.1. Datos Experimentales Obtenidos el Viernes 4 de Septiembre del  
2015 (Energía solar directa)**

<b>Hora</b>	<b>T.amb °C</b>	<b>T.placa °C</b>	<b>T.in °C</b>	<b>T.out °C</b>	<b>T.tanque °C</b>	<b>Radiación W/m<sup>2</sup></b>
13:00	34,2	103	39	72	58	1111,11
13:10	34	104,3	40	75	57	1169,21
13:20	34,1	104,8	42	79	57,2	1053,01
13:30	34,3	104,5	42,1	80,5	60,4	1023,97
13:40	34,1	103,2	42	82	59,8	1023,97
13:50	34,1	102	42,2	81,7	59	1016,7
14:00	34	101	42	81	58,2	980,39
14:10	34,2	101,4	41,6	82	57	936,82
14:20	34	99	41,4	81	57	929,56
14:30	34	96	41	80,9	56,2	856,94
14:40	34,1	95	40	78	56	871,46
14:50	33,9	94,7	40	78	56	820,62
15:00	33,9	94	39,4	77	55,4	820,62
15:10	33,5	93,8	39	75	55	820,62
15:20	33,5	93	38	75,8	54	798,84
15:30	33,4	92	38,2	75	53,9	726,22
15:40	33	92	40,2	74,9	53,6	181,55
15:50	32,6	91	39,4	74	52,9	653,59
16:00	32,6	91	40,2	72,8	52,5	668,12
16:10	32	90,5	37,5	71	52	472,04
16:20	31,8	88	36,7	68	52,3	435,73
16:30	31,6	86	37,4	68	50,5	377,63
16:40	31	84	37,4	67	51	355,85
16:50	31	82,9	37	65,4	50	246,91
17:00	31	82,2	38	65	50	181,55
17:10	31,2	82	36	64	49,8	108,93
17:20	31	80	37,3	63,5	48,8	72,62
17:30	30,9	79,5	37,7	62	49	14,52
17:40	30,9	79	36	60	47,7	7,26
17:50	31	75	36	58	47	0
18:00	30,8	70	35,6	58,2	47,5	0
18:10	30,5	69,2	35	57,7	47	0
18:20	30,6	66	34	57	46,5	0
18:30	30,5	64	34	56,2	46	0
18:40	30,5	59	34	54	46	0
18:50	30,4	55	33,9	53,4	46,3	0
19:00	29	54,5	33,5	51	46	0



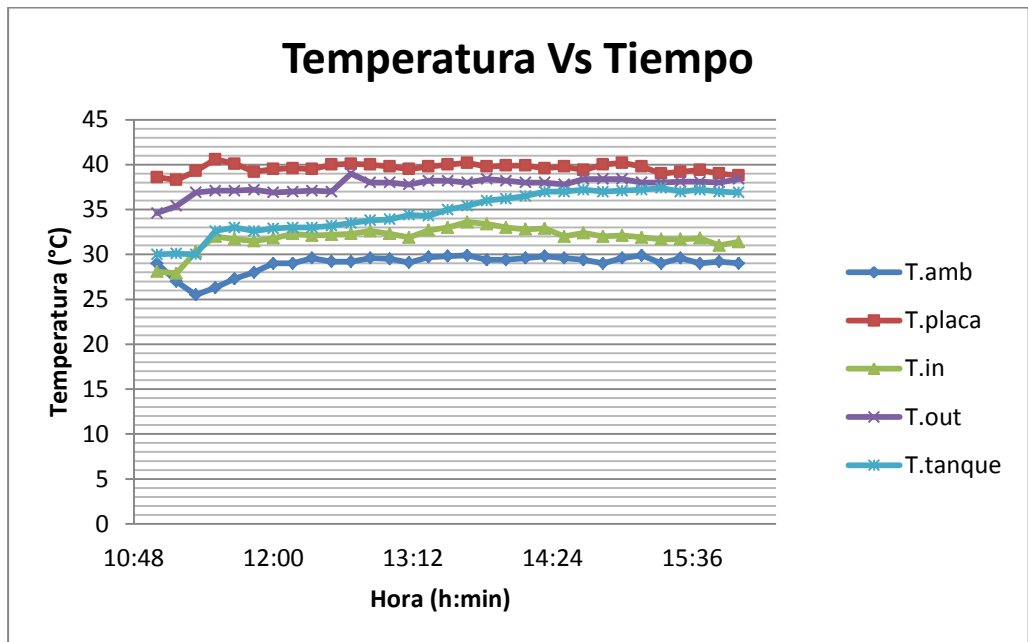
**FIGURA 3.3. Variación de la Temperatura con Respecto al Tiempo para los Datos Obtenidos el 4 de Septiembre del 2015.**



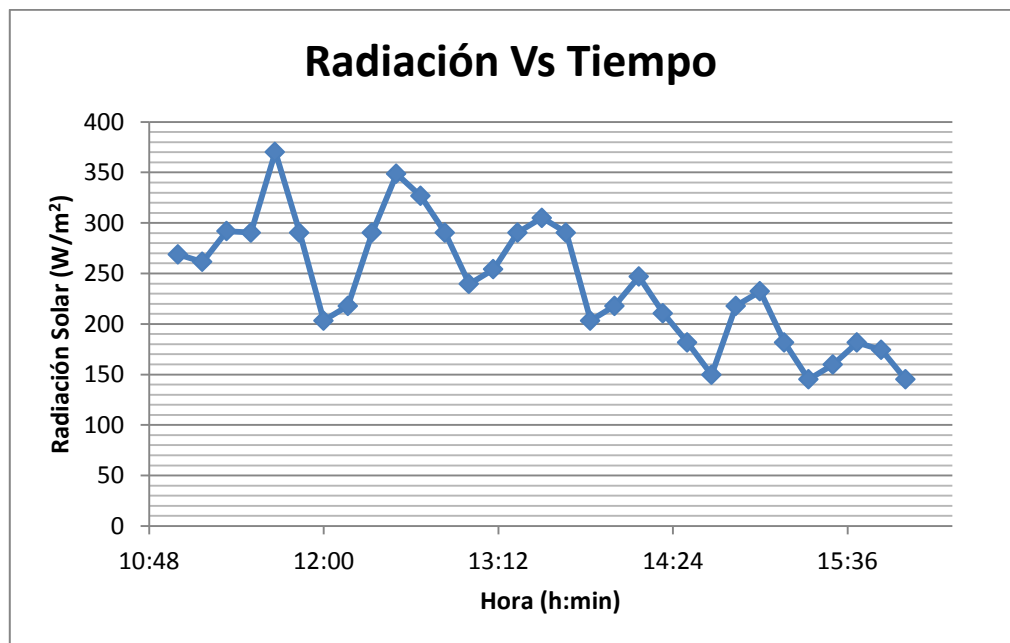
**FIGURA 3.4. Variación de la Radiación Solar con Respecto al Tiempo para los Datos Obtenidos el 4 de Septiembre del 2015.**

**TABLA 3.2. Datos Experimentales Obtenidos el Sábado 5 de Septiembre del 2015 (Energía solar difusa)**

Hora	T.amb °C	T.placa °C	T.in °C	T.out °C	T.tanque °C	Radiación W/m <sup>2</sup>
11:00	29	38,6	28,1	34,6	30	268,70
11:10	27	38,3	27,9	35,4	30,1	261,44
11:20	25,5	39,3	30,3	36,9	30	291,94
11:30	26,3	40,6	32	37,1	32,6	290,49
11:40	27,3	40,1	31,7	37,1	33	370,37
11:50	28	39,2	31,5	37,2	32,6	290,49
12:00	29	39,5	31,8	36,9	32,9	203,34
12:10	29	39,6	32,3	37	33	217,86
12:20	29,6	39,5	32,1	37,1	33	290,49
12:30	29,2	40	32,2	37	33,2	348,58
12:40	29,2	40,1	32,3	39	33,5	326,80
12:50	29,6	40	32,6	38	33,8	290,49
13:00	29,5	39,8	32,3	38	33,9	239,65
13:10	29,1	39,5	31,9	37,8	34,4	254,18
13:20	29,7	39,8	32,7	38,2	34,3	290,49
13:30	29,8	40	33	38,2	35	305,01
13:40	29,9	40,2	33,6	38	35,4	290,49
13:50	29,4	39,8	33,4	38,4	36	203,34
14:00	29,4	39,9	33	38,2	36,2	217,86
14:10	29,6	39,9	32,8	38	36,5	246,91
14:20	29,8	39,6	32,9	38	37	210,60
14:30	29,6	39,8	32	37,8	37	181,55
14:40	29,4	39,4	32,4	38,4	37,2	149,60
14:50	29	40	32	38,4	37	217,86
15:00	29,6	40,2	32,1	38,4	37,1	232,39
15:10	29,9	39,8	31,9	38	37,2	181,55
15:20	29	39	31,7	38	37,4	145,24
15:30	29,6	39,2	31,7	38,1	37	159,77
15:40	29	39,4	31,8	38,1	37,2	181,55
15:50	29,2	39	31	38	37	174,29
16:00	29	38,8	31,4	38,4	36,9	145,24



**FIGURA 3.5. Variación de la Temperatura con Respecto al Tiempo para los Datos Obtenidos el 5 de Septiembre del 2015.**

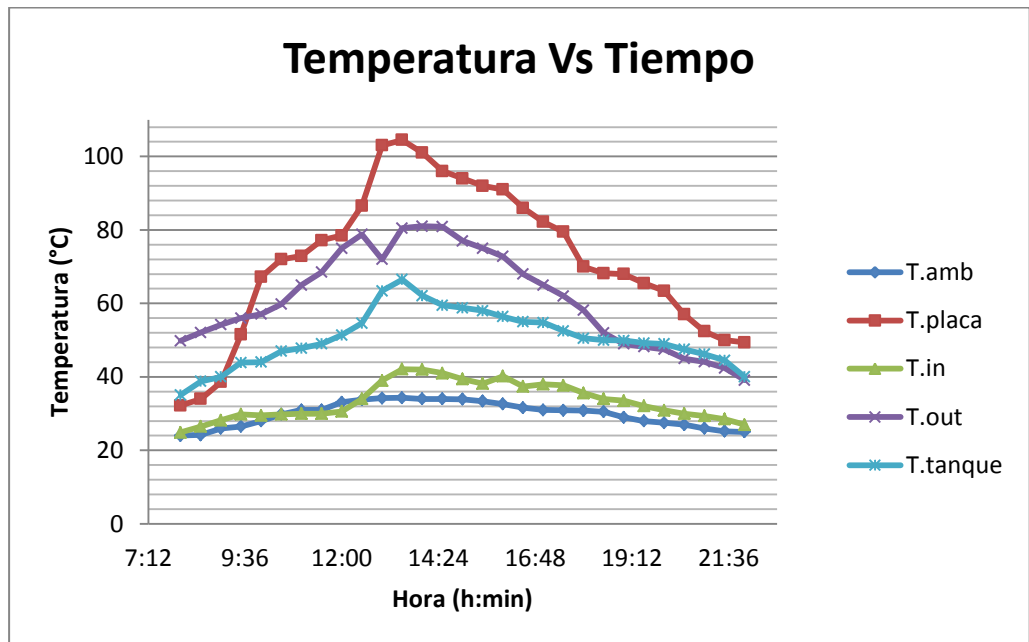


**FIGURA 3.6. Variación de la Radiación Solar con Respecto al Tiempo para los Datos Obtenidos el 5 de Septiembre del 2015.**

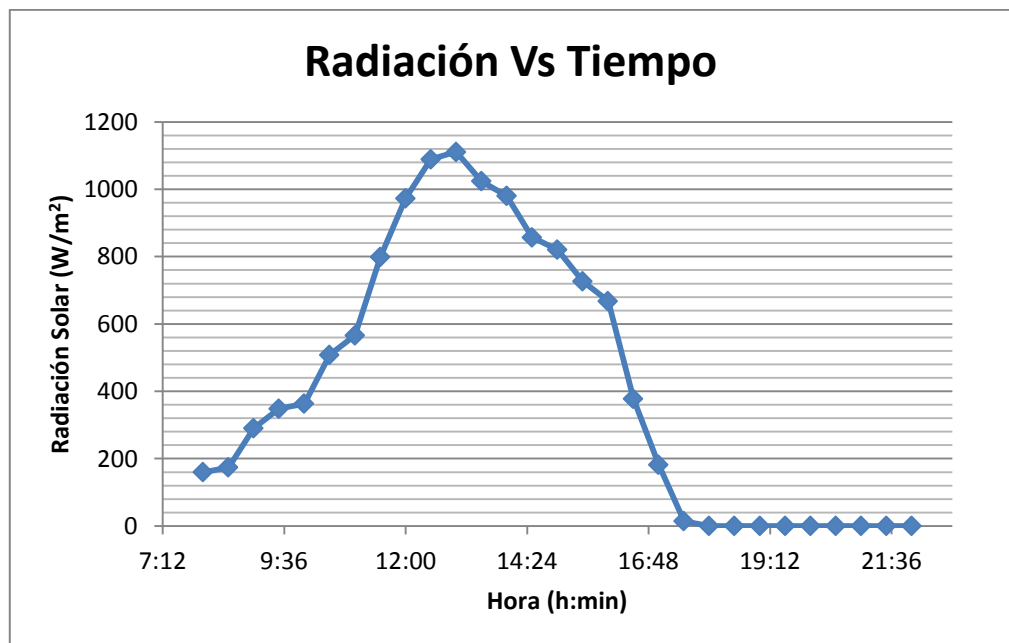
**TABLA 3.3. Datos Experimentales Obtenidos el Domingo 6 de Septiembre del 2015 (Energía solar directa)**

Hora	T.amb °C	T.placa °C	T.in °C	T.out °C	T.tanque °C	Radiación W/m <sup>2</sup>
8:00	24	32,2	24,9	49,8	35,1	159,77
8:30	24,2	34	26,5	52,1	38,8	174,29
9:00	26	38,6	28,2	54,2	40	290,49
9:30	26,5	51,5	29,8	56	43,9	348,58
10:00	28	67,2	29,5	57,1	44	363,11
10:30	29,8	72	29,8	59,8	47	508,35
11:00	31	72,9	30	65	47,8	566,45
11:30	31	77,2	30	68,5	49	798,84
12:00	33,1	78,5	30,6	75	51,4	973,13
12:30	33,8	86,6	34	78,8	54,6	1089,32
13:00	34,2	103	39	72	63,4	1111,11
13:30	34,3	104,5	42,1	80,5	66,5	1023,97
14:00	34	101	42	81	62,1	980,39
14:30	34	96	41	80,9	59,5	856,94
15:00	33,9	94	39,4	77	58,8	820,62
15:30	33,4	92	38,2	75	58	726,22
16:00	32,6	91	40,2	72,8	56,4	668,12
16:30	31,6	86	37,4	68	55	377,63
17:00	31	82,2	38	65	54,8	181,55
17:30	30,9	79,5	37,7	62	52,5	14,52
18:00	30,8	70	35,6	58,2	50,5	0,4
18:30	30,5	68,2	34	52	50	0,00
19:00	29	68	33,5	49	49,9	0,00
19:30	28	65,5	32,1	48,2	49,2	0,00
20:00	27,5	63,4	30,9	47,5	49	0,00
20:30	27	57	30	45	47,5	0,00
21:00	26	52,4	29,4	44,1	46,2	0,00
21:30	25,2	50	28,5	42,4	44,5	0,00
22:00	25	49,4	27	39,1	40	0,00





**FIGURA 3.7. Variación de la Temperatura con Respecto al Tiempo para los Datos Obtenidos el 6 de Septiembre del 2015.**



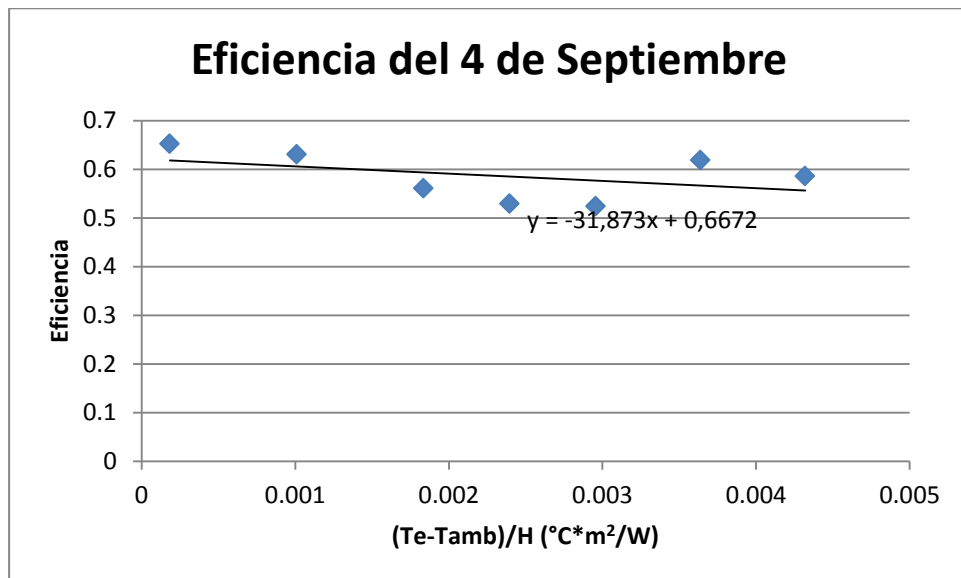
**FIGURA 3.8. Variación de la Radiación Solar con Respecto al Tiempo para los Datos Obtenidos el 6 de Septiembre del 2015.**

### 3.3. EFICIENCIA DEL CALENTADOR.

La eficiencia del calentador teórica como se menciona en el capítulo 2 es de 50% ya que se utilizó para poder calcular las dimensiones del calentador, por lo cual para poder analizar el comportamiento real del equipo se calculó la eficiencia experimental (5) dada por:

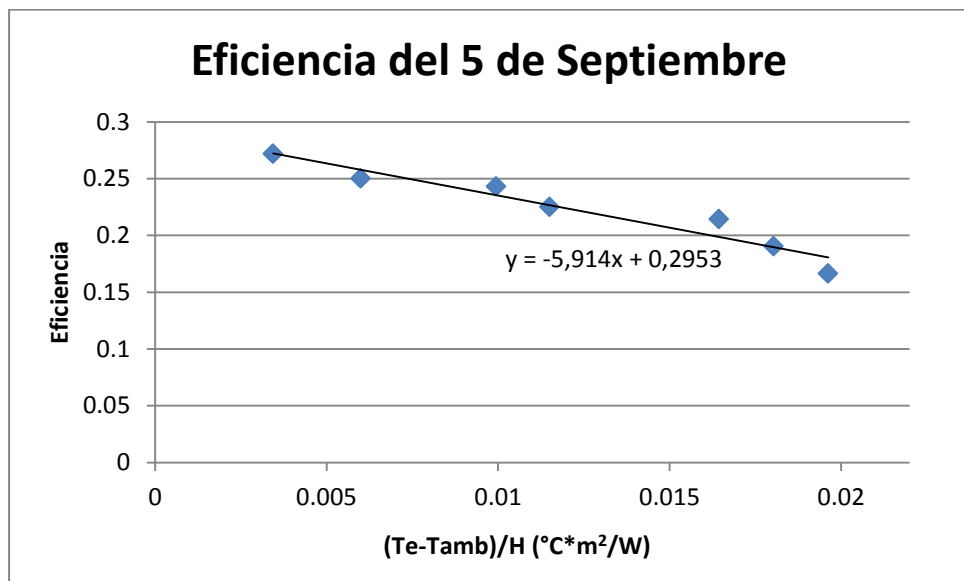
$$n = \frac{\dot{m} * c_p * (T_s - T_e)}{A_{cp} * H} \quad 3.2$$

Con la fórmula dada se obtuvieron gráficos de eficiencia para cada uno de los días de medición. Los cuales se muestran a continuación:



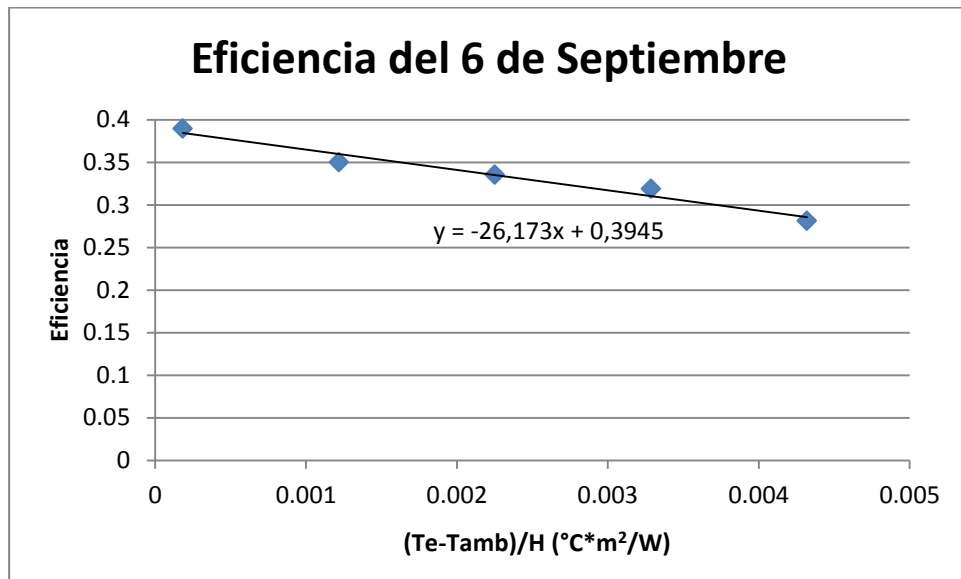
**FIGURA 3.9. Variación de la Eficiencia con Respecto a (Te-Tamb)/H para los Datos Obtenidos el 4 de Septiembre del 2015.**

De la figura 3.9 se puede obtener la máxima eficiencia encontrada para el día 4 de Septiembre del 2015, mediante la ecuación de la recta encontrando la intercepción con el eje Y de las eficiencias. Teniendo que el valor máximo para este muestreo es de 66.72%.



**FIGURA 3.10. Variación de la Eficiencia con Respecto a  $(T_e - T_{amb})/H$  para los Datos Obtenidos el 5 de Septiembre del 2015.**

La figura 3.10 que corresponde a un día nublado nos indica que la máxima eficiencia que se puede alcanzar en esas condiciones es de 29.53%, que aunque es mucho menor a la eficiencia para un día soleado, corresponde al rango de eficiencia de 30 a 50% para este tipo de equipos.



**FIGURA 3.11. Variación de la Eficiencia con Respecto a  $(T_e - T_{amb})/H$  para los Datos Obtenidos el 6 de Septiembre del 2015.**

Por último la eficiencia máxima para el día 6 de Septiembre es de 39.45%, lo que nos permite tener valores del comportamiento del calentador en varios escenarios.

#### **3.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.**

En la figura 3.7 donde se analizaron los datos obtenidos en un día soleado, podemos observar que la máxima temperatura de agua almacenada en el tanque llega a 66.5 °C a las 13:30 p.m., cuando la temperatura ambiente registraba 34.3 °C, mientras que los datos en el día nublado analizado se obtuvo una máxima temperatura de agua en el tanque de 37,4°C a una temperatura ambiente de 29°C.

En los datos mostrados en la figura 3,7 podemos observar que la temperatura del agua almacenada en el tanque decae  $10^{\circ}\text{C}$  desde el último valor registrado de radiación solar, que fue a las 17:30 p.m. donde la temperatura del tanque era de  $50.5^{\circ}\text{C}$  hasta las 22:00 p.m. que registró una temperatura de  $40^{\circ}\text{C}$  superior a la temperatura de confort que es de  $25^{\circ}\text{C}$ .

La eficiencia del calentador obtenida de un día soleado es superior a la eficiencia teórica debido a que la radiación solar es mayor a la radiación solar promedio con la que se diseñó el proyecto, ya que ésta radiación presenta picos en varias horas del día.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES.

- Tanto el costo del equipo como el costo de su funcionamiento hacen que el equipo sea accesible para un sector mayor que los presentes en el mercado.
- Se logró diseñar y construir un calentador solar de placa plana normado por el INEN utilizando materiales duraderos.
- La eficiencia experimental del colector solar en un día con energía solar directa es de 65% superando la eficiencia teórica planteada en el presente proyecto, pero la eficiencia del colector en un día con energía solar difusa es de 30% que está en el rango normal de eficiencia en este tipo de calentadores.
- De acuerdo al análisis de costos en el primer año se puede recuperar la inversión del calentador solar construido en el presente proyecto, debido al costo del GLP y KW/H, a partir del segundo año se presenta un ahorro considerable, teniendo en cuenta que el equipo está construido para que tenga una vida útil de 15 a 20 años.

- Podemos concluir que el agua almacenada en el tanque puede mantenerse a una temperatura superior a la de confort que es de 25°C durante las horas de ausencia de radiación solar.

#### **4.2. RECOMENDACIONES.**

- Se recomienda que el proceso de soldadura de los tubos primarios y los tubos secundarios lo realice un soldador con experiencia, debido a que el espesor de las cañerías de cobre es bajo (cédula 20) y puede ocasionar perforaciones.
- Se deberá realizar agujeros y colocar tapones roscados en los puntos de mediciones para no realizar perforaciones con taladro a la hora de calcular la eficiencia.
- Cuando se proceda a tomar las mediciones de temperatura en el colector para calcular la eficiencia del mismo, considerar la correcta ubicación de la polaridad de la termocupla en el multímetro.
- Cuando se realice la instalación del colector solar hay que garantizar que esté orientado en dirección a la línea equinoccial y que forme un ángulo de 5° con respecto a la horizontal.
- Se recomienda utilizar el policarbonato en reemplazo del vidrio transparente en climas donde exista la posibilidad de granizadas o lugares donde pueda existir caída de objetos.

### 4.3. TRABAJOS FUTUROS.

- Después de analizar los resultados obtenidos es evidente que se puede aumentar aún más la eficiencia del equipo, utilizando materiales que tengan mejores propiedades, pero que a su vez son un poco más costosos. Para lo cual se deberá realizar dos tipos de equipos, uno económico que será de acuerdo a las medidas y materiales referidos en este trabajo y otro con mayor eficiencia que utilizará materiales más conductivos y más aislantes, según sea el caso, además de mejorar su aspecto físico con un mejor acabado.
- Con la finalidad de mejorar la eficiencia del equipo, es necesario reemplazar los materiales empleados con nuevos materiales desarrollados, que mantenga o mejoren las propiedades de los materiales usados pero que disminuyan su costo.
- Para evitar que el calor acumulado en el tanque de reserva se transfiera desde los tubos del colector hacia el medio ambiente, en las noches o momentos que exista poca radiación solar, es necesario colocar válvulas eléctricas activadas por un sensor fotoeléctrico a la entrada y salida de agua del colector de manera de interrumpir el flujo de agua cuando la intensidad de la luz disminuya.
- Dado que en el diseño del presente trabajo se consideró una familia de 4 personas, se debe calcular el sistema para las condiciones en que la familia tenga una mayor o menor cantidad de integrantes.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2002). Sistemas de calentamiento de agua con energía solar para uso sanitario en el Ecuador. Norma Ecuatoriana de Construcción NEC-10 PARTE 14-1, 1, pp 61.
- 2 Sánchez, L. (2010). Análisis y diseño de un sistema de calefacción solar para agua caliente sanitaria. Universidad Politécnica Salesiana, 1, pp 193.
- 3 Guevara, S. (2003). Diseño del sistema de calentamiento solar de agua. UNATSABAR – OPS/CEPIS, 1, pp 1-15.
- 4 Burbano, J., Restrepo, A., Sabogal. O. (Agosto del 2006). Diseño y construcción de un calentador solar de agua operando por termosifón. Scientia et Technica, 31, pp 1-6 .
- 5 ASHRAE. (1977). Methods of testing to determine the Thermal Performance of solar Collector. ASHRAE Standard 93-77, 1, 77.

# APÉNDICES

## APÉNDICE A

### MATERIALES UTILIZADOS EN LOS CALENTADORES.

**TABLA A.1. Tipos de aislamiento y espesor recomendado (3).**

Tipo de aislamiento	Espesor Recomendado (mm)		Conductividad térmica (W/m°C)
	Sistema Puntual	Sistema continuo	
Algodón	50	75	0.059
Asbesto	75	125	0.174
Lana de vidrio	25	50	0.038
Paja	50	100	0.090

#### TECHOS Y CUBIERTAS DE POLICARBONATO

El policarbonato es un material que permite su utilización en innumerables aplicaciones.

Sus propiedades de transparencia, resistencia al impacto y su capacidad de soportar altas temperaturas de hasta 130°C, son comunes a todas las variedades de policarbonato. Pero lo que es mejor es que podemos superar esas propiedades para casos particulares hasta 220°C, otro que impida el paso de los rayos UV, otro que soporte la abrasión, otro que tenga un excelente comportamiento frente a compuestos químicos,...

**Usos:** para crear cubiertas de: patios, terrazas, parqueaderos, canchas deportivas, galpones, invernaderos, etc.

**UV protección:** Tiene protección UV al 100%, una garantía de 10 años por defectos de fábrica y 25 años de vida útil.

**Dimensiones:** Planchas de 3 metros de largo por 2.10 de ancho. Espesor en 3mm, 4 mm y 5mm.

**Colores:** transparentes (mas colores bajo pedidos especiales).

**FIGURA A.1. Propiedades y Usos del Policarbonato.**



 **FICHA TÉCNICA**

**Pintura anticalorica**  
Pintura en spray

Art. 0387

▪ **Descripción**

Pintura anticalorica de color negro mate y aluminio metalizado que protege y embellece las superficies metálicas sometidas hasta 600° C de temperatura. No contiene metales pesados.

▪ **Propiedades principales**

- Rápido secado.
- Excelente flexibilidad y dureza.
- Resistencia al rayado una vez seca la película.
- Excelente adherencia.
- Buen poder cubriente.
- Gran durabilidad de brillo.
- Resistente a altas temperaturas.
- Adhiere perfectamente sobre las pinturas utilizadas en materiales anticaloricos.
- Facilidad de aplicación y repintado.

▪ **Usos recomendados**

Debido a las características del producto, se utiliza para el pintado de superficies de hierro que deban soportar altas temperaturas, ya sea uso industrial, domestico, manualidades, bellas artes y en definitiva donde se requieran las propiedades de una pintura en spray de alta calidad.

Especialmente recomendado para: Instalaciones industriales, Conductos de fluidos calientes, Bloques de motor, Estufas, Calderas, Tubos de escape, Radiadores, Barbacoas, etc.

▪ **Presentación**

- Colores: Negro 691 y Aluminio 844.
- Aspecto: Negro mate y Aluminio metalizado.
- Envases: Aerosol de 200 ml. (Ver tarifa de Precios).
- Propelente: GLP HC.

Recipiente a presión, evitar exponerlo a temperaturas superiores a 50° C.

▪ **Características técnicas**

- **Composición:**  
Vehículo fijo: Resinas de silicona y Titanato de polivinilo.  
Pigmentos: Inorgánicos y metalizados termoestables.  
Disolvente: Hidrocarburos aromáticos.
- Densidad: 0,95 ± 0,05 gr. /cc a 25° C. (Según color).
- Sólidos en peso: 27 ± 3 % (Según color).
- Rendimiento: 1 m<sup>2</sup>/Aerosol de 200 ml. (Aproximado).

**FIGURA A.2. Datasheet de la Pintura Utilizada para Recubrir la Placa Colectora. Parte 1.**



- **Secado:**  
Polvo: 5 minutos.  
Total: 20 minutos.  
Repintado: A los 5 minutos con la misma pintura.
- **Resistencia al calor:** 600 °C
- **Niebla salina:** En función de la imprimación utilizada (ASTM B-117, ISO 4628/1)

#### ■ Instrucciones de aplicación

- Agitar bien el aerosol antes de usar, aproximadamente un minuto después de oír el ruido del mezclador.
- No aplicar sobre equipos conectados y utilizar en áreas bien ventiladas
- Invertir el aerosol para purgar la válvula tras el uso, si se atasca el difusor reemplazarlo por uno de nuevo.
- **Temperatura de aplicación:** De 5 a 35° C.
- **Numero de capas:** Dos (Aplicar en capas finas, siempre es mejor que una gruesa).
- **Espesor:** 15 micras secas por capa.

#### ■ Tratamiento de superficies

**Superficie nueva:** Debe estar limpia, seca y exenta de grasa y polvo, eliminar la posible formación de óxido mediante cepillado manual y aplicar una imprimación antioxidante resistente a altas temperaturas si se requiere protección anticorrosiva.

**Superficie vieja:** Superficies ya pintadas, si están bien adheridas proceder a un ligero lijado para facilitar adherencia, si están mal adheridas eliminarlas y a continuación proceder como en superficies nuevas.

#### ■ Estabilidad y precauciones con el envase

- No perforar ni quemar, incluso depuse de usado.
- No vaporizar hacia una llama ó cuerpo incandescente.
- Manténgase alejado de cualquier fuente de ignición. No fumar.
- Manténgase fuera del alcance de los niños.
- Úsese únicamente en lugares bien ventilados.
- No respirar los aerosoles.
- En caso de ingestión, acúdase inmediatamente al medico y muestre el envase.

#### ■ Información de seguridad

Consultar etiquetado y Ficha de Seguridad

Revisión: 1

Fecha de edición: junio 02

La información facilitada en esta ficha técnica, es el resultado de nuestras investigaciones en laboratorio y experiencias reales de aplicación. Sin embargo y dado que frecuentemente los productos se utilizan en condiciones que escapan a nuestro control, no podemos garantizar más que el buen resultado del producto siempre y cuando su aplicación y uso sean correctos.

**FIGURA A.3. Datasheet de la Pintura Utilizada para Recubrir la Placa Colectora. Parte 2.**

## COLECTOR SOLAR

<b>MARCA Y MODELO</b> LarretCal Alfa 1	<b>DIMENSIONES EXTERIORES</b> 1260x2480	<b>AREA DE APERTURA DEL COLECTOR</b> 3 m <sup>2</sup>
<b>FABRICANTE</b> Carlos Larreta	<b>PRESION DE DISEÑO(kPa)</b> P.atm	<b>PRESION DE TRABAJO</b> 14.7 psi
<b>NORMA Y FECHA DE APROBACIÓN</b> Nec-10 17 de Septiembre del 2015	<b>FECHA DE FABRICACION</b> Oct.2015	<b>PESO NETO EN KILOGRAMOS EN VACIO</b> 95
<b>ECUACION DE RENDIMIENTO DEL COLECTOR</b> $n=m*cp(Ts-Te)/(Acp*H)$	<b>GARANTÍA</b> 2 años	<b>PAÍS DE ORIGEN</b> Ecuador

**FIGURA A.4. Etiqueta de Información del Colector Solar.**

## TANQUE TERMOSOLAR

<b>MODELO</b> Alfa 1	<b>DIMENSIONES (m)</b> 0.6x1.31	<b>PESO NETO (kg)</b> 21.04
<b>FABRICANTE</b> Carlos Larreta	<b>TEMPERATURA MAXIMA (°C)</b> 100°C	<b>PRESION DE PRUEBA</b> 30 psi
<b>NORMA Y FECHA DE APROBACIÓN</b> 17 de Septiembre del 2015	<b>FECHA DE FABRICACION</b> Oct-2015	<b>SISTEMA AUXILIAR, POTENCIA Y VOLTAJE</b> 1500 W - 110 Voltios
<b>CAPACIDAD NOMINAL</b> 220 litros		

**FIGURA A.5. Etiqueta de información del Tanque Solar.**

**TABLA A.2. Características Recomendadas de Válvulas de Seguridad**

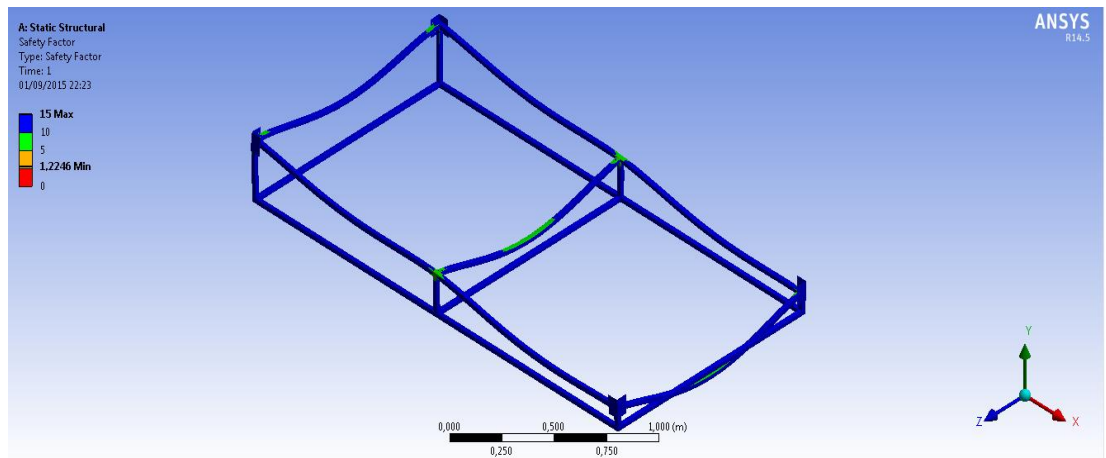
CAPACIDAD EN LITROS	DIÁMETRO RECOMENDABLE
hasta 450	12.5 mm (½")
500 a 900	19,6 mm (¾")
1.000 a 1.150	25,4 mm (1")

En todos los casos esta válvula debe activarse a 551 kPa (80 psi).

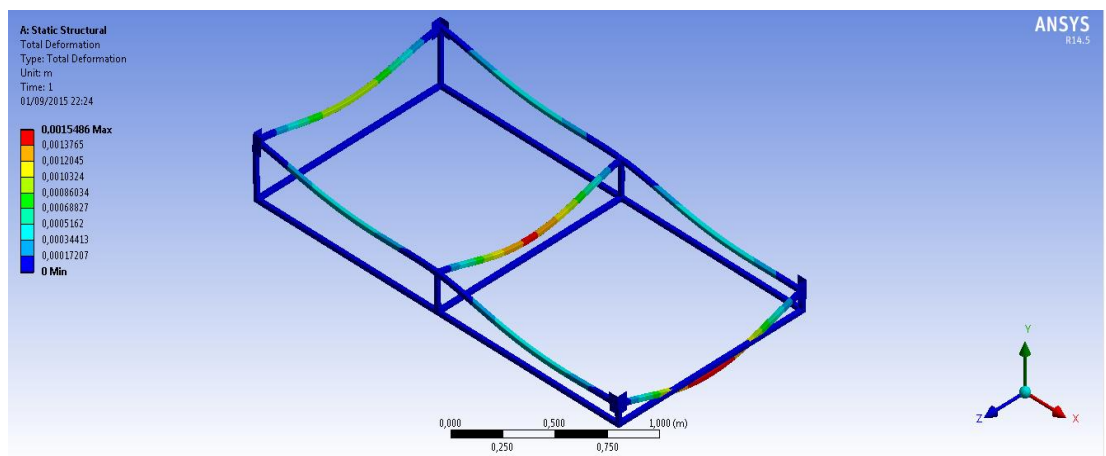
**TABLA A.3. Tabla de Pesos de los Diferentes Componentes del Calentador**

<b>CALENTADOR SOLAR</b>								
PERIODO: 24 AGOSTO AL 30 AGOSTO DEL 2015								
PLANILLA								
HOJA	FECHA DE ELABORACION	IDENTIFICACION	UBICACION	CANTIDAD	UNIDAD	PESO (KGF)	PRODUCCION	MONTAJE
1	23-ago-15	SC	-	1	KGF	14,02	-	-
2	23-ago-15	PC	-	1	KGF	21,04	-	-
3	23-ago-15	CD	-	1	KGF	6,08	-	-
4	23-ago-15	MIC	-	1	KGF	8,86	-	-
5	23-ago-15	MSC	-	1	KGF	6,98	-	-
6	23-ago-15	VR	-	1	KGF	65,00	-	-
7	23-ago-15	TC	-	1	KGF	8,08	-	-
8	23-ago-15	LV	-	1	KGF	0,22	-	-
9	23-ago-15	S1T	-	1	KGF	4,40	-	-
10	23-ago-15	S2T	-	1	KGF	1,42	-	-
11	23-ago-15	CT	-	1	KGF	15,95	-	-
12	23-ago-15	LVT	-	1	KGF	0,15	-	-
13	23-ago-15	FT	-	1	KGF	5,44	-	-
TOTAL ELEMENTOS				13	TOTAL KGF	157,64		

<b>CAJA SOLAR</b>								
PERIODO: 24 AGOSTO AL 30 AGOSTO DEL 2015								
PLANILLA								
HOJA	FECHA DE ELABORACION	IDENTIFICACION	UBICACION	CANTIDAD	UNIDAD	PESO (KGF)	PRODUCCION	MONTAJE
3	23-ago-15	CD	-	1	KGF	6,08	-	-
4	23-ago-15	MIC	-	1	KGF	8,86	-	-
5	23-ago-15	MSC	-	1	KGF	6,98	-	-
6	23-ago-15	VR	-	1	KGF	65,00	-	-
7	23-ago-15	TC	-	1	KGF	8,08	-	-
8	23-ago-15	LV	-	1	KGF	0,22	-	-
TOTAL ELEMENTOS				6	TOTAL KGF	95,22		

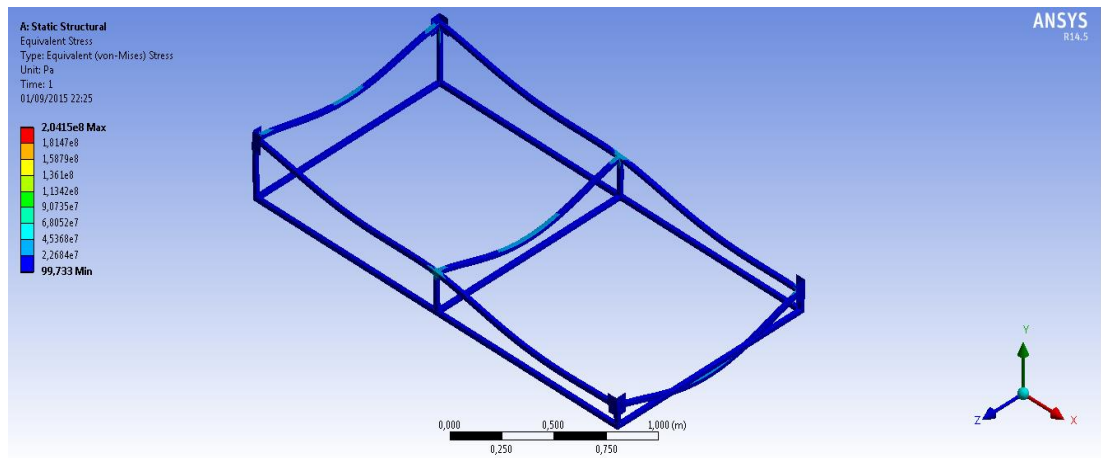


**FIGURA A.6. Simulación del Factor de Seguridad de la Estructura de Soporte del Colector.**

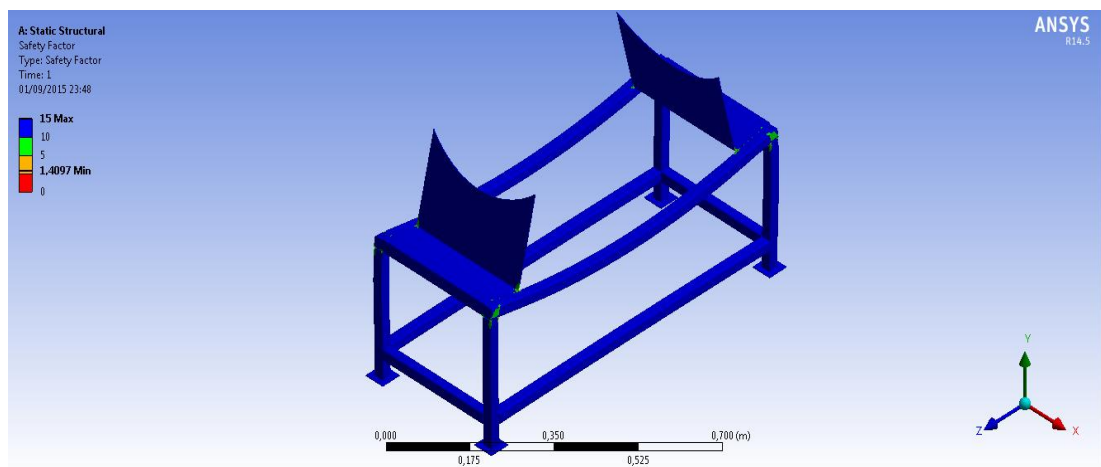


**FIGURA A.7. Simulación de la Deformación de la Estructura de Soporte del Colector.**

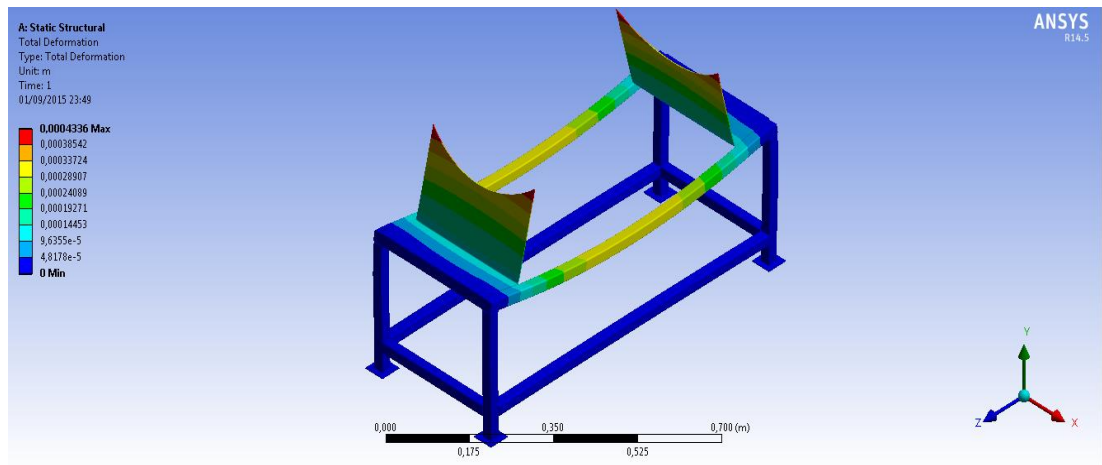




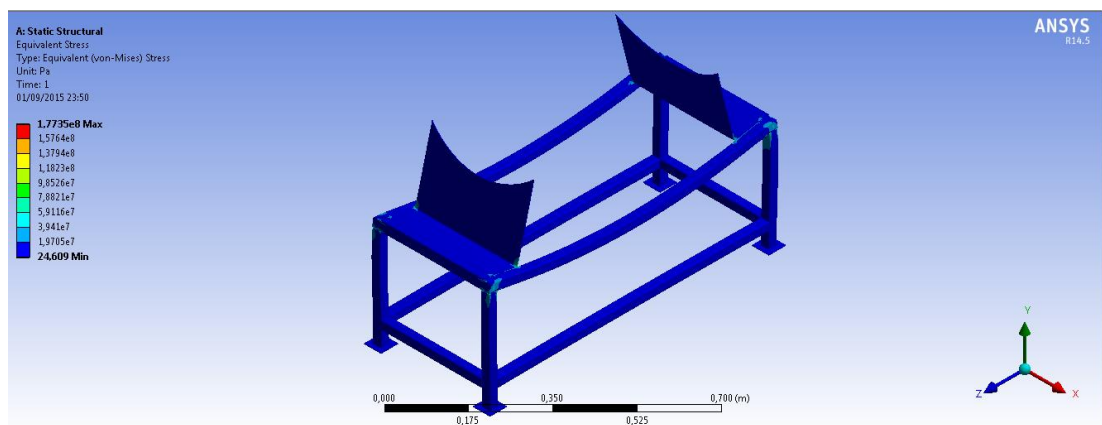
**FIGURA A.8. Simulación de los Esfuerzos de la Estructura de Soporte del Colector.**



**FIGURA A.9. Simulación del Factor de Seguridad de la Estructura de Soporte del Tanque.**



**FIGURA A.10. Simulación de la Deformación de la Estructura de Soporte del Tanque.**



**FIGURA A.11. Simulación de los Esfuerzos de la Estructura de Soporte del Tanque.**

## **APÉNDICE B**

### **ACTIVIDADES DESARROLLADAS.**

No	ACTIVIDADES:	MES 1					MES 2					MES 3					MES 4					MES 5					Tot os %												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20																		
1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA																																						
1.1	Recolección de datos																																						4
1.2	Selección de información detallada																																						4
1.3	Elaboración del marco teórico																																						2
1.4	Planteamiento de objetivos generales y específicos																																						1
2	FASE INTERMEDIA																																						
2.1	Metodología de diseño																																					4	
2.2	Parámetros del diseño y construcción																																						1
2.3	Diseño de calentadores térmicos para las 4 regiones del Ecuador																																					5	
	FASE FINAL																																						
10	Construcción de un calentador térmico solar para la región costa																																						5
11	Selección de materiales																																						2
12	Compra de materiales																																						2
13	Pruebas en el calentador																																						2
14	Estimación de costos de producción																																						1
15	Rentabilidad del proyecto																																						1
16	Conclusiones y recomendaciones																																						1
	TOTAL:																																					35	
																																						100%	

**TABLA B.1. Cronograma de Actividades Desarrolladas en este Proyecto**

## APÉNDICE C

### EQUIPOS SIMILARES.



Blueclean Flat Plate Integrative Pressurized Solar Water Heater 150 Liter  
by Blue Clean  
[Be the first to review this item](#)

---

List Price: \$2,142.99  
Price: \$1,499.99 + \$347.31 shipping  
You Save: \$643.00 (30%)

Ships from and sold by Blueclean.

**Estimated Delivery:** Oct. 1 - 23 if you choose Standard at checkout.

- Inner water tank: food-grade stainless steel SUS304(thickness: 1.2mm) keeps the water clean and drinkable
- Automatic argon-arc welding technique ensures long lifespan, each water tank has all been immersed in water and tested with 12MPa pressure to ensure no water leakage in high pressure condition
- Insulation layer: high-density polyurethane integrated-foaming with twice slaking treatment, thickness is 55mm
- Heat efficiency: absorbing coating of the collector is black chrome and blue sputtering, absorbing rate: 92-96%, emission rate: 5%±2%
- Warranty: 3 years

**FIGURA C.1. Precio de Importación y Características de un Equipo Similar al Diseñado en este Proyecto.**

## **APÉNDICE D**

### **PLANOS DEL EQUIPO.**

## PLANO DE TALLER

1

**PROYECTO:** CALENTADOR SOLAR  
**ELEMENTO:** SOPORTE COLECTOR  
**IDENTIFICACION:** SC  
**FECHA DE ELABORACIÓN:** 20/08/2015  
**FECHA DE FABRICACIÓN:** 23/08/2015  
**CONTRATISTA:** CARLOS LARRETA MORÁN



ESPOL

Escuela Superior Politécnica del Litoral

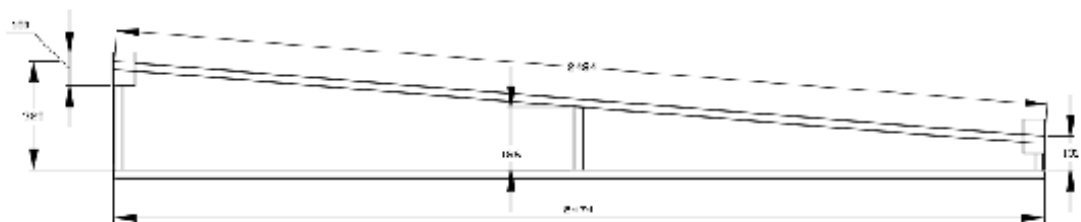
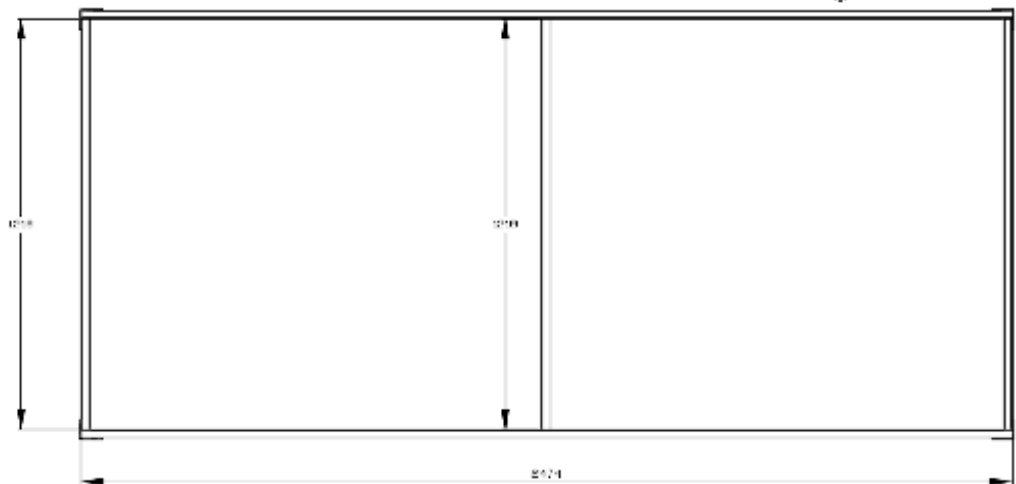
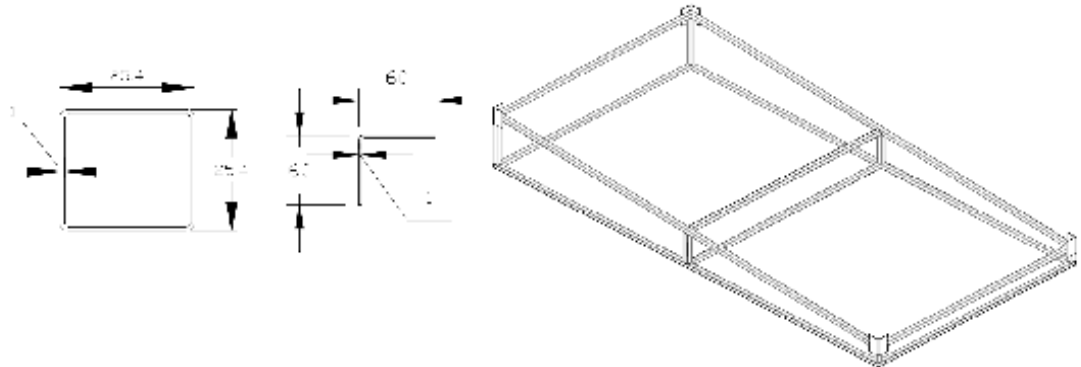


### 1u Soporte Colector

Dimensiones en mm.

SC: 2474x320x1218(1)mm

Dimensiones en mm.



		$\gamma$ (kg/m <sup>3</sup> )	$k$ (mm)	$a$	$b$	$c$	$d$	$e = (b-d) \times 1000 / \gamma$	$f = (a/1000) \times e$	$g$	$h = f \times g$
ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN	SECCIÓN (mm)	FY (kgf)	LONGITUD (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	ESPESOR (mm)	PESO LINEAL (kg/m)	PESO (kg)	CANTIDAD (u)	PESO TOTAL (kg)
TUBOS CUADRADOS		25,4X25,4X1	36	2474	25,4	12,7	1	0,746	1,85	2	3,70
		25,4X25,4X1	36	1218	25,4	12,7	1	0,746	0,91	6	5,46
		25,4X25,4X1	36	2484	25,4	12,7	1	0,746	1,85	2	3,70
		25,4X25,4X1	36	320	25,4	12,7	1	0,746	0,24	2	0,48
		25,4X25,4X1	36	186	25,4	12,7	1	0,746	0,14	2	0,28
		25,4X25,4X1	36	100	25,4	12,7	1	0,199	0,02	2	0,04
ÁNGULOS		L 60X60X1	36	100	60	-	1	0,929	0,09	4	0,36
<b>SUMA =</b>											<b>14,02</b>

\* Peso lineal de Angulo =  $[2 \cdot d \cdot (b-2 \cdot d) + 0,75 \cdot \pi \cdot d^2] \cdot 1000 / \gamma$

\* Peso lineal del tubo cuadrado =  $[(2 \cdot b \cdot H) + \pi \cdot (1,5 \cdot \pi \cdot R^2) \cdot 1000 / \gamma] \cdot 2$

CARLOS LARRETA MORÁN  
ELABORADO POR:

REVISADO POR:

## PLANO DE TALLER

2

**PROYECTO:** CALENTADOR SOLAR  
**ELEMENTO:** PLANCHAS COLECTOR  
**IDENTIFICACION:** PC  
**FECHA DE ELABORACION:** 20/08/2015  
**FECHA DE FABRICACION:** 23/08/2015  
**CONTRATISTA:** CARLOS LARRETA MORÁN



ESPOL

Escuela Superior Politécnica del Litoral

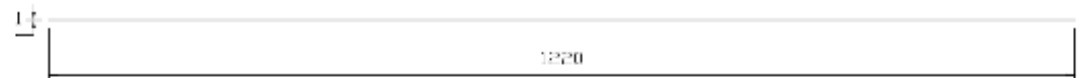
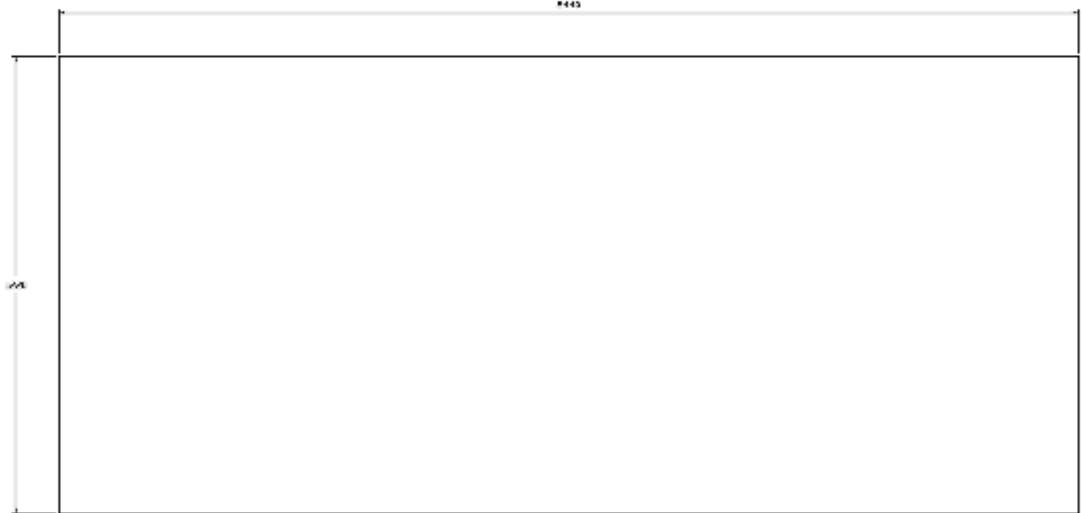
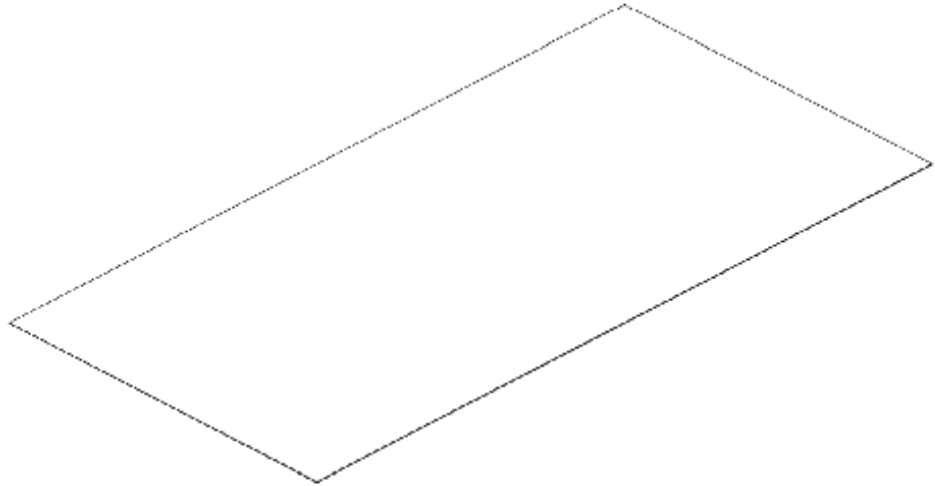


2u Planchas Colector

Dimensiones en mm.

PC: 2440x1220x1mm

Dimensiones en mm.



		$\gamma_{acero} = 7.85 \cdot 10^6$	kg/mm <sup>3</sup>	a	b	c	d	$e = (b-d) / 1000 \cdot \gamma$	$f = (e / 1000) \cdot e$	g	h = fg
ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN	SECCIÓN (mm)	FY (KSI)	LONGITUD (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	ESPESOR (mm)	PESO LINEAL (kg/m)	PESO (kg)	CANTIDAD (u)	PESO TOTAL (kg)
PLANCHON		PL 1220x1	35	2440	1.220	-	0,45	4,310	10,52	1	10,52
		PL 1220x1	35	2440	1.220	-	0,45	4,310	10,52	1	10,52
<b>SUMA =</b>										<b>21,04</b>	

\* Peso lineal de Angulo =  $[2 \cdot c \cdot (b-2 \cdot c) + 0,75 \cdot \pi \cdot c^2] \cdot 1000 \cdot \gamma$

\* Peso lineal del tubo cuadrado =  $[(2 \cdot b \cdot H) + \pi \cdot (1,5 \cdot s - 8) \cdot e^2] \cdot 1000 \cdot \gamma \cdot 2$

CARLOS LARRETA MORÁN  
ELABORADO POR:

REVISADO POR:



# PLANO DE TALLER

**PROYECTO:** CALENTADOR SOLAR  
**ELEMENTO:** CONJUNTO OMEGAS  
**IDENTIFICACION:** CO  
**FECHA DE ELABORACION:** 20/08/2015  
**FECHA DE FABRICACION:** 23/08/2015  
**CONTRATISTA:** CARLOS LARRETA MORÁN



ESPOL

Escuela Superior Politécnica del Litoral

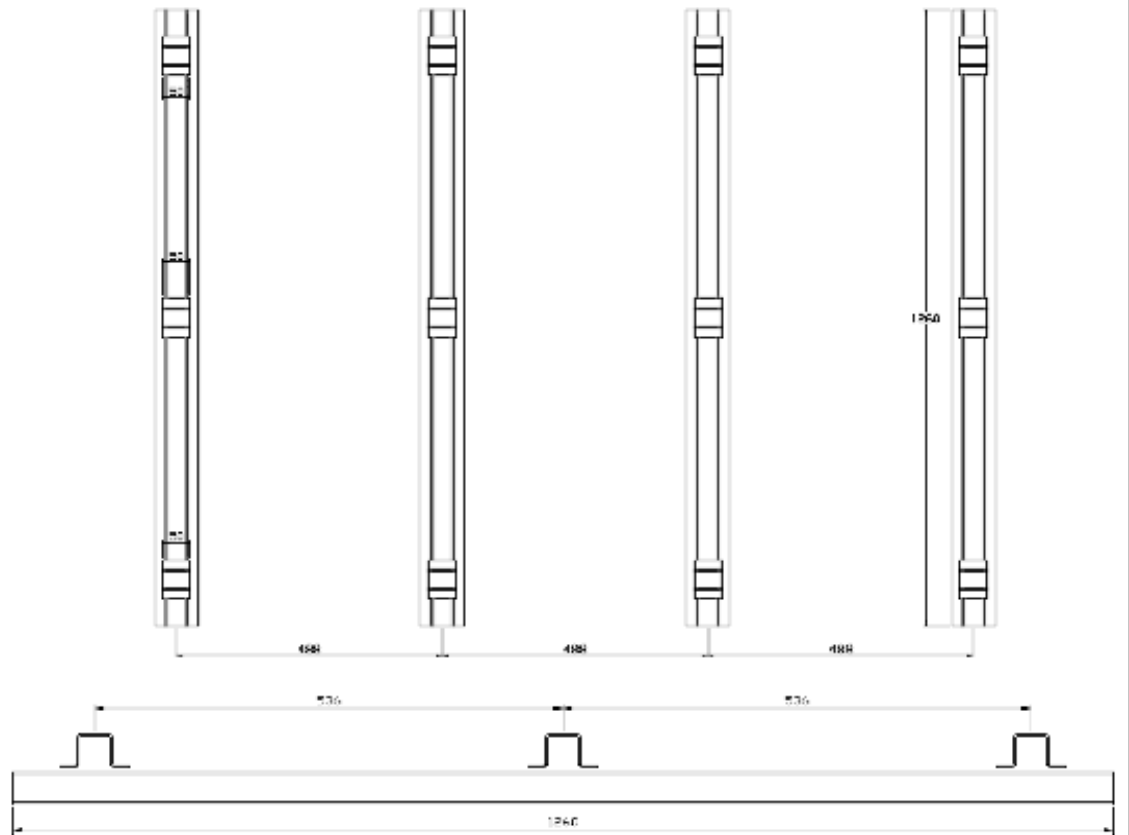
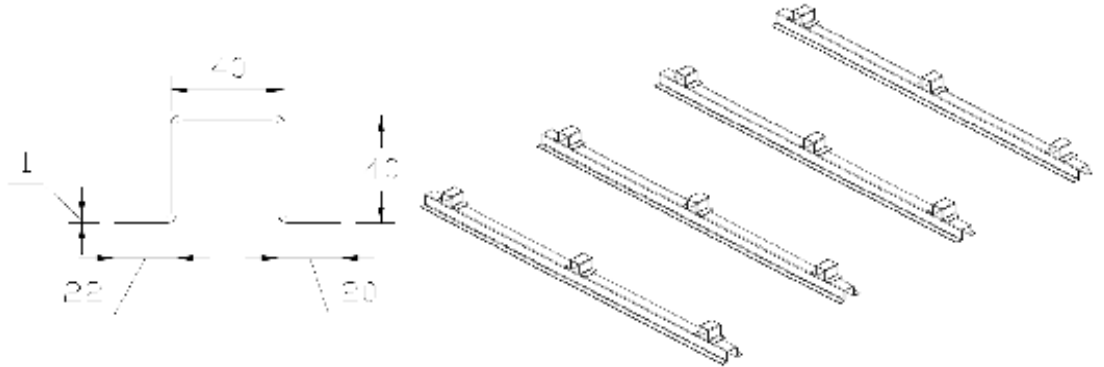


## 1u Conjunto Omegas

Dimensiones en mm.

CO: 1260x976x1mm

Dimensiones en mm.



ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN	SECCIÓN (mm)	FY (KSI)	LONGITUD (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	ESPESOR (mm)	PESO LINEAL (kg/m)	PESO (kg)	CANTIDAD (u)	PESO TOTAL (kg)
OMEGAS		DM 40x40x20x1	36	1360	40	20	1	1,204	3,52	4	6,08
		DM 40x40x20x1	36	50	40	20	1	1,204	0,06	12	0,72
<b>SUMA =</b>											<b>6,80</b>

\* Peso lineal de Angulo =  $[2 \cdot c \cdot (b - 2 \cdot c) + 0.75 \cdot a \cdot c^2] \cdot 1000 \cdot \gamma$   
 \* Peso lineal del tubo cuadrado =  $[(2 \cdot B + H) \cdot a + (1.5 \cdot s - 8) \cdot a^2] \cdot 1000 \cdot \gamma \cdot 2$

CARLOS LARRETA MORÁN  
ELABORADO POR:

REVISADO POR:

## PLANO DE TALLER

**PROYECTO:** CALENTADOR SOLAR  
**ELEMENTO:** MARCO INFERIOR COLECTOR  
**IDENTIFICACION:** MIC  
**FECHA DE ELABORACIÓN:** 20/08/2015  
**FECHA DE FABRICACIÓN:** 23/08/2015  
**CONTRATISTA:** CARLOS LARRETA MORÁN



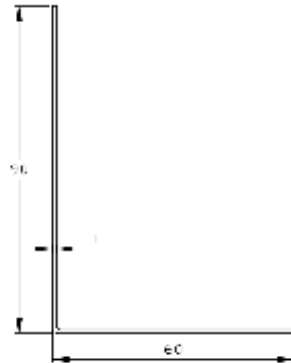
**ESPOL**  
 Escuela Superior Politécnica del Litoral



4

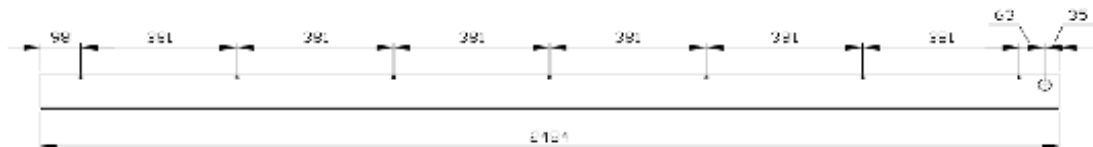
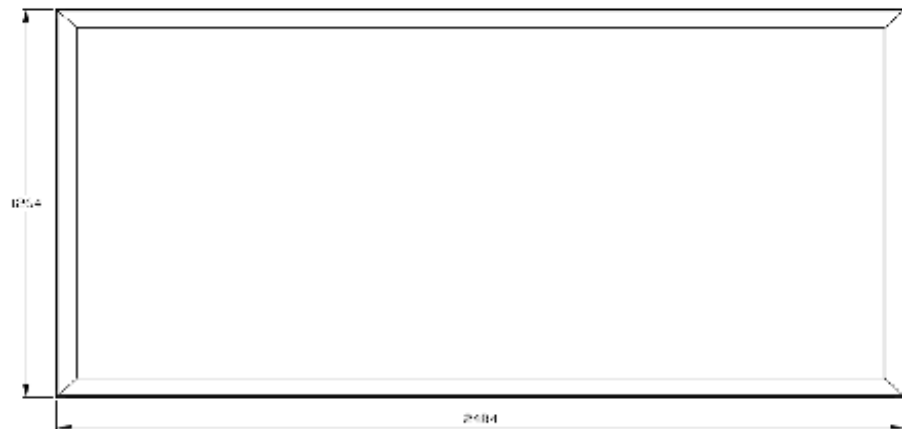
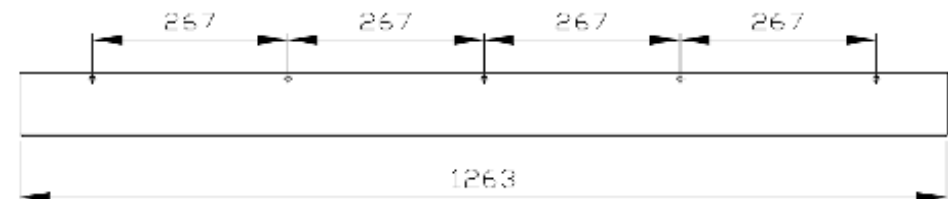
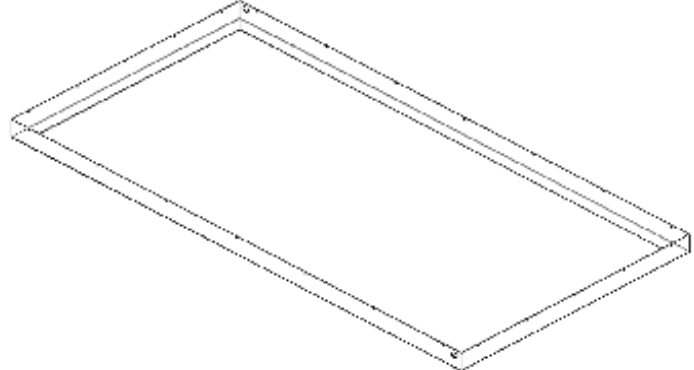
### 1u Marco Inferior

Dimensiones en mm.



### MIC: 2484x1263x1mm

Dimensiones en mm.



ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN	SECCIÓN (mm)	FY (KSI)	LONGITUD (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	ESPESOR (mm)	PESO LINEAL (kg/m)	PESO (kg)	CANTIDAD (u)	PESO TOTAL (kg)
ÁNGULOS		L 90x60x1	35	2.484	90	60	1	3,183	2,94	2	5,88
		L 90x60x1	35	1.263	90	60	1	3,183	3,49	2	6,98
<b>SUMA =</b>											<b>12,86</b>

\* Peso lineal de Angulo =  $[(2.4 \cdot (b-2 \cdot d) + 0.75 \cdot a \cdot d) + (2.4 \cdot (a-2 \cdot d) + 0.75 \cdot a \cdot d)] \cdot 1000 \cdot \rho$

\* Peso lineal del tubo cuadrado =  $[(2.88 \cdot a) + (1.5 \cdot a \cdot a) \cdot \rho] \cdot 1000 \cdot \rho$

CARLOS LARRETA MORÁN  
 ELABORADO POR:

REVISADO POR:

## PLANO DE TALLER

5

**PROYECTO:** CALENTADOR SOLAR  
**ELEMENTO:** MARCO SUPERIOR COLECTOR  
**IDENTIFICACION:** MSC  
**FECHA DE ELABORACIÓN:** 20/08/2015  
**FECHA DE FABRICACIÓN:** 23/08/2015  
**CONTRATISTA:** CARLOS LARRETA MORÁN



**ESPOL**  
 Escuela Superior Politécnica del Litoral

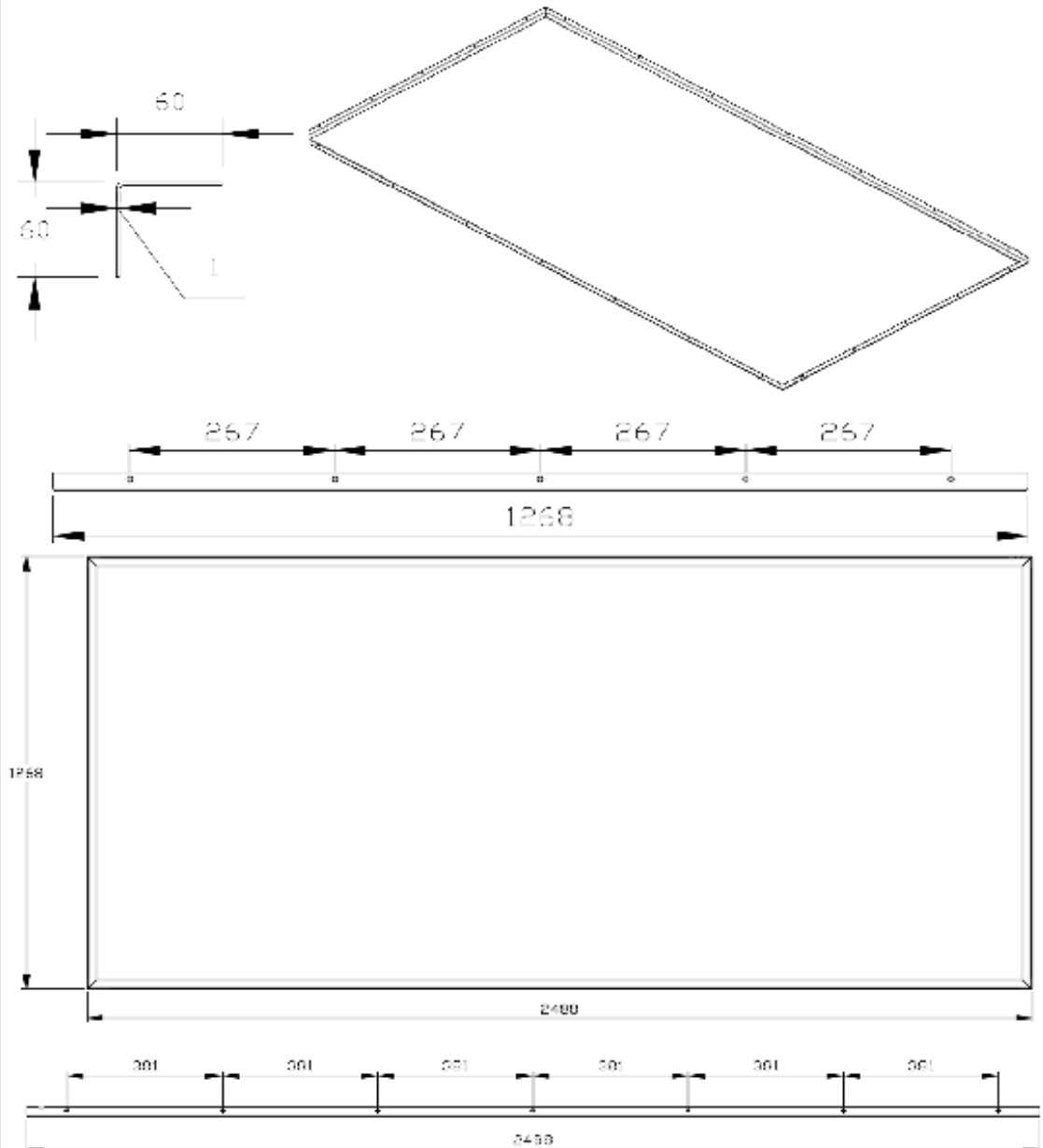


**1u Marco Superior**

Dimensiones en mm.

**MSC: 2488x1268x1mm**

Dimensiones en mm.



ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN	SECCIÓN (mm)	PY (KSI)	LONGITUD (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	ESPESOR (mm)	e=(b.d.1000)/y	f=(a/1000).e	g	h=f.g	PESO LINEAL (kg/m)	PESO (kg)	CANTIDAD (u)	PESO TOTAL (kg)
ÁNGULOS	L 60X60X1	36	2.488	60	-	-	1	0.929	2.31	2	4.62	0.929	1.18	2	2.36
	L 60X60X1	36	1.268	60	-	-	1	0.929	1.18	2	2.36	0.929	1.18	2	2.36
<b>SUMA =</b>											<b>6.98</b>				

<sup>\*</sup> Peso lineal de ángulo =  $\left[ \frac{2.0(b-d) + 0.75 \cdot d^2}{1000} \right] + \left[ \frac{2.0(d-b) + 0.75 \cdot b^2}{1000} \right] \cdot 0.0007$   
<sup>\*\*</sup> Peso lineal del tubo cuadrado =  $\left[ \frac{2.0 \cdot b + 0.42 \cdot b^2}{1000} \right] \cdot 0.0007$

CARLOS LARRETA MORÁN  
ELABORADO POR:

REVISADO POR:

## PLANO DE TALLER

**PROYECTO:** CALENTADOR SOLAR  
**ELEMENTO:** VIDRIO RECEPTOR  
**IDENTIFICACION:** VR  
**FECHA DE ELABORACIÓN:** 20/08/2015  
**FECHA DE FABRICACIÓN:** 23/08/2015  
**CONTRATISTA:** CARLOS LARRETA MORÁN



**ESPOL**  
 Escuela Superior Politécnica del Littoral



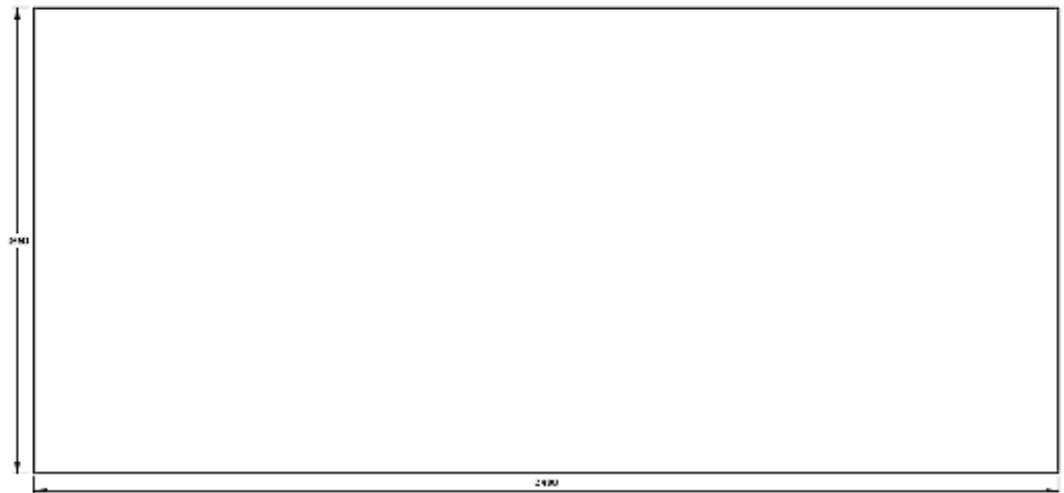
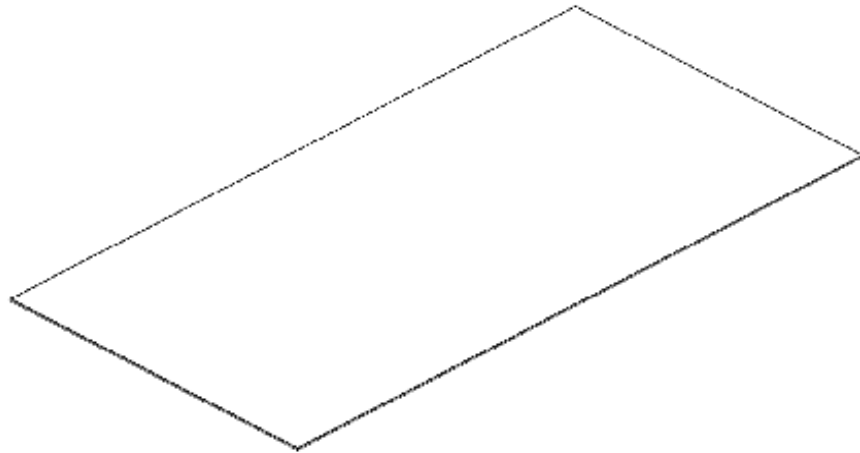
6

### 1u Vidrio Receptor

Dimensiones en mm.

**VR: 2480x1260x8mm**

Dimensiones en mm.



		$\gamma_{vidrio} = 2,602-06$	kg/mm <sup>3</sup>	a	b	c	d	$e=(b-d/1000)y$	$f=(a/1000)e$	g	h=fg
ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN	SECCIÓN (mm)	FY (KSI)	LONGITUD (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	ESPESOR (mm)	PESO LINEAL (kg/m)	PESO (kg)	CANTIDAD (u)	PESO TOTAL (kg)
VIDRIO	PL 2480x1260x8	500	2480	1260	-	8,00	26,208	65,00	1	65,00	
<b>SUMA =</b>										<b>65,00</b>	

\* Peso lineal de Angulo =  $[(2.4 \cdot (5-2.4) + 0.75 \cdot \pi \cdot d^2) + (2.4 \cdot (5-2.4) + 0.75 \cdot \pi \cdot d^2)] \cdot 1000 \cdot \gamma$

\* Peso lineal del tubo cuadrado =  $[(2.8 \cdot h) + \pi \cdot (1.5 \cdot \pi \cdot 8) \cdot e^2] \cdot 1000 \cdot \gamma^2$

CARLOS LARRETA MORÁN  
ELABORADO POR:

REVISADO POR:

# PLANO DE TALLER

**PROYECTO:** CALENTADOR SOLAR  
**ELEMENTO:** CONJUNTO TUBOS COLECTOR  
**IDENTIFICACION:** TC  
**FECHA DE ELABORACION:** 20/08/2015  
**FECHA DE FABRICACION:** 23/08/2015  
**CONTRATISTA:** CARLOS LARRETA MORÁN



ESPOL

Escuela Superior Politécnica del Litoral

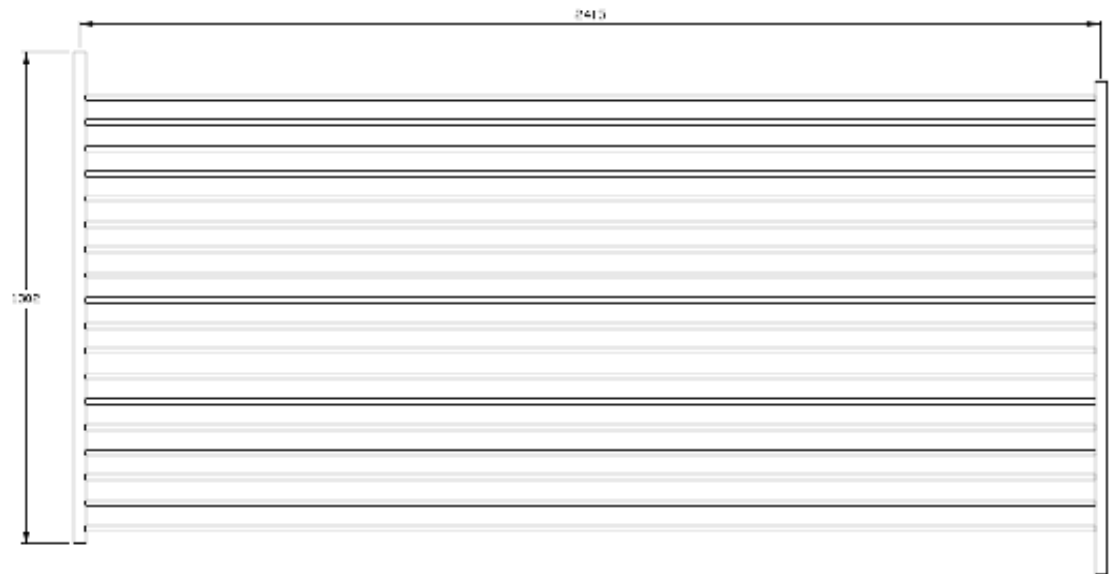
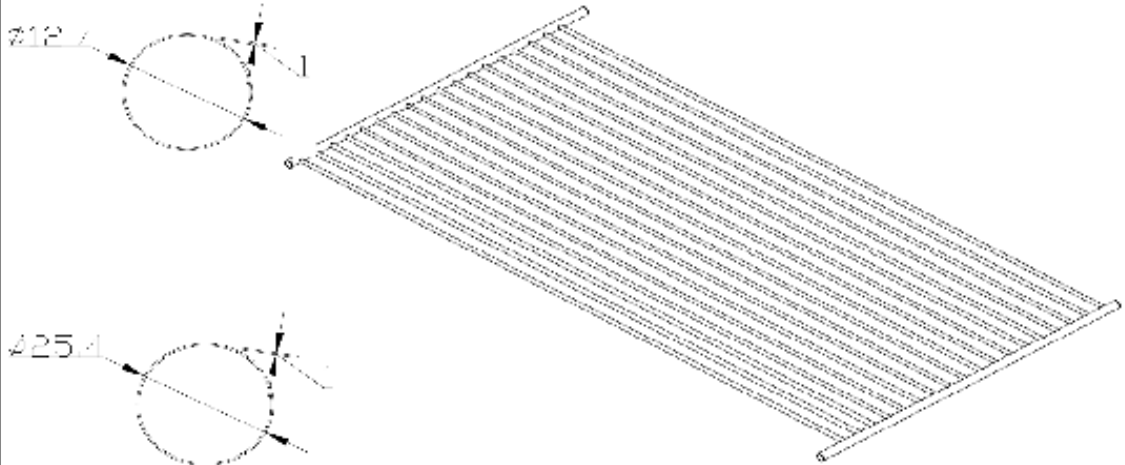


## 1u Conjunto Tubos

Dimensiones en mm.

TC: Ø2415x1302x1mm

Dimensiones en mm.



ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN	SECCIÓN (mm)	FY (KSI)	LONGITUD (mm)	DIAMETRO (mm)	DIAMETRO (mm)	ESPESOR (mm)	PESO LINEAL (kg/m)	PESO (kg)	CANTIDAD (u)	PESO TOTAL (kg)
TUBOS		Ø 25,4	-	2.380	12,7	12,7	1	0,167	0,40	18	7,30
		L 80000K1	-	1.302	25,4	24,4	1	0,340	0,44	2	0,88
										<b>SUMA =</b>	<b>8,08</b>

$P_{\text{Peso lineal de tubos}} = \left( \left[ \pi \cdot (D^2 - C^2) \cdot L \cdot \rho \right] \cdot 1000 \right) / 2$   
 $P_{\text{Peso lineal del tubo cuadrado}} = \left( \left[ 2 \cdot B \cdot H \right] \cdot L \cdot \rho \cdot 1000 \right) / 2$

CARLOS LARRETA MORÁN  
 ELABORADO POR:

REVISADO POR:

## PLANO DE TALLER

8

**PROYECTO:** CALENTADOR SOLAR  
**ELEMENTO:** LANA DE VIDRIO  
**IDENTIFICACION:** LV  
**FECHA DE ELABORACION:** 20/08/2015  
**FECHA DE FABRICACION:** 23/08/2015  
**CONTRATISTA:** CARLOS LARRETA MORÁN



ESPOL

Escuela Superior Politécnica del Litoral

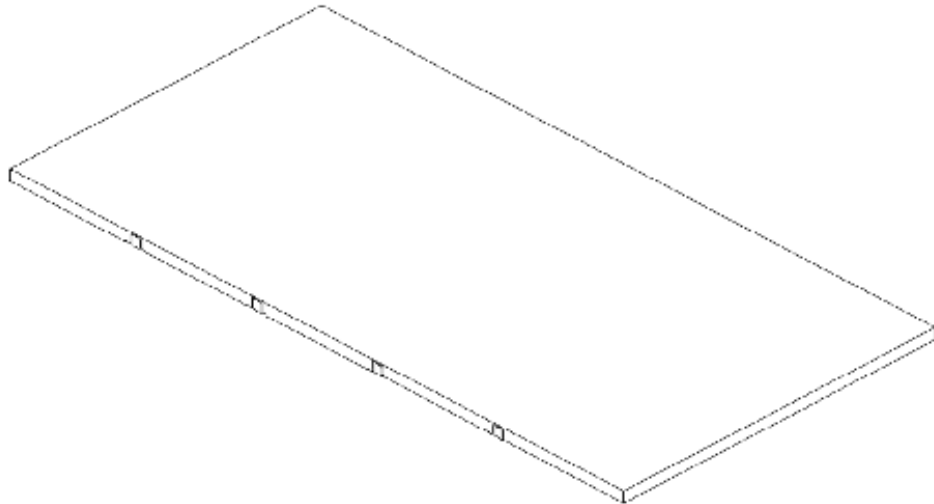


1u Lana de Vidrio

Dimensiones en mm.

LV: 2480x1260x8mm

Dimensiones en mm.



		V lana vidrio = 1.50E-09		kg/m <sup>3</sup>									
ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN	SECCIÓN (mm)	PY (kg)	LONGITUD (mm)	VOLUMEN (mm <sup>3</sup> )	ALTURA (mm)	ESPESOR (mm)	PESO LINEAL (kg/m)	PESO (kg)	CANTIDAD (u)	PESO TOTAL (kg)		
LANA DE VIDRIO				2480	3,45E+08	1,260	47,0	0,218	0,22	1	0,22		
											<b>SUMA =</b>	<b>0,22</b>	

\* Peso lineal de Anillo = ((2.d.(b-2.d)+0.75.a.d<sup>2</sup>)+(2.d.(c-2.d)+0.75.a.d<sup>2</sup>)/1.000)y

\* Peso lineal del tubo cuadrado = ((2.B.H)+e\*(1,5.a-B)\*e<sup>2</sup>)/1000)y<sup>2</sup>

CARLOS LARRETA MORÁN  
ELABORADO POR:

REVISADO POR:

## PLANO DE TALLER

9

**PROYECTO:** CALENTADOR SOLAR  
**ELEMENTO:** SOPORTE 1 TANQUE  
**IDENTIFICACION:** S1T  
**FECHA DE ELABORACIÓN:** 20/08/2015  
**FECHA DE FABRICACIÓN:** 23/08/2015  
**CONTRATISTA:** CARLOS LARRETA MORÁN



ESPOL

Escuela Superior Politécnica del Litoral

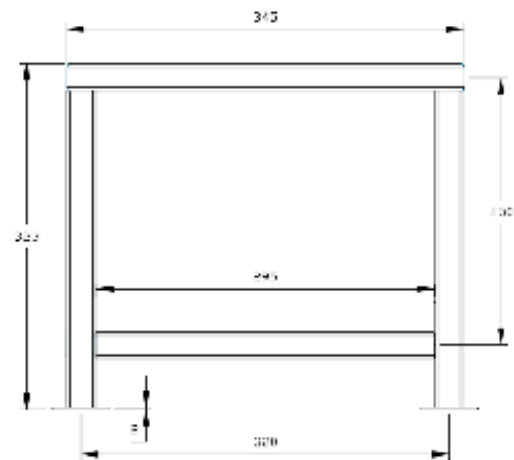
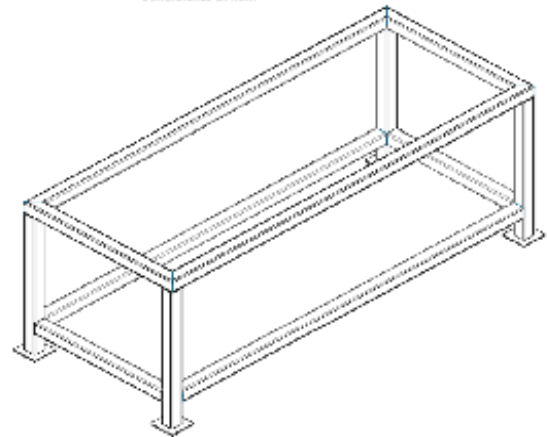
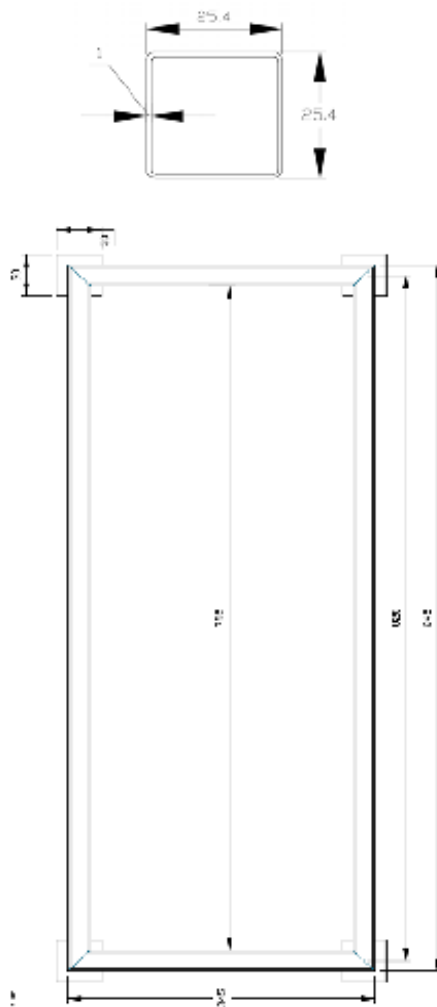


### 1u Soporte 1 Tanque

Dimensiones en mm.

### S1T: 820x345x323(1)mm

Dimensiones en mm.



		$\gamma_{acero} = 7,85 \times 10^{-6}$	$kg/(mm^3)$	a	b	c	d	$e=(b-d/1000) \cdot \gamma$	$f=(a/1000) \cdot e$	g	h=f \cdot g
ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN	SECCIÓN (mm)	FY (KSI)	LONGITUD (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	ESPESOR (mm)	PESO LINEAL (kg/m)	PESO (kg)	CANTIDAD (u)	PESO TOTAL (kg)
TUBOS CUADRADOS		25,4X25,4X1	36	820	25,4	12,7	1	0,746	0,61	2	1,22
		25,4X25,4X1	36	345	25,4	12,7	1	0,746	0,26	2	0,52
		25,4X25,4X1	36	795	25,4	12,7	1	0,746	0,59	2	1,18
		25,4X25,4X1	36	295	25,4	12,7	1	0,746	0,22	2	0,44
		25,4X25,4X1	36	297	25,4	12,7	1	0,746	0,22	4	0,88
PLACAS		PL 50x2	36	50	50	-	2,00	0,785	0,04	4	0,16
<b>SUMA =</b>										<b>4</b>	<b>4,40</b>

\* Peso lineal de Angulo =  $[2 \cdot d \cdot (b-2 \cdot d) + 0,75 \cdot n \cdot a^2] \cdot 1000 \cdot \gamma$

\* Peso lineal del tubo cuadrado =  $[(2 \cdot B + 4) \cdot e + (1,5 \cdot n - 8) \cdot e^2] \cdot 1000 \cdot \gamma \cdot 2$

CARLOS LARRETA MORÁN  
ELABORADO POR:

REVISADO POR:

## PLANO DE TALLER

10

**PROYECTO:** CALENTADOR SOLAR  
**ELEMENTO:** SOPORTE 2 TANQUE  
**IDENTIFICACION:** S2T  
**FECHA DE ELABORACIÓN:** 20/08/2015  
**FECHA DE FABRICACIÓN:** 23/08/2015  
**CONTRATISTA:** CARLOS LARRETA MORÁN



ESPOL

Escuela Superior Politécnica del Litoral

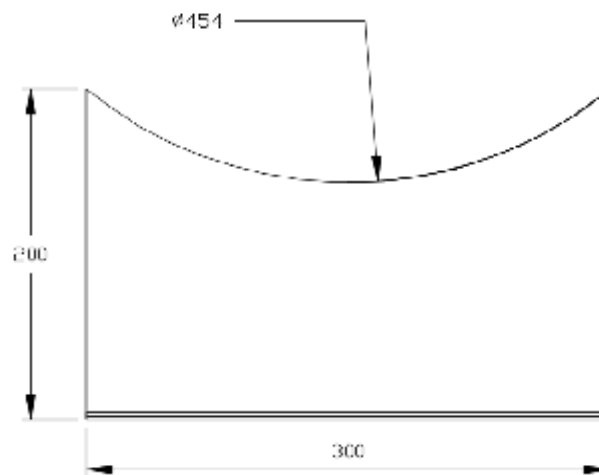
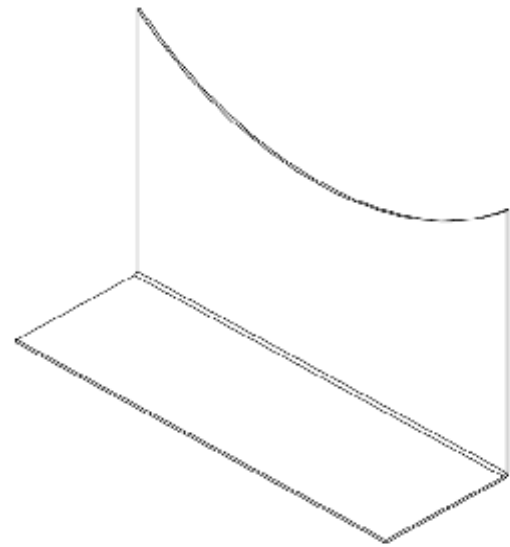
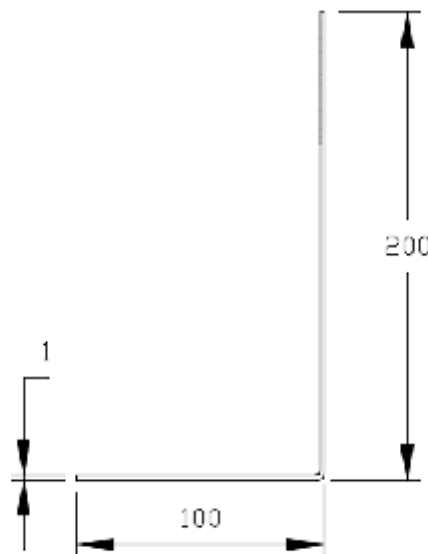


### 2u Soporte 2 Tanque

Dimensiones en mm.

### S2T: 2440x1220x1mm

Dimensiones en mm.



$\gamma_{acero} = 7,85 \cdot 10^{-6}$  kg/mm<sup>3</sup>

ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN	SECCIÓN (mm)	PY (KSI)	LONGITUD (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	ESPESOR (mm)	e=(b.d.1000)/y	F=(e/1000).e	g	h=f.g
ÁNGULO		L 200x100x1	36	300	200	100	1	2,363	0,71	2	1,42
<b>SUMA =</b>										<b>2</b>	<b>1,42</b>

\* Peso lineal de Angulo =  $\{[2.d.(b-2.d)+0.75.\pi.d^2]+[2.d.(c-2.d)+0.75.\pi.d^2]\} \cdot 1000 \cdot \gamma$

\* Peso lineal del tubo cuadrado =  $\{[2.B.H].e+[1.5.\pi.R].e^2\} \cdot 1000 \cdot \gamma \cdot 2$

CARLOS LARRETA MORÁN  
ELABORADO POR:

REVISADO POR:



## PLANO DE TALLER

11

**PROYECTO:** CALENTADOR SOLAR  
**ELEMENTO:** CONJUNTO TANQUE  
**IDENTIFICACION:** CT  
**FECHA DE ELABORACIÓN:** 20/08/2015  
**FECHA DE FABRICACION:** 23/08/2015  
**CONTRATISTA:** CARLOS LARRETA MORÁN



ESPOL

Escuela Superior Politécnica del Litoral

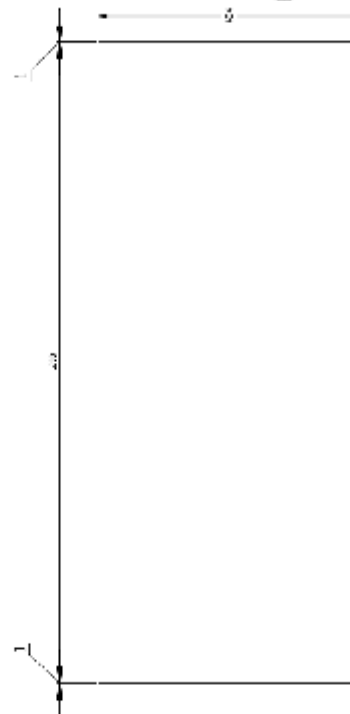
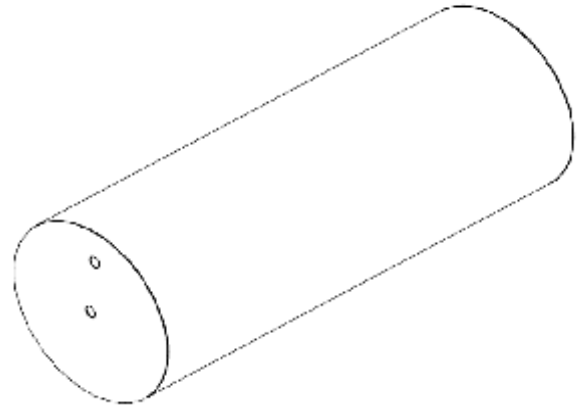
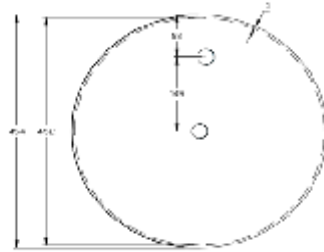


### 1u Conjunto Tanque

Dimensiones en mm.

CT: Ø2415x1302x1mm

Dimensiones en mm.



$\gamma_{acero} = 7,85E-06$  kg/(mm<sup>3</sup>)

ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN	SECCIÓN (mm)	PY (kg)	LONGITUD (mm)	DIAMETRO (mm)	DIAMETRO (mm)	ESPESOR (mm)	$a=(b.d.1000).y$	$f=(a/1000).e$	g	$h=f.g$
				(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	PESO LINEAL (kg/m)	PESO (kg)	CANTIDAD (u)	PESO TOTAL (kg)
TANQUE	TANQUE	Ø 454	-	1.300	454	452	1	11,172	13,41	1	13,41
	TAPA	-	-	-	454	-	1	1,270,783	1,27	2	2,54
<b>SUMA =</b>										<b>2</b>	<b>15,95</b>

\* Peso lineal de Tubo =  $\{[(\pi.(b^2-c^2)/4).1000.y]\}$

\* Peso lineal del tubo cuadrado =  $\{[(2.B.H).e+(1,5.n-8).a^2].1000.y\}^2$

CARLOS LARRETA MORÁN  
ELABORADO POR:

REVISADO POR:

## PLANO DE TALLER

12

**PROYECTO:** CALENTADOR SOLAR  
**ELEMENTO:** LANA VIDRIO TANQUE  
**IDENTIFICACION:** LVT  
**FECHA DE ELABORACION:** 20/08/2015  
**FECHA DE FABRICACION:** 23/08/2015  
**CONTRATISTA:** CARLOS LARRETA MORÁN



ESPOL

Escuela Superior Politécnica del Litoral

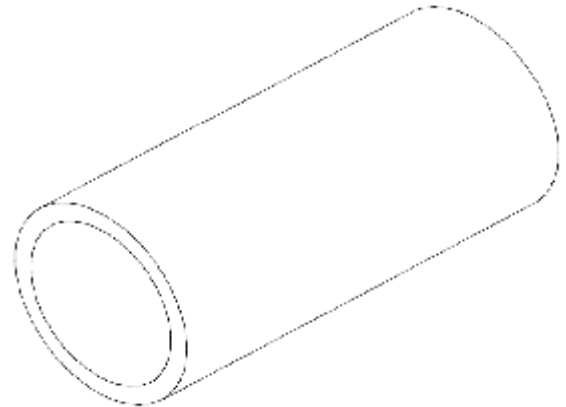
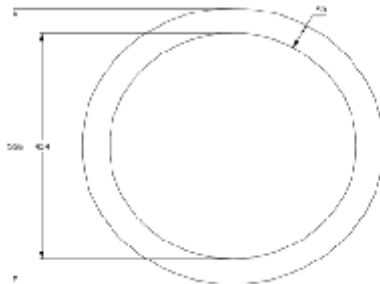


1u Lana Vidrio Tanque

Dimensiones en mm.

LVT: Ø2415x1302x1mm

Dimensiones en mm.



ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN	SECCIÓN (mm)	FY (KSI)	LONGITUD (mm)	DIAMETRO (mm)	DIAMETRO (mm)	ESPOSOR (mm)	PESO LINEAL (kg/m)	PESO (kg)	CANTIDAD (u)	PESO TOTAL (kg)
LANA VIDRIO TANQUE	TANQUE	Ø 556	-	1.304	556	454	50	0,121	0,15	1	0,15
<b>SUMA =</b>										<b>1</b>	<b>0,15</b>

<sup>\*</sup> Peso lineal de Tubo =  $\frac{\pi \cdot (b^2 - c^2) \cdot \rho}{4 \cdot 1000 \cdot y}$   
<sup>\*</sup> Peso lineal del tubo cuadrado =  $\frac{[(2 \cdot B \cdot H) + \pi \cdot (1,5 \cdot n - 8) \cdot n^2] \cdot \rho}{1000 \cdot y} \cdot 2$

CARLOS LARRETA MORÁN  
 ELABORADO POR:

REVISADO POR:

## PLANO DE TALLER

13

**PROYECTO:** CALENTADOR SOLAR  
**ELEMENTO:** FORRO TANQUE  
**IDENTIFICACION:** FT  
**FECHA DE ELABORACION:** 20/08/2015  
**FECHA DE FABRICACION:** 23/08/2015  
**CONTRATISTA:** CARLOS LARRETA MORÁN



**ESPOL**  
 Escuela Superior Politécnica del Litoral

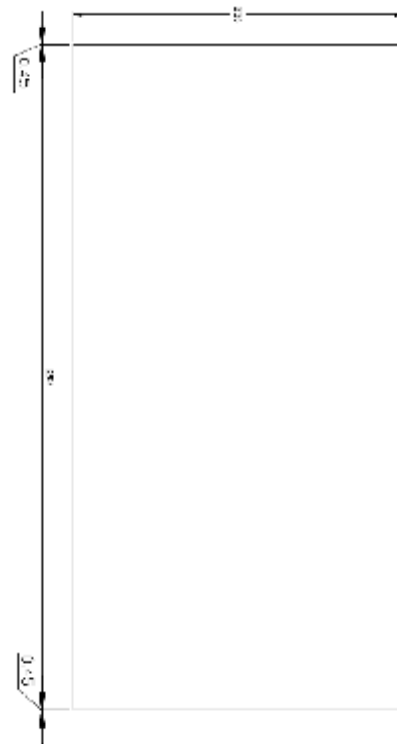
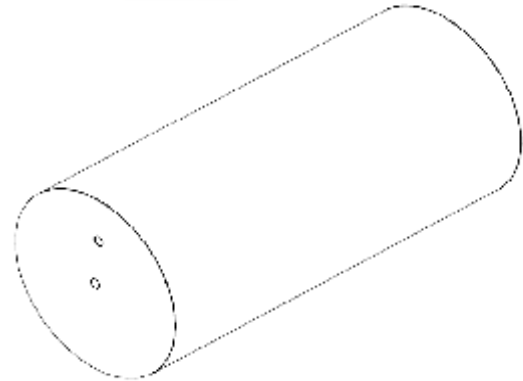
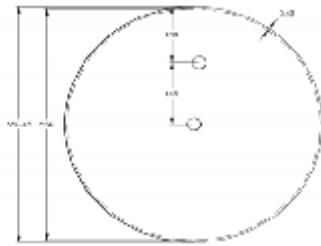


### 1u Forro Tanque

Dimensiones en mm.

**FT: Ø556,45x1204x0,45mm**

Dimensiones en mm.



$V_{acero} = 7,85E-06$  kg/(mm<sup>3</sup>)

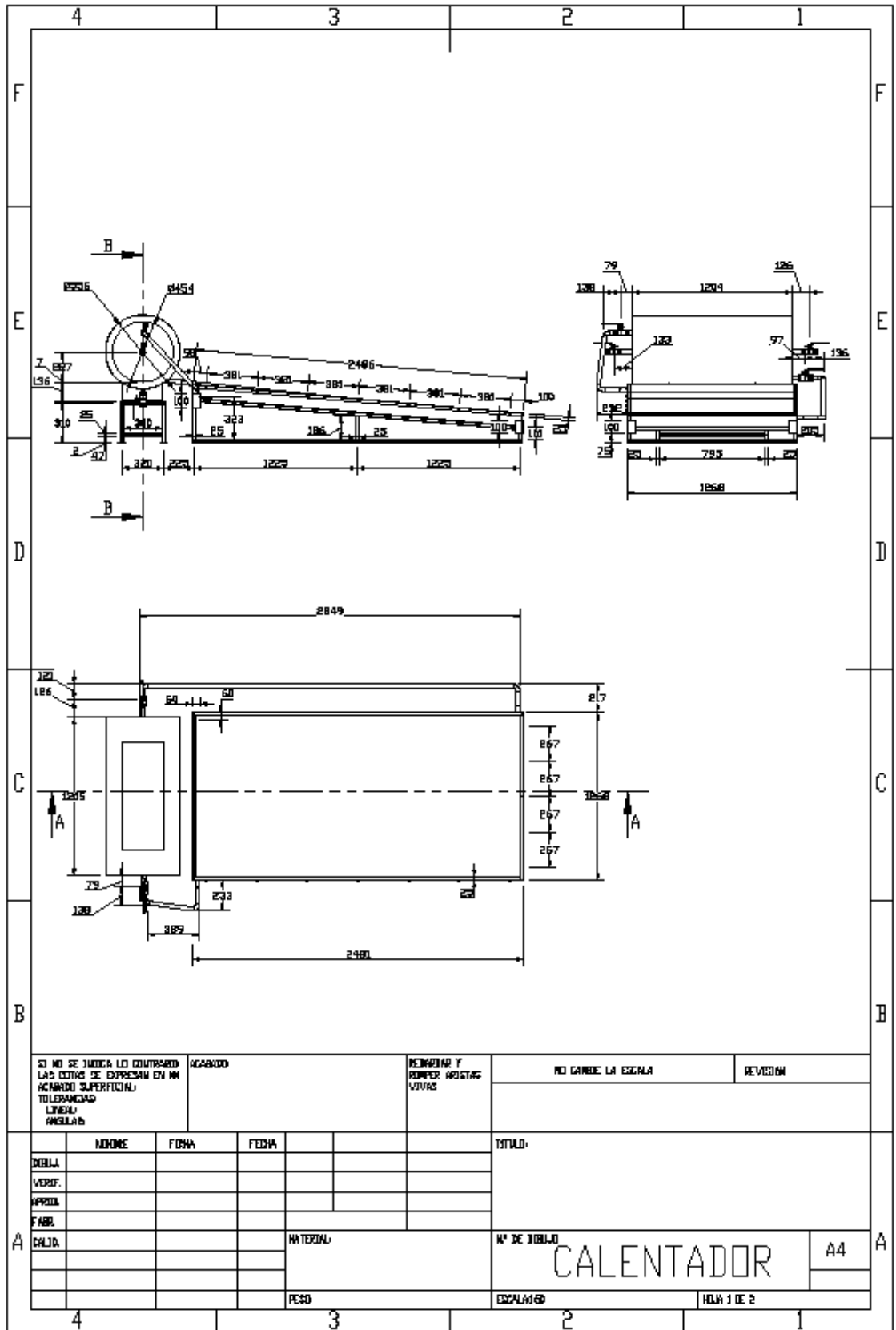
ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN	SECCIÓN (mm)	PY (KSI)	LONGITUD (mm)	DIAMETRO (mm)	DIAMETRO (mm)	ESPESOR (mm)	e=(b.d.1000)y (kg/m)	F=(a/1000).e (kg)	g (u)	h=t.g (kg)
FORRO TANQUE	FORRO	Ø 556,45	-	1.204	556,45	556	0,45	3,086	3,72	1	3,72
	TAPA	-	-	-	556,45	-	0,45	1,909,026	0,86	2	1,72
<b>SUMA =</b>										<b>3</b>	<b>5,44</b>

\* Peso lineal de tubo =  $\frac{\pi \cdot (b^2 - c^2) \cdot \rho}{4 \cdot 1000 \cdot y}$

\* Peso lineal del tubo cuadrado =  $\frac{[(2 \cdot B + H) \cdot a + (1,5 \cdot \pi - 8) \cdot a^2] \cdot \rho}{1000 \cdot y} \cdot 2$

CARLOS LARRETA MORÁN  
 ELABORADO POR:

REVISADO POR:



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO  
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM  
ACABADO SUPERFICIAL:  
TOLERANCIAS  
LINEAS  
ANGULARES

ACABADO

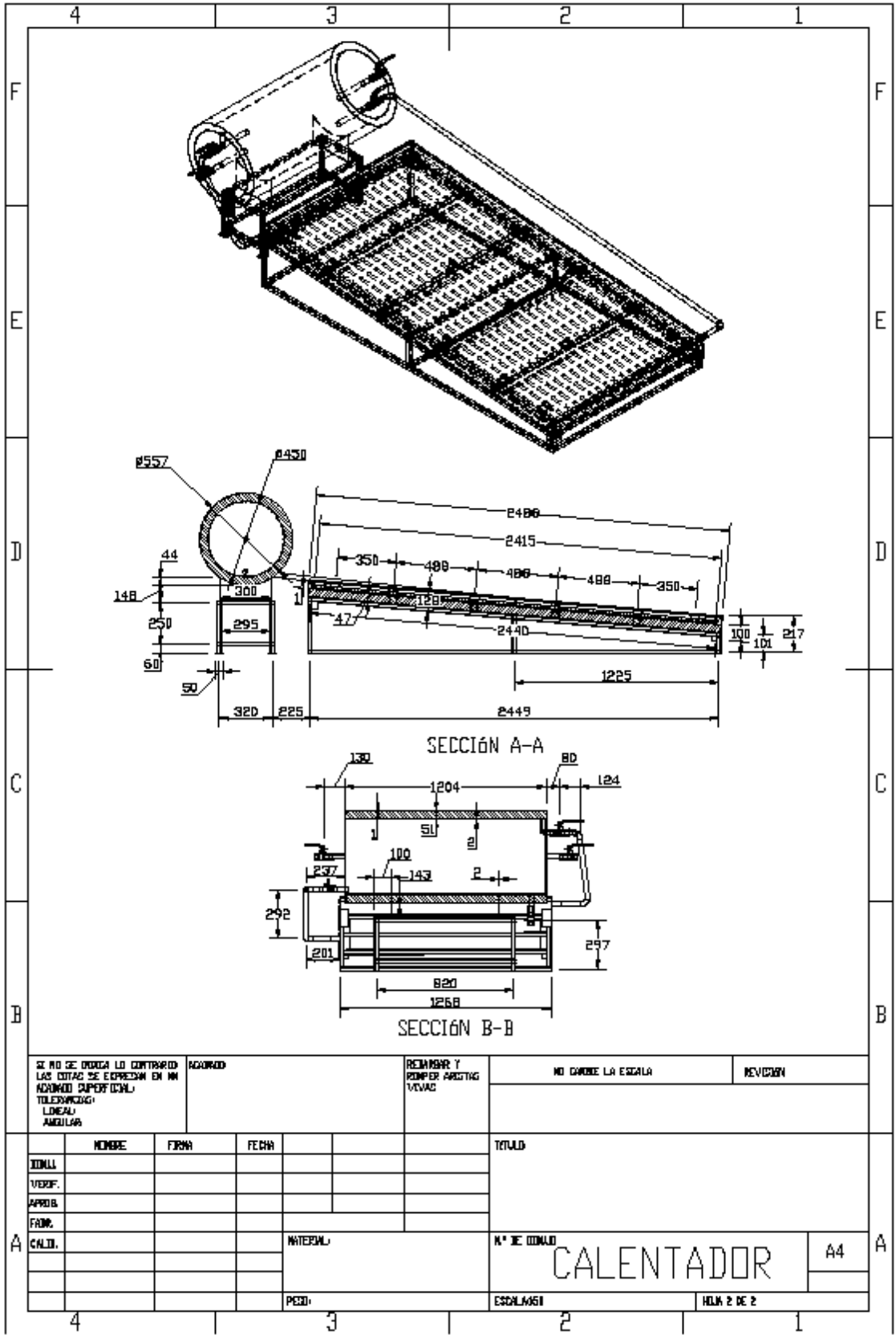
REDONDEAR Y  
ROMPER ARISTAS  
VISTAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISION

NOMBRE	FORMA	FECHA			
DEBIDA					
VERIFIC.					
APROB.					
FABR.					
CALIF.					
				MATERIAL	
				PESO	

TITULO:	
<p style="text-align: center; font-size: 2em;">CALENTADOR</p>	
ESCALA: 1:1	Hoja 1 de 2



4		3		2		1	
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA			DESCRIPCIÓN	CANTIDAD		
1	Soporte Colector				1		
2	Marco panel solar				1		
3	Plancha panel solar				2		
4	Perfil omega soporte				1		
5	Lana de vidrio colector				1		
6	Vidrio receptor				1		
7	Tubos de cobre colector 2				1		
8	Marco superior panel solar				1		
9	Base soporte tanque				1		
10	Soporte tanque				2		
11	TANQUE				1		
12	TAPA DEL TANQUE				2		
13	LANA DE VIDRIO TANQUE				1		
14	FORRO TANQUE				1		
15	tapa forro				2		
16	Tubería conexión 2				1		
17	PHI 8x16x14-type FD-N				24		
18	VALVULA 2 PULG				5		
19	tubería conexión				1		
20	niple 80				4		

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	RESABAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:	
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CALID.				MATERIAL:	N.º DE DIBUJO
					<b>CALENTADOR</b>
				PESO:	A4
				ESCALA: 1:50	HOJA 1 DE 1